



International Science Group
ISG-KONF.COM



МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ СЕЗОННИХ ЗМІН НА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ БУДІВНИЦТВА

Monograph

ISBN 979-8-89692-728-0

DOI 10.46299/979-8-89692-728-0

Новак Євгенія

**МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ
СЕЗОННИХ ЗМІН НА
ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ
ПАРАМЕТРИ БУДІВНИЦТВА**

Monograph

2025

UDC 624.9

Author:

Новак Євгенія – Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Новак Є. Моделювання впливу сезонних змін на організаційно-технологічні параметри будівництва. Monograph. – Primedia eLaunch, Boston, USA, 2025. – 122 p.

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

ISBN – 979-8-89692-728-0

DOI – 10.46299/979-8-89692-728-0

All rights reserved. Printed in the United States of America. No part of this publication may be reproduced, distributed, or transmitted, in any form or by any means, or stored in a data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. The content and reliability of the articles are the responsibility of the authors. When using and borrowing materials reference to the publication is required.

UDC 624.9

ISBN – 979-8-89692-728-0

© Новак Є.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень.....	5
ВСТУП.....	6
Розділ 1. Теоретико-методичний базис планування, організації і контролю організаційно-технологічних параметрів будівництва з урахуванням сезонності.....	12
1.1. Теоретичні, методичні і нормативні передумови організації будівництва з урахуванням сезонних коливань.....	12
1.2. Законодавчо-нормативна основа планування параметрів будівництва на різних стадіях інвестиційно-будівельного процесу	19
1.3. Аналіз сучасного методичного інструментарію прогнозування числових рядів із сезонним характером розподілу та виявлення можливості його застосування для прогнозування параметрів будівництва.....	26
Розділ 2. Принципи створення, призначення та складові інструментарію планування параметрів будівництва в умовах сезонності.....	38
2.1. Постановка завдань і гіпотези дослідження.....	38
2.2. Принципи створення, призначення та складові інструментарію планування параметрів будівництва в умовах сезонності.....	40
2.3. Класифікація сучасних методів організації будівництва відповідно до типів будівель і їх конструктивних елементів.....	50
2.4. Методичний підхід до виявлення впливу чинників сезонності на параметри будівництва.....	55
Розділ 3. Моделювання організаційно-технологічних параметрів будівництва в умовах сезонності.....	64
3.1. Моделювання і прогнозування впливу сезонності на терміни будівництва.....	64
3.2. Методичні засади згладжування впливу сезонних коливань на складові трудомісткості будівництва.....	76
3.3. Методичні засади згладжування впливу сезонних коливань на кошторисну вартість будівництва	87
3.4. Моделювання параметрів будівництва від зміни температури зовнішнього повітря.....	97
Розділ 4. Прикладний інструментарій планування параметрів будівництва в умовах сезонності.....	100

4.1. Практичне впровадження методичного підходу до планування організаційно-технологічних параметрів будівництва при будівництві об'єктів в умовах сезонності.....	100
4.2. Модель «Організація-план-сезон» як прикладна компонента організації будівництва в умовах сезонності.....	102
4.3. Впровадження методики прогнозування параметрів будівництва з урахуванням впливу сезонності в учбовий процес...	105
Висновки	108
Список використаних джерел.....	110

Перелік умовних позначень:

1. ПД – проектна документація;
2. ПТД – проектно-технологічна документація;
3. ПКД – проектно-кошторисна документація;
4. ПВР – проект виконання робіт;
5. ПОБ – проект організації будівництва;
6. ТЕО – техніко-економічне обґрунтування;
7. ТЕР – техніко-економічні розрахунки;
8. П – проект;
9. Р – робоча документація;
- 10.РП – робочий проект;
- 11.ЕП – ескізний проект;
- 12.ТЕР – техніко-економічні розрахунки.

ВСТУП

Ефективна організація будівельних процесів, особливо в умовах максимальної механізації робіт, значною мірою залежить від здатності точно прогнозувати зміни ключових організаційно-технологічних параметрів будівництва, таких як тривалість, трудомісткість і вартість. Ці зміни можуть виникати під впливом сезонних коливань та інших ускладнюючих чинників. З огляду на це, підвищення точності прогнозування і планування є важливим завданням у сфері технології та організації промислового й цивільного будівництва.

На сьогодні існує широкий спектр досліджень і практичних розробок, спрямованих на зниження впливу ускладнюючих умов на будівельні роботи, зокрема при бетонуванні у холодну або жарку погоду, роботі в агресивному середовищі або стиснених умовах. Однак недостатньо вивченим залишається питання прогнозування термінів виконання робіт, вартості та трудомісткості з урахуванням сезонних коливань. Вони можуть суттєво змінюватися залежно від пори року, що нерідко стає причиною перевищення планових показників або їх зниження. Необхідність розробки методик для визначення реальних параметрів будівництва та врахування сезонних впливів в умовах України підкреслює актуальність цієї проблематики.

Сучасні технології організації будівельного виробництва передбачають безперервне виконання робіт протягом усього року, незалежно від природно-кліматичних умов. Проте при виконанні робіт у складних сезонних умовах (наприклад, у зимовий або літній періоди) нормативні документи часто передбачають збільшення трудомісткості та вартості. Разом з тим, реальні показники організаційно-технологічних параметрів можуть значно відрізнятись від нормативних, що викликає потребу у створенні нових моделей і методик для їх коригування.

Таким чином, сезонні коливання є не лише викликом для будівельної галузі, а й можливістю удосконалення технологічних процесів. Вони вимагають

розробки сучасного інструментарію для планування робіт на різних етапах будівництва, що дозволить враховувати можливі відхилення та адаптуватися до ускладнюючих умов у різні пори року. Це зумовлює необхідність створення нових принципів і моделей прогнозування, спрямованих на ефективне управління будівництвом з урахуванням впливу сезонності, що й визначає актуальність обраної тематики.

Тематика цієї роботи повністю узгоджується з науковими дослідженнями, які виконуються на кафедрі організації та управління будівництвом Київського національного університету будівництва і архітектури (КНУБА). Зокрема, дослідження відповідають завданням таких наукових проєктів:

1. "Організаційно-технологічне проєктування будівельної діяльності" (державний реєстраційний номер 0115U001646). У межах цієї теми автором запропоновано способи прогнозування відхилень реальних параметрів будівництва від проєктних і розроблено систему моделей, які враховують характер та динаміку показників.

2. "Методологія удосконалення процедури відбору проєктних рішень" (номер державної реєстрації 0116U002981). Автор запропонував впровадження сезонних поправок під час складання графіків виконання робіт у складі проєктів виконання робіт (ПВР).

3. "Розбудова сучасного економічно-аналітичного інструментарію девелоперського управління підрядним будівництвом" (номер державної реєстрації 0115U000860). У межах цієї теми розроблено систему моделей прогнозування сезонності, які охоплюють тривалість, вартість і трудомісткість будівництва.

Таким чином, результати дослідження органічно доповнюють наукові й практичні розробки, спрямовані на підвищення ефективності будівельного виробництва.

Метою цього дослідження є розробка методологічного підходу до моделювання та адаптації організаційно-технологічних параметрів будівництва (таких як терміни виконання, вартість і трудомісткість) під впливом сезонних

змін. Цей підхід включає врахування впливу ускладнюючих факторів на всіх етапах інвестиційно-будівельного процесу: від створення проєктної документації та проведення тендерів до укладання підрядних договорів і виконання будівельних робіт. Головним завданням є створення інструменту прогнозування, який забезпечить високу точність планування та мінімізує ризики перевитрат.

Для досягнення поставленої мети були виконані такі завдання:

1. Огляд нормативної бази та наукових праць:

- Вивчено законодавчі та нормативні документи, а також наукові дослідження у сфері технології та організації будівництва з урахуванням сезонності.

- Визначено ключові проблеми та потенційні напрямки вдосконалення системи прогнозування параметрів будівництва.

2. Аналіз існуючих підходів:

- Проведено аналіз сучасних організаційно-технологічних рішень у будівництві.

- Виявлено причини відхилень у вартості, трудомісткості та термінах виконання будівельних робіт, що виникають через сезонні коливання.

3. Розробка методичного підходу:

- Запропоновано підхід до прогнозування параметрів будівництва, заснований на декомпозиції часових рядів.

4. Створення моделей прогнозування:

- Досліджено вплив середньодобової температури зовнішнього повітря на зміну організаційно-технологічних параметрів будівництва.

- Розроблено моделі для використання на різних етапах інвестиційно-будівельного процесу.

5. Розрахунок сезонних відхилень:

- Визначено середні значення відхилень параметрів будівництва під впливом сезонності.

○ Розроблено рекомендації для врахування сезонних факторів у процесі прийняття управлінських рішень.

Об'єкт дослідження: Система прогнозування параметрів будівництва з урахуванням сезонних змін організаційно-технологічних процесів.

Предмет дослідження: Науково-методичні підходи та практичні інструменти прогнозування параметрів виконання будівельних робіт в умовах сезонних коливань.

У дослідженні використано різноманітні загальнонаукові та спеціальні методи:

- Аналіз і синтез: Для визначення факторів, що впливають на параметри будівництва у зв'язку з сезонністю.

- Методи збору даних: Хронометраж, вибіркові спостереження, анкетування, експертні оцінки.

- Статистичні методи: Для обробки отриманих експериментальних даних.

- Методи сезонної декомпозиції: Для виявлення впливу сезонності на терміни, вартість і трудомісткість будівельних робіт.

Основою дослідження стали дані щодо змін організаційно-технологічних параметрів на будівельних об'єктах у містах Київ і Чернівці, а також інші статистичні дані, зібрані під час виконання проєктів у різних кліматичних умовах.

Запропонована методика прогнозування параметрів будівництва в умовах сезонності сформована до рівня прикладного інструменту, придатного для практичного застосування. Основою цієї методики є використання сезонної декомпозиції часових рядів, що дозволяє обґрунтовано підвищити точність прогнозування термінів, вартості та трудомісткості будівельних робіт. Застосування методики забезпечує суттєве скорочення часу на розробку планів, прийняття рішень та оцінку їх ефективності, сприяючи тим самим підвищенню загальної ефективності будівельного процесу.

Впровадження методики у практику будівництва підтвердило її результативність. Зокрема, використання запропонованих інструментів на прикладі таких об'єктів:

- ТОВ "Будторгінвест" – під час будівництва житлового комплексу на вул. Руській, 235 у м. Чернівці (лист № 625 від 01.10.2019 р.);
- ТОВ "БудПроект" – для оптимізації параметрів будівельних робіт (довідка № 112-23 від 19.09.2020 р.).

Окрім того, розроблені підходи були інтегровані в навчальні програми таких дисциплін:

- «Організація і технологія реконструкції будівель»,
- «Менеджмент у будівництві»,
- «Управління будівництвом».

Застосування цих підходів у навчальному процесі для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» у ЧНУ ім. Юрія Федьковича сприяло підвищенню рівня підготовки майбутніх фахівців (довідка № 06/171683 від 02.07.2019 р.).

Наукові результати, практичні рекомендації та розроблені моделі, представлені в монографії, є результатом самостійної роботи автора. Усі теоретичні положення та практичні напрацювання є особистим внеском автора у розвиток технології та організації будівництва.

Основні ідеї та висновки монографії були представлені на ряді наукових конференцій, де отримали позитивну оцінку фахівців галузі:

- Міжнародні конференції «Ефективні технології в будівництві» (Київ, 2016–2019 рр.),
- Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми формування та розвитку інноваційної інфраструктури» (Львів, 2019 р.),
- Конференція «Будівельне право: проблеми теорії і практики» (Київ, 2018 р.),
- BUILD-MASTER-CLASS (Kyiv, 2017–2019 рр.),

- Науково-практична конференція «Визначення вартості об'єктів будівництва» (Івано-Франківськ, 2019 р.).

Результати монографії опубліковані у 21 науковій праці, серед яких:

- 7 статей – у виданнях, затверджених МОН України, одна з яких включена до Scopus та Web of Science.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНИЙ БАЗИС ПЛАНУВАННЯ, ОРГАНІЗАЦІЇ І КОНТРОЛЮ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БУДІВНИЦТВА З УРАХУВАННЯМ СЕЗОННОСТІ

1.1. Теоретичні, методичні і нормативні передумови організації будівництва з урахуванням сезонних коливань

Підвищення ефективності будівельних процесів неможливе без впровадження сучасних методів, спрямованих на раціоналізацію організаційно-технологічних рішень, здатних враховувати вплив природно-кліматичних факторів. Сезонні коливання, які суттєво впливають на якість, терміни та вартість виконання будівельних робіт, вимагають впровадження адаптивних підходів до планування та організації будівництва.

Організація робіт повинна враховувати специфіку виконання процесів залежно від таких факторів, як:

- Тип робіт. Роботи на відкритому повітрі або у приміщеннях вимагають різних підходів через вплив погодних умов.
- Критичність робіт. Роботи, що знаходяться на критичному шляху графіку, вимагають більш ретельного планування, оскільки їх відставання може призвести до затримок у завершенні всього проекту.

Для вирішення цих задач необхідно вдосконалювати інструменти прогнозування та планування, які враховують вплив сезонних коливань. Одним із таких інструментів є автоматизація обчислень і використання цифрових технологій, що сприяють зменшенню трудомісткості планування та підвищенню точності прогнозів.

Ефективна організація будівельного процесу вимагає пришвидшення інформаційного обміну між учасниками проекту. Інформаційні системи дозволяють оперативно оновлювати дані про реальний стан будівництва, що полегшує прийняття управлінських рішень. Зменшення «людського фактора» за рахунок автоматизації допомагає уникнути помилок при обчисленні параметрів будівництва, таких як тривалість, трудомісткість і вартість.

Основою сучасного підходу до планування є результати наукових досліджень, які враховують кліматичні особливості будівництва. Серед основних напрямків можна виділити:

1. Дослідження адаптації будівельних процесів до кліматичних умов.
2. Використання математичного моделювання для прогнозування термінів та витрат.
3. Впровадження цифрових рішень для автоматизації планування.

Праці багатьох вітчизняних і зарубіжних вчених стали теоретичною та методичною основою для розробки ефективних підходів до організації будівництва. Зокрема, значний вклад зробили:

- Є.Ю. Антипенко, В.І. Доненко, які досліджували підходи до оптимізації планування.
- Г.В. Бадеян, що розглядав технологічні особливості будівельного виробництва.
- С.Д. Бушуєв, який зосереджувався на управлінні проектами.
- Р.Я. Зельцер та інші, які вивчали інструментарій прогнозування параметрів будівництва.

Систематизація знань у цій сфері дозволяє створювати ефективні механізми організації будівельних процесів, які адаптуються до сезонних змін. Вдосконалення наявної нормативної бази також відіграє важливу роль у забезпеченні якості та стабільності виконання робіт у різні пори року.

Застосування нових підходів до організації будівництва, таких як використання методів прогнозування на основі аналізу часових рядів, дозволяє підвищити обґрунтованість рішень. Визначення залежності параметрів будівництва від кліматичних умов допомагає точно розраховувати трудомісткість і тривалість виконання робіт.

Таким чином, сучасний підхід до організації будівництва базується на інтеграції методів прогнозування, цифрових технологій та наукових досліджень, спрямованих на нейтралізацію впливу сезонних коливань і забезпечення високої якості виконання будівельних робіт.

Дослідження, які слугували основою для цієї роботи, базуються на широкому спектрі праць у сфері технології та організації будівництва. У цих роботах розглядаються питання удосконалення методів управління, організації та економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва, зокрема: забезпечення організаційно-технологічної надійності будівництва, аналіз впливу ресурсного забезпечення на відхилення від планових параметрів будівельного процесу, прогнозування параметрів інвестиційно-будівельних проєктів на різних стадіях їх реалізації, а також організаційно-технологічне моделювання підготовчих процесів будівництва.

Автори цих досліджень пропонують низку підходів для зменшення ризиків відхилення фактичних параметрів будівництва від запланованих. Зокрема, такі підходи включають створення моделей житлового будівництва, впровадження системно-управлінських та інжинірингових засобів організації будівництва, а також модернізацію інструментів девелоперського управління.

Розроблені методи та моделі спрямовані на мінімізацію відмов та збоїв у будівельному процесі. Серед них виділяються:

- моделі управління і оцінки будівельних процесів на основі фрактальних характеристик часових рядів;
- підходи, що враховують чинники сезонності;
- математичне моделювання параметрів будівництва за допомогою методів нечітких множин.

Результати аналізу цих робіт свідчать, що однією з найбільш нагальних потреб галузі є визначення основних факторів, які викликають відмови у будівельних процесах, збільшення вартості, трудомісткості та порушення термінів будівництва. Також важливими завданнями є класифікація цих факторів, розробка організаційно-технологічних механізмів для забезпечення високої точності прогнозування, а також впровадження заходів для мінімізації впливу основних ризиків.

