

АНАЛІЗ ТРИВАЛОСТІ МОНТАЖУ ЗБІРНОГО-МОНОЛІТНОГО КАРКАСУ
МАЛОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ¹Почапський М.Д., аспірант,Pochapskiyemd@ukr.net, ORCID: 0009-0008-2974-806X¹Бутнік С.В., к.т.н., доцент,svitlana.butnik@kname.edu.ua, ORCID: 0000-0001-9737-9421¹Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова
вул. Черноглазівська, 17, м. Харків, 61002, Україна²Помазан М.Д., к.т.н.,zdarovamax@gmail.com, ORCID: 0009-0002-0345-5118²Національний університет «Запорізька політехніка»
вул. Університетська, 64, м. Запоріжжя, 69063, Україна

Анотація. Стаття присвячена аналізу збірно-монолітного будівництва в Україні, яке поєднує переваги збірних та монолітних каркасів при цьому мінімізує їх недоліки. Саме тому збірно-монолітні рішення забезпечують необхідну надійність та економічність сучасного і особливо післявоєнного будівництва. Недостатній досвід зведення збірно-монолітних будівель актуалізує практичну апробацію конструктивних та організаційно-технологічних рішень.

Відповідно мета досліджень полягає в багатоваріантному організаційно-технологічному моделюванні та його порівняння з фактичним процесом зведення експериментального малоповерхового збірно-монолітного будинку.

В дослідженні застосовувались такі методи як аналіз наукових джерел, будівельне організаційно-технологічне моделювання, аналіз нормативної бази витрат праці та машинного часу, спостереження та хронометраж будівельних процесів під час зведення експериментального будинку.

Результати дослідження полягають в наступному. Рекомендується для організаційно-технологічного моделювання зведення збірно-монолітних конструкцій використовувати актуальні нормативи від 2023 року, а за необхідності здійснювати багатоваріантне моделювання на основі нормативної бази за останні 40 років.

Експериментальне будівництво котеджу з розмірами в осях 14×10,5 м (фундаменти стаканного типу, колони перерізом 0,3×0,3 м, перекриття із багатопустотних плит) дозволило виявити виробничі труднощі при зведенні каркасу та порівняти реальні значення тривалості та трудомісткості з нормативними параметрами. Тривалість монтажу цього збірно-монолітного каркасу склала 9, 12 та 24 робочих дні за оптимістичним, реалістичним та песимістичним сценаріями відповідно.

Розраховані поправочні коефіцієнти до нормативних значень для формування сценаріїв монтажу збірно-монолітного каркасу. На можливі форс-мажорні ситуації необхідно передбачити резерви часу в межах 1–4 тижні.

Результати дослідження можуть бути корисними для багатоваріантного організаційно-технологічного моделювання зведення збірно-монолітних будівель різного призначення.

Ключові слова: збірно-монолітний каркас, організаційно-технологічне моделювання, витрати праці.

Вступ. Станом на листопад 2024 року, внаслідок воєнної агресії, сукупні прямі збитки від руйнувань та пошкоджень об'єктів громадського (заклади освіти та охорони здоров'я, культурні та адміністративні будівлі) та житлового секторів складають близько \$16,3 та \$60,0 млрд. відповідно, або 209 тис. – індивідуальних та 27 тис. – багатоквартирних будинків, 0,6 тис. –

гуртожитків. Це залишило без житла близько 3,4 млн осіб [1]. Безперервні бойові дії в 2025 році значно збільшили вказані збитки.

Масштабні пошкодження будівельних об'єктів обумовлюють потребу у їх відновленні, а також актуалізують вимоги щодо підвищення надійності будівель для мінімізації ризику неконтрольованого обвалення. В роботі [2] обґрунтовано актуальність формування моделі відновлення освітньої інфраструктури, що базується на принципах енергоефективності, інноваційності, адаптивності до нових загроз і підвищених вимог до безпеки. А в дослідженні [3] розглянуті конструктивно-технологічні заходи для відновлення будинків шляхом зведення нових конструкцій на місці зруйнованих з використанням прокатних профілів, арматури, монолітного бетону, цегли та газобетонних блоків.

Для вирішення зазначених завдань актуальні збірно-монолітні рішення [4, 5], які забезпечують максимальну заводську та монтажну технологічність, що гарантує мінімальну вартість виготовлення та монтажу конструкцій. Адаптивні збірно-монолітні рішення спрощують виготовлення колон за рахунок відмови від консолей як у збірних каркасах, вузли з'єднання конструкцій виконуються відносно просто, як в монолітних каркасах, при цьому в збірно-монолітних рішеннях відсутні опалубні роботи як у збірних каркасах або опалубні роботи виконуються в мінімальних обсягах. Тому збірно-монолітні рішення покликані поєднати переваги збірних та монолітних каркасів при цьому мінімізувавши їх недоліки [6].

Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій. В роботі [7] наводяться очевидні переваги заводського виготовлення конструкцій: підвищення продуктивності, ефективність контролю якості, зниження витрат, скорочення термінів виконання робіт, суворіший контроль термінів та вартості будівництва, автоматизація. Тому будівництво зі збірного залізобетону забезпечує економію до 20% бетону, 30% сталі, 50% витрат праці порівняно з монолітним будівництвом [8].

В дослідженні [9] запропоноване суттєве скорочення тривалості циклу ліквідації наслідків руйнувань, завдяки прискоренню організаційних і розрахункових процедур. В роботі [10] скорочення тривалості створення будівельного об'єкта досягається за рахунок перерозподілу функцій, встановлення лагів випередження окремих етапів та їх максимального поєднання у часі, ефективних і комплексних організаційно-технологічних рішень. В роботі [11] запропонована модель зведення об'єкта, яка являє собою сукупність погодних умов, методів зведення каркасу і монтажу несучих і огорожуючих конструкцій, сумісних будівельних процесів. В статті [12] наведена модель адаптації управління будівельним проектом у реальному часі. Зазначені моделі потребують апробації на практиці.

