

Р.Я. Зельцер¹, О.Ю. Бєленкова¹, Є.В. Новак¹, Д.В. Дубінін²

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури,
просп. Повітрофлотський, 31, Київ, 03037, Україна,
+380 44 241 5580, obelenkova@ukr.net, robert.mail1934@gmail.com

² Підприємство Української академії наук «Науково-дослідний інститут інноваційного будівництва України»,
вул. Семашка, 13, Київ, 03142, Україна,
+380 44 424 5199, denveronly@icloud.com

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ПРОЦЕСІВ РЕСУРСНО-ЛОГІСТИЧНОГО ТА ОРГАНІЗАЦІЙНО-СТРУКТУРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА



Вступ. Відповідність термінів виконання будівельних робіт і постачання ресурсів на об'єктах будівництва плановим показникам є нагальною потребою, адже порушення ритмічності надходження матеріалів, невідповідність графіків виконання робіт та руху матеріально-технічних ресурсів можуть спричинити серйозні негативні наслідки для всього процесу будівництва.

Проблематика. Існує потреба в мінімізації відхилень реальних термінів будівництва від проектних шляхом створення інструментів управління процесами організації будівництва об'єкту на основі оперативних даних, їх математичної обробки, виявлення тенденцій та корегування відхилень на основі поточної інформації щодо ходу будівництва.

Мета. Удосконалення інструментарію ресурсно-логістичного та організаційно-структурного забезпечення об'єктів будівництва, спрямованого на мінімізацію відхилень реальних термінів постачання ресурсів на об'єкт від проєктованих, які визначено на етапі (стадії) розробки проєктно-технологічної документації (проєкту організації будівництва (ПОБ), проєкту виконання робіт (ПВР)), з урахуванням сезонної складової.

Матеріали й методи. Застосовано методи експертних оцінок, сезонної декомпозиції часових рядів, порівняльного аналізу.

Результати. Проведено аналіз сучасного програмного забезпечення організації будівництва, створено схему організації процесів будівництва об'єкту. Доведено, що сезонність є фактором, який чинить на терміни будівництва і постачання ресурсів помірний вплив, створено моделі прогнозування відхилень ходу будівельного процесу з урахуванням сезонності.

Висновки. Наявні на сьогодні методи прогнозування відхилень, що використовують в програмних комплексах *Microsoft Project*, *OpenPlan*, *Spider Project*, *SureTrek Project Manager* і *Primavera Project Planner* та інших, доцільно було б доповнити моделями, що призначені для прогнозування реальних термінів виконання робіт з урахуванням сезонної компоненти.

Ключові слова: будівництво, сезонні коливання, організація будівництва, терміни виконання робіт.

В сучасних економічних умовах проблема відповідності реальних термінів виконання будівельних робіт і термінів постачання ре-

сурсів для будівельних об'єктів плановим показникам є особливо актуальною, адже як нестача будь-якого з матеріалів, так і його надлишок, або порушення ритмічності постачання, невідповідність графіків виконання робіт та

руху матеріально-технічних ресурсів можуть мати для будівельного процесу серйозні негативні наслідки.

З огляду на це, одним з основних завдань ресурсно-логістичного та організаційно-структурного забезпечення будівництва об'єктів є впровадження інструментарію, який сприяє мінімізації відхилень від планових показників, може бути основою для формування, розвитку та раціонального використання ресурсів об'єкту. Вирішення названого завдання на новому якісному рівні можливо за допомогою заміни традиційних процесів взаємодії учасників будівництва цифровими, з одночасним використанням найсучасніших інформаційних технологій.

Незабаром всі значущі будівельні об'єкти в Україні будуть створюватися з використанням технології інформаційного моделювання (Building Information Modeling (BIM)) кожного етапу життєвого циклу будівельного об'єкта, зокрема й на етапі експертизи та експлуатації, що є одним з головних трендів розвитку вітчизняної будівельної галузі. Використання інформаційних моделей для оптимізації ресурсно-логістичного та організаційно-структурного забезпечення будівництва вимагає цифрової трансформації бізнес-процесів учасників будівництва, відмову від застарілих технологій, зміну організаційно-технологічної структури об'єкту, яка тепер повинна бути орієнтованою на прискорення процесів, що забезпечують інформаційний обмін в рамках інформаційної моделі об'єкта. Із зазначеного випливає потреба всебічного дослідження процесів ресурсно-логістичного й організаційно-структурного забезпечення будівництва з урахуванням їх трансформації.

Вирішенню завдань щодо мінімізації термінів будівництва, підвищення ефективності організації процесів будівництва, економічного обґрунтування рішень щодо їх оптимізації приділяли увагу І.В. Багрова, В. Бансал, Дж. Белман, М.С. Будніков, А.Ф. Гойко, А. Ебнер, А.Д. Єсіпенко, К.В. Измайлова, В. Кук, О.М. Лівінсь-

кий, В.О. Поколенко, А.В. Радкевич, В.І. Садовський, В.І. Торкатюк, О.А. Тугай, Р.Б. Тянь, С.А. Ушацький, О.В. Федосова, В.К. Черненко, Ф. Холт та інші. Ними закладено базу для подальших досліджень в галузі організації будівництва, передумови визначення головних чинників відхилень реальних термінів будівництва від проектних та теоретичну основу для пошуку механізму мінімізації цих відхилень, а також створення відповідного інструментарію цифрової трансформації будівельних процесів.

Цифрова трансформація будівництва — це не просто процес інтеграції цифрових технологій у всі аспекти діяльності будівельних підприємств або впровадження технології інформаційного моделювання при здійсненні проектування об'єктів будівництва, а, насамперед, процес, який вимагає внесення докорінних змін в технологію, організаційно-технічні рішення і принципи створення будівельної продукції, що дозволить мінімізувати відхилення реальних термінів від проектних шляхом створення інструментів управління процесами організації будівництва об'єкту, моніторингу постачання ресурсів, аналізу існуючих відхилень будівельного процесу, управління ресурсами будівництва на основі оперативних даних, їх математичної обробки, виявлення тенденцій та корегування відхилень за поточною інформацією щодо ходу будівництва.

Для максимально ефективного використання нових технологій та їх оперативного впровадження в усі сфери діяльності підприємства повинні змінити процеси й моделі роботи. Цифрова трансформація є базисом для нового якісного перетворення процесів будівництва, але потребує розробки методологічної бази економіки й організації будівництва, переробки та оптимізації наявного інструментарію. Як результат, необхідність створення нових принципів, моделей та методів управління з урахуванням цифрової трансформації процесів будівництва є актуальною та потребує невідкладного вирішення.