З огляду на сучасні вимоги до будівництва, актуальність врахування сезонних коливань зростає, особливо у контексті розробки інвесторської

кошторисної документації та проведення тендерних процедур. Наприклад, згідно з ДСТУ-Н Б Д.1.1-5:2013, витрати на зимове чи літнє подорожчання будівництва розраховуються на основі середньорічних коефіцієнтів. Однак, підрядні підприємства часто враховують ці витрати за допомогою рішень, передбачених проектами виконання робіт (ПВР), що може не відповідати запланованим сумам в інвесторському кошторисі.

Ефективність виконання будівельних робіт значною мірою залежить від якості прийняття організаційних і технологічних рішень. Удосконалення інструментів для планування та організації будівництва сприяє:

- спрощенню процесів організаційного проектування будівель і споруд;
- вибору оптимальних методів виконання будівельних робіт, враховуючи конкретні умови;
- скороченню термінів будівництва.

Таким чином, впровадження сучасних підходів до організації будівництва дозволяє мінімізувати вплив сезонних коливань на параметри проектів та забезпечити більш обґрунтовані рішення на всіх етапах реалізації будівельних проектів.

Аналіз впливу сезонних факторів на організаційно-технологічні параметри будівництва показує, що причини відхилень фактичних значень від планових можуть бути багатофакторними. Сезонні чинники є лише однією з категорій впливу, які часто взаємодіють із іншими обставинами, здатними суттєво змінити параметри будівельного процесу.

Відповідно до праць у цій сфері, серед факторів, що впливають на порушення будівельного процесу, можна виділити такі категорії:

- Кліматичні чинники. Це, зокрема, снігопади, ожеледиця, сильний вітер (понад 6 балів), низькі температури (нижче -25°C). Такі обставини можуть призводити як до повної зупинки будівельних робіт, так і до збільшення їх трудомісткості й тривалості.

- Фінансово-економічні фактори. Інфляція, здорожчання матеріалів, техніки та енергоресурсів, зупинка інвестицій або фінансування — усе це спричиняє подорожчання проєктів або навіть їх зупинку.
- Соціально-політичні чинники. Наприклад, протести місцевих жителів, страйки робітників, навмисне псування або розкрадання матеріалів, що може збільшувати терміни та вартість будівництва.
- Організаційні фактори. Недоліки в оперативному плануванні, зрив термінів постачання, відсутність матеріалів або кваліфікованого персоналу, а також зміни у правилах оформлення документації впливають на якість виконання робіт.
- Технологічні проблеми. Переробка недоброякісних робіт, порушення графіка робіт субпідрядниками, а також помилки у проєктуванні технології робіт можуть значно вплинути на темпи будівництва.
- Технічні ускладнення. Поломки машин, вихід із ладу інфраструктури, зміни в проєктних рішеннях — усе це може викликати затримки й додаткові витрати.
- Якість матеріалів і компонентів. Низька якість будівельних матеріалів або конструкцій потребує їхньої заміни, що збільшує витрати та терміни.
- Форс-мажорні обставини. Стихійні лиха, воєнні дії або інші непередбачувані події можуть повністю зупинити будівництво.

На основі проведеного аналізу причини відхилень фактичних параметрів будівництва можна поділити на категорії (рис. 1.1):

1. Кліматичні фактори: сильний вітер, мороз, снігопад, що зупиняють роботу або змінюють умови виконання окремих процесів.
2. Фінансово-економічні фактори: інфляція, здорожчання ресурсів, зупинка фінансування.
3. Соціально-політичні фактори: протести, страйки, запізнення робітників.

4. Організаційні проблеми: зриви у постачанні матеріалів, відсутність кваліфікованих кадрів, недоліки планування.
5. Технологічні чинники: переробка дефектів, зміни послідовності робіт.
6. Технічні проблеми: поломки машин, вихід із ладу інфраструктури.
7. Якісні аспекти: низька якість матеріалів або конструкцій.
8. Форс-мажор: природні катаклізми, військові дії.

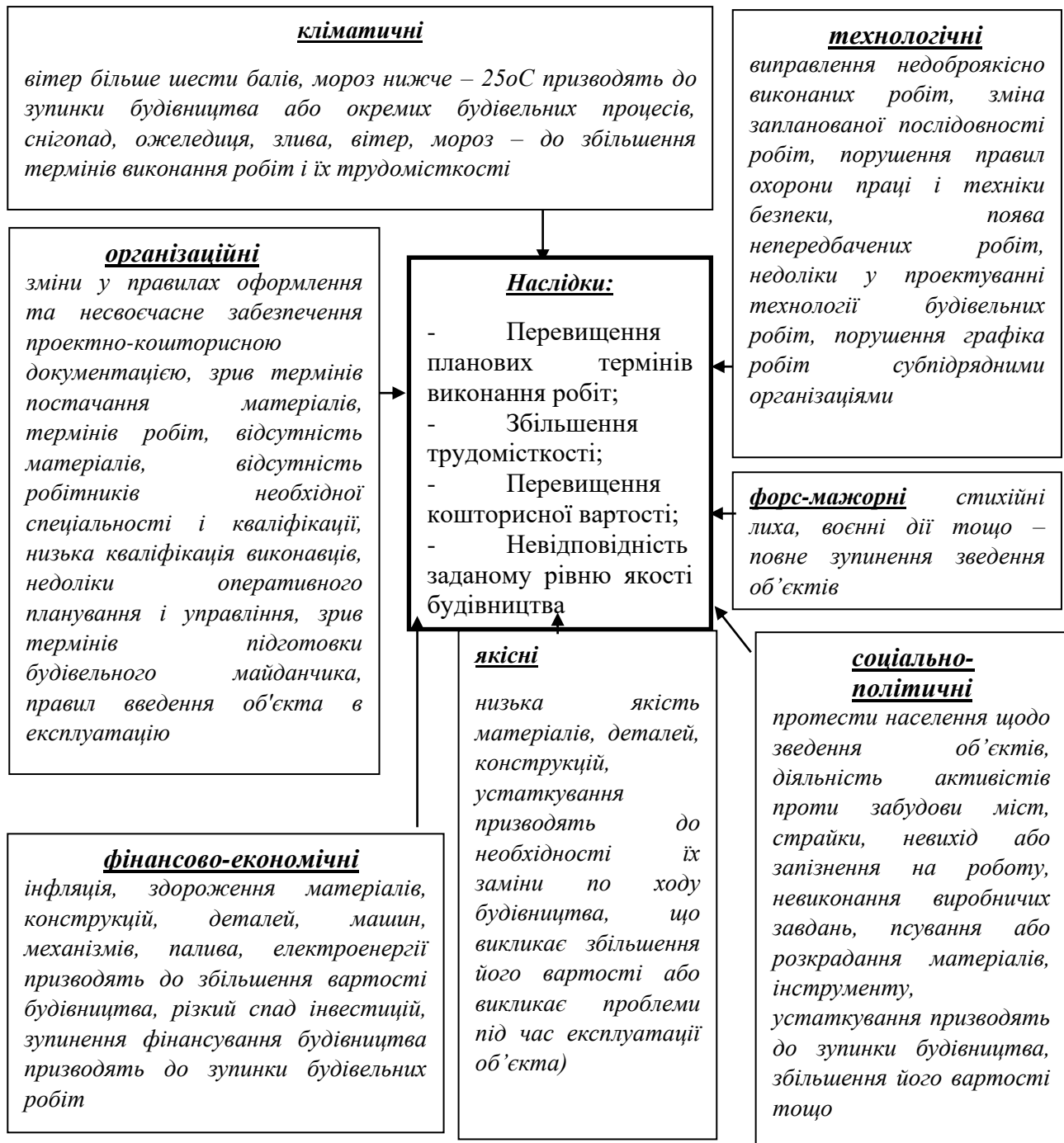


Рис.1.1. Причини затримок і збоїв будівельного процесу протягом року.

Сезонність є суттєвим чинником, але її вплив може зменшуватися під дією організаційних, технологічних і технічних факторів. Наприклад, високий рівень механізації або передові технології зимового бетонування можуть суттєво знизити вплив морозів. У свою чергу, ефективне управління ресурсами та планування дозволяють мінімізувати організаційні ризики, які можуть погіршуватися сезонними умовами.

Таким чином, для ефективного планування та управління будівництвом необхідно враховувати як прямі, так і опосередковані чинники впливу, щоб забезпечити стійкість будівельного процесу навіть у несприятливих умовах.

З метою ідентифікації факторів, які найбільше впливають на збої, відмови та відхилення будівельного процесу від планових показників, проведено опитування серед працівників будівельних підприємств, залучених до зведення житлових будинків у містах Київ та Чернівці. Авторка монографії, як частина дослідницької групи, додатково проводила опитування працівників у Чернівцях. Анкета для опитування, а також детальні результати дослідження, наведені у додатках до монографії.

Результати опитувань показали, що працівники оцінили вплив кліматичних факторів на терміни виконання робіт у **22 бали зі 100 можливих**. Такий середній ступінь впливу свідчить про те, що більшість будівельних підприємств володіють технологічними можливостями для зменшення негативного впливу кліматичних умов і можуть здійснювати будівництво протягом усього року. Однак це досягається за рахунок додаткових організаційно-технологічних заходів, які збільшують трудомісткість і вартість робіт.

Багато будівельних процесів, особливо в холодний або спекотний період року, виконуються на відкритому просторі. Для їх успішного завершення потрібні заходи, такі як:

- Використання додаткових матеріалів і обладнання для захисту робіт від негативних впливів;
- Застосування технологій зимового або літнього бетонування;

- Організація тимчасових конструкцій для захисту робітників і техніки від екстремальних погодних умов.

Ці заходи зменшують вплив кліматичних умов, але водночас спричиняють підвищення витрат і часу на виконання робіт.

Отримані результати підтверджують доцільність інтеграції сезонності у процеси планування й організації будівництва. Це дозволить службам замовника та підрядникам:

- Прогнозувати можливі ризики відхилень у термінах, трудомісткості та вартості;
- Оптимізувати будівельні процеси шляхом урахування кліматичних та інших ускладнюючих факторів;
- Забезпечити більш точне планування ресурсів і вибір технологій для будівництва в конкретний сезон.

Забезпечення врахування впливу кліматичних факторів на будівництво протягом року може стати основою для підвищення ефективності організації та управління будівельними проектами. Це дозволить зменшити витрати, покращити прогнозування параметрів будівництва і підвищити якість виконання робіт, особливо в умовах змінного клімату та підвищених вимог до будівельної галузі.

1.2. Законодавчо-нормативна основа планування параметрів будівництва на різних стадіях інвестиційно-будівельного процесу

Організація будівництва, планування та контроль параметрів реалізації будівельних об'єктів базуються на чітко регламентованій законодавчо-нормативній основі. Одним із ключових нормативних документів у цьому напрямі є ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво», що визначає вимоги до розробки проектної документації. Водночас, ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» регулює аспекти організації будівельного процесу.

Згідно з п. 4.2 ДБН А.3.1-5:2016, організація будівельного виробництва охоплює:

- календарне планування підготовчих і будівельних робіт з урахуванням термінів завершення проектів;
- трудове та матеріально-технічне забезпечення виконання запланованих заходів;
- раціональну організацію праці та механізацію робіт;
- управління виробничими процесами відповідно до проектних рішень;
- врахування сезонних змін під час визначення термінів і послідовності виконання робіт;
- забезпечення якості будівельної продукції та відповідності проектним характеристикам;
- здійснення авторського та технічного нагляду за будівництвом.

Реалізація будь-якого інвестиційно-будівельного проекту передбачає кілька основних стадій: передпроектну, проектування, будівництво, здачу в експлуатацію та експлуатацію об'єкта. На передпроектній і проектній стадіях здійснюється підготовка рішень з організації будівельного процесу, що включає вибір відповідної технології, розробку календарних графіків і оцінку трудових та фінансових витрат.

Згідно з положеннями Зміни №1 до ДБН А.2.2-3:2014, проектування може здійснюватися в одну, дві або три стадії залежно від класу наслідків об'єкта:

- для об'єктів групи СС1 проектування проводиться на одній стадії — розробка робочого проекту (РП);
- для об'єктів групи СС2 — у дві або три стадії залежно від складності об'єкта (зокрема, включаючи техніко-економічне обґрунтування (ТЕО));
- для об'єктів групи СС3 — проектування здійснюється в три стадії (ТЕО, проект (П), робоча документація (Р)).

Основні організаційно-технологічні рішення розробляються на стадіях ТЕО, П або в затверджувальній частині РП. Ці стадії передбачають:

- календарне планування робіт з урахуванням термінів і сезонних умов;
- управління виробничими процесами з урахуванням механізації робіт і кваліфікації виконавців;
- забезпечення трудового та матеріально-технічного ресурсу.

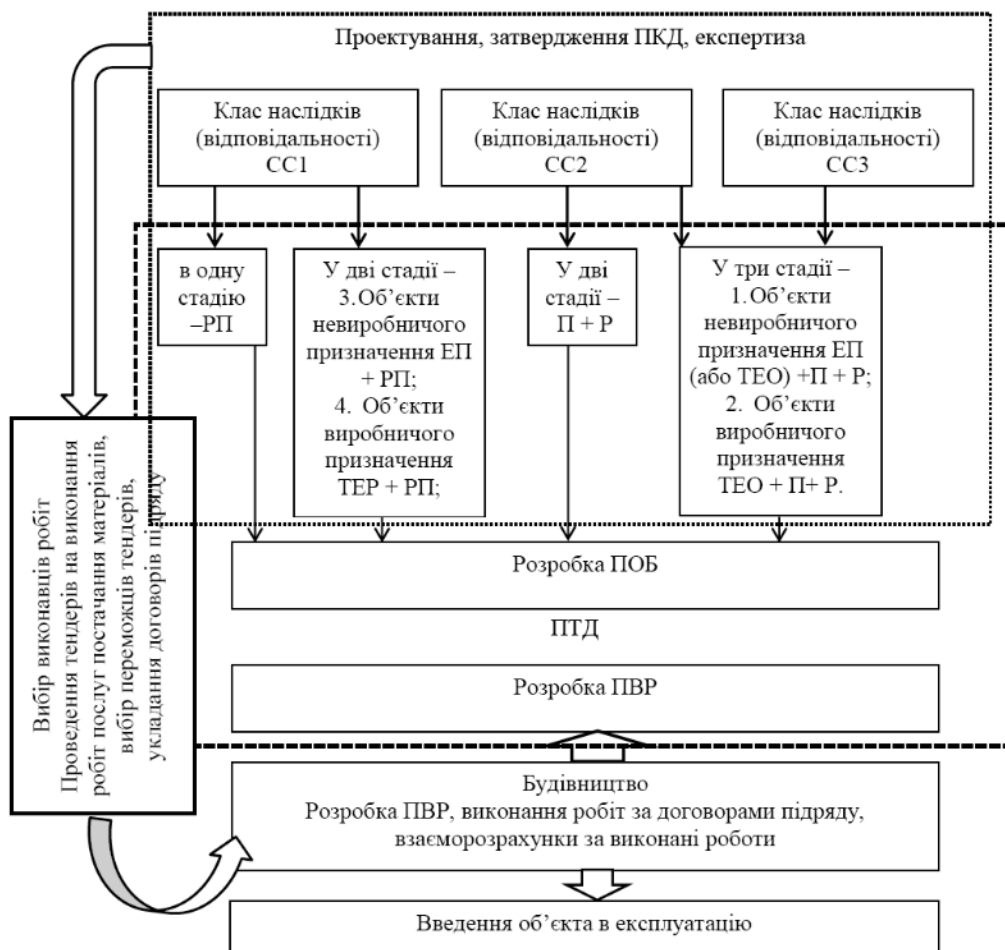


Рис.1.2. Послідовність та стадії реалізації інвестиційно-будівельного проекту.

Відповідно до положень ДБН А.3.1-5:2016, у складі розділу проекту «Основні положення з організації будівництва» на стадії техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) або техніко-економічного розрахунку (ТЕР) виділяються такі складові: коротка пояснювальна записка, що включає опис способів виконання будівельних робіт і обґрунтування тривалості будівництва, а також

схема будівельного генерального плану. На цьому етапі неможливо врахувати вплив сезонних умов на параметри будівництва, оскільки відсутня чітка прив'язка до конкретних термінів виконання робіт.

У свою чергу, на стадії розробки проекту організації будівництва (ПОБ), відповідно до Додатку Е, включаються календарний план будівництва з визначенням термінів і послідовності виконання робіт та пояснювальна записка. У записці обґрунтовуються характеристики умов будівництва, методи виконання робіт, можливість їх суміщення, тривалість будівництва та розмір і оснащення будівельних майданчиків. Проте і на цьому етапі складно врахувати вплив сезонних умов на параметри, оскільки календарний план не має прив'язки до конкретних років чи сезонів. Зимові умови враховуються укрупнено, за коефіцієнтами, визначеними у ДСТУ-Н Б Д.1.1-5:2013, що передбачають зростання вартості і трудомісткості робіт.