В роботі [13] відмічається, що сучасні технології зведення будівель повинні базуватися на раціональному розрізанні збірних конструкцій та ефективних вузлових з'єднаннях, що дозволить застосовувати метод просторової самофіксації, при якому фіксація елементів досягається виключно за рахунок замкових фіксаторів без будь-яких утримуючих пристроїв, але потребують дослідження рішення для усунення сукупних відхилень в монтажному процесі. В статті [14] створена система обґрунтування технологічних параметрів монтажної оснастки для примусових методів монтажу, та звертається увага на те, що конструкція стикових з'єднань суттєво впливає на тривалість монтажного процесу. В дослідженні [15] визначено базу нормативних даних для нормування, яка дозволяє виконувати аналіз процесів при застосуванні різних комплектів оснастки. В роботі [16] з метою підвищення точності монтажу конструкцій за рахунок правильного формування і вибору модулів обмежувачів і фіксаторів для посадки і фіксації конструкцій для збірного будівництва сформовані передумови для експериментів з технологічним оснащенням для орієнтування і фіксації монтованих конструкцій в просторі. Безумовно передові методи просторової самофіксації потребують подальшого вдосконалення та впровадження у будівельну практику.

В роботі [17] наголошується, що потрібно своєчасно виявляти потенційні проблеми, знижувати ризики порушення графіків, підвищувати ефективність управлінських рішень та забезпечувати належний рівень якості будівельних робіт.

В дослідженні [18] протестована модель оцінки термінів монтажу збірних

залізобетонних виробів, що забезпечило прогнозу здатність моделі на рівні 85,26%. Але ця модель не враховує саме збірно-монолітні рішення. Тому доцільно виконати дослідження нормативної та фактичної тривалості зведення збірно-монолітного каркасу.

Постановка мети та завдання. Метою цього дослідження є виявлення можливих ризиків та фактичної тривалості зведення збірно-монолітного каркасу на основі експериментального будівництва одноповерхового котеджу.

Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні завдання:

– виявити виробничі труднощі при зведенні каркасу та порівняти реальні значення тривалості та трудомісткості з нормативними значеннями;

– виконати варіантне організаційно-технологічне моделювання зведення збірно-монолітного каркасу експериментального житлового одноповерхового будинку за оптимістичним, реалістичним та песимістичним сценаріями;

– на основі зіставлення багатоваріантного організаційно-технологічного моделювання та реальних значень тривалості робіт розрахувати поправочні коефіцієнти до нормативних значень для формування сценаріїв монтажу збірно-монолітного каркасу.

Матеріали та методи дослідження включали: загальнологічні – аналіз, узагальнення, аналогія та абстрагування; емпіричного дослідження – спостереження, експеримент, опис, вимірювання та порівняння; теоретичні – ідеалізація та формалізація.

Основний матеріал і результати. Незважаючи на ефективність збірно-монолітних рішень, вони не мають домінуючого положення на ринку України. Ця ситуація обумовлена відповідною передісторією питання. У радянські часи основний наголос робили на будівлі зі збірного залізобетону в каркасному або панельному варіантах, що гарантувало мінімальну вартість та тривалість будівництва. Після розвалу Радянського Союзу та адаптація до нових умов призвела до відмови від масового панельного будівництва.

Важливо відзначити, що сучасні проекти панельних будівель характеризуються архітектурною виразністю, просторими кухнями та санвузлами, достатньою висотою приміщень. Відповідно, якщо буде потреба у недорогому масовому соціальному житлі, то можливий ренесанс панельного домобудівництва. Підкреслимо саме про можливість ренесансу панельних будинків, так як ще за радянських часів було доведено, що вартість панельного будинку приблизно дорівнює вартості цегляного будинку, але через вищу швидкість будівництва саме панельні будинки і були прийняті як магістральний напрям житлового домобудівництва. Тому на сьогодні вкрай затребувані багатоповерхові цегляні будинки зі збірними перекриттями, адже вартість 1 м² житла у цегляному будинку в 1,5 – 2 рази нижче, ніж у монолітному житловому будинку. І наголосимо, що саме збірні багатопустотні плити забезпечують мінімальну вартість перекриття, що й визначило збереження та модернізацію виробничих потужностей з їх виготовлення, незважаючи на масове закриття ДБК (домобудівних комбінатів).

Таким чином, незначне поширення збірно-монолітних рішень у будівельній практиці України полягає в тому, що невелика потреба у нових соціальних об'єктах (дитсадки, школи тощо) зумовлює низьку потребу у збірних чи монолітних каркасах, а для недорогого житлового будівництва є альтернатива у вигляді цегляних будинків зі збірними перекриттями. Однак, з урахуванням актуалізації підвищених вимог щодо надійності будівель і споруд, внаслідок досвіду бойових дій саме збірно-монолітні рішення дозволять забезпечити необхідну надійність та економічність будівництва. З метою апробації таких рішень було виконано зведення експериментального житлового збірно-монолітного будинку у передмісті Харкова (рис. 1). Будинок прямокутної форми в плані з розмірами в осях 14×10,5 м. Конструктивна схема – рамна. Збірні фундаменти стаканного типу розмірами 2,1×2,1 та 1,7×1,7 м. Збірні колони перерізом 0,3×0,3 м з розривами бетону для замоноличування ригелів. Несучі ригелі перерізом 300×630 мм, ненесучі – 300×530 мм, причому збірна частина перерізами 300×400 та 300×300 мм відповідно. Перекриття – збірні із залізобетонних багатопустотних плит завтовшки 220 мм.