Метою роботи є удосконалення інструментарію ресурсно-логістичного та організаційно-структурного забезпечення будівництва об'єктів для виконавців робіт (на рівні організацій-виконавців, відповідальних працівників, будівельних процесів, будівельного майданчика, ділянки тощо), спрямованого на мінімізацію відхилень реальних термінів постачання ресурсів на об'єкт від проектних, які визначено на етапі (стадії) розробки проектно-технологічної документації (проекту організації будівництва (ПОБ), проекту виконання робіт (ПВР)), шляхом трансформації процесів будівництва з використанням сучасних інформаційних технологій.

Для розв'язання проблеми потрібно вирішити низку взаємопов'язаних завдань, а саме: здійснити опис схеми організації процесів будівництва конкретного об'єкту; дослідити причини порушення ходу будівельного процесу та постачання матеріально-технічних ресурсів на будівельний майданчик; здійснити огляд сучасного програмного забезпечення, яке використовують для прийняття рішень з організації будівництва; виявити вплив сезонності на відхилення реальних термінів виконання робіт від запланованих та створити відповідні моделі, які стануть методичною основою для цифрової трансформації будівництва.

Відповідно до Закону України «Про інноваційну діяльність» [3]: «інновації – новостворені (застосовані) і (або) вдосконалені конкурентоздатні технології, продукція або послуги, а також організаційно-технічні рішення виробничого, адміністративного, комерційного або іншого характеру, що істотно поліпшують структуру та якість виробництва і (або) соціальної сфери».

Удосконалення організаційно-технічних рішень, яке здатне істотно поліпшити структуру та якість будівельного виробництва, зменшити відхилення термінів ресурсного забезпечення об'єкту, залежить від якості інформаційного обміну між всіма учасниками будівельного процесу, організаційної структури

будівництва, точності прогнозування відхилень реальних термінів постачання ресурсів на об'єкт від проектних та своєчасного вживання відповідних заходів для упередження останніх. Тому удосконалення системи ресурсно-логістичного забезпечення об'єктів будівництва повинно здійснюватися у двох взаємопов'язаних напрямках – удосконалення інформаційного обміну в рамках організаційно-структурного забезпечення об'єкту та збільшення точності прогнозування відхилень реальних термінів постачання від проектних на основі ресурсно-логістичної системи об'єкту.

Згідно з Державними будівельними нормами (ДБН) «Організація будівельного виробництва» [4], планування процесів організації будівництва відбувається на етапі розробки проектно-технологічної документації, яка включає ПОБ (календарний план будівництва та відомість потреби в будівельних конструкціях, виробках, матеріалах і устаткуванні з розподілом по календарних періодах будівництва) і ПВР (календарний графік, у якому встановлюється послідовність і терміни виконання робіт з максимально можливим їх суміщенням, графіки надходження на об'єкт будівельних конструкцій, виробів, матеріалів і устаткування, відомості про комплектацію, графіки руху робочих кадрів і основних будівельних машин на об'єкті), які в подальшому слугують базою для організації будівництва на об'єкті і контролювання перебігу будівельного процесу.

Головною метою системи ресурсно-логістичного та організаційно-структурного забезпечення будівництва об'єктів є виконання умов створення будівельної продукції заданої якості, вартості та у визначені проектом терміни. Побудова ефективної формалізації процесів організації будівництва зумовлює формування взаємозв'язків між необхідними структуроутворюючими елементами будівництва, а саме: замовником, генеральною підрядною організацією, субпідрядними підприємствами, генеральним проектувальником та іншими проектними організаціями, що задіяні у процесі

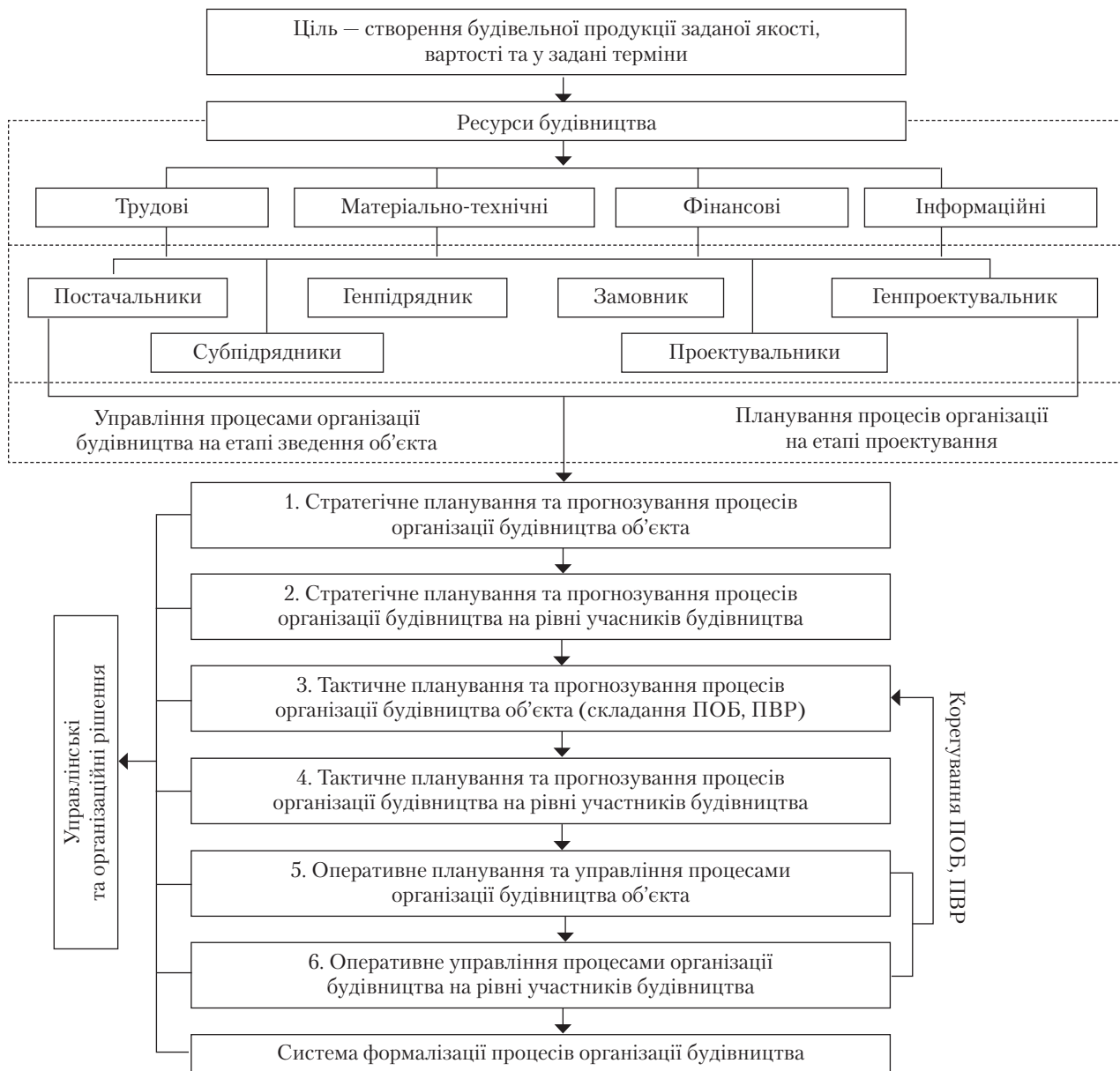


Рис. 1. Схема організації процесів будівництва об'єкта

будівництва, постачальниками матеріально-технічних ресурсів тощо.