На етапі виконання робіт організація будівництва кожного об'єкта базується на проектно-технологічній документації (ПТД), яка включає проект організації будівництва (ПОБ) та проект виконання робіт (ПВР). Згідно з додатком К ДБН А.3.1-5:2016, ПВР охоплює календарний графік виконання робіт, обґрунтування рішень для робіт у зимовий та літній періоди, потребу в енергоресурсах, заходи із забезпечення якості та безпеки, а також природоохоронні заходи.

На цьому етапі вплив зимових умов розглядається детальніше, зокрема визначаються обсяги додаткових робіт, зростання трудомісткості та витрат часу на роботу машин і механізмів. Ці дані дозволяють формувати більш точну оцінку параметрів будівництва з урахуванням кліматичних умов.

Відповідно до пункту 5.1.2 ДСТУ-Н Б Д.1.1-5:2013, рішення щодо включення витрат на виконання будівельних робіт у зимовий або літній період до інвесторської кошторисної документації приймається замовником. Такі витрати визначаються за середньорічними показниками, розрахованими за видами будівництва і вираженими у відсотках від вартості будівельних робіт за підсумками розділів 1–8 зведеного кошторисного розрахунку. Ці показники

охоплюють усі додаткові роботи та витрати, пов'язані зі складністю виконання робіт у зимовий період. Водночас, для обчислення розрахункової кошторисної трудомісткості додаткових робіт використовуються усереднені розрахункові показники.

На стадії розробки проекту організації будівництва (ПОБ) вплив зимових умов на трудомісткість і вартість будівництва розглядається загально, без деталізації. Натомість, проект виконання робіт (ПВР) передбачає конкретні заходи для організації будівельних робіт при середньодобовій температурі нижче +5 °С або з падінням температури до 0 °С протягом доби.

Розрахунок зимового подорожчання робіт враховує додаткові витрати робочої сили і матеріалів для зведення конструкцій, витрати на підігрів матеріалів для бетонної суміші, підготовку будівельного господарства до зимових умов, утеплення обладнання, очищення від снігу, освітлення, а також забезпечення відповідного способу витримування бетону. Відповідно до пункту 6.8.10 ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015, у ПВР повинні бути зазначені методи обігрівання поверхонь, прогрівання стиків, витримування бетону, способи утеплення, терміни і порядок розпалублення, з урахуванням специфіки виконання робіт у складних погодних умовах.

Під час тендерів і формування договірної ціни підрядник може виконувати розрахунок витрат на подорожчання робіт у зимовий період розрахунково-калькуляційним методом. Цей метод базується на обсягах робіт, запланованих до виконання у зимовий період, і додаткових витратах. Підрядник може використовувати коефіцієнти, що враховують зниження продуктивності праці внаслідок обмеженості рухів, незручності роботи в теплому одязі, рукавицях, снігу, льоду, низької видимості, вітру та інших факторів. Також допускається розрахунок витрат на основі об'єкта-аналога, використовуючи власний банк даних.

Необхідність забезпечення умов праці при мінусових температурах чітко регламентована відповідними інструкціями з охорони праці. Працівникам, що виконують роботи в холодну пору року, видається утеплений спецодяг і

спецвзуття. Для бетонних і подібних робіт використовуються спеціальні утеплені контейнери для розчинів, попередньо підігріті будівельні розчини із спеціальними добавками, які прискорюють тужавіння або знижують температуру замерзання. Згідно з нормами, в штукатурних станціях з приміщеннями для обслуговуючого персоналу температура повітря повинна становити не менше 5°C і не більше 22°C. При роботі на відкритому просторі за температури -5°C обов'язковим є облаштування приміщень для обігріву працівників, а кабіни будівельних машин повинні бути утепленими, з температурою не нижче 15°C.

Відповідно до пункту 5.1.3.1 ДСТУ-Н Б Д.1.1-5:2013, кошти на виконання робіт у зимових умовах включають компенсацію додаткових витрат, зокрема:

- Робочого часу будівельників і операторів будівельних машин;
- Часу роботи будівельних машин і механізмів;
- Додаткових матеріальних ресурсів через їх підвищені втрати;
- Інших додаткових витрат, пов'язаних із роботою в зимових умовах.

Коефіцієнти до норм трудовитрат та часу роботи машин варіюються залежно від температурної зони, враховуючи зниження продуктивності через специфіку зимових умов. При розрахунку тендерних пропозицій та складанні договірної ціни допускається використання усереднених показників у межах 0,2–0,5% до нормативної потреби в матеріалах.

Додаткові витрати на роботи в зимовий період включають розпушування та відтавання ґрунтів, прогрівання бетонів і конструкцій, утеплення робочих місць, прибирання снігу, облаштування та опалення тимчасових приміщень, а також захист робочих зон від снігових заметів. Такі витрати обраховуються або за окремими розрахунками, або із застосуванням усереднених показників, як це передбачено в додатку И ДСТУ-Н Б Д.1.1-5:2013.

Ці аспекти висвітлюють існуючі розбіжності між можливостями замовника точно визначати терміни, трудомісткість та вартість робіт, що викликає необхідність подальших досліджень. Зокрема, замовники, базуючись лише на загальних параметрах проектної документації, змушені покладатися на

укрупнені розрахунки зимових чи літніх умов без деталізації за конкретними процесами. Технологічні карти для цих робіт формуються підрядниками, які, задля перемоги у тендерах, можуть занижувати терміни виконання, що ставить під сумнів точність оцінки перевищення планових показників.

Розробка проекту виконання робіт (ПВР) на основі проекту організації будівництва (ПОБ) є завданням безпосередніх виконавців робіт — підрядних підприємств, які беруть участь у тендері або вже визначені його переможцем. Таким чином, на момент проведення тендеру замовник володіє лише загальною сумою коштів, передбаченою для реалізації додаткових заходів і робіт у специфічних умовах, таких як зимові або літні, та їх трудомісткістю. Ці дані використовуються для перевірки обґрунтованості тендерних пропозицій.

У ринкових умовах вважається, що конкуренція змушує учасників тендерів шукати оптимальні рішення для організації робіт, вибору технологій, матеріалів тощо, включно з особливостями виконання робіт у складних сезонних умовах. Однак на практиці існують ситуації, коли ринкові механізми виявляються недостатньо ефективними для забезпечення адекватного формування вартості робіт. Такі випадки можуть бути спричинені змовою учасників тендерів, застосуванням переговорних процедур, що допускають завищення цін, або ж відміною тендерів через відсутність учасників, що може призводити до зниження вартості.

У зв'язку з цим замовник потребує ефективного інструментарію для оперативної, обґрунтованої та трудозберігаючої оцінки ключових параметрів будівництва — вартості, трудомісткості та термінів виконання робіт — з урахуванням сезонних впливів. Такий інструмент стане незамінним у процесах:

- складання технічних завдань на проведення тендерів;
- оцінки тендерних пропозицій з метою визначення їх обґрунтованості;
- прогнозування параметрів будівельних робіт, запланованих до виконання у специфічних сезонних умовах — зимовий, літній або міжсезонний періоди.

Цей підхід сприятиме підвищенню точності і прозорості процесів організації будівництва, дозволяючи оптимізувати використання ресурсів та уникати помилок при плануванні робіт у складних природно-кліматичних умовах.

1.3. Аналіз сучасного методичного інструментарію прогнозування числових рядів із сезонним характером розподілу та виявлення можливості його застосування для прогнозування параметрів будівництва

Циклічні коливання, характерні для багатьох соціальних, економічних, технічних і фінансових показників, часто спостерігаються також у будівельній галузі. Такі сезонні коливання формуються під впливом природно-кліматичних умов, змін попиту чи особливостей фінансування інвестиційно-будівельних проектів. Наприклад, у літній період нерухомість продається менш активно через сезон відпусток. Аналогічні тенденції можуть впливати на процеси організації і виконання будівельних робіт, викликаючи необхідність адаптації планів та ресурсів до змін умов.

Сезонні коливання можна аналізувати за допомогою різних моделей і методів. Найпростішими підходами є:

- **Індекси сезонності** – дозволяють визначати зміни від середнього значення за сезонними інтервалами.
- **Розмах сезонності** – оцінює амплітуду змін параметрів.
- **Лінійні та квадратичні коефіцієнти сезонності** – дають змогу кількісно оцінити рівень сезонного впливу.

Крім того, застосовуються комбіновані методи, які поєднують кілька підходів до аналізу. Зокрема:

1. Адитивна і мультиплікативна декомпозиція числових рядів. Ці методи розкладають числовий ряд на кілька складових (тренд, сезонність, випадкові зміни), що дозволяє виділити сезонні впливи як окремий фактор.

2. Методи екстраполяції тренду. Базуються на використанні ковзних середніх та інших статистичних інструментів, таких як методи Ковальова, Кошечкіна, Хольта-Вінтерса.

Тип часових рядів значною мірою визначає вибір методу аналізу. У дослідженні часові ряди можуть класифікуватися залежно від характеру сезонності (адитивна, мультиплікативна, відсутня) і тренду (відсутній, лінійний, експоненціальний). Для кожного типу використовуються різні методи експоненціального згладжування та аналізу.

У контексті будівельної галузі особливу увагу слід приділити інструментарію, який дозволяє виявити сезонні коливання параметрів будівництва, таких як вартість, трудомісткість і терміни робіт. Ці коливання можна прогнозувати, використовуючи згадані методи, для створення моделей, які дозволяють розраховувати потенційні відхилення параметрів у майбутньому.

Вибір підходу має враховувати:

- точність прогнозування;
- доступність вихідних даних;
- простоту розрахунків;
- потребу у спеціальному програмному забезпеченні;
- можливість практичного застосування інженерно-технічними працівниками безпосередньо на будівельному майданчику.

Таким чином, розглянутий інструментарій може бути адаптований для потреб будівництва з метою підвищення точності прогнозування та ефективності управління проектами в умовах сезонних коливань.

Найбільш поширеним показником, за допомогою якого здійснюють аналіз сезонних коливань самих різних показників є індекси сезонності I_s , які дозволяють кількісно оцінити прояви зимових і літніх умов на будь-який показник діяльності підприємств, будівельних процесів або суспільних явищ.

Розраховують *Індекси сезонності* (або сезонну хвилю) як відсоткове відношення фактичних рівнів динамічного ряду до його середньорічного

(вирівняного) рівня. Для розрахунку сезонності можна використати цілий ряд методів (простої середньої, Персона, ковзної середньої, аналітичного вирівнювання по прямій, параболі або експоненті або за допомогою рядів Фур'є, аналіз сингулярного спектру, заснований на перетворенні одновимірного часового ряду в багатовимірний з подальшим застосуванням до отриманих багатовимірних тимчасових рядів методу головних компонент та інші, які забезпечують оцінку сезонності з різною точністю, надійністю і трудоемністю.

Індекс сезонності за *методом простих середніх*:

$$I_s = \frac{\bar{Y}_i}{\bar{Y}_z} \quad (1.1)$$

де I_s – індекс сезонності;

\bar{Y}_i – середні місячні або квартальні рівні;

\bar{Y}_z – загальна середня (місячна або квартальна).

Використання даного методу дозволяє зменшити випадкові коливання показників ряду динаміки, при цьому точність методу залежить від:

- кількості спостережень;
- наявності тренду.

При існуванні тенденції спадання чи зростання показника з часом, що спостерігається у більшості процесів і явищ, точність даного методу буде низькою. У таких рядах замість середньої використовують лінію тренду, яка будується за допомогою методу найменших квадратів, тобто проходить через ряд на мінімально можливій відстані від кожної з точок ряду і згладжує його нерівномірності :

$$Y_t = y(t),$$

Лінія тренду, в залежності від виду отриманої у результаті розрахунків функції, може бути прямою, логарифмічною, експоненціальною тощо.

Індекси сезонності можуть розраховуватись на будь-який проміжок часу. Існують дослідження індексів сезонності для процесів і явищ у межах робочого дня, тижня, місяця, кварталу, але найчастіше у якості мінімального відрізка часу використовують місяць або квартал. Сукупність індексів утворює сезонну

хвилю, яка показує на скільки зростає або спадає аналізований показник протягом року.

На основі сукупності розрахованих індексів сезонності формується сезонна хвиля, яка характеризує динаміку розвитку досліджуваного явища або процесу протягом року. Спостереження за індексами сезонності протягом декількох років може дати відповідь на питання, чи притаманний досліджуванним процесам тренд. Так, при розрахунку термінів і трудомісткості будівельних робіт, зазвичай коливання мають однакову амплітуду протягом декількох років, а при аналізі кошторисної вартості робіт спостерігається її збільшення із часом внаслідок інфляції – тому при побудові моделей сезонності необхідно враховувати цю тенденцію.

Додатково розраховують ще ряд показників, які базуються на значеннях індексу сезонності, є похідними від них і дають розширену інформацію про характер розподілу значень ряду, його розмах, інтенсивність тощо:

Амплітуда або розмах сезонності:

$$R = I_{max} - I_{min}; \quad (1.2);$$

Лінійний коефіцієнт сезонності (у даному випадку квартальний):

$$k_{\text{сез лін}} = \frac{\sum |I_s - 100|}{4}; \quad (1.3)$$

Квадратичний коефіцієнт сезонності (у даному випадку квартальний):

$$k_{\text{сез кв}} = \sqrt{\frac{(\sum |I_s - 100|)^2}{4}}. \quad (1.4)$$

Квадратичний коефіцієнт використовується для порівняння інтенсивності коливань показників. Чим більшим є значення квадратичного коефіцієнту сезонності, тим інтенсивніші коливання.

Найбільш оптимальним із методів прогнозування сезонності є трендова екстраполяція, сутність якої у використанні статистичних даних попередніх періодів та застосування трендових моделей, які будуються на припущенні, що виявлена тенденція буде зберігатись і надалі. Завдяки даному методу можна

добитися високої точності прогнозу, але тільки у випадку, якщо тенденція не змінює свій напрямок.

Широко розповсюдженим є підхід до вивчення сезонності, який заснований на декомпозиції часових рядів. Відповідно до зазначеного підходу кожен рівень часового ряду можна уявити як результат еволюторної, річної, сезонної і випадкової величини. При використанні декомпозиції часових рядів припускають, що виявлена у результаті розкладання ряду на складові тенденція і сезонні коливання збережуться і надалі, а отже можуть бути використані для складання прогнозу.

Декомпозицію часових рядів виконують у вигляді адитивних і мультиплікативних моделей. В адитивних моделях значення часового ряду представляють у вигляді суми складових:

$$y = f(t) + s(t) + \varepsilon t \quad (1.5)$$

де $f(t)$ – еволюторна складова (характеризує тренд, тенденцію розвитку ряду у періоді більше ніж один рік),

$s(t)$ – сезонна складова,

εt – випадкова складова (відображає вплив непередбачуваних факторів, що не враховують у явному вигляді при складанні прогнозу, може відображати помилку).

Розподілення часового ряду на складові елементи дозволяє здійснити аналіз факторів впливу різної сили та характеру дії.

Мультиплікативні моделі враховують добуток еволюторної, сезонної і випадкової складових. Мультиплікативну модель можна представити формулою:

$$y = f(t) \cdot s(t) \cdot \varepsilon t \quad (1.6)$$

Застосування даного виду моделей обумовлено тим, що в деяких часових рядах значення сезонної компоненти зростають чи падають в залежності від розвитку тренду, тобто для адитивної компоненти характерні сталі коливання навколо середнього рівня чи тренду, для мультиплікативної — зростання амплітуди коливань з часом. Адитивній моделі притаманна сезонна варіація

яка майже не змінна з часом, тоді як у мультиплікативної вона зростає чи падає, при цьому R часового ряду також змінюється.

Для рядів яким притаманне зростання або зменшення показників з часом для нейтралізації тренду рекомендується використовувати метод Персона (метод ланцюгових індексів, ланцюговий метод).

Для вивчення сезонності часто доводиться вираховувати рухоми середню з парним числом членів ряду, тому що характер динамічного ряду визначає тривалість періоду рухоми середньої, який повинен співпадати з періодом коливання, або бути кратним йому.

Згладжування за парним числом членів ряду незручне тим, що середня мусить бути віднесена тільки до середини між двома датами, тобто проходить зсув періоду, до якого відноситься рівень. Усунення зсуву періоду проводять способами перетворення рівнів і центруванням.

Існують різні модифікації класичних формул адитивних і мультиплікативних моделей, але головна ідея про виділення окремо сезонної складової в модифікованих формулах залишається незмінною. Так, досить часто для виявлення сезонності пропонується мультиплікативна модель, яка базується добутку отриманої тенденції і виявлених у попередні періоди індексів сезонності, за допомогою яких орегується виявлений загальний тренд розвитку]:

$$Y_{t+v}^* = I_t \cdot Y_{t+v},$$

де v — майбутній часовий період прогнозування.