Технологія будівництва **Збірно-монолітно-каркасний будинок**
 Фундамент **Збірний**
 Покрівельний матеріал **ГВЛ мембрана**
 Стінові матеріали **Керамічні блоки**
 Кут нахилу даку **2°**

Площа забудови 161 м²
 Площа будинку 136 м²
 Площа тераси 27,7 м²

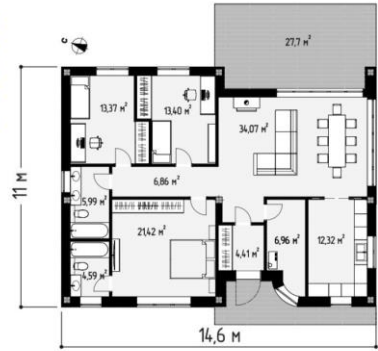


Рис. 1. Ілюстрація зведення експериментального житлового будинку

Як зазначалося у дослідженні [19] для збірно-монолітного будівництва відсутні спеціальні нормативи, а існують норми окремо для збірних та монолітних конструкцій. Крім того, для детальнішого моделювання будівельних процесів використовуються Галузеві норми часу на будівельні, монтажні та ремонтно-будівельні роботи, яких немає для збірних та монолітних конструкцій. При цьому Галузеві норми є актуалізацією ЕНиР (Єдині Норми і Розцінки), затверджених ще в 1986 році, тому статус ЕНиР в Україні на сьогодні не визначено (не актуальний на території України у зв'язку з набуттям чинності ДБН Д.1.1-1-2000 та зміною методики кошторисних розрахунків), оскільки з одного боку він застарів, а з іншого боку немає вітчизняного аналога. Відповідно, рекомендується виконувати організаційно-технологічне моделювання на підставі актуальних норм від 2023 року, а також здійснювати багатоваріантне моделювання з використанням нормативної бази різних років із виявленням оптимістичного, реалістичного, песимістичного сценаріїв виконання окремих робіт та зведення об'єкта загалом.

З урахуванням вищенаведеного, для багатоваріантного організаційно-технологічного моделювання будемо використовувати актуальні Кошторисні норми України Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи Бетонні та залізобетонні конструкції монолітні (Збірник 6) (РЕКНБ) та Бетонні та залізобетонні конструкції збірні (Збірник 7) від 2023 року. А також ЕНиР Збірник Е4 Вип. 1 Будівлі і промислові споруди від 1986 року.

Порівняння фактичної та нормативної трудомісткості наведено в таблиці 1. При чому враховано, що при використанні автокрану норми ЕНиР множились на 1,1 (ТЧ-1) та при облаштуванні опалубки з окремих дошок – на 1,25 (ТЧ-1).

Різниця між нормативними та фактичними показниками представлена у таблиці 2. Як випливає з таблиці 2 фактична трудомісткість і машиномісткість монтажу фундаментів виявилася меншою за нормативну в 4-7 і 3-6 разів відповідно. А для колон – у 2-4 та 1,2-2 рази. Тому роботи з монтажу фундаментів і колон можна нормувати як за ЕНиР так і по РЕКНБ, і отримати запас (резерв) за часом.

Фактична трудомісткість монтажу ригелів і плит перекриття виявилася меншою за нормативну в 1,1-2,4 і 1,5-5,6 разів відповідно. Фактична машиномісткість була меншою за нормативну по РЕКНБ в 1,2 і 1,8 разів для ригелів і плит, але більша за нормативну за ЕНиР в 2,2 і 1,7 разів відповідно. Тому витрати праці з монтажу ригелів і плит перекриття можна нормувати як за ЕНиР так і за РЕКНБ, а машиномісткість нормувати за РЕКНБ.

Фактична трудомісткість опалубних та арматурних робіт виявилася у 2-4,3 та 3,7-9,5 разів більшою порівняно з нормативною. Тому рекомендується нормувати за РЕКНБ та збільшувати витрати у 2 та 4 рази для опалубних та арматурних робіт відповідно.

Фактична трудомісткість бетонних робіт виявилася на 7–21% меншою за нормативну, але машиномісткість була вищою в 1,8-2,6 разів. Тому рекомендується нормувати за РЕКНБ та збільшувати витрати машинного часу у 2 рази.

Отже, більшість робіт, а саме монтаж фундаментів, колон, ригелів, плит перекриття, бетонування, виконувались швидше ніж за нормативними значеннями. Але внаслідок складності проведення опалубних та арматурних робіт вони виконувались довше ніж нормативна тривалість. Саме спрощення опалубних та арматурних робіт дозволить скоротити тривалість зведення каркасу. Застосування незнімної опалубки дозволяє підвищити технологічність опалубних робіт, що зазначається і в роботах [20-23]. Підвищення ефективності арматурних робіт досягається за рахунок проектування відповідного армування верхньої частини ригеля та армування вузлу ригель-колона.

При монтажі каркасу застосовувались тимчасові стійки для ригелів та кондукторів з кутиків для спірання ригелів на колони. В дослідженні [24] розробленні легкі риштування та наведена швидкість монтажу та демонтажу риштувань на 100 м², а саме: традиційні 24 та 16, модульні 12 та 8, мобільні 8 та 6, автоматизовані системи 10 та 7 годин відповідно.