Процес створення ефективної системи ресурсно-логістичного та організаційно-структурного забезпечення будівництва об'єктів є досить складним, включає в себе зміни якості ресурсного забезпечення окремих учасників будівництва, підлягає впливу багатьох зовніш-

ніх і внутрішніх факторів, містить певні організаційні та управлінські заходи, що здійснюються послідовно або одночасно (рис. 1).

Реальні умови будівництва (порушення постачання матеріалів, несправність обладнання, погодно-кліматичні умови тощо) призводять до того, що складені календарні графіки будівельних робіт та постачання ресурсів потріб-

но переглядати та корегувати. Частота корегування планових показників залежить від періоду будівництва і того, наскільки значними є відхилення, можливості корегування графіків в оперативному режимі (відхилення незначні).

Сьогодні прийняття ефективних рішень з організації та управління будівництвом неможливе без використання спеціального програмного забезпечення, оскільки лише за допомогою програмних засобів є змога з достатньою точністю врахувати стохастичність будівельних процесів, обробляючи значні обсяги інформації щодо відхилень термінів виконання робіт та постачання ресурсів від проектних показників в ході будівництва.

В основу програмних засобів організації та управління будівництвом покладені календарні моделі (сіткові або лінійні), що забезпечують можливість розрахунку термінів виконання окремих робіт або усього проекту за методом критичного шляху.

Серед програмного забезпечення, яке використовується для організації будівництва різних типів об'єктів, найбільш використовуваними є програмні комплекси: *Microsoft Project*, *OpenPlan*, *Spider Project*, *SureTrek Project Manager* і *Primavera Project Planner*, Мегаплан [5–9] та низка інших. Основою кожного з них є організаційно-технологічна модель будівництва. Кожна з програм надає можливості зі створення та корегування графіків будівництва, а також моделей управління ресурсним забезпеченням. По суті, у кожній з них закладено набір шаблонів для створення організаційної моделі ресурсного забезпечення будівництва.

Використовуючи *Microsoft Project* [5], можна здійснювати планування і контроль ресурсів та термінів виконання робіт, діяльності підрядних організацій, оперативно реагувати на зміни графіка робіт чи постачання ресурсів. Проте її недоліком є те, що надаючи набір інструментів для організації будівництва, у програмі мало засобів для управління ресурсами.

Spider Project [6] призначено для побудови графіків будівництва, при цьому програма мо-

же визначати тривалість виконання окремого процесу залежно від обсягів робіт та наявних ресурсів. Перевагою програми є можливість створення структур, що охоплюють не всі роботи, або навіть, структур, що не стосуються роботи взагалі (наприклад, можна окремо створити модель ресурсного забезпечення). Ризики в програмі оцінюються шляхом аналізу продуктивності трудових ресурсів, машин і механізмів, а на результатах формулюється висновок про можливі відхилення термінів виконання робіт. Недоліком програми можна зазначити те, що *Spider Project* не передбачає одночасної роботи з даними багатьох виконавців, тому прийняття змін здійснюється найчастіше менеджером проекту, що часто затримує прийняття рішень. Інші користувачі мають обмежене право доступу — тільки ознайомлення або виконання обмеженого кола робіт.

Primavera Project Planner [7] використовується для управління середніми й великими проектами у галузі будівництва та для інших проектів. Програма містить стандартний перелік робіт. *Primavera Project Planner* дозволяє здійснювати перерахунок графіків виконання робіт при вказуванні режиму визначення найбільш ранньої можливої дати закінчення роботи, або найбільш пізньодопустимої дати її початку. Для організації ресурсного забезпечення у зазначеній програмі передбачено обмежену кількість інструментів та засобів.

OpenPlan [8] характеризується потужними засобами ресурсного і бюджетного планування. В її основу покладено сіткову модель. Програма дозволяє не лише обирати ступінь деталізації при здійсненні планування та аналізу ресурсного забезпечення, а й здійснювати управління з урахуванням зміни вартості ресурсів, враховувати їх обмеження, а також регулювати завантаження ресурсу, вказавши збільшення інтенсивності використання на початку роботи, в середині чи в кінці. Також програмний комплекс надає можливість порівнювати профіль доступності ресурсів з планом потреби у них. Оцінка ризиків недотримання термі-

нів робіт або усього проекту в програмі базується на використанні введення оптимістичних та песимістичних оцінок робіт проекту або методу Монте-Карло, за яким здійснюється оцінювання відхилення термінів виконання робіт від графіка, перевищення бюджету, а також інших наслідків.

«Мегаплан» [9] — це програма, орієнтована на спільну роботу над будівельними та суміжними (супутніми) проектами. Інформація про виконання роботи, терміни виконання, наявні ресурси тощо може бути доступною в режимі он-лайн з будь-якого робочого місця. Функціями програми, крім календарного планування, є контроль проектів, укладання угод, призначення зустрічей, побудова звітів, контроль за термінами виконання завдань тощо.

Кожен з проаналізованих програмних комплексів дозволяє здійснювати складання, взаємоузгодження у розрізі різних підрядників і постачальників, а також виконувати коригування графіка виконання робіт, дотримуватися проектних термінів робіт, конкретизувати обсяги, терміни постачання ресурсів, їх оптимальний розподіл відповідно до проекту (ПОБ, ПВР). За реальними даними щодо виконання будівельного проекту й розподілу ресурсів під час виконання будівельних робіт на об'єкті формуються організаційно-технологічні заходи з подолання дії негативних факторів, урахування та посилення позитивних впливів.

З метою виявлення причин відхилень реальних термінів будівництва від проектних було проведено огляд наукових праць, присвячених зазначеному питанню, а на основі їх аналізу визначено перелік факторів та складено анкету для опитування будівельних підприємств щодо причин відхилень від планових термінів виконання робіт.

Одним із суттєвих чинників впливу на терміни та вартість будівельної продукції вважається недостатньо швидкий інформаційний обмін між різними рівнями управління. Так, Ісаєнко Ю.В. [1] зазначає: «... існуючі наукові розробки не в повній мірі враховують потребу

будівельних підприємств в постійному підвищенні власної конкурентоспроможності за рахунок впровадження організаційних підходів, спрямованих на виявлення та подолання резервів виробничих систем, оскільки розробка та реалізація організаційно-технологічних рішень, а також заходів з їх раціоналізації, відбувається на різних та непов'язаних між собою організаційних рівнях, що уповільнює інформаційний обмін між ними...». Причинами цього є, як територіальна віддаленість лінійного персоналу від вищого керівництва, так і порушення процесу інформаційного обміну між ними.