Поєднання згладжування даних за допомогою експоненціального середнього із декомпозицією часових рядів використано у моделі *Холта-Вінтера*, за якою прогноз на майбутній часовий період визначається як скоригована на сезонність сума прогнозного рівня декомпозиційного ряду і лінійного тренду :

$$Y_{t+v}^* = (u_t + b_t v) I_{t-s+v}.$$

де u — декомпозиційний ряд.

$b_t v$ — тренд.

I_t — індекс сезонності.

Також можливо використовувати комбінацію лінійного та сезонно-мультиплікативного трендів .

Аналітичний метод виявлення сезонності заснований на побудові корелограм ряду даних і оцінці значимості коефіцієнтів автокореляції, розрахованих послідовно для кожного значення ряду і часткових коефіцієнтів кореляції.

Використання названого підходу, а саме автокореляції між даними часового ряду для виявлення сезонності часто використовується при дослідженнях циклічних процесів. Зокрема у статті, за допомогою даного методу виявлено вплив чинника сезонності на вартість будівельних робіт у житловому будівництві, шляхом розрахунку коефіцієнтів автокореляції для індексу цін на будівельні роботи та показників середньоденного випуску продукції житлового будівництва. У результаті аналізу виявлено, що для досліджуваних показників до трендових моделей слід включати квартальні коригуючі коефіцієнти. Проте використання галузевих даних може давати значну похибку для використання отриманих рівнянь на рівні окремих будівельних об'єктів або будівельних робіт чи навіть процесів, деякі із яких відбуваються на відкритому повітрі, а інші у середині приміщень, що не ураховується запропонованими коефіцієнтами.

Метод декомпозиції числових рядів (часто називають метод «Census II», який передбачає розкладання аналізованого ряду на складові і виявлення у ньому трендової і сезонної компонент шляхом використання ковзної середньої, дуже часто успішно використовується науковцями різних сфер для виявлення і прогнозування сезонності. Оскільки метод досить простий у використанні і не потребує складного програмного забезпечення (для його використання достатньо мати базові навички роботи у Excel), то це сприяло його масовому використанню і адаптації під різні потреби аналізу.

Наприклад, розроблений Коваленко О. Ю. на основі даного методу власний підхід до оцінювання впливу сезонної варіації на розвиток

рекреаційних та інших об'єктів сезонного типу функціонування дає змогу розробити прогноз на коротко- (на 1-1,5 року) та середньострокову перспективу (на 4-6 років) та забезпечує ефективність і точність розрахунків. Для виявлення сезонної компоненти авторка використовує також використовує метод декомпозиції та здійснює згладжування ряду, використовуючи квартальну середню ковзну за два послідовних періоди. Результатом розрахунків стало адитивне рівняння, з виділеним сезонним компонентом, яке з достатньою мірою точності дозволило розраховувати параметри розвитку рекреаційних об'єктів. Використання середньої ковзної для виявлення мінливості часових рядів, зокрема при аналізі сезонних варіацій, використовують у своїх працях багато українських і зарубіжних вчених.

В 1967 році у США розроблено метод Х-11, а у 1990-х рр. метод Х-12, які є класичними методами виявлення сезонності у числових рядах. Даний підхід має на увазі, що до трендової компоненти ряду додається іще і додаткова регресійна компонента. Даний метод є значно більш складним, ніж попередній, але значно більш точним. Головний недоліком даного підходу є вимога про наявність спостережень мінімум за п'ять років, що не завжди можна виконати в умовах будівництва.

Інша методика, запропонована Кошечкіним С.А., поєднує в собі і простоту і точність прогнозу із достатньою простотою розрахунків. Особливо важливо відмітити актуальність роботи в MS Excel, як найбільш доступному і простому для розуміння програмному продукті. Модель базується на поєднанні простих адаптивних моделей прогнозування сезонних коливань у поєднанні із методами експертних оцінок, шляхом їх поєднання у одній формулі, що дозволить урахувати нові тенденції, ще не охоплені даними попередніх років:

$$F_{np} t = a F_{\phi} t-1 + (1-a) F_m t$$

де: $F_{np} t$ - прогнозне значення досліджуваної величини;
 $F_{\phi} t-1$ - фактичні значення ряду даних у попередньому періоді;
 $F_m t$ - теоретичні значення, отримані за одним із поширених методів

прогнозування;

a – константа згладжування, яку автор рекомендує визначати методами експертних оцінок. Константа згладжування приймає значення від 1 до 0. При цьому 1 – передумов до зміни існуючої тенденції немає, 0 – існує сто відсоткова впевненість у тому, що головні характеристики ряду даних змінять амплітуду, або інші характеристики

В 1980-х рр. розроблено методи ARMA і ARIMA, які у даний час є широко розповсюдженими і вважаються найбільш точними для аналізу часових рядів.

Поєднання авторегресії і ковзного середнього лягло у основу моделей типу ARMA (autoregressive moving-average model), у результаті створюється лінійна модель множинної регресії залежності майбутніх значень ряду від попередніх. Моделі такого типу мають більшу точність у порівнянні із просто регресійними моделями, або моделями на основі просто ковзних середніх, але і більш складну структуру і порядок розрахунку.

Моделі типу ARMA призначені для прогнозування поведінки стаціонарних часових рядів.

В 1980-х рр. розроблено ARIMA, який заснований також на принципі використання комбінації моделей авторегресії і ковзної середньої. Модель може із достатньою точністю описувати як стаціонарні, так і нестаціонарні часові ряди, використовуючи інформацію із вихідного діапазону даних.

Для отримання більшої гнучкості, рекомендується включати у моделі типу ARIMA вираз як для ковзного середнього, так і для авторегресії, поєднуючи їх. Для урахування сезонності використовують моделі модифікації моделей ARMA і ARIMA, які мають назви SARMA і SARIMA, і базуються також на комбінації моделей авторегресії і ковзної середньої, але включають окремо сезонну компоненту.

Також існують модифікації моделей ARMA і ARIMA, які можуть враховувати додатково різноманітні екзогенні чинники, так звані ARMAX моделі.

Аналіз переваг і недоліків зазначених вище моделей і методі наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Переваги і недоліки методів виявлення сезонності

№ пп	Метод	Переваги	Недоліки
1	2	3	4
1.	Статистична оцінка сезонності (<i>I</i> сез, <i>R</i> , <i>k</i> сез лін, <i>k</i> сез кв)	Простота розрахунку, не потребують спеціального програмного забезпечення, широко поширені для аналізу, можна використовувати невелику вибірку даних.	Низька прогнозна здатність, показують більше статистичні характеристики ряду, ніж його майбутню поведінку, низька гнучкість.
2.	Метод декомпозиції часових рядів (мультиплікативна і адитивна моделі)	Дозволяє здійснити аналіз факторів впливу різної сили та характеру дії, виділивши провідну (загальну, рушійну і т.д.) тенденцію для ряду, а також сезонну компоненту, яку можна кількісно оцінити	Розкладення часового ряду, яке є допустимим з математичної точки може показувати не логічну залежність з організаційно-технологічної точки зору. Отримані моделі можуть мати високу точність, але низьку прогнозу здатність, або отримані залежності можуть виходити за будь-які реальні межі, що нівелюється перерахунком моделей у разі отримання нових даних

Продовження таблиці 1

3	Методи X-11, X-12	До трендової компоненти ряду додається ще і додаткова регресійна компонента. Є попередником ARIMA моделей, висока точність точність	Є значно більш складним, ніж попередні. Головний недоліком даного підходу є вимога про наявність спостережень мінімум за п'ять років.
4	Моделі типу ARMA, SARMA	У моделях типу ARMA, SARMA, ARIMA, SARIMA	Трудомісткість і
5	Моделі типу ARIMA, SARIMA	задається лише загальний клас моделей, що описують часовий ряд. Алгоритм, підлаштовуючи внутрішні параметри, сам вибирає найвідповіднішу модель прогнозування. простота та прозорість моделювання; однаковість аналізу і проектування та різноманітність сфер застосування	виявлення найбільш відповідної моделі, неможливість моделювання нелінійних залежностей.
6	Методика Кошечкіна	Робота в MS Excel, як найбільш доступному і простому для розуміння програмному продукті.	Усі недоліки методів експертних оцінок – суб'єктивність, громіздкість, тривалість збору і обробки даних тощо.

Продовження таблиці 1

6	Методика Кошечкіна	Модель базується на поєднанні простих адаптивних моделей прогнозування сезонних коливань у поєднанні із методами експертних оцінок, шляхом їх поєднання у одній формулі, що дозволить урахувати нові тенденції, ще не охоплені даними попередніх років	
---	-----------------------	--	--

У сучасній науці методи оцінки сезонності не обмежуються лише тими, які представлені у даному аналізі. Інші методи, моделі і методичні підходи, наряду і з найбільш поширеними у даний час, також можуть використовуватись для вирішення окремих завдань організації і технології будівництва об'єктів цивільного і промислового призначення, що полягають у виявленні і прогнозуванні впливу сезонності на окремі параметри будівництва, будівельні процеси, роботи тощо. Але більшість з існуючих на сьогодні методів виявлення сезонності базуються на методах розглянутих вище, їх поєднанні, удосконаленні або використанні нових елементів або способів розрахунків окремих етапів, маючи окремі переваги та недоліки з точки зору врахування особливостей забезпечення точності параметрів будівництва з урахуванням сезонних коливань.

З огляду на недоліки і переваги розглянутих вище методів, для подальших розрахунків пропонується обрати метод декомпозиції числових рядів, у поєднанні із методикою, запропонованою у праці.

РОЗДІЛ 2

ПРИНЦИПИ СТВОРЕННЯ, ПРИЗНАЧЕННЯ ТА СКЛАДОВІ ІНСТРУМЕНТАРІЮ ПЛАНУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ СЕЗОННОСТІ

2.1. Постановка завдань і гіпотези дослідження

Врахування стохастичності на різних етапах зведення об'єктів будівництва є важливою задачею, що спрямована на підвищення ефективності та якості виконання будівельних робіт. Вплив сезонності як одного з ускладнюючих чинників значною мірою впливає на ключові параметри будівництва: трудомісткість, тривалість та вартість. Використання раціональних методів організації будівництва й сучасних технологій здатне не лише мінімізувати вплив сезонних факторів, але й забезпечити можливість безперервного виконання робіт протягом року.

Виходячи з цього, гіпотезою дослідження є твердження, що відхилення параметрів будівництва, зумовлені сезонністю, залежать від середньої температури зовнішнього середовища та місяця виконання робіт. Такі відхилення можуть бути прогнозовані за допомогою аналізу історичних даних про середньодобову температуру і календарний період.

Актуальні дослідження у цій сфері здебільшого зосереджені на:

- виборі раціональних організаційних рішень і технологій будівництва, що відповідають конкретним умовам сезону;
- обранні оптимального способу виконання робіт залежно від умов навколишнього середовища;
- застосуванні методів, здатних забезпечити високу якість будівельної продукції з мінімальними витратами ресурсів.

Попри це, важливе питання прогнозування параметрів будівництва з урахуванням сезонних факторів, зокрема стосовно тривалості, вартості та трудомісткості робіт, потребує подальшого наукового опрацювання. Особливого значення набуває вивчення впливу сезонності на організаційно-

технологічні рішення, механізацію робіт та раціоналізацію витрат у рамках виконання інвестиційно-будівельних проектів.

Для досягнення мети дослідження поставлено такі завдання:

1. Виконати аналіз існуючого досвіду та нормативно-довідкової бази у сфері прогнозування параметрів будівництва в умовах сезонності.
2. Дослідити теоретичні напрацювання вітчизняних і зарубіжних науковців щодо впливу сезонних коливань на будівельні процеси.
3. Виявити ключові чинники, що впливають на організацію будівельних робіт у різні пори року, а також простежити головні тенденції розвитку будівництва протягом року.
4. Дослідити зміну параметрів будівництва (тривалості, трудомісткості та вартості) залежно від сезонності, визначивши характерні відхилення.
5. Розробити практичні рекомендації щодо впровадження результатів дослідження у практику будівництва об'єктів у місті Київ та місті Чернівці.

З огляду на складність методів прогнозування сезонних коливань, що базуються на математичних моделях, доцільно не лише надати рекомендації, але й створити програмний продукт. Такий інструмент забезпечить спрощення процесу впровадження отриманих результатів у діяльність замовників і підрядників, що працюють над будівельними проектами.



Рис.2.1. Етапи проведення дослідження.

2.2. Принципи створення, призначення та складові інструментарію планування параметрів будівництва в умовах сезонності

Однією з основних проблем, яка ускладнює ефективну організацію будівельних робіт, є стохастичність процесів зведення об'єктів промислового та

цивільного призначення. Навіть за умов якісної організаційно-технологічної підготовки, ретельного планування, матеріально-технічного забезпечення та впровадження логістичних заходів, частина факторів, які впливають на перебіг будівництва, не може бути передбачена заздалегідь. Як наслідок, ці фактори виникають під час виконання робіт, стаючи причиною зривів термінів, перевищення кошторисів та збільшення трудовитрат, що підтверджується низкою досліджень.

Через цю природу будівельного процесу стає актуальним виявлення факторів, які зумовлюють збої чи відмови, і створення системи прогнозування, яка сприяє їх уникненню або мінімізації наслідків. Чинники, що викликають сезонні впливи, як-от низькі температури чи сильний вітер, мають визначену сезонну природу і вимагають окремого розгляду.

Для розв'язання цієї проблеми застосовано принцип "чорної скриньки". Він передбачає, що для виявлення впливу певних факторів (у нашому випадку — сезонності) достатньо вивчити взаємозв'язок між вхідними параметрами (сезон виконання робіт) і вихідними результатами (трудомісткість, кошторисна вартість, тривалість робіт), не занурюючись у деталізацію внутрішніх механізмів впливу. Це дозволяє сконцентруватися на основних закономірностях і тенденціях без надмірної деталізації.

На основі цього принципу сформульовано методичний підхід, який відповідає таким вимогам:

1. **Базування на фактичних даних:** Методика має використовувати інформацію, отриману безпосередньо з будівельних майданчиків, про виконання робіт на досліджуваних або аналогічних об'єктах протягом декількох років, кварталів чи місяців.

2. **Гнучкість параметрів:** Вона має враховувати специфіку конкретного будівельного майданчика, тип об'єкта чи виду робіт, адаптуючись до унікальних умов кожного випадку.

3. **Можливість динамічного оновлення:** Методика має враховувати нові дані, що надходять із будівельного майданчика, надаючи їм більшу вагу у

порівнянні з ретроспективними показниками. Це дозволить краще відображати поточні умови.

4. Простота у використанні: Ураховуючи обмеженість ресурсів управлінського персоналу підрядних організацій, методика повинна бути легкою для застосування. Вона має зводити участь інженерно-технічних працівників до мінімуму, автоматизуючи більшість процесів збору та обробки даних.

5. Впровадження цифрових рішень: Для практичної реалізації методики доцільно створити комп'ютерний модуль, наприклад, у вигляді додатку до Excel. Це дозволить автоматизувати розрахунки впливу сезонності на параметри будівництва, включаючи вартість, тривалість та трудомісткість робіт.

Відповідно до схеми дослідження, запропонованої у першому розділі, визначено послідовність дій, необхідних для аналізу впливу сезонних факторів на організацію будівництва. Спершу обираються об'єкти дослідження, зокрема багатопверхові житлові будинки, з наступним детальним описом їх основних техніко-економічних характеристик, таких як поверховість, загальна площа, будівельний об'єм та інші. Цей етап забезпечує базис для подальшого аналізу.

Наступним кроком є статистична оцінка поширеності використання архітектурно-конструктивних рішень, технологій будівництва та методів організації робіт. Це дозволяє виявити основні організаційно-технологічні особливості проектів і визначити типові характеристики зведення житлових будинків.

Аналіз проектів виконання робіт, календарних графіків та проектно-кошторисної документації дозволяє виявити ключові показники, що зазнають впливу сезонних змін. Важливо провести статистичний опис цих параметрів, визначити їх відхилення та адаптувати значення для відповідності вимогам нормального розподілу. Ця фаза гарантує, що обрані показники-індикатори будуть відповідати реальним умовам.

Для визначення впливу сезонних коливань слід обрати оптимальний метод, враховуючи баланс між складністю розрахунків, швидкістю виконання та точністю отриманих результатів. Як приклад, порівняння моделей Бокса-Дженкінса (ARIMA) і групового врахування аргументів (МГУА) демонструє, що вибір більш складної моделі не завжди виправдовується, оскільки різниця у точності може бути несуттєвою, тоді як трудомісткість різко зростає.

Підвищення надійності прогнозування організаційно-технологічних параметрів будівництва забезпечується створенням моделей, які враховують чинник сезонності. Для різних параметрів, таких як трудомісткість, тривалість виконання робіт та кошторисна вартість, можуть бути використані моделі різних типів. Їх вибір слід здійснювати, спираючись на порівняння за середньою лінійною похибкою.