Таблиця 1 – Порівняння фактичної та нормативної трудомісткості монтажу каркасу будинку

№	Найменування	Од. виміру	Норма часу		Обсяг	Склад ланки за ЕНиР	Фактична		Трудомісткість, $\frac{\text{люд-год}}{\text{маш-год}}$			
			ЕНиР РЕКНБ	ЕНиР РЕКНБ			ЕНиР РЕКНБ	Тривалі- сть, год	Кіл. робоч, люд	факт	норма	
											ЕНиР	РЕКНБ
1	Установка фундаменту	1 елем	1,76	0,583	6	монт 4р-1, 3р-1, 2р-1; маш 6р-1	2	2	4	17,16	28,8	
		100 шт	278,4	123,54						5,71	13,1	
2	Установка колон	1 кол	2,42	0,605	9	монт 5р-1, 4р-1, 3р-1, 2р-1; маш 6р-1	4,5	3	13,5	21,78	54,03	
		100 шт	600,3	105,71						5,45	9,52	
	Бетонування стиків	1 стик	0,81		9	монт 4р-1, 3р-1				7,29		
3	Установка ригелів	1 ел	1,54	0,308	24	монт 5р-1, 4р-1, 3р-2, 2р-1; маш 6р-1	6	2	33	36,96	77,95	
		100 шт	324,8	85,49						10,5	7,39	20,52
4	Укладка плит	1 ел	0,792	0,198	40	монт 4р-1, 3р-2, 2р-1; маш 6р-1	6,5	2	27	31,68	151,96	
		100 шт	379,9	60,55						7	7,92	24,22
	Бетонування швів	100 м	6,4		1,68	монт 4р-1, 3р-1				10,75		
5	Збирання та розбирання бокової опалубки перекрыття	1 м ²	0,475		22,1	тесляр 4р- 1, 2р-1. Розборка: тесляр 3р- 1, 2р-1	8	3	66	10,5	32,26	
		100 м ³	488,72	9,89						0,066		8
6	Армування ригелів	1 т	22,5		0,076	арматурник 5р-1, 2р-1	40	3	240	25,08	65,35	
			18,5		0,265							
			14		0,571							
			10		1,047							
			33,36	0,39								
7	Бетонування ригелів	1 м ³	1,4		11,74	бетоняр 4р-1, 2р-1	2,5	3	16,5	21	17,63	
		100 м ³	150,13	25,87						3	2,16	3,04
	Подача бетону	1 м ³	0,388	0,184		такел 2р-2, маш 6р-1						

Таблиця 2 – Різниця між нормативними та фактичними (прийнято за 100%) значеннями трудомісткості та машиноємності зведення збірно-монолітного каркасу малоповерхового будинку

№	Найменування	Обсяг	Трудомісткість, %			Машиноємність, %		
			факт	норма		факт	норма	
				ЕНиР	РЕКНБ		ЕНиР	РЕКНБ
1	Фундамент	9 шт	100	429	720	100	285	655
2	Колони	9 шт		215	400		121	211
3	Ригелі	24 шт		112	236		45	124
4	Плити	40 шт		157	563		59	179
5	Опалубка	22 м ²		23	49		-	-
6	Армування	2 т		10,5	27		-	-
7	Бетонування	12 м ³		127	107		39	55

На підставі даних таблиць 1 та 2 сформуємо оптимістичний, реалістичний та песимістичний сценарії монтажу збірно-монолітного каркасу будинку при виконанні робіт в одну зміну (таблиця 3).

Таблиця 3 – Оптимістичний (о), реалістичний (р), песимістичний (п) сценарії монтажу каркасу будинку

№	Найменування	Сценарій	Обсяг	Труд., люд-зм	Маш., маш-зм	Кільк. роб, люд	Тривалість, дні	Питома вага, %	Найімовірніша тривалість, дні
1	Монтаж стовп. фундам.	о	9 шт	0,5	0,25	2	0,25	3	1
		р		2,25	0,75	3	0,75	6	
		п		5	1,65	4	1,25	5	
2	Монтаж колон	о	9 шт	1,8	0,6	3	0,6	6	1
		р		3,6	0,7	4	0,9	8	
		п		10,2	1,2	6	1,7	7	
3	Монтаж ригелів	о	24 шт	4	2	2	2	22	2
		р		5	1	5	1	8	
		п		14	2,6	7	2	8	
4	Монтаж плит перекр.	о	40 шт	3,4	1,7	2	1,7	18	2
		р		5,2	1	4	1,3	11	
		п		28,2	3	6	4,7	20	
5	Опалубні роботи	о	22 м ²	2	0,1	2	1	11	2
		р		8,25	0,1	3	2,75	23	
		п		12	0,1	4	3	13	
6	Армування ригелів	о	2 т	6	0,1	2	3	32	4
		р		16	0,1	4	4	33	
		п		30	0,1	3	10	42	
7	Бетонування ригелів	о	12 м ³	2,1	0,3	3	0,7	8	2
		р		2,6	0,3	2	1,3	11	
		п		4,4	0,4	4	1,1	5	
Загалом монтаж каркасу		о	300 м ²	20	5		9	100 %	14
		р		43	4		12		
		п		104	9		24		

Як впливає з таблиці 3 тривалість монтажу збірно-монолітного каркасу експериментального житлового одноповерхового будинку склала 9, 12 та 24 робочих днів за оптимістичним, реалістичним та песимістичним сценаріями відповідно. Виходить, що при виконанні робіт у дві зміни одноповерховий будинок площею 150 м² можна змонтувати за один-два тижні, що збігається з даними інших дослідників, так, наприклад, в роботі [13] зазначається, що коробка будинку площею 100 м² зведена протягом 10 днів бригадою із 4-х осіб. Проте, каркас експериментального будинку з низки виробничих труднощів, фактично змонтували за 7 тижнів, тобто на два тижні довше, ніж за песимістичним сценарієм.

Також потрібно враховувати, що в умовах військового стану потрібно створювати безпечні умови для працівників на будівельних майданчиках, шляхом переобладнання наявних ліфтових шахт, підземних приміщень та інших частин будівель на безпечні укриття [25]. Крім цього, можливі відхилення фактичної тривалості будівництва, які обумовлені іншими факторами, наприклад, простоями робітників у 5%, змінами проекту в процесі виконання робіт у 24%, порушеннями технології виконання робіт у 2%, низьким рівнем організації праці та виробництва у 16%, невиправданої концентрацією трудових ресурсів у 17%, хворобою робітників та виробничим травматизмом у 3%, прогулами та відпустками у 5%, простоями фронту робіт у 28% випадках збільшували проекту тривалість будівництва [26].