Боровик Ю.Т. [2] серед факторів випадкових відмов будівельного виробництва, виділяє: «...кліматичні (снігопад, ожеледиця, вітер понад шість балів, злива, мороз нижче -25°C), фінансово-економічні (інфляція, різкий спад інвестицій, здорожчання матеріалів, конструкцій, деталей, машин, механізмів, палива, електроенергії), соціальні (страйки, невихід або спізнення на роботу, невиконання виробничого завдання, низька кваліфікація виконавця, навмисне псування або розкрадання матеріалів, інструменту, устаткування), організаційні (несвоєчасне забезпечення проектно-кошторисною документацією, порушення погоджених термінів робіт, відсутність матеріалів, виробів, напівфабрикатів, устаткування, відсутність робочих необхідної спеціальності й кваліфікації, недоліки оперативного планування та управління, відсутність або вихід із ладу засобів зв'язку, порушення термінів підготовки будівельного майданчика, зміна планів введення об'єкта в експлуатацію), технологічні (усунення браку, усунення наслідків недоброякісних робіт, зміна запланованої послідовності робіт, порушення правил охорони праці й техніки безпеки, поява непередбачених робіт, недоліки у проектуванні технології будівельних робіт, порушення графіка робіт субпідрядними організаціями), технічні (несправність машин, механізмів, транспортних засобів, низька якість матеріалів, деталей, конструкцій, устаткуван-

Таблиця 1

Вагомість впливу різних чинників на хід будівельного процесу

ня, вихід із ладу енерго- й водопостачання, шляхів, зміна проектних рішень в процесі будівництва) та форс-мажорні (стихийні лиха, воєнні дії та ін.) чинники...».

Незважаючи на значні напрацювання науковців в галузі прогнозування відхилень, організації матеріально-технічного постачання, руху ресурсів в межах будівельного майданчика, формування й оцінки організаційних структур з метою покращення інформаційного обміну учасників будівельного процесу, певні завдання, пов'язані, перш за все, з виявленням причин відхилень термінів постачання ресурсів, формуванням методичної основи для аналізу, оцінювання й прогнозування термінів будівництва на всіх етапах реалізації будівельних проектів, потребують подальшого дослідження.

З метою виявлення факторів, що мають найбільш вагомий вплив на відмови та відхилення від планового рівня ресурсного забезпечення будівництва, нами було здійснено опитування працівників різних будівельних підприємств, що приймали участь у будівництві об'єктів громадського, комерційного і промислового призначення в Україні (табл. 1). Усього в опитуванні взяло участь 78 представників з 53-х будівельних підприємств, які оцінювали ступінь впливу окремого фактору за 100-бальною шкалою, де «100 балів» – найбільший ступінь впливу, «0 балів» – відсутність впливу.

Результати опитування свідчать про високий відсоток організаційних, технологічних та фінансово-економічних факторів впливу на ресурсну систему будівництва. Особливо опитуваними було виділено блоки «Фінансові фактори» та «Організаційні фактори». Тому саме усунення впливу цих чинників, зокрема й останнього, є актуальним завданням для вирішення проблеми в цілому.

Метою системи ресурсно-логістичного та організаційно-структурного забезпечення будівництва об'єктів є швидке реагування на відхилення реальних термінів від проектних показників, внесення в календарний план змін,

Показники	Середній бал (0–100)
Кліматичні (снігопад, ожеледиця, злива, мороз або спека)	22
Фінансово-економічні:	
інфляція;	31
різкий спад інвестицій;	53
подорожчання та зменшення якості ресурсів;	52
порушення графіків оплати за виконані роботи	73
Соціальні:	
страйки;	15
невиходи або запізнення на роботу;	11
невиконання виробничого завдання;	10
псування або розкрадання матеріалів, інструменту, устаткування	18
Організаційні:	
несвоєчасне забезпечення проектно-кошторисною документацією;	15
зрив термінів робіт;	21
порушення графіків робіт субпідрядниками;	34
несвоєчасна передача фронту робіт;	36
відсутність матеріалів, виробів, напівфабрикатів, устаткування, робітників необхідної спеціальності і кваліфікації;	29
зрив термінів підготовки будівельного майданчика;	28
недоліки оперативного планування і управління;	16
недостатня якість інформаційного забезпечення	6
Технологічні:	
усунення браку, переробка недоброякісних робіт;	21
зміна запланованої послідовності робіт;	11
недоліки у проектуванні технології;	3
поява непередбачених робіт	14
Технічні:	
несправності машин, механізмів, транспортних засобів;	21
низька якість матеріалів, деталей, устаткування;	62
вихід із ладу енерго- і водопостачання, шляхів;	30
зміна проектних рішень в процесі будівництва	15
Форс-мажорні (стихийні лиха, воєнні дії тощо)	6

що дозволяють оперативно ліквідувати порушення термінів, ходу будівельного процесу, усунути відхилення.

Результати опитувань показали, що вплив кліматичних факторів на терміни виконання робіт відповідальні виконавці оцінили в 22 бали, що характеризується як середній ступінь впливу. Крім того, обсяги будівельних робіт значною мірою залежать від погодно-кліматичних умов, оскільки чимало будівельних робіт проводиться на відкритому, нічим не захищеному просторі.

Беленковою О.Ю. [10] запропоновано підхід до прогнозування потреби в оборотних активах підприємства залежно від сезонних коливань та деяких факторів внутрішнього середовища. А Антохонова І.В. [11] стверджує, що у процесі прогнозування явищ з сезонним характером прояву, кожен рівень часового ряду можна уявити як результат еволюторної, річної, сезонної і випадкової величини:

$$Y = f(t) + s(t) + \varepsilon t,$$

де $f(t)$ – еволюторна складова (характеризує тренд); $s(t)$ – сезонна складова; εt – випадкова складова, яка відображає вплив непередбачуваних факторів, що не враховують у явному вигляді при складанні прогнозу, але вона може впливати на виникнення помилки.

Враховуючи вплив фактору сезонності на терміни будівництва, вважаємо за доцільне під час планування та контролю використовувати алгоритм розробки моделі прогнозування економічних показників, наведений на рис. 2.