Розробка алгоритму для підрядних організацій та служб замовника, спрямованого на виявлення і прогнозування сезонних впливів на рівні окремих об'єктів чи робіт, є важливим етапом дослідження. Цей алгоритм має стати основою для створення методичного підходу, який дозволить ефективно оцінювати і прогнозувати параметри будівництва з урахуванням сезонних змін.

Моделі, створені на основі зазначеного підходу, враховують специфіку діяльності конкретних підрядних організацій, включаючи методи будівництва, рівень механізації та якість трудових ресурсів. Це забезпечує їхню адаптивність і точність у прогнозуванні параметрів будівництва в умовах сезонності.

Пропонуються наступні вісім етапів побудови таких моделей (від збору даних до практичного використання) (рис.2.2).



Рис.2.2. Етапи створення методики прогнозування організаційно-технологічних параметрів будівництва із урахуванням сезонності.

Для визначення впливу сезонності на параметри будівництва для замовників, на відміну від підрядних організацій, пропонується методичний підхід до визначення тривалості, трудомісткості і вартості будівництва об'єктів у відповідності із обраними для дослідження техніко-економічними параметрами (кошторисна вартість, кошторисна і фактична трудомісткість, планова і фактична тривалість будівництва).

Виходячи з поставлених цілей, етапів та особливостей дослідження впливу сезонних чинників на параметри будівництва пропонується наступна структурно-логічна схема проведення дослідження (табл. 2.1).

Таблиця 2.1. Структурно-логічна схема проведення дослідження

Розділ	Підрозділ	Завдання	Результат	Новизна
Розділ 1. Теоретико-методичний базис планування, організації і контролю організаційно-технологічних параметрів будівництва з урахуванням сезонності	1.1.Теоретичні, методичні і нормативні передумови організації будівництва з урахуванням сезонних коливань	Огляд існуючої законодавчої та нормативної бази, наукових праць з питань технології та організації будівництва в умовах	Гіпотеза дослідження	
	1.2.Законодавчо-нормативна основа планування параметрів будівництва на різних стадіях інвестиційно-будівельного процесу	сезонності, визначено мету та завдання дослідження, виявлено передумови та напрямки удосконалення системи прогнозування	Вибір методу дослідження	
	1.3.Аналіз сучасного методичного інструментарію прогнозування числових рядів із сезонним характером розподілу та виявлення можливості його застосування для прогнозування параметрів будівництва	параметрів будівництва з урахуванням сезонних коливань		
	1.4.Постановка завдань дослідження		Завдання дослідження	
Розділ 2. Принципи створення, призначення та складові інструментарію планування параметрів будівництва в умовах сезонності	2.1.Логічно-структурна схема, етапи та методика дослідження	Запропонувати власний методичний підхід щодо прогнозування параметрів будівництва, який базується на урахуванні чинника сезонності шляхом використання декомпозиції числових рядів	Розробка логічно-структурної схеми дослідження	Методичний підхід до прогнозування параметрів будівництва, який, на відміну від існуючих, базується на календарно-статистичному методі збору даних, з урахуванням сезонних поправок, що дозволило обґрунтовано підвищити точність
	2.2.Класифікація сучасних методів технології і організації будівництва відповідно	Проаналізувати існуючі організаційно-технологічні рішення, методи та способи	Вибір об'єктів, параметри яких досліджуються	прогнозування відхилень термінів, трудомісткості і вартості будівельних робіт в умовах сезонності

	до типів будівель і їх конструктивних елементів	організації будівництва на сучасному етапі розвитку науки і техніки,		
	2.3. Статистичне оцінювання параметрів досліджуваних об'єктів в умовах впливу сезонності	визначено причини відхилень вартості, трудомісткості, термінів будівництва, які виникають внаслідок сезонності		
Розділ 3. Моделювання організаційно-технологічних параметрів будівництва з урахуванням сезонності	Моделювання і прогнозування впливу сезонності на терміни будівництва	Виявлено, що зміна параметрів будівництва залежить від середньодобової температури зовнішнього повітря і сезону, створено відповідні моделі для використання їх на різних стадіях	Система моделей впливу сезонності на параметри будівництва	інструментарій планування трудомісткості, вартості та термінів будівництва, на відміну від існуючих, шляхом виявлення залежностей цих параметрів від сезону, що дозволило здійснювати обґрунтований розрахунок їх зростання, підвищити точність розрахунків на етапах розробки ПВР, участі в тендерах, укладання договорів підряду тощо
	Моделювання і прогнозування впливу сезонності на трудомісткість будівельних робіт	інвестиційно-будівельного процесу		
	Моделювання і прогнозування впливу сезонності на кошторисну вартість будівництва			
	Алгоритм виявлення і моделювання впливу сезонності учасниками інвестиційно-будівельного процесу		Алгоритм виявлення і моделювання впливу сезонності	система моделювання параметрів будівництва в умовах сезонності з використанням декомпозиції часових рядів, яка враховує окремо десятиденний, місячний і квартальний періоди, що, на відміну від існуючих, дозволило використовувати створені моделі на різних етапах інвестиційно-будівельного процесу
Розділ 4. Прикладний інструментарій планування параметрів	Впровадження системи формалізації процесів організації будівництва об'єкту	Розраховано середні значення відхилень термінів будівництва під впливом сезонності, які		програмний комплекс «Організація-План-Сезон», створений на основі методичного підходу до прогнозування параметрів будівництва з урахуванням
	Модель «Організація-план-сезон» як	стануть методичною основою для прийняття		

прикладна компонента організації будівництва в умовах сезонності	рішень з технології і організації промислового та цивільного будівництва, з урахуванням їх сезонної трансформації		сезонності, дозволяє реєструвати та обчислювати параметри будівництва в он-лайн режимі. Це сприяє кращій керованості системи, оскільки більшість розрахунків проводиться автоматично, що виключає можливість дії «людського фактору» та підвищує точність
Впровадження методики планування організаційно-технологічних параметрів будівництва при будівництві об'єкту			
Впровадження методики прогнозування параметрів будівництва в учбовий процес			

У відповідність із логічно-структурною схемою дослідження *головними етапами* виконання дослідження стали:

1. Огляд існуючих в науковій та нормативно-методичній літературі підходів, методів, моделей та індикаторів з прогнозування організаційно-технологічних параметрів будівництва в зимових, літніх або інших ускладнених умовах з метою визначення можливості їх використання для оцінки та прогнозування параметрів будівництва в умовах дії сезонних чинників.

2. Аналіз способів та методів організації і технології будівництва, головних об'ємно-планувальних і конструктивних рішень на об'єктах житлового будівництва в Україні та визначення трудомісткості, вартості і термінів виконання робіт на аналізованих об'єктах (за даними технологічних карт, графіків виконання робіт у складі ПВР, кошторисної документації, актів прийняття виконаних робіт тощо).

3. Формування переліку факторів, що які можуть мати вплив на здійснення робіт, визначення головних параметрів та показників-індикаторів, що будуть досліджуватись в майбутньому та можуть бути використаними для подальшого аналізу, надання відповідних рекомендацій щодо їх подальшого застосування та виявлення сезонних чинників (рис.2.3).

4. Виявлення головних причин і чинників втрат часу при виконанні будівництва на основі сформованого переліку показників шляхом опитування персоналу будівельних організацій.

5. Виявлення головних причин і чинників збільшення вартості при виконанні будівництва у різні періоди року на основі сформованого переліку показників.

6. Виявлення головних причин і чинників збільшення витрат праці при виконанні будівництва у різні періоди року на основі сформованого переліку показників.

7. Оцінка впливу чинників на кожен параметр будівництва та визначення синергетичного ефекту від їх дії.

8. Побудова алгоритму оцінки впливу сезонності на параметри будівництва та розробка відповідного програмного забезпечення.

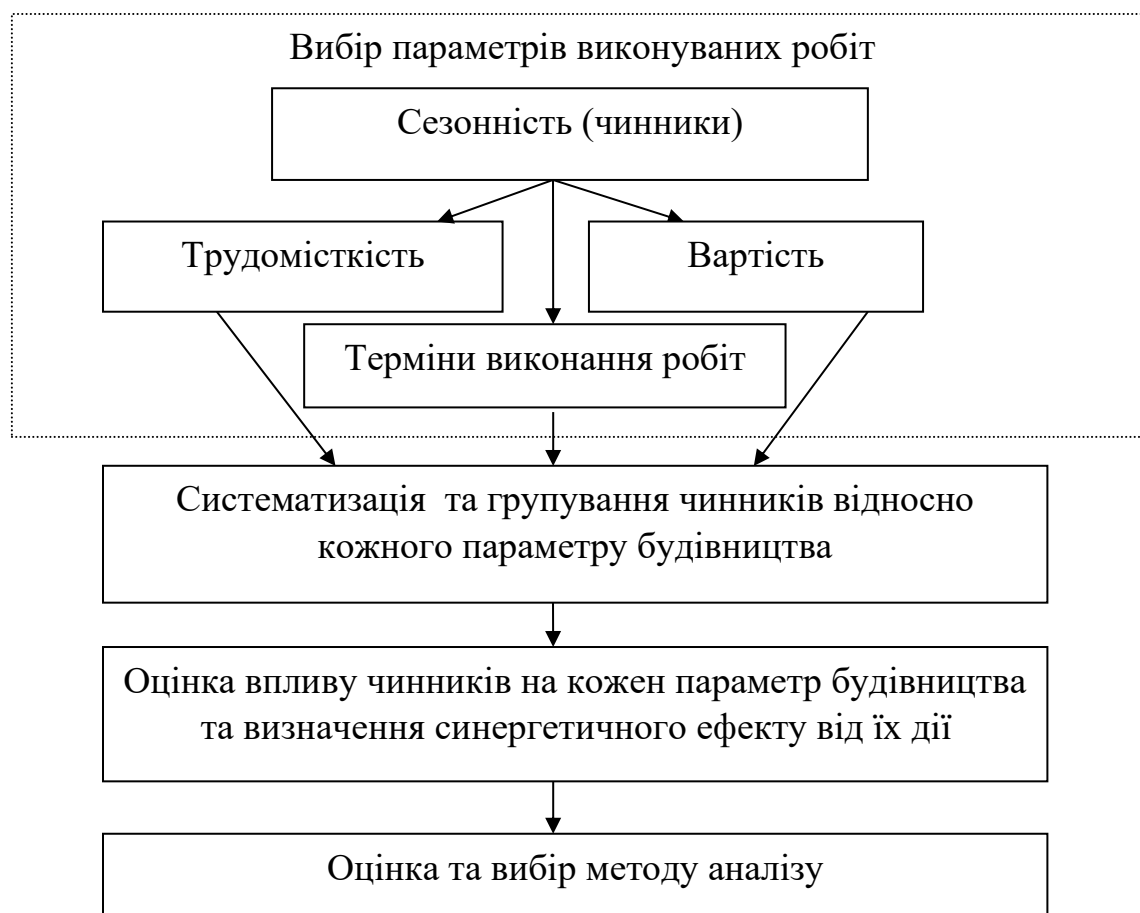


Рис.2.3. Формування системи факторів, які можуть мати вплив на параметри будівництва.

Така послідовність проведення дослідження дозволить найкращим чином, обґрунтовано здійснити вибір показників які можуть мати вплив параметри будівництва при впливі сезонності та створити відповідні моделі.

Етапи створення моделей прогнозування організаційно-технологічних параметрів будівництва з урахуванням сезонності (рис.2.4):

1. Вибір показників для проведення кореляційно-регресійного аналізу.
2. Збір і обробка даних. Формування вибірки.
3. Перевірка однорідності даних та внеску кожного з показників в загальну систему.

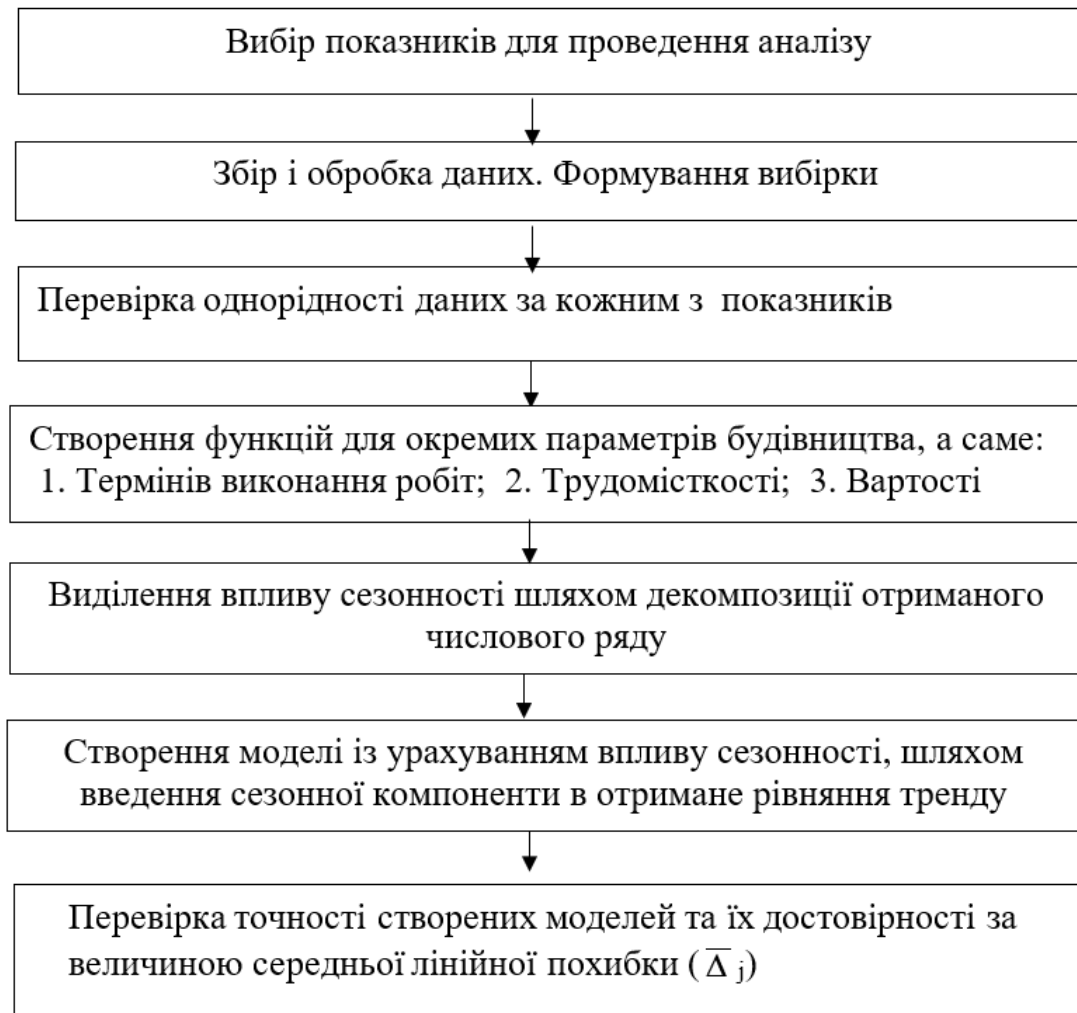


Рис.2.4. Етапи створення моделей впливу сезонності на параметри будівництва.

4. Створення моделей тренду для окремих параметрів будівництва, а саме:

4.1. Термінів виконання робіт;

4.2. Трудомісткості;

4.3. Вартості.

5. Виділення впливу сезонності шляхом декомпозиції отриманого числового ряду

6. Створення моделі із урахуванням впливу сезонності, шляхом введення сезонної компоненти в отримане рівняння тренду.

7. Перевірка точності створених моделей і їх достовірності за величиною середньої лінійної похибки ($\bar{\Delta}_j$):

$$\bar{\Delta}_j = \sum_1^m \Delta_i / m \quad (2.1)$$

$$\Delta_i = |(T_i^{\phi} - T_i^p) / T_i^{\phi}| \cdot 100 \quad (2.2)$$

де T^{ϕ} – фактичні значення параметра будівництва;

T^p – розрахункові значення параметра будівництва;

Δ_i – лінійна похибка моделі по i – му спостереженню ($i = 1, 2, \dots, N$)

2.3. Класифікація сучасних методів організації будівництва відповідно до типів будівель і їх конструктивних елементів

Багатоповерхові цивільні будівлі можуть класифікуватись за наступними ознаками (рис. 2.5):

- функціональне призначення (житлова, офісна, готельна, багатофункціональна нерухомість тощо);

- поверховість і висота (багатоповерхові, підвищеної поверховості, висотні, експериментальні тощо);

- конструктивна система (каркасна, стовбурова, оболонкова, діафрагмова (стінова));

- матеріал конструкції та технологія зведення (сталь (монтаж укрупненими відправними марками), залізобетон (збірні, збірно-монолітні та монолітні), цегляні).