З урахуванням вищевикладеного знайдені поправочні коефіцієнти до нормативних значень для формування сценаріїв монтажу збірно-монолітного каркасу (таблиця 4). Аналіз факторів, які впливають на відхилення фактичних значень трудомісткості та машиновитрат зведення збірно-монолітного каркасу від нормативних параметрів наведено в таблиці 5.

Таблиця 4 – Поправочні коефіцієнти до нормативних значень для формування сценаріїв монтажу збірно-монолітного каркасу

№	Найменування робіт	Норми до трудовитрат	Поправочні коефіцієнти до		Норми до маш-витрат
			трудоуитрат	маш-витрат	
1	Монтаж фундаментів	ЕНиР та РЕКНБ	0,15 – 1	0,17 – 1	ЕНиР та РЕКНБ
2	Монтаж колон		0,25 – 1	0,5 – 1	
3	Монтаж ригелів	ЕНиР та РЕКНБ	0,42 – 1	0,8 – 1	РЕКНБ
4	Монтаж плит		0,18 – 1	0,56 – 1	
5	Опалубні роботи	РЕКНБ	1 – 4,3	1 – 2	
6	Арматурні роботи		1 – 10	1 – 4	
7	Бетонування ригелів		0,8 – 1	1 – 2	
Витрати часу на форс-мажорні ситуації			В залежності від особливостей об'єкту, але не менше одного тижня		

Таблиця 5 – Аналіз відхилення фактичних витрат праці та машиновитрат зведення збірно-монолітного каркасу від нормативних параметрів

№	Фактори відхилення		Найменування робіт	Фактори відхилення	
	трудомісткості	коєф. за табл. 4		коєф. за табл. 4	машиновитрат
1	2 монт. замість 3	0,15 – 1	Монтаж фундаментів	0,17 – 1	сучасні крани та резерви часу у нормах
2	3 монтажника	0,25 – 1	Монтаж колон	0,5 – 1	
3	замість 5	0,42 – 1	Монтаж ригелів	0,8 – 1	
4	3 монт. замість 4	0,18 – 1	Монтаж плит	0,56 – 1	
5	складність рішень	1 – 4,3	Опалубні роботи	1 – 2	складність рішень
6		1 – 10	Арматурні роботи	1 – 4	
7	сучасне обладнання	0,8 – 1	Бетонування ригелів	1 – 2	незручність ущільнення

Таким чином, для будівництва пілотних збірно-монолітних об'єктів рекомендується для організаційно-технологічного моделювання використовувати чинні Кошторисні норми України, Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи, Бетонні та залізобетонні конструкції монолітні (Збірник 6) (РЕКНБ) та Бетонні та залізобетонні конструкції збірні (Збірник 7) від 2023 року. Крім того, для опалубних та арматурних робіт слід враховувати можливе збільшення тривалості внаслідок складності армування верхньої частини ригелів та труднощів опалубних робіт. Також можливі пошкодження збірних конструкцій, помилки у виконанні робіт та інші форс-мажорні ситуації, на які також необхідно передбачити резерви часу не менше одного тижня. Разом з цим є можливість виконання робіт меншою кількістю робітників. У міру дедалі більшого впровадження подібних рішень, збільшення досвіду, підвищення технологічності, тривалість будівництва об'єктів буде мінімізована.

Висновки:

1. При зведенні експериментального будинку виявлені виробничі проблеми зокрема пов'язані зі складністю опалубних, арматурних та бетонних робіт. Рекомендації з вирішення цих проблем полягають головним чином у підвищенні технологічності вузлів, наприклад, у спрощенні армування та виготовлення ригелів, які не потребують встановлення бічної опалубки. Порівняння реальних значень тривалості та трудомісткості з актуальними нормативними параметрами від 2023 року показало що зведення експериментального будинку виконувались швидше ніж за нормою, за винятком опалубних та арматурних робіт.

2. На підставі варіантного організаційно-технологічного моделювання, тривалість монтажу збірно-монолітного каркасу експериментального житлового одноповерхового будинку склала 9, 12 та 24 робочих днів за оптимістичним, реалістичним та песимістичним сценаріями відповідно. Проте, з низки виробничих труднощів, фактично каркас змонтували за 7 тижнів,

тобто на два тижні довше, ніж за песимістичним сценарієм.

3. Зі зіставлення багатоваріантного організаційно-технологічного моделювання та реальних значень тривалості робіт розраховані поправочні коефіцієнти до нормативних значень для формування сценаріїв монтажу збірно-монолітного каркасу. Для опалубних та арматурних робіт слід враховувати можливе збільшення тривалості внаслідок складності армування верхньої частини ригелів. Також можливі помилки у виконанні робіт та інші форс-мажорні ситуації, на які необхідно передбачити резерви часу.