Об'єктом-представником обрано багатофункціональний логістичний комплекс в с. Чайки (вул. В. Чайки, 16), який є типовим об'єктом в регіоні (Київська обл.). Техніко-економічні показники об'єкта відповідають середньому технічному рівню об'єктів-аналогів та мають подібні ресурсно-технологічні моделі, об'ємно-планувальні та конструктивні рішення відображають сучасні проектні вимоги, розвиток технічної та технологічної бази будівельних підприємств та організацій області, проектну

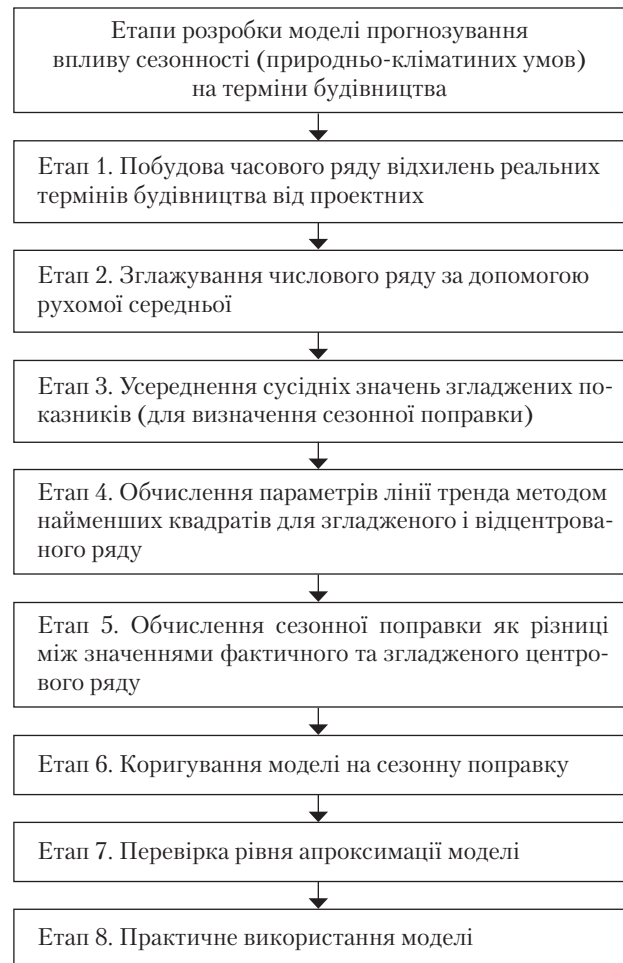


Рис. 2. Послідовність визначення впливу факторів сезонності на терміни будівництва

документацію розроблено відповідно до діючих норм. Зазначений об'єкт має позитивний висновок державної експертизи, а його ресурсно-технологічна модель найбільш повно відображає характерні для такого типу об'єктів конструктивні, технічні, технологічні, організаційні рішення.

Оснвою об'ємно-планувальної композиції складають споруди складського корпусу, доповнюють її адміністративно-офісна дев'ятиповерхова будівля та етажерка, де розміщено доклевеллери та побутово-технічні приміщення. Основні характеристики об'єктів комплексу наведено в табл. 2.

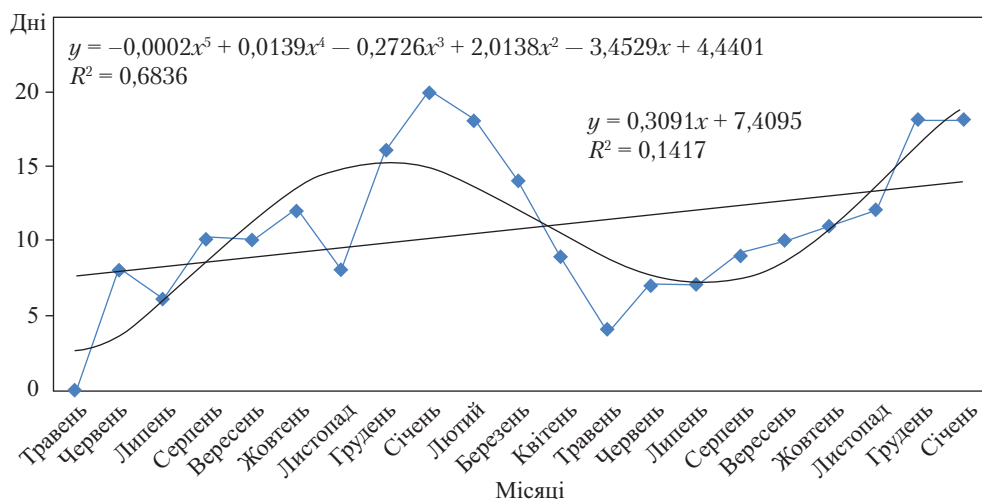


Рис. 3. Вихідні дані для аналізу впливу на терміни будівництва сезонної компоненти

Згідно з ДСТУ Б А.3.1-22:2013 «Визначення тривалості будівництва» [62], тривалість будівництва адміністративно-офісних приміщень повинна скласти 312 днів, з яких тривалість основного періоду – 273 днів (9,11 місяців); тривалість будівництва складських приміщень – 456 днів, з них робочих днів прийнято 387 днів (за умови шестиденного робочого тижня), а тривалість основного періоду – 395 днів. Тривалість будівництва побутово-технічних приміщень прийнято 197 днів, тривалість основного періоду – 172,8 дні.

Організаційна форма управління будівництвом логістичного комплексу здійснюється за системою генерального підряду.

Дослідження впливу сезонних коливань на терміни виконання робіт на прикладі зведення складських приміщень (рис. 3) виконано з травня 2015 р. по січень 2017 р. за методикою [12].

Первісний візуальний аналіз графіка (рис. 3) дає змогу виявити періодичні, з лагом біля трьох місяців, відхилення реальних термінів виконання робіт від планових. Апроксимація динаміки відхилень за допомогою лінійної трендової моделі виявилась невдалою, оскільки суцільна трендова лінія відображає загальну тенденцію до збільшення термінів відхилень, що не відповідає фактичній динаміці. Тобто, якщо будівництво буде тривалим, то точність моделі буде зменшуватися з кожним місяцем, а також значення коефіцієнта достовірності апроксимації буде досить низьким – $R^2 = 0,1417$. Тобто, лінійна трендова модель пояснює мінливість відхилення термінів постачання ресурсів лише на 14,22 %. Поліноміальний тренд 5-го ступеню (пунктирна лінія) пояснює варіацію доходу значно краще – на 68 % ($R^2 = 0,6836$), проте періодичні пікові значення відхилень з інтервалом (приблизно три місяці) ця пунктирна лінія не відтворює. Крім того, незважаючи на досить високий рівень апроксимації вхідної вибірки, поліноміальні трендові моделі неприйнятні навіть у корот-

Таблиця 2

Об'єкти дослідного комплексу та їх характеристика

Техніко-економічні показники	Об'єкти комплексу		
	Складські приміщення	Адміністративно-офісна будівля	Надбудовані побутово-технічні приміщення
Розміри в плані, м	84 × 72 + + 84 × 42/2 + + 18 × 12	52 × 16	27,3 × 11,7
Площа, м ²	9051	8416,6	1313
Будівельний об'єм, м ³	93526,2	29947,3	19919,4