Дослідження проводилось на матеріалах житлових і багатофункціональних цивільних будівель міст Київ і Чернівці, головні характеристики яких наведено у табл. 2.2.

У вибірку включено житлові будинки, які зводяться за монолітно-каркасною технологією, мають висоту від восьми до двадцяти двох поверхів, висоту від 27,5 м до 70 м.

У табл. 2.2 наведено більш докладні характеристики кожного із об'єктів, які включено до вибіркової сукупності проектів зведення житлових будинків.

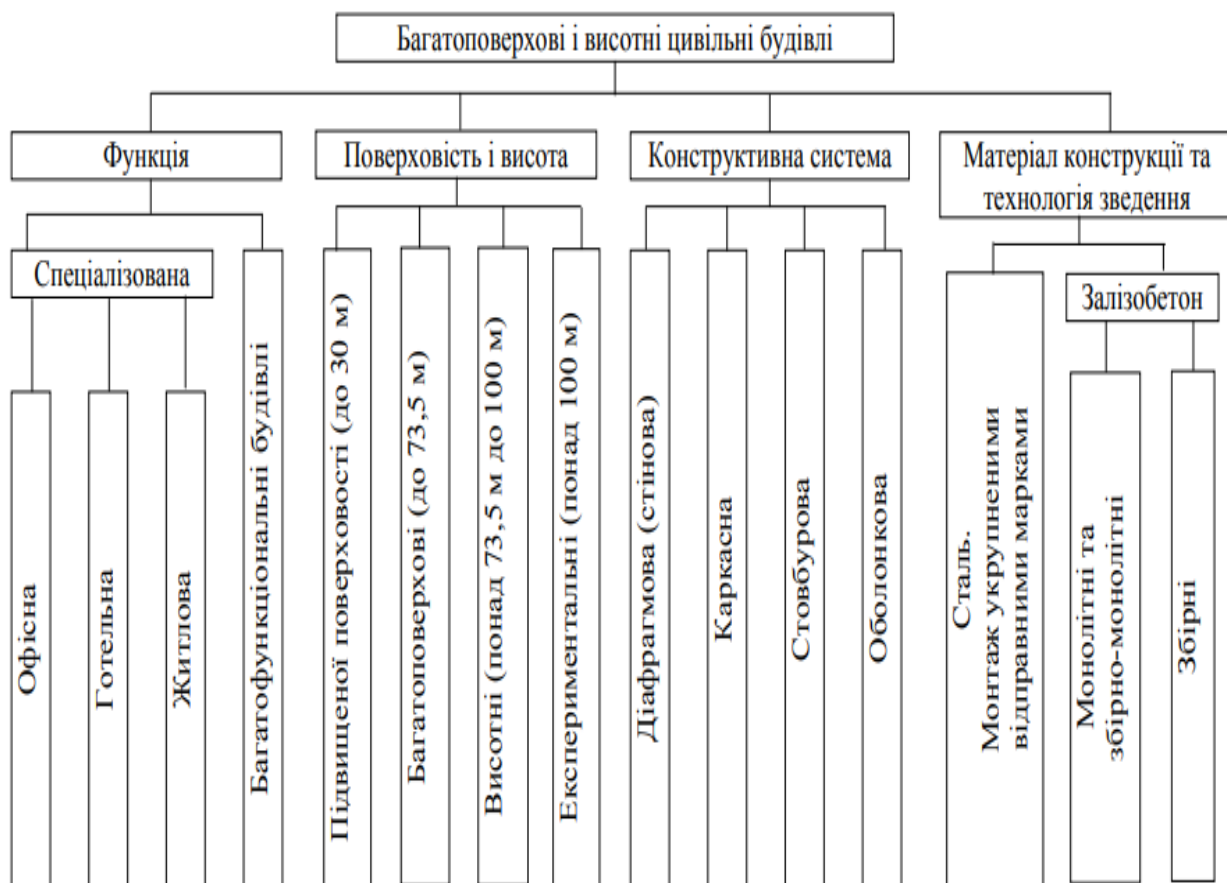


Рис.2.5. Класифікація багатоповерхових цивільних будівель.

У відповідності із показниками аналізу об'ємно-планувальних, архітектурних і конструктивних рішень, які ухвалюються при зведенні

цивільних будівель, що наведено на рис. 2.5, сформульовано перелік техніко-економічних показників досліджуваних інвестиційно-будівельних проектів будівництва, із урахуванням технічних та організаційно-технологічних особливостей їх зведення.

З метою виявлення та кількісної оцінки впливу сукупності факторів на техніко-економічні показники (ТЕП) було досліджено 16 проектів зведення будівель в м. Київ та м. Чернівці (табл.2.2).

Таблиця 2.2. Техніко-економічні характеристики досліджуваних об'єктів

	Назва об'єкта	Місце розташування	Кількість будинків, шт.		Поверховість	Кількість квартир, шт.	Технологія будівництва
			За проект. (секцій)	Введено в експлуатацію			
	2	3	4	5	6	7	8
Чернівці							
	ЖК Київський	вул. Мізюна, 20	13	7	7	101 (7 будинок)	Монолітно-каркасна
	ЖК Кагарлицький	вул. Кагарлицька, 7	1 (2)	1 (1)	5+ мансарда	96	Монолітно-каркасна
	Мікрорайон Зоряний	вул. Герцена, 2а	9	6	10, 12	383	Монолітно-каркасна
	ЖК Європейський квартал	вул. Щербанюка (Чапаєва), 79	1 (5)	1 (5)	13	266	Монолітно-каркасна
	ЖК Кришталеве озеро	вул. Винниченка	2	2	10	133	Монолітно-каркасна
	ЖК Куб House	вул. Героїв Майдану, 226а	1	1	11	148	Монолітно-каркасна
	Проект від Чернівецький ПМК-76 (№1)	вул. Руська, 237	1	1	9	324	Монолітно-каркасна
	ЖК Південний квартал	вул. Винниченка	2	2	10	386	Монолітно-каркасна
	ЖК Буковинський	вул. Герцена, 91	5	3	10	142 (3 будинка)	Монолітно-каркасна
0	ЖК Сонячне містечко	вул. Руська, 236е	18	15	5	272	Монолітно-каркасна

Продовження таблиці 2.2

м. Київ							
11	ЖК Паркові озера	вул. Воскресенська, 16	15	15	16-25	3269	Монолітно-каркасна
12	ЖК Деміївка	вул. Деміївська, 14	3	3	20	547	Монолітно-каркасна
13	ЖК Сіті	просп. Чорновола, 69	1	1	10-20	207	Монолітно-каркасна
14	ЖК Струмок	вул.Струмок-Масарика,7	1	1	14	168	Монолітно-каркасна
15	ЖК Лук'янівський	вул. Мельникова, 51	1	1	24	198	Монолітно-каркасна
16	ЖК Лідер	вул. Андрющенко, 6Г	1	1	25	348	Монолітно-каркасна

Аналіз проектів зведення цивільних будівель, свідчить, що визначальний вплив на техніко-економічні показники проектів здійснюють наступні фактори:

- тип будівлі;
- функціональне призначення будівлі;
- конструктивна система будівлі;
- форма висотної будівлі;
- висота будівлі;
- поверховість;
- будівельний об'єм будівлі;
- загальна площа будівлі;
- умови стисненості;
- розміщення відносно об'єктів інфраструктури;
- інтенсивність інвестицій.

За результатами обробки та оцінки вихідної інформації встановлено, що основні техніко-економічні показники (ТЕП) (табл. 2.3) та організаційно-технологічні фактори (ОТФ) (табл. 2.4) проектів зведення цивільних будівель, що зводились у міст Київ та м. Чернівці.

Таблиця 2.3. Значення та статистичні характеристики техніко-економічних показників проектів зведення досліджуваних багатоповерхових житлових будинків

	Поверховість	Висота, м.	Загальна площа, м ²	Тривалість будівництва, дні
Мінімальне значення	5	16,7	3984,2	274
Максимальне значення	20	70,4	22192,3	476
Середньоквадратичне відхилення	6,22	21,5	5700,7	70
Середнє значення	12,6	45,5	11212,9	382
Коефіцієнт варіації	0,42	0,46	0,51	0,18

Об'єктами, які розглядалися, є суто житлові будинки або багатофункціональні об'єкти - житлові будинки із вбудованими об'єктами соціально-культурного, побутового, торговельного призначення та підземними паркінгами з монолітним залізобетонним каркасом із цегляними не несучими зовнішніми стінами, переважно прямокутної форми у плані.

Параметри досліджуваних об'єктів змінювались у наступних межах:

1. Поверховість
2. Висота
3. Загальна площа
4. Тривалість будівництва.

Характеристики організаційно-технологічних чинників досліджуваних об'єктів наведено у табл. 2.4.

Таблиця 2.4. Значення та статистичні характеристики організаційно-технологічних факторів проектів зведення досліджуваних будівель

	Технологія будівництва	Кількість будинків	Введено у експлуатацію	Тривалість будівництва, дні	
				Планова	Фактична
Мінімальне значення	Монолітно-каркасна	1	1	274	334
Максимальне значення		18	15	476	629
Середнє значення		54		70.3	106
Середньоквадратичне відхилення		-	-	382,5	483.7
Коефіцієнт варіації		-	-	0.18	0.29

2.4. Методичний підхід до виявлення впливу чинників сезонності на параметри будівництва

Для визначення впливу сезонних коливань на параметри будівництва обрано метод декомпозиції числових рядів, який виявився найбільш придатним за результатами аналізу сучасних підходів, розглянутих у попередніх розділах. Розроблений методичний підхід представлений у вигляді покрокового алгоритму, що враховує специфіку вихідних даних, періоду спостережень, типу будівельних об'єктів та робіт, а також довжини числових рядів.

Крок 1: Вибір часового періоду спостережень

Перший крок полягає у визначенні оптимальної тривалості періоду, протягом якого збираються дані про динаміку параметрів будівництва. Занадто короткий період не дозволить створити точну модель, тоді як надмірно тривалий період може включати застарілі або нерелевантні дані, що спотворюють результати. Зокрема, при аналізі вартісних параметрів слід враховувати вплив інфляційних факторів, що знижують точність ретроспективних даних. Період спостереження може охоплювати час зведення об'єкта, виконання окремих робіт чи навіть технологічних процесів.

Крок 2: Вибір одиниці виміру часу

Другий крок передбачає встановлення часових інтервалів, що використовуватимуться для вимірювання змін параметрів будівництва. Часто це можуть бути місяць або квартал, що забезпечують достатню деталізацію змін під впливом сезонності. Залежно від потреб аналізу, можна застосовувати коротші інтервали, наприклад тиждень чи день.

Крок 3: Збір вихідних даних

Третій крок включає збір інформації про параметри будівництва, такі як:

- **Терміни виконання робіт (Т):** планові та фактичні дані.
- **Трудомісткість (Тр):** витрати праці на окремі процеси чи об'єкти.
- **Кошторисна вартість (КВ):** планові та фактичні витрати.

Ці дані повинні збиратися у розрізі окремих будівельних об'єктів, процесів чи видів робіт. Особливо важливо враховувати відхилення параметрів від планових значень, що спостерігаються в різні сезони.

Будівельним підприємствам і службам замовника рекомендовано створювати власні банки даних для накопичення інформації про збудовані об'єкти та об'єкти, що перебувають у стадії будівництва. Це дозволить:

- Зменшити потребу у спеціальному зборі даних для вирішення окремих завдань.
- Полегшити аналіз і подальшу обробку інформації.
- Забезпечити стандартизацію даних для їх автоматизованої обробки.

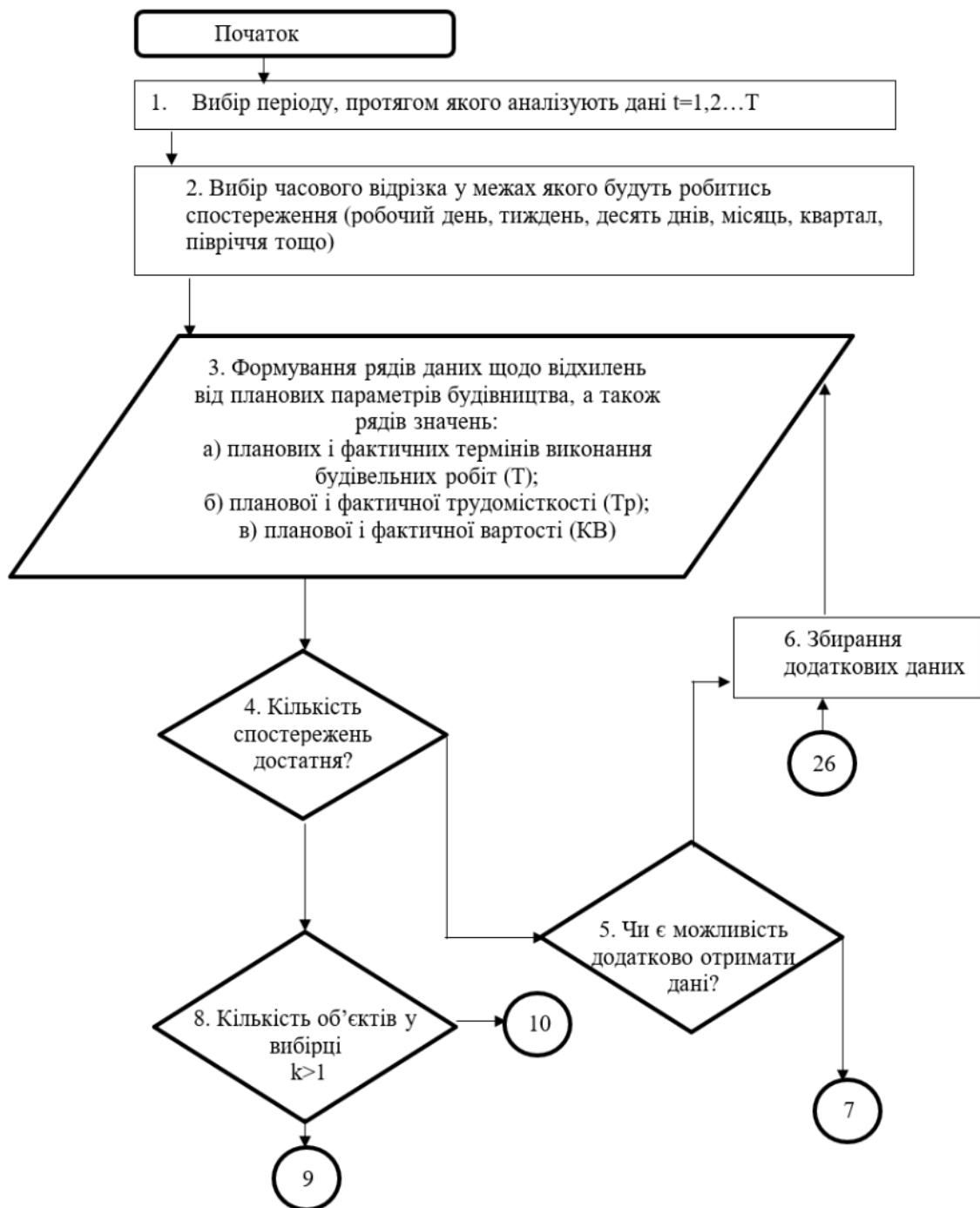


Рис.2.6. Методичний підхід до виявлення впливу сезонних коливань на параметри будівництва (Початок – фрагмент «вибір вихідних даних»).

Крок 4. Оцінка можливості використання одного об'єкта-аналога. Якщо підприємство має недостатній обсяг даних або веде будівництво унікального об'єкта, доцільно використати один об'єкт-аналог, параметри якого максимально відповідають досліджуваному. У разі вибору одного об'єкта перевіряється наявність достатньої кількості спостережень для проведення аналізу. Якщо даних недостатньо, збір додаткової інформації є обов'язковим.

Недостатність даних робить подальші розрахунки некоректними, що ставить під сумнів точність прогнозів.

Крок 5. Використання кількох об'єктів-аналогів. У разі залучення кількох об'єктів до аналізу формуються вибірки параметрів, які безпосередньо відповідають досліджуваному об'єкту. Для забезпечення точності рекомендується вибирати дані, що відповідають схожим умовам та термінам виконання робіт. Чим більша відповідність об'єктів-аналогів досліджуваному, тим більш коректними будуть результати прогнозу.

Крок 6. Перевірка відповідності кількості даних нормам аналізу. Якщо кількість вибірки з одного або кількох об'єктів недостатня для точного прогнозування, дані аналізуються на предмет повноти та достовірності. У разі виявлення недостатньої кількості спостережень додаткові дані збираються з нових об'єктів або архівних проектів. Без забезпечення необхідного обсягу інформації аналіз завершується, оскільки подальші результати будуть ненадійними.