Література

1. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України станом на листопад 2024 року. 2025, С. 1-28. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2025/02/KSE_Damages_Report-November-2024-UA.pdf. (дата звернення: 24.11.2025).
2. Atynian A.O., Savchenko O.I., Kamchatna S.M., Rybachuk O.V., Nazarko O.O. Technology of educational institutions' reconstruction after destruction caused by armed conflict on the territory of Ukraine rigidity. *Modern construction and architecture*. 2025. № 13. pp. 125-132. doi.org/10.31650/2786-6696-2025-13-125-132.
3. Aleynikova A., Hulievskiy P., Orobei V. Methods of renovation of multi-story residential buildings in modern Ukraine. *Modern construction and architecture*. 2024. № 8. pp. 102-109. doi.org/10.31650/2786-6696-2024-8-102-109.
4. Почапський М.Д., Бутнік С.В., Помазан М.Д. Перспективи збірно-монолітного будівництва для відновлення об'єктів в Україні. *Будівельне виробництво*. 2022. №74. С. 35-41. doi.org/10.36750/2524-2555.74.35-41.
5. Почапський М.Д. Доцільність використання збірно-монолітних рішень в будівництві. *Науковий вісник будівництва*. 2025. № 112. С. 241-247. doi.org/10.33042/2311-7257.2025.112.1.29.
6. Інноваційні технології каркасного будівництва. навч. посібник / Г.М. Тонкачєєв та ін., К. Ліра-К, 2024. 316 с.
7. Rocha P.F., Ferreira N.O., Pimenta F., Pereira N.B. Impacts of Prefabrication in the Building Construction Industry. *Encyclopedia*. 2023. №3. pp. 28-45. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010003>.
8. V. Raghavendra K. Holla, Siddhant Anant, Muzzammil Ali Mohammad, Aakash Periwal, Aakash Kapoor. Time, Cost, Productivity and Quality analysis of Precast Concrete System. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*. 2016. №3. pp. 252-257.
9. Божинський М.О. Реалізація модулів інформаційно-математичної системи оптимізації підсилення з інтеграцією існуючих баз даних для прискорення прийняття організаційно-технологічних рішень з ліквідації наслідків, спричинених впливами, не передбаченими при проектуванні. *Будівельне виробництво*. 2024. №78. С.132-139.
10. Шутенко Л.Н., Торкатюк В.И., Золотова Н.М., Виноградская О.М., Радван Осама, Белаш Ю.В., Ключко Е.В., Степаненко С.А., Железнякова И.А., Кулик В.Т., Денисенко А.П., Бутник С.В. Организационно-технологические и технические особенности сокращения продолжительности возведения зданий и сооружений из монолитного бетона и железобетона. *Коммунальное хозяйство городов*. 2004. №60. С. 3-28.
11. Черненко К.В. Загальні засади технологій та методів зведення багатопверхових будівель і їх класифікація. *Містобудування та територіальне планування*. 2015. Вип. 57. С. 468-475.
12. Горда О.В., Бондарчук К.С. Визначення ресурсу адаптації виконання етапу будівельного проекту. *Управління розвитком складних систем*. 2013. Вип. 14. С.100-104.
13. Лепська Л.А., Тонкачєєв Г.М., Шандра О.Г. Підвищення технологічності монтажу каркасних будівель: передові методи. *Містобудування та територіальне планування*. 2024. Вип. 85. С. 315-339. doi.org/10.32347/2076-815X.2024.85.315-339.
14. Тонкачєєв Г.М., Лепська Л.А., Шарапа С.П. Система обґрунтування технологічних параметрів монтажної оснастки для обмеження та фіксації конструкцій, що монтуються. *Містобудування та територіальне планування*. 2014. Вип. 52. С. 418-426.
15. Тонкачєєв Г.М. Нова система нормування витрат часу для прийняття технологічних рішень. *Містобудування та територіальне планування*. 2013. Вип. 50. С. 700-704.

16. Тонкачєєв Г.М., Лєпська Л.А. Дослідження фіксаторів для монтажу збірних будівельних конструкцій. *Містобудування та територіальне планування*. 2013. Вип. 48. С. 457-462.
17. Пахомов М.В., Заяць Є.І. Аналіз організації контролю якості будівельних робіт у каркасно-монолітному будівництві. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2025. № 4 (028). С.127-137. doi.org/10.30838/UJCEA.2312.270425.127.1183.
18. Ali Najafi, Robert Tiong Lee Kong. Productivity modeling of precast concrete installation using multiple regression analysis. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2015. Vol.10, no. 6. pp. 2496 – 2503.
19. Бутнік С.В., Почапський М.Д. Аналіз нормативної трудомісткості зведення збірно-монолітних конструкцій. *Комунальне господарство міст*. 2025. №189. С. 258-265. doi.org/10.33042/2522-1809-2025-1-189-258-265.
20. Дікарев К.Б., Мовчан О.Ю., Куценко-Скокова А.О., Сопільняк А.М., Папірник Р.Б. Дослідження застосування незнімної опалубки для скорочення термінів будівництва малоповерхових будівель та споруд. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2025. № 3 (027). С. 50-59. doi.org/10.30838/UJCEA.2312.270425.50.1160.
21. Шумаков И.В., Юнис Башир, Ассаад Мустафа. Технологическое обоснование перспектив каркасно-монолитного строительства Ливана. *Науковий вісник будівництва*. 2016. №83(1). С. 52-57.
22. Meneulyuk O.I., Kyryliuk S.V., Bochevar K.I. Evaluation of the new constructive-technological solution of the fence structure in the non-removable formwork. *Modern construction and architecture*. 2022. №2. pp. 113-122. doi.org/10.31650/2786-6696-2022-2-113-122.
23. Руссий В.В., Бочевар К.І. Моделювання показників ефективності зведення житлового комплексу «Авіньйон». *Modern construction and architecture*. 2023. №6. С. 123-132. doi.org/10.31650/2786-6696-2023-6-123-132.
24. Дікарев К.Б., Папірник Р.Б., Коваль В.М., Коваль В.В. Актуальність використання сучасних технологій у монолітному будівництві. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2024. № 5 (023). С. 77-84. doi.org/10.30838/UJCEA.2312.301024.77.1095.
25. Папірник Р.Б., Дікарев К.Б., Селецький В.В., Коваль В.В. Упровадження інноваційних технологій виконання будівельно-монтажних робіт в особливих умовах. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2024. № 5(023). С. 124-132. doi.org/10.30838/UJCEA.2312.301024.124.1101.
26. Шатрова І.А., Демидова О.О. Досвід і наукові дослідження з обґрунтування тривалості виконання робіт у будівництві. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2020. Вип. 45. С. 71-79.