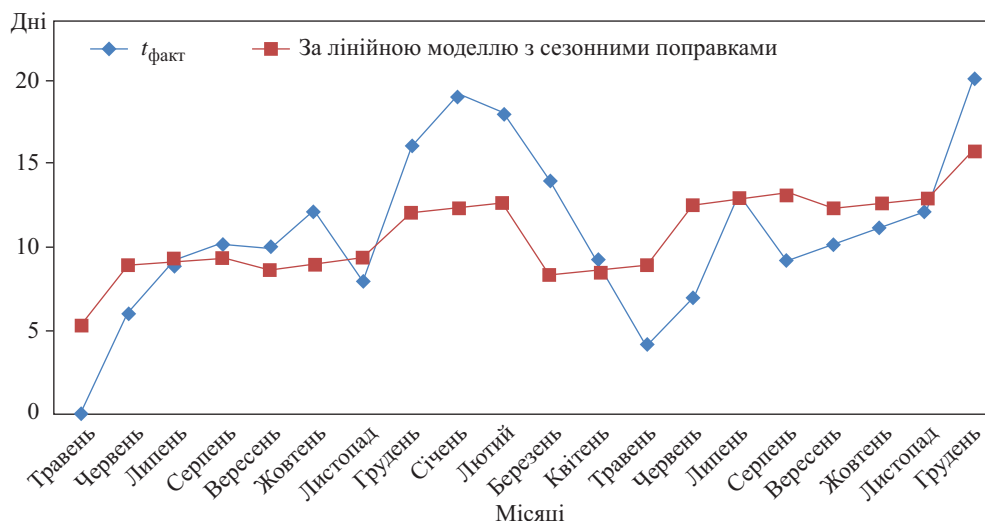


Рис. 4. Результати моделювання відхилень реальних термінів будівництва від фактичних з урахуванням лінійного тренду та сезонних поправок

костроковому прогнозуванні через систематичну помилку в напрямку завищення результатів. Тому, для поліпшення точності прогнозування і контролю відхилень фактичних термінів будівництва і постачання ресурсів від проектних, варто застосовувати моделі із сезонною компонентою.

Розрахунки параметрів такої моделі, згідно з алгоритмом (рис. 2), зводимо до таблиці 3. У цій же таблиці наведено теоретичні значення, розраховані за допомогою лінійної та поліноміальної трендових моделей.

Відповідно до отриманих значень поквартальних різниць між фактичними та центрованими згладженими показниками відхилень термінів будівництва від проектних одержимо наступні сезонні поправки для місяців:

$$\text{грудень-лютий: } \left(\frac{2,833 + 3 + 0,667 + 3,833}{4} \right) = 2,167 \text{ днів;}$$

$$\text{березень-травень: } \left(\frac{-1,333 - 2,333 - 3,833}{3} \right) = -2,556 \text{ дні;}$$

$$\text{червень-серпень: } \left(\frac{1 - 0,33 + 4,167 - 1,167}{4} \right) = 0,833 \text{ дні;}$$

$$\text{вересень-листопад: } \left(\frac{-0,167 - 1,667 - 3 - 0,333 + 0,5 - 0,667}{6} \right) = -0,333 \text{ дні.}$$

Показники без урахування сезонності апроксимуються за допомогою лінійної трендової моделі краще, про що свідчать, порівняно невеликі відхилення ламаної лінії фактичних даних від прямої лінії тренду на рис. 4. Коефіцієнт достовірності апроксимації на цьому графіку становить $R^2 = 0,797$. Тобто, пряма лінія майже на 80 % пояснює мінливість показника, позбавленого сезонної компоненти — відсоток не поясненої мінливості суттєво скоротився внаслідок вирівнювання та центрування динамічного ряду.

Відповідно до розрахунків (табл. 3) отримано наступні моделі, які враховують квартальні сезонні зміни для:

$$\text{грудня-лютого: } y = 9,5764 + 0,3091 \cdot t; \quad (1)$$

$$\text{березня-травня: } y = 4,8535 + 0,3091 \cdot t; \quad (2)$$

$$\text{червня-серпня: } y = 8,2425 + 0,3091 \cdot t; \quad (3)$$

$$\text{вересня-листопада: } y = 7,0765 + 0,3091 \cdot t. \quad (4)$$

Аналіз відхилень має важливе значення для оцінки ступеня виконання плану й динаміки виробництва, визначення впливу чинників на зміну величини цих показників та, відповідно, розробки заходів щодо покращення організації та управління будівництвом.

Таким чином, наведені результати розширюють наукову базу організації будівництва

шляхом створення інструментарію ресурсно-логістичного та організаційно-структурного забезпечення будівництва об'єктів, організації інформаційного простору для виконавців робіт шляхом поєднання широко розповсюджених та позитивно апробованих методів прогнозування відхилень часових параметрів будівельних проектів з елементами оперативного управління.

Практична цінність дослідження полягає в тому, що результати дослідження рекомендовано використовувати генпідрядними підприємствами та службами замовника для створення системи організації будівництва об'єкту,

що дозволить на новому якісному рівні здійснювати прогнозування та мінімізацію відхилень реальних показників від проектних в рамках виконуваних робіт.

Доведено, що природно-кліматичні умови мають помірний вплив на терміни будівництва, який може бути виражений у вигляді сезонних коливань показників відхилень ходу будівельного процесу або постачання ресурсів від плану. Створено моделі, що враховують сезонну компоненту.

Отримані результати дозволяють сформулювати напрямки подальшої дослідницької роботи, зокрема: розробка інтегрованої схеми