Кроки 7–10. Підготовка даних до аналізу. У разі використання кількох об'єктів-аналогів складається узагальнена таблиця відхилень фактичних параметрів будівництва від проектних. На цьому етапі перевіряється відповідність отриманих даних нормальному розподілу. За умови виявлення значних відхилень у даних, аналізуються причини їх виникнення, такі як механічні помилки чи специфіка окремих проектів. Дані, що не відповідають середнім значенням, виключаються для забезпечення рівномірності розподілу.

Після усунення аномалій визначаються середні значення відхилень для кожного періоду (наприклад, тиждень, місяць, квартал). Це дозволяє зробити більш точний і обґрунтований аналіз впливу сезонних чинників на параметри будівництва, а також забезпечити надійність подальших прогнозів. Якщо статистичні характеристики ряду є прийнятними, то здійснюється подальший аналіз. Якщо подальший перерахунок є недоцільним або небажаним, то переходимо до наступного етапу.

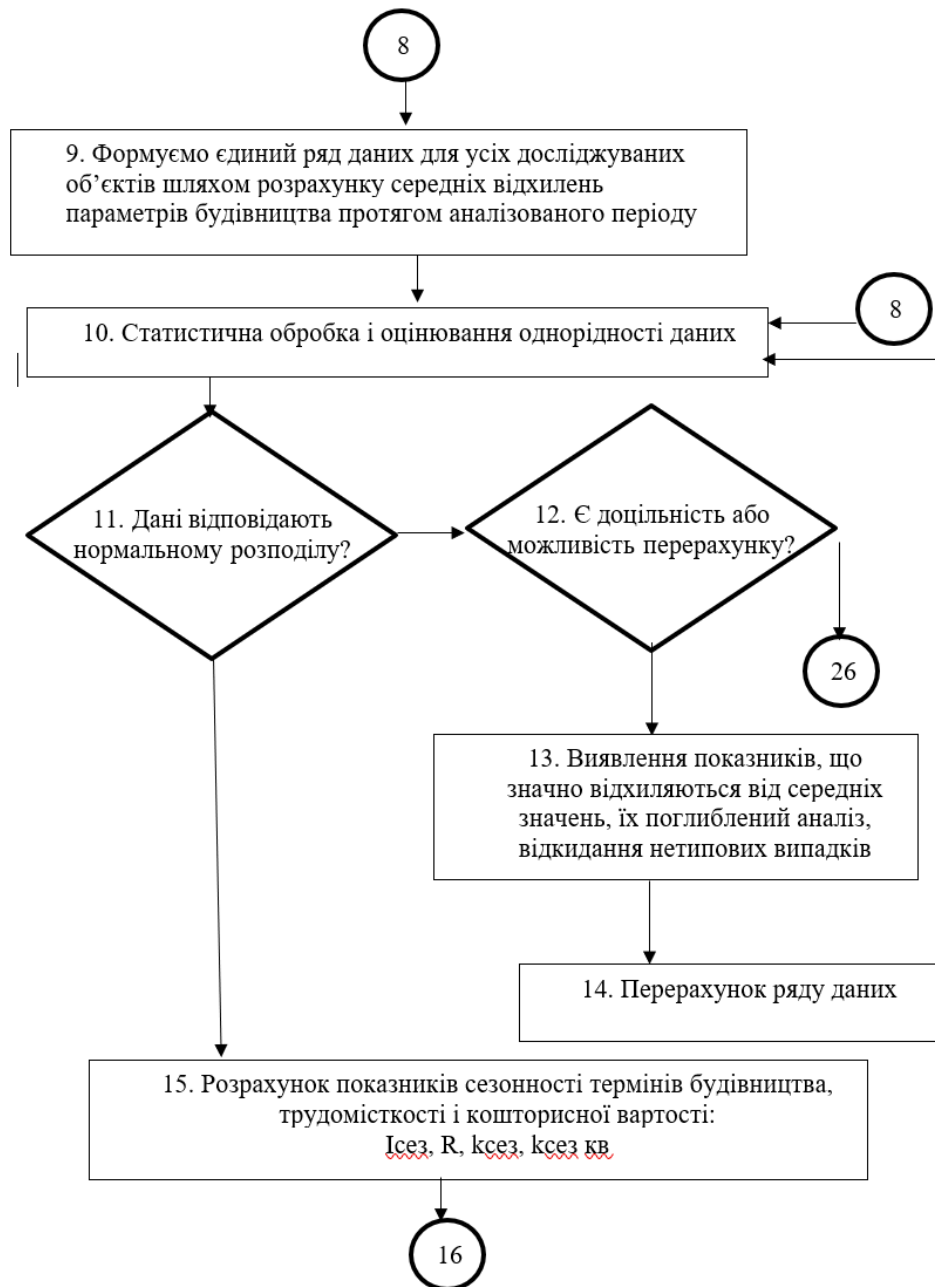


Рис.2.6. Методичний підхід до виявлення впливу сезонних коливань на параметри будівництва (Продовження - фрагмент «статистична обробка і оцінювання даних»).

Крок 11. Розрахунок статистичних показників, що характеризують поведінку ряду, а саме: квартальних і місячних індексів сезонності ($I_{сез}$), квадратичних ($k_{сез кв}$) і лінійних коефіцієнтів ($k_{сез лін}$) сезонності і амплітуди коливань (R) для термінів, трудомісткості і вартості будівництва на кожному із досліджуваних об'єктів за формулами 1.1-1.4.

Зведення даних у єдину таблицю і розрахунок квартальних і місячних індексів сезонності ($I_{сез}$), квадратичних ($k_{сез\ кв}$) і лінійних ($k_{сез\ лін}$) коефіцієнтів сезонності і амплітуди коливань (R) для параметрів будівництва для усієї сукупності досліджуваних об'єктів.

Крок 12. Здійснення декомпозиції досліджуваних рядів за формулою 1.5 у випадку виявлення адитивної залежності або 1.6 – у випадку мультиплікативної залежності.

Виявлення тренду для усієї сукупності досліджуваних даних пропонується здійснювати шляхом процедури кореляційно-регресійного аналізу на основі методу найменших квадратів. При цьому рівняння, які мають низький ступінь детермінації (R^2) не відкидаються із подальшого аналізу, оскільки при урахуванні сезонної складової, вони можуть показувати прийнятну точність.

Для вибору оптимальної моделі пропонується використовувати декілька видів рівнянь, а саме:

- логарифмічні;
- експоненціальні;
- лінійні;
- поліноміальні;
- ступеневі та інші.

Кожне із зазначених рівнянь має свої переваги і недоліки. Але оскільки метою дослідження є створення моделі, здатної із найвищою точністю виявляти тенденції зміни параметрів будівництва внаслідок дії сезонності, то доцільним є обрання не однієї а декількох моделей для подальшого порівняння. Обрання трьох-чотирьох рівнянь для подальшого аналізу, порівняння і остаточного вибору є бажаним на даному етапі дослідження.

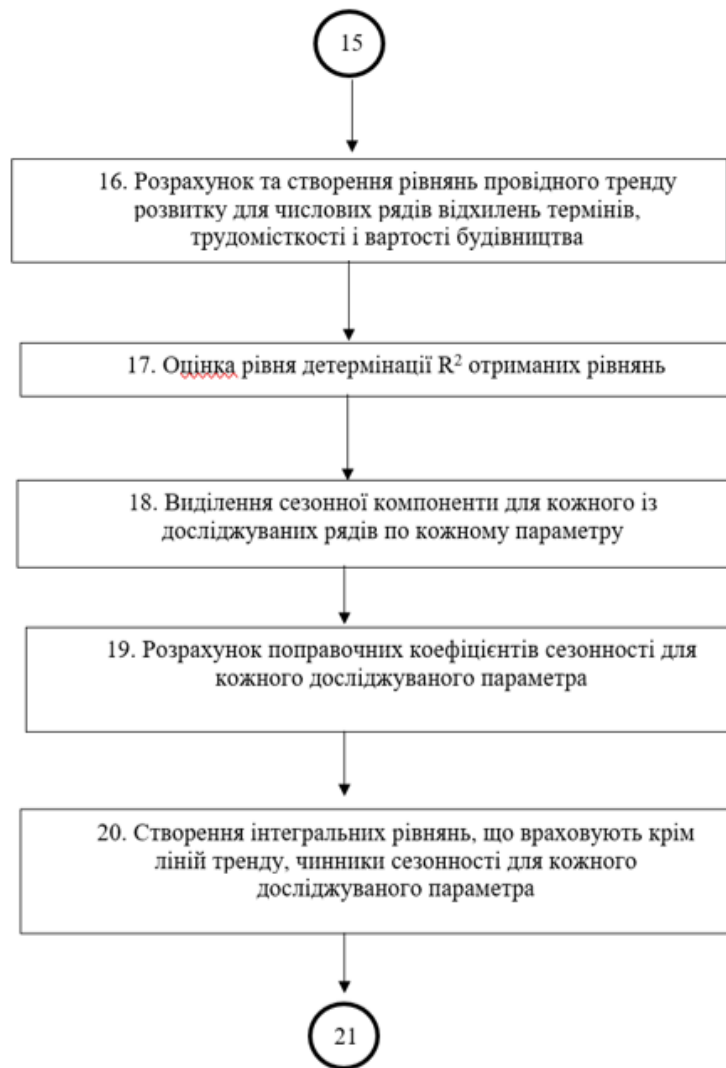


Рис.2.6. Методичний підхід до виявлення впливу сезонних коливань на параметри будівництва (Продовження - фрагмент «вибір рівнянь»).

Крок 13. Виявлення сезонної складової.

Сезонна складова визначається шляхом порівняння фактичних значень спостережень із трендовими значеннями, отриманими на попередньому етапі. Для адитивної сезонності оцінюється сталість коливань навколо середнього значення, тоді як для мультиплікативної — зростання амплітуди з часом. Результати коливань усереднюються та масштабуються до річного циклу, що дозволяє сформулювати шкалу сезонних поправок для подальшого коригування даних.

Крок 14. Корегування тренду на сезонну поправку відбувається шляхом додавання у випадку виявлення адитивної залежності (формула 1.5) або

множення у випадку мультиплікативної залежності (формула 1.6) сезонної поправки до значень тренду для кожного із отриманих на кроках 12-13 рівнянь.

Крок 15. Оцінювання точності отриманих моделей і їх прогнозної здатності відбувається за формулою 2.1. У результаті обирають модель, значення відхилень за якою для групи контрольних значень має більший ступінь апроксимації даних ніж у інших.

Оскільки моделі прогнозування сезонних відхилень багатьох показників у різних галузях мають здатність зменшувати точність із часом, то будівельним підприємствам, організаціям і службам замовника пропонується перераховувати дані у кожному наступному після створення рівняння періоді для підвищення точності прогнозування, використовуючи ідеологічний принцип «самоуточнюючого прогнозу».

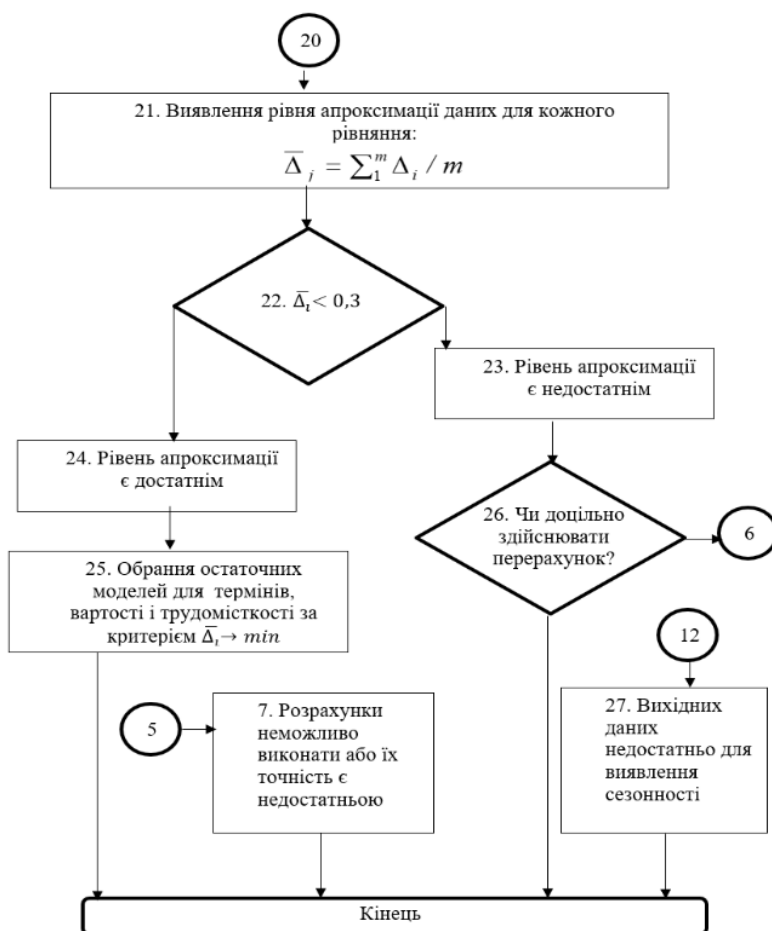


Рис.2.6. Методичний підхід до виявлення впливу сезонних коливань на параметри будівництва (Закінчення - фрагмент «оцінювання рівня апроксимації»).

Особливо це зауваження стосується моделей поліноміального типу, які у короткостроковому періоді прогнозування здатні генерувати досить точні прогнозні значення, а довгостроковому – можуть давати досить великі похибки, включаючи навіть дані, які позбавлені будь-якого логічного пояснення [108]. При цьому відхилення подібного типу моделей із аналізу не уявляється доцільним, оскільки вони мають досить непогану прогнозну здатність (крім випадків, коли інші типи моделей мають вищий ступінь апроксимації). Тому, при використанні моделей поліноміального типу, рекомендації щодо обов'язкового перерахунку у разі отримання нових даних для будівельних організацій набувають імперативного характеру і стають невід'ємною умовою для здійснення прогнозування.

Для обов'язкового перерахунку вихідних даних, будівельним підприємствам і службам замовника пропонується використовувати спеціальне або адаптоване для діяльності підприємств будівництва програмне забезпечення. Це полегшить не тільки збирання і обробку даних, але і їх перерахунок.

РОЗДІЛ 3

МОДЕЛЮВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ СЕЗОННОСТІ

3.1. Методичні засади згладжування впливу сезонних коливань на терміни будівництва

Методи та способи організації будівельного процесу спрямовані на забезпечення оптимального розподілу матеріально-технічних і трудових ресурсів для реалізації проектів у визначені терміни. Це включає дотримання вимог проектної документації щодо технологій, рівня якості, вартості та трудомісткості робіт. Проте на етапі виконання проектів часто не враховується вплив сезонних чинників, які здатні суттєво впливати на організаційно-технологічні параметри. Відтак, під час виконання робіт учасники будівництва повинні враховувати ці чинники, щоб зменшити ризики відхилення від планового ходу будівельного процесу.

Організація будівельного процесу потребує ефективного управління ресурсами, прогнозування можливих відхилень у ході робіт, а також оцінки потреб у додаткових фінансових та матеріально-технічних інвестиціях. Важливість врахування сезонних коливань у цьому контексті стає особливо актуальною, адже належне планування і корегування дозволяє уникнути збоїв у виконанні завдань і досягати поставлених цілей навіть за ускладнених умов.

Дослідження впливу сезонних чинників на терміни будівництва передбачає визначення відхилень у графіках реалізації проектів та обґрунтування коригувальних коефіцієнтів до термінів виконання робіт залежно від сезону. Зазначені корективи можуть використовуватися підрядними організаціями для внутрішньофірмового планування, а також для створення власної системи показників на основі накопичених даних.

Дослідження виконувалося на прикладах об'єктів житлового будівництва, розташованих у різних регіонах, зокрема у великих містах, таких як Київ і

Чернівці. Зібрані дані аналізувалися з метою виявлення закономірностей сезонних впливів на терміни виконання робіт.

Для дослідження використовувався підхід, що базується на декомпозиції числових рядів, який дозволяє виявляти сезонні коливання параметрів будівництва та здійснювати корегування планових показників. Першочергово були зібрані та впорядковані місячні дані щодо відхилень фактичних термінів будівництва від планових по об'єктах, що стали базою для формування єдиного числового ряду, необхідного для подальшого аналізу.

Запропонований підхід дозволяє забезпечити корекцію планових термінів будівництва з урахуванням сезонних чинників, що сприяє підвищенню точності прогнозування організаційно-технологічних параметрів проектів і підвищенню ефективності управління будівництвом.

Відповідно до зазначеного методичного підходу, дослідження впливу сезонності на терміни будівництва житлових будинків починається із зведення місячних даних щодо відхилень ходу будівельного процесу по різних об'єктах будівництва та формування єдиного числового ряду відхилень фактичних термінів будівництва від проектних.