References

- [1] Zvit pro priami zbytky infrastruktury vid ruinovan vnaslidok viiskovoi ahresii rosii proty Ukrainy stanom na lystopad 2024 roku. 2025, s. 1-28. [Online]. Available: https://kse.ua/wp-content/uploads/2025/02/KSE_Damages_Report-November-2024-UA.pdf. Accessed on: November 24, 2025.
- [2] A.O. Atynian, O.I. Savchenko, S.M. Kamchatna, O.V. Rybachuk, O.O. Nazarko, "Technology of educational institutions' reconstruction after destruction caused by armed conflict on the territory of Ukraine rigidity", *Modern construction and architecture*, no. 13, pp. 125-132, 2025. doi.org/10.31650/2786-6696-2025-13-125-132.
- [3] A. Aleynikova, P. Hulievskiy, V. Orobei, "Methods of renovation of multi-story residential buildings in modern Ukraine", *Modern construction and architecture*, no. 8, pp. 102-109, 2024. doi.org/10.31650/2786-6696-2024-8-102-109.
- [4] M.D. Pochapskij, S.V. Butnik, M.D. Pomazan, "Perspektivi zbirno-monolitnogo budivnictva dlya vidnovlennya ob'ektiv v Ukrayini", *Budivnelne virobnictvo*, no. 74, pp. 35-41, 2022. doi.org/10.36750/2524-2555.74.35-41.
- [5] M.D. Pochapskij, "Docilnist vikoristannya zbirno-monolitnih rishen v budivnictvi", *Naukovij visnik budivnictva*, no. 112, pp. 241-247, 2025. doi.org/10.33042/2311-7257.2025.112.1.29.
- [6] Н.М. Tonkacheiev ta in. *Innovatsiini tekhnolohii karkasnoho budivnytstva: navch.*

- Posibnyk. K. Lira-K, 2024.
- [7] P.F. Rocha, N.O. Ferreira, F. Pimenta, N.B. Pereira, "Impacts of Prefabrication in the Building Construction Industry", *Encyclopedia*, no. 3, pp. 28–45, 2023. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010003>
- [8] B. Raghavendra K. Holla, Siddhant Anant, Muzzammil Ali Mohammad, Aakash Periwal, Aakash Kapoor, "Time, Cost, Productivity and Quality analysis of Precast Concrete System", *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, vol. 3, pp. 252-257, 2016.
- [9] M.O. Bozhinskij, "Realizaciya moduliv informacijno-matematichnoyi sistemi optimizaciyi pidsilennya z integraciyeyu isnuyuchih baz danih dlya priskorennya prijnyattya organizacijno-tehnologichnih rishen z likvidaciyi naslidkiv, sprichinenih vplivami, ne peredbachenimi pri proektuvanni", *Budivelne virobnictvo*, no.78. pp.132-139, 2024.
- [10] L.N. Shutenko, V.I. Torkatyuk, N.M. Zolotova, O.M. Vinogradskaya, Radvan Osama, Yu.V. Belash, E.V. Klochko, S.A. Stepanenko, I.A. Zheleznyakova, V.T. Kulik, A.P. Denisenko, S.V. Butnik, "Organizacionno-tehnologicheskie i tehnichekije osobennosti sokrasheniya prodolzhitelnosti vozvedeniya zdaniy i sooruzhenij iz monolitnogo betona i zhelezobetona", *Kommunalnoe hozyajstvo gorodov*, no. 60, pp. 3-28, 2004.
- [11] K.V. Chernenko, "Zagalni zasadi tehnologij ta metodiv zvedennya bagatopoverhovih budivel i yih klasifikaciya", *Mistobuduvannya ta teritorialne planuvannya*, vol. 57, pp. 468-475, 2015.
- [12] O.V. Gorda, K.S. Bondarchuk, "Viznachennya resursu adaptaciyi vikonannya etapu budivelnogo proektu", *Upravlinnya rozvitkom skladnih sistem*, vol. 14, pp.100-104, 2013.
- [13] L.A. Lepska, G.M. Tonkachejev, O.G. Shandra, "Pidvishennya tehnologichnosti montazhu karkasnih budivel: peredovi metodi", *Mistobuduvannya ta teritorialne planuvannya*, vol. 85, pp. 315-339, 2024. doi.org/10.32347/2076-815X.2024.85.315-339.
- [14] G.M. Tonkachejev, L.A. Lepska, S.P. Sharapa, "Sistema obgruntuvannya tehnologichnih parametriv montazhnoyi osnastki dlya obmezheniya ta fiksaciyi konstrukcij, sho montuyutsya", *Mistobuduvannya ta teritorialne planuvannya*, vol. 52, pp. 418-426, 2014.
- [15] G.M. Tonkachejev, "Nova sistema normuvannya vitrat chasu dlya prijnyattya tehnologichnih rishen", *Mistobuduvannya ta teritorialne planuvannya*, vol. 50, pp. 700-704, 2013.
- [16] G.M. Tonkachejev, L.A. Lepska, "Doslidzhennya fiksatoriv dlya montazhu zbirnih budivelnih konstrukcij", *Mistobuduvannya ta teritorialne planuvannya*, vol. 48, pp. 457-462, 2013.
- [17] M.V. Pahomov, Ye.I. Zayac, "Analiz organizaciyi kontrolyu yakosti budivelnih robit u karkasno-monolitnomu budivnictvi", *Ukrayinskij zhurnal budivnictva ta arhitekturi*, no. 4 (028), pp.127-137, 2025. doi.org/10.30838/UJCEA.2312.270425.127.1183.
- [18] Ali Najafi, Robert Tiong Lee Kong, "Productivity modeling of precast concrete installation using multiple regression analysis", *Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 10, no. 6, pp. 2496-2503, 2015.
- [19] S.V. Butnik, M.D. Pochapskij, "Analiz normativnoyi trudomistkosti zvedennya zbirno-monolitnih konstrukcij", *Komunalne gospodarstvo mist*, no. 189, 2025. doi.org/10.33042/2522-1809-2025-1-189-258-265.
- [20] K.B. Dikarev, O.Yu. Movchan, A.O. Kucenko-Skokova, A.M. Sopilnyak, R.B. Papirnik, "Doslidzhennya zastosuvannya neznimnoyi opalubki dlya skorochennya terminiv budivnictva malopoverhovih budivel ta sporud", *Ukrayinskij zhurnal budivnictva ta arhitekturi*, no. 3 (027), pp. 50-59, 2025. doi.org/10.30838/UJCEA.2312.270425.50.1160.
- [21] I.V. Shumakov, Yunis Bashir, Assaad Mustafa, "Tehnologicheskoe obosnovanie perspektiv karkasno-monolitnogo stroitelstva Livana", *Naukovij visnik budivnictva*, no. 83(1), pp. 52-57, 2016.
- [22] O.I. Menelyuk, S.V. Kyrlyuk, K.I. Bochevar, "Evaluation of the new constructive-technological solution of the fence structure in the non-removable formwork", *Modern construction and architecture*, no. 2, pp. 113-122, 2022. doi.org/10.31650/2786-6696-2022-2-113-122.
- [23] V.V. Russij, K.I. Bochevar, "Modelyuvannya pokaznikov efektyvnosti zvedennya zhitlovogo kompleksu «Avinjon»", *Modern construction and architecture*, no. 6, pp. 123-132, 2023. doi.org/10.31650/2786-6696-2023-6-123-132.