Таблиця 3

Визначення впливу сезонності на терміни виконання робіт*

№ п/п	Період	Відхилення реальних термінів будівництва від планових, дні			Сезонна поправка, дні	Теоретичні значення		
		Фактичний	Усереднений за 3 місяці	Центрований до 1 місяця		За лінійною моделлю з сезонними поправками	За лінійною моделлю ($y = 7,4095 + 0,3091 \cdot t$)	За поліноміальною моделлю ($y = -0,0002 \cdot t^5 + 0,0139 \cdot t^4 - 0,2726 \cdot t^3 + 2,0138 \cdot t^2 + 3,4529 \cdot t + 4,4401$)
1	травень	0	—	—	—	5,219	7,7186	2,7421
2	червень	6	—	—	—	8,944	8,0277	3,6247
3	липень	9	—	—	—	9,170	8,3368	5,9227
4	серпень	10	8,333	9,000	1,000	9,479	8,6459	8,7565
5	вересень	10	9,667	10,167	-0,167	8,622	8,955	11,5081
6	жовтень	12	10,667	10,333	1,667	9,236	9,2641	13,7971
7	листопад	8	10,000	11,000	-3,000	9,545	9,5732	15,4567
8	грудень	16	12,000	13,167	2,833	12,049	9,8823	16,5097
9	січень	19	14,333	16,000	3,000	12,414	10,1914	7,1445
10	лютий	18	17,667	17,333	0,667	12,723	10,5005	17,6911
11	березень	14	17,000	15,333	-1,333	8,254	10,8096	18,5971
12	квітень	9	13,667	11,333	-2,333	8,563	11,1187	20,4037
13	травень	4	9,000	7,833	-3,833	8,872	11,4278	20,7217
14	червень	7	6,667	7,333	-0,333	12,570	11,7369	9,2075
15	липень	13	8,000	8,833	4,167	12,879	12,046	7,5391
16	серпень	9	9,667	10,167	-1,167	13,188	12,3551	9,3921
17	вересень	10	10,667	10,333	-0,333	12,636	12,6642	6,4157
18	жовтень	11	10,000	10,500	0,500	12,946	12,9733	8,2087
19	листопад	12	11,000	12,667	-0,667	13,255	13,2824	11,2955
20	грудень	20	14,333	16,167	3,833	15,814	13,5915	14,1021
21	січень	18	18,000	—	—	—	13,9006	18,9321
Коефіцієнти апроксимації						0,031	0,195	4,15

* Авторська розробка.

управління відхиленнями будівельного процесу, що об'єднає в собі інструментарій ресурсно-логістичного та організаційно-структурного забезпечення будівництва об'єкту, систему управління витратами, якістю об'єкта будівництва, а також розробку відповідного програмного забезпечення. Наявні на сьогодні методи прогнозування ризиків ресурсного забезпечення [15, 16], що передбачені в програмних комплексах *Microsoft Project*, *Open-Plan*, *Spider Project*, *SureTrek Project Manager*, *Primavera Project Planner* та інших, доцільно було б доповнити моделями, що призначені для

прогнозування реальних термінів виконання робіт та постачання ресурсів на будівельний майданчик, їх відхилень від проектних значень, мінімізації таких відхилень тощо. Відповідні моделі повинні не тільки враховувати стохастичність будівельного процесу, як стандартний набір методів, що використовуються у вищезазначених програмних комплексах для прогнозування ризиків, а й мати можливість вибору оптимального методу прогнозування залежно від характеру відхилень та поведінки часового ряду.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ісаєнко Ю.В. Організаційні підходи до скорочення непродуктивних витрат в будівництві: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08. Київ, 2008. 150 с.
2. Боровик Ю.Т. Формування організаційних структур будівельних фірм у відповідності до умов ринку: автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.06.01. Харків, 2006. 22 с.
3. Про інноваційну діяльність: Закон України від 16.10.2012. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1560-12> (дата звернення: 15.08.2018).
4. ДБН А.3.1.-5-2016. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2017-01-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2016. 81 с. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=64312 (дата звернення: 15.08.2018).
5. Microsoft Project Professional 2013. URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/softmicrosoft/Project2013pro.aspx> (дата звернення: 15.08.2018).
6. Spider project professional. URL: <http://www.spiderproject.ru/enter.php?ver=prof&lang=rus> (дата звернення: 15.08.2018).
7. Primavera Project Planner 3.1. URL: <http://primavera-project-planner.software.informer.com/3.1/> (дата звернення: 15.08.2018).
8. Open Plan. URL: http://www.pmi.ru/articles/infosystem/open_plan.php (дата звернення: 15.08.2018).
9. Megaplan. URL: <https://megaplan.ru/> (дата звернення: 15.08.2018).
10. Беленкова О.Ю. Вплив сезонних коливань на оборотні активи будівельного підприємства. *Інвестиції: практика та досвід*. 2015. № 19. С. 48–53.
11. Антохонова И.В. Методы прогнозирования социально-экономических процессов. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2005. 212 с.
12. Сорокіна Л.В., Стеценко С.П., Гойко А.Ф., Ізмайлова К.В. та ін. Економетричний інструментарій управління фінансовою безпекою підприємств будівництва: Київ: КНУБА, 2017. 425 с.
13. Асаул А.Н., Асаул Н.А., Симеонов А.В. Формирование и оценка организационных структур управления в компаниях инвестиционно-строительного комплекса. СПб.: ГАСУ, 2009. 258 с.
14. Ізмайлова К.В., Ізмайлова О.В. Система експертизи ефективності інвестиційних на стадії техніко-економічного обґрунтування. *Управління розвитком складних систем*. 2010. № 4. С. 45–54.
15. Зельцер Р.Я., Дубінін Д.В. Прикладний інструментарій формалізації процесів організації будівництва. *Нові технології в будівництві: науково-технічний збірник*. 2017. Вип. 63/1. С. 111–117.
16. Зельцер Р.Я., Беленкова О.Ю., Дубінін Д.В. Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва Київ: «МП Леся», 2018. 209 с.
17. Зельцер Р.Я., Колот М.А., Панасюк І.О. Практика застосування дронів при реалізації будівельних проектів в Україні. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2018. №.35. С. 151–154.
18. Ізмайлова К.В., Беленкова О.Ю., Моголівець А.А. Сутність економічних циклів та їх вплив на економічну стійкість будівництва. *Наукові праці НДФІ*. 2019. № 2. 119–129.

REFERENCES

1. Isaenko, Yu. V. (2008). *Organizational approaches to reducing unproductive costs in construction*. Ph.D. (Engineering) Kyiv [in Ukrainian].
2. Borovik, Yu. T. (2006). *Formation of organizational structures of construction firms in accordance with market conditions*. Ph.D. (Engineering). Kharkiv [in Ukrainian].
3. On Innovation Activity: Zakon Ukrainy 2012, № N 5460-VI § rozdil i stattia 1 (2019).
4. Ministry of Regional Development, construction and housing and communal services of Ukraine. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=64312 (Last accessed: 15.08.2018).
5. The official site of Microsoft Project Professional. URL: <https://www.microsoft.com/en-us/softmicrosoft/Project2013pro.aspx> (Last accessed: 15.08.2018).
6. The official site of Spider project. URL: <http://www.spiderproject.ru/enter.php?ver=prof&lang=rus> (Last accessed: 15.08.2018).
7. The official site of Primavera Project. URL: <http://primavera-project-planner.software.informer.com/3.1/> (Last accessed: 15.08.2018).
8. The official site of Open Plan. URL: http://www.pmi.ru/articles/infosystem/open_plan.php (Last accessed: 15.08.2018).
9. The official site of Megaplan. URL: <https://megaplan.ru/> (Last accessed: 15.08.2018).
10. Bielienskova, O. Yu. (2015). Vplyv sezonnykh kolyvan' na oborotni aktyvy budivelnogo pidpriemstva. *Investments: Practice and Experiences*, 19, 48–53 [in Ukrainian].
11. Antochonova, I. V. (2005). *Metody prognozirovaniya social'no-jekonomicheskikh processov*. Ulan-Ude: Izd-vVSGTU.
12. Sorokina, L. V., Stetsenko, S. P., Goyko, A. F., Izmailova, K. V., ets. (2017). *Ekonomychnyy instrumentarij upravlinnia finansovoiu bezpekoiu pidpriemstv budivnytstva*. Kyiv: KNUCA.
13. Asaul, A. N., Asaul, A. V. & Simeonov, N. A. *Formirovanie i ocnka organizacionnyh struktur upravlenija v kompanijah investicionno-stroitel'nogo kompleksa*. SPb: GASU.
14. Izmailova, K. V., Izmailova, O. V. (2010). Systema ekspertyzy efektyvnosti investytsijnykh na stadii tekhniko-ekonomichnogo obruntuvannia. *Management of complex systems development*, 4, 45–54 [in Ukrainian].
15. Zeltser, R. Ya., Dubinin, D. V. (2017). Prykladnyj instrumentarij formalizatsii protsesiv orhanizatsii budivnytstva. *Novi tekhnologii v budivnytstvi*, 63/1, 111–117 [in Ukrainian].
16. Zeltser, R. Ya., Bielienskova, O. Yu & Dubinin, D. V. (2018). *Innovatsijni modeli i metody orhanizatsii, upravlinnia i ekonomichnoi otsinky tekhnologichnykh protsesiv budivel'noho vyrobnytstva*. Kyiv: MP Lesia.
17. Zeltser, R. Ya., Kolot, M. A., Panasiuk, I. O. (2018). Praktyka zastosuvannia droniv pry realizatsii budivelnykh projektiv v Ukraini. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 35, 151–154 [in Ukrainian].
18. Izmailova, K. V., Bielienskova, O. Yu., Moholivets, A. A. (2018). Sutnist ekonomichnykh tsykliv ta yikh vplyv na ekonomichnu stiikest budivnytstva. *Naukovi pratsi NDFI*, 2, 119–129 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції / Received 06.11.18

Статтю прорецензовано / Revised 05.12.18

Статтю підписано до друку / Accepted 21.01.19

Zeltser, R.¹, Bielienskova, O.¹, Novak E.¹, and Dubinin D.²

¹ Kyiv National University of Construction and Architecture,
31, Povitroflotsky Ave., Kyiv, 03037, Ukraine,
+380 44 241 5580, obelenkova@ukr.net, robert.mail1934@gmail.com

² PUAN Research Institute of Innovation Construction Ukraine,
13, Semashka St., Kyiv, 03142, Ukraine,
+380 44 424 5199, denveronly@icloud.com

DIGITAL TRANSFORMATION OF RESOURCE LOGISTICS
AND ORGANIZATIONAL AND STRUCTURAL SUPPORT OF CONSTRUCTION

Introduction. Compliance of timing of construction works and supply of resources to the site with the works program is an urgent need, because any failure to supply or mismatch of schedules of works and the movement of materials and technical resources may have serious negative consequences for the construction process.

Problem Statement. It is necessary to minimize deviations of real construction dates from those specified in the design documents by creating tools for managing the organization of the construction process based on operational data, their

mathematical processing, identification of trends and remedy of deviations based on current information on the course of construction.

Purpose. To improve tools and means of the resource logistics and organizational and structural support of construction in order to minimize deviations of the real terms of the supply of resources to the site from those specified in the design documents at the stage of design works and preparation of BSOS (building site organization scheme) and SWEP (site work execution program) with seasonal factors taken into consideration.

Materials and Methods. The research uses methods of expert estimations, seasonal decomposition of time series, and comparative analysis.

Results. The analysis of modern software for the construction of construction, the scheme of organization of the process of construction of the object has been established. It is proved that seasonality is a factor that performs moderate influence on the terms of construction and supply of resources, created models of forecasting deviations of the course of the building process taking into account seasonality.

Conclusions. The existing methods for forecasting deviations, which are used in the *Microsoft Project*, *OpenPlan*, *Spider Project*, *SureTrek Project Manager*, *Primavera Project Planner*, and other software should be added with models designed to predict realistic timelines with seasonal factors taken into consideration.

Keywords: construction, seasonal fluctuations, construction organization, and term of works.

Р.Я. Зельцер¹, О.Ю. Беленкова¹, Е.В. Новак¹, Д.В. Дубинин²

¹ Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
просп. Воздухофлотский, 31, Киев, 03037, Украина,
+380 44 241 5580, obelenkova@ukr.net, robert.mail1934@gmail.com

² Предприятие Украинской академии наук
«Научно-исследовательский институт инновационного строительства»,
ул. Семашка, 13, Киев, 03142, Украина,
+380 44 424 5199, denveronly@icloud.com

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РЕСУРСНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО И ОРГАНИЗАЦИОННО-СТРУКТУРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Введение. Соответствие сроков выполнения строительных работ и поставки ресурсов на объектах строительства плановым показателям является насущной необходимостью, ведь нарушения ритмичности поставок материалов, несоответствие графиков выполнения работ и движения материально-технических ресурсов могут иметь для строительного процесса серьезные негативные последствия.

Проблематика. Существует потребность в минимизации отклонений реальных сроков строительства от проектных путем создания инструментов управления процессами организации строительства объекта на основе оперативных данных, их математической обработки, выявления тенденций и корректировки отклонений на основе текущей информации о ходе строительства.

Цель. Совершенствование инструментария ресурсно-логистического и организационно-структурного обеспечения строительства объектов строительства, направленного на минимизацию отклонений реальных сроков поставки ресурсов на объект от проектных, определенных на этапе (стадии) разработки проектно-технологической документации (проекта организации строительства (ПОС), проекта производства работ (ППР)), с учетом сезонной составляющей.

Материалы и методы. Используются методы экспертных оценок, сезонной декомпозиции временных рядов, сравнительного анализа.

Результаты. Проведен анализ современного программного обеспечения по организации строительства, создана схема организации процессов строительства объекта. Доказано, что сезонность является фактором, который оказывает на сроки строительства и поставки ресурсов умеренное влияние, созданы модели прогнозирования отклонений хода строительного процесса с учетом сезонности.

Выводы. Существующие в настоящее время методы прогнозирования отклонений, используемые в программных комплексах *Microsoft Project*, *OpenPlan*, *Spider Project*, *SureTrek Project Manager* и *Primavera Project Planner* и других, целесообразно было бы дополнить моделями, предназначенными для прогнозирования реальных сроков выполнения работ с учетом сезонной компоненты.

Ключевые слова: строительство, сезонные колебания, организация строительства, сроки выполнения работ.