Наступним етапом є визначення впливу сезонних коливань на кожну з груп за індексами сезонності, розрахованими методом простих середніх, амплітудою, простим і квадратичним коефіцієнтами сезонності (табл. 3.1, рис.3.1).

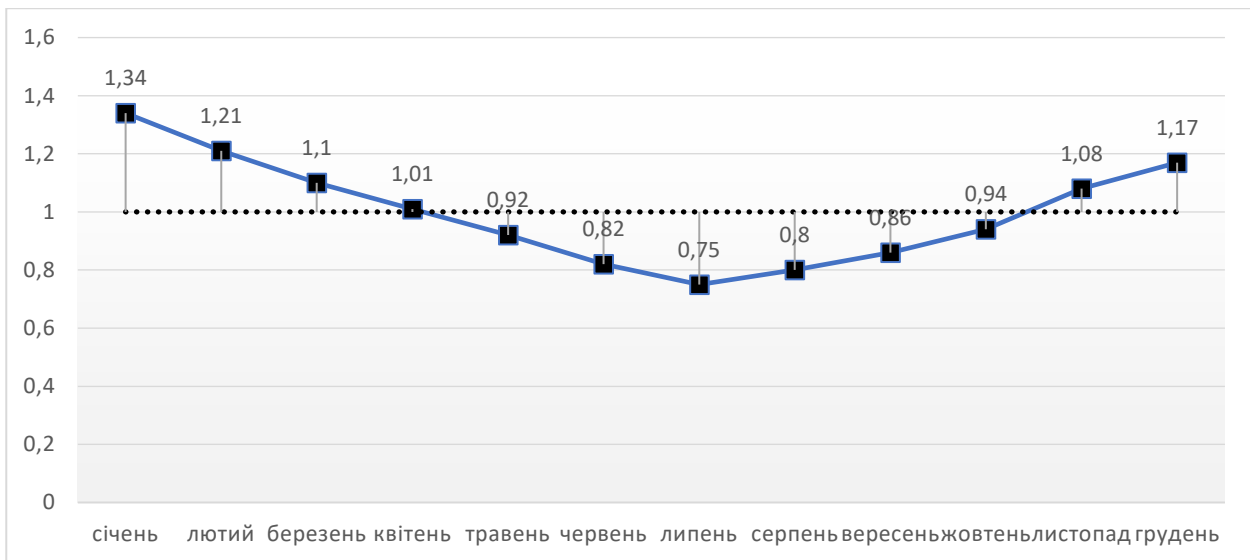


Рис. 3.1. Індеси сезонності для термінів будівництва.

Таблиця 3.1. Показники сезонності для параметру «терміни будівництва»

Місяць	Показник (ΔT)								\bar{x}	$I_{сез}$, %	$ I_{сез} - 100 $	$(I_{сез} - 100)^2$	
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019					
<i>терміни</i>													
січень	28.0	22.5	24.4	32.6	31.3	30.6	21.9	23.4	26.67	1.3	34	1156.00	
лютий	33.0	20.5	27.0	36.4	31.5	29.6	24.7	23.4	24.14	1.2	21	441.00	
березень	27.7	16.7	24.4	29.4	32.5	28.2	24.4	20.8	22.05	1.1	10	100.00	
квітень	22.5	18.8	21.6	25.4	27.9	24.8	23.6	18.9	20.14	1.0	1	1.00	
травень	23.7	16.4	23.7	24.8	25.1	18.3	22.7	16.2	18.38	0.9	8	64.00	
червень	20.9	13.2	21.2	23.5	20.7	14.5	20.4	17.7	16.38	0.8	18	324.00	
липень	18.4	13.1	17.2	18.3	19.1	13.9	20.3	17.6	14.96	0.8	25	625.00	
серпень	18.4	14.2	18.3	20.4	18.7	14.4	19.8	22.2	16.00	0.8	20	400.00	
вересень	18.4	14.2	20.0	20.2	19.8	14.6	20.7	27.6	17.14	0.9	14	196.00	
жовтень	19.2	15.5	21.8	22.9	22.1	15.9	21.3	30.1	18.70	0.9	6	36.00	
листопад	20.7	20.2	23.9	24.9	27.2	20.1	23.8	33.2	21.66	1.1	8	64.00	
грудень	22.9	21.9	28.0	29.3	28.6	19.1	23.9	36.5	23.41	1.2	17	289.00	
$\bar{X} = (\bar{x}_{січень} + \bar{x}_{січень} + \dots + \bar{x}_{грудень})/12$									19.97				
Всього												46.19	608.96
$R_{сез} = I_{сез max} - I_{сез min}$													11.71
$k_{сез} = \frac{\sum I_{сез} - 100 }{12}$													3.85
$k_{сез кв} = \sqrt{\frac{(\sum I_{сез} - 100)^2}{12}}$													50.75

Можна зробити висновки про те, що сезонні коливання мають місце при визначенні відхилень термінів будівництва. У цілому по усіх досліджуваних

об'єктах спостерігалось перевищення фактичних термінів будівництва над плановими, але у зимові місяці ці відхилення були більшими, що показано на рис. 3.1.

Наступним кроком є визначення тенденції, яка найкращим чином визначає напрямок змін термінів будівництва протягом досліджуваного періоду. Для аналізу використано лінійне кореляційно-регресійне рівняння і рівняння поліномів четвертого і шостого ступенів (рис.3.2-3.4).

Серед трьох отриманих рівнянь визначаємо те із них, яке найкращим чином описує фактичні дані.

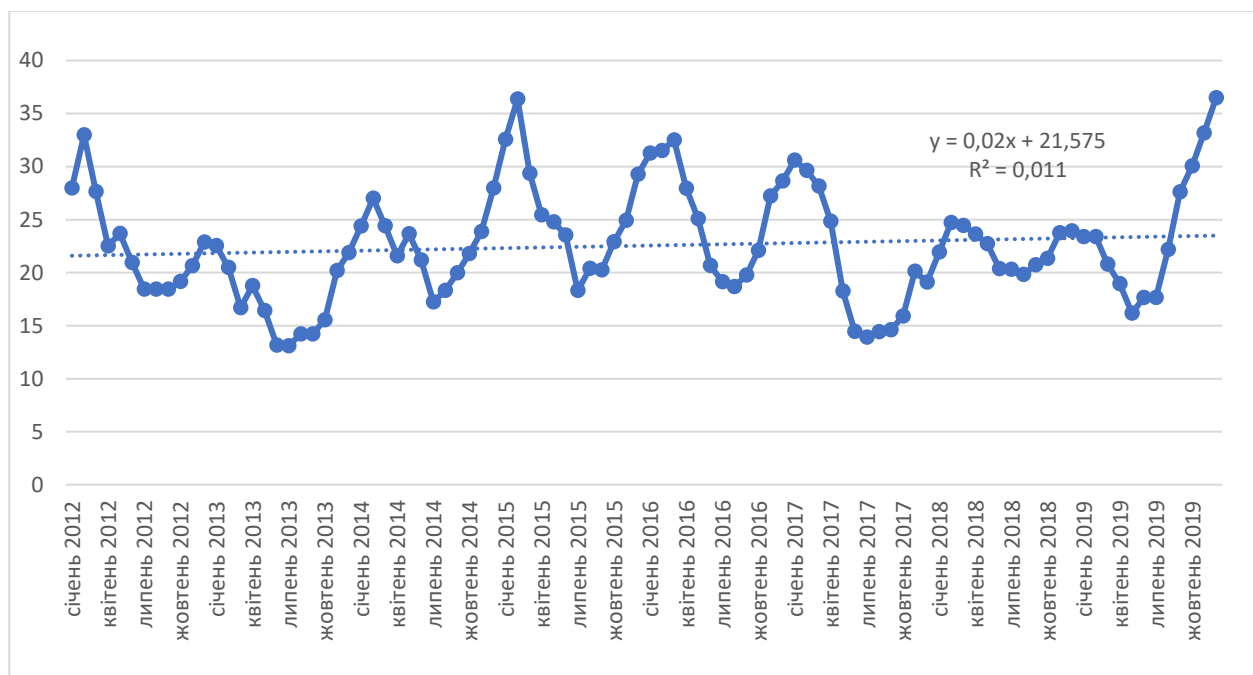


Рис. 3.2. Визначення тенденцій зміни термінів будівництва за лінійним рівнянням.

Для лінійного рівняння, яке не ураховує сезонність, коефіцієнт детермінації має дуже низьке значення $R^2=0,011$, тобто тільки 1,1% мінливості результуючого чинника (у нашому випадку відхилень фактичних термінів будівництва від планових) пояснюється даною залежністю. Не дивлячись на настільки низький показник, рівняння не відкидається, а використовується для подальших розрахунків, оскільки урахування чинника сезонності може суттєво підвищити рівень детермінації. Можна побачити, що параметри лінійного

рівняння є значно нижчими, ніж у поліноміальних рівнянь, де поліном четвертого ступеня може пояснити 35,6% мінливості даних, а поліном шостого ступеня - майже 37% (рис.3.3-3.4).

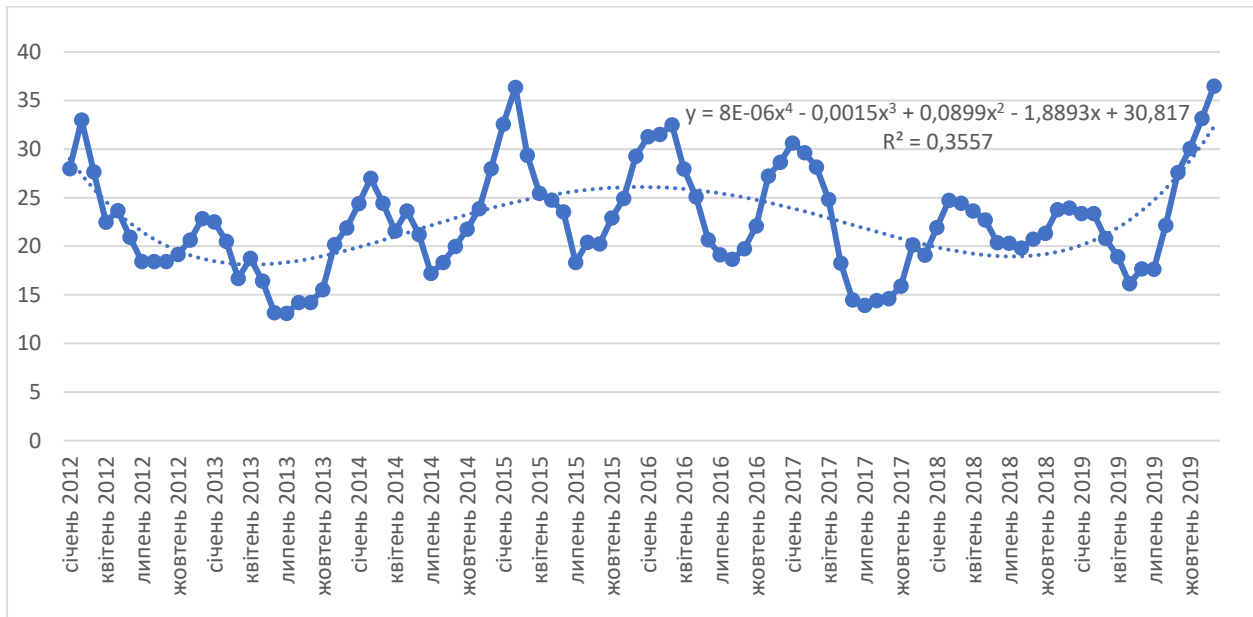


Рис. 3.3. Визначення тенденцій зміни термінів будівництва за поліноміальним рівнянням четвертого ступеня.

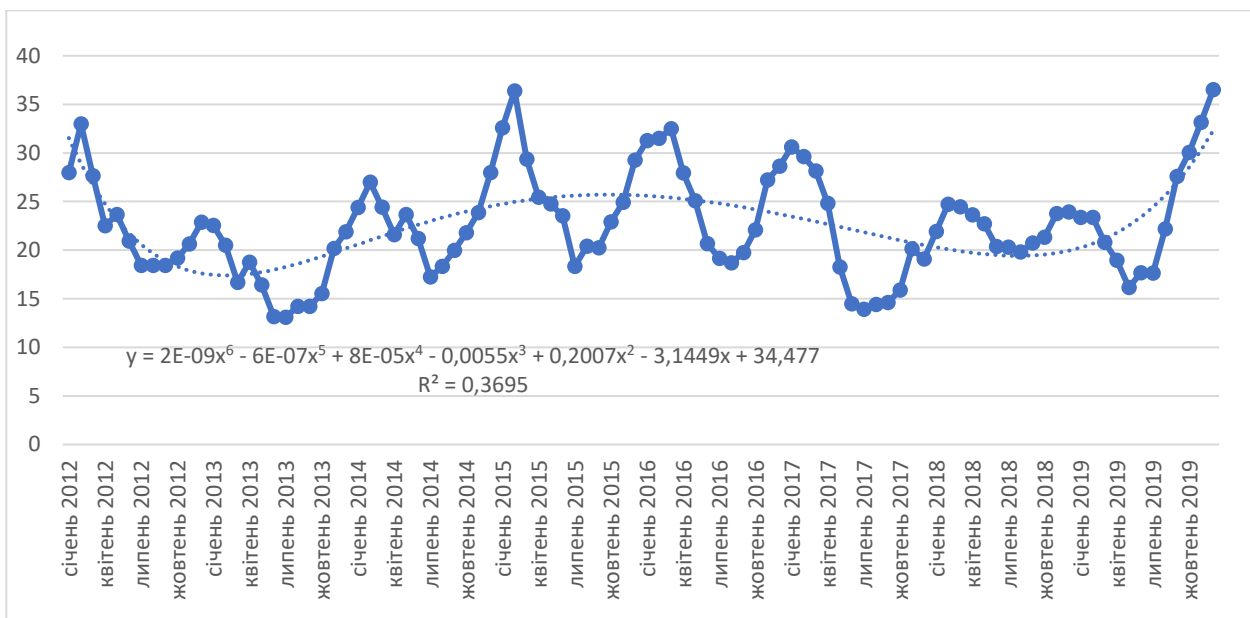


Рис. 3.4. Визначення тенденцій зміни термінів будівництва за поліноміальним рівнянням шостого ступеня.

Можна побачити, що поліноміальні тренди апроксимують фактичні дані набагато краще, ніж лінійний.

Віднімаючи від фактичних значень відхилень термінів будівництва значення, розраховані на основі отриманих рівнянь, визначимо величини сезонної компоненти для лінійної лінії регресії та поліномів четвертого і шостого ступенів (табл. 3.2-3.7).

Таблиця 3.2. Значення трендів та сезонних компонент для лінійної моделі для параметру «терміни будівництва» (фрагмент)

№ п/п	Місяць	Відхилення термінів будівництва, (ΔТ)	Лінійне рівняння	Сезонна компонента
1	2	3	4	5
1	січень 2012	28	21.58	6.40
2	лютий 2012	33	21.62	11.39
3	березень 2012	28	21.64	6.02
4	квітень 2012	23	21.66	0.85
5	травень 2012	24	21.68	2.01
6	червень 2012	21	21.70	-0.77
7	липень 2012	18	21.72	-3.28
8	серпень 2012	18	21.74	-3.30
9	вересень 2012	18	21.76	-3.32
10	жовтень 2012	19	21.78	-2.60
11	листопад 2012	21	21.80	-1.15
...
76	квітень 2018	24	23.10	0.53
77	травень 2018	23	23.12	-0.39
78	червень 2018	20	23.14	-2.76
79	липень 2018	20	23.16	-2.84
80	серпень 2018	20	23.18	-3.35
81	вересень 2018	21	23.20	-2.46
82	жовтень 2018	21	23.22	-1.88
83	листопад 2018	24	23.24	0.53
84	грудень 2018	24	23.26	0.68
85	січень 2019	23	23.28	0.11
86	лютий 2019	23	23.30	0.08
87	березень 2019	21	23.32	-2.52
88	квітень 2019	19	23.34	-4.39
89	травень 2019	16	23.36	-7.19
90	червень 2019	18	23.38	-5.71
91	липень 2019	18	23.40	-5.76
92	серпень 2019	22	23.42	-1.25
93	вересень 2019	28	23.44	4.17
94	жовтень 2019	30	23.46	6.61
95	листопад 2019	33	23.48	9.69
96	грудень 2019	37	23.50	13.01

Наступним етапом є корегування значення сезонної компоненти з метою отримання суми коливань дорівнювала, що дорівнює нулю шляхом визначення середньої величини усієї суми середніх (середня середніх). Для цього сума середніх величин кожного місяця ділиться на кількість періодів (у даному випадку –12 місяців). Отриманий результат віднімається із значень середніх кожного періоду, у результаті чого сума усіх коливань нівелюється і буде дорівнювати нулю (табл. 3.3, 3.5, 3.7).

Таблиця 3.3. Розрахунок сезонної компоненти для лінійної моделі

Місяць	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Середнє	