- [24] K.B. Dikarev, R.B. Papirnik, V.M. Koval, V.V. Koval, "Aktualnist vikoristannya suchasni tehnologij u monolitnomu budivnictvi", *Ukrayinskij zhurnal budivnictva ta arhitekturi*, no. 5 (023), 2024. doi.org/10.30838/UJCEA.2312.301024.77.1095.
- [25] R.B. Papirnik, K.B. Dikarev, V.V. Seleckij, V.V. Koval, "Uprovadzheniya innovacijnih tehnologij vikonannya budivelno-montazhni robot v osoblivih umovah", *Ukrayinskij zhurnal budivnictva ta arhitekturi*, no. 5 (023), 2024. doi.org/10.30838/UJCEA.2312.301024.124.1101.
- [26] I.A. Shatrova, O.O. Demidova, "Dosvid i naukovi doslidzhennya z obruntuvannya trivalosti vikonannya robot u budivnictvi", *Shlyahi pidvishennya efektivnosti budivnictva v umovah formuvannya rinkovih vidnosin*, vol. 45, pp. 71-79, 2020.

ANALYSIS OF THE ASSEMBLY DURATION OF A PRECAST-MONOLITHIC FRAME FOR A LOW-RISE BUILDING

¹**Pochapskiy A.O.**, postgraduate student,

Pochapskiydm@ukr.net, ORCID: 0009-0008-2974-806X

¹**Butnik S.V.**, PhD, Associate Professor,

svitlana.butnik@kname.edu.ua, ORCID: 0009-0005-6667-6869

¹*O.M. Beketov National University of Urban Economy*

17, Chernoglazivska str., Kharkiv, 61002, Ukraine

²**Pomazan M.D.**, PhD,

zdarovamax@gmail.com, ORCID: 0009-0002-0345-5118

²*National University "Zaporizhzhia Polytechnic"*

64, Universytetska St., Zaporizhia, 69063, Ukraine

Abstract. The article is devoted to the analysis of precast-monolithic construction in Ukraine, which combines the advantages of both precast and cast-in-place frame systems while minimizing their drawbacks. For this reason, precast-monolithic solutions ensure the reliability and cost-efficiency required for contemporary and especially post-war reconstruction. The limited practical experience in constructing precast-monolithic buildings highlights the need for real-world testing of structural and organizational-technological solutions.

The aim of the study is to perform multivariate organizational-technological modelling and compare its results with the actual construction process of an experimental low-rise precast-monolithic building.

The research methodology includes analysis of scientific sources, construction organizational-technological modelling, examination of labour- and machine-hour regulatory standards, as well as on-site observation and time-tracking of construction processes during the erection of the experimental building.

The study produced the following results. It is recommended that organizational-technological modelling of precast-monolithic structures be based on current 2023 regulatory standards, with the option of applying multivariate modelling using regulatory frameworks from the past 40 years when necessary.

The experimental construction of a cottage with dimensions 14×10.5 m (socket-type foundations, 0.3×0.3 m columns, hollow-core slab floors) revealed production challenges during frame erection and enabled a comparison between actual and regulatory values of construction duration and labour intensity. The duration of erecting this precast-monolithic frame amounted to 9, 12, and 24 working days under optimistic, realistic, and pessimistic scenarios, respectively.

Adjustment coefficients to normative values were calculated to support scenario-based planning for the erection of precast-monolithic frames. To account for possible force-majeure conditions, time buffers of 1–4 weeks should be provided.

The results of the study may be useful for multivariate organizational-technological modelling of precast-monolithic buildings of various types and purposes.

Keywords: precast-monolithic frame, organizational-technological modelling, labour costs.

Стаття надійшла до редакції 7.12.2025

Стаття прийнята до друку 28.01.2026

Дата публікації статті 20.03.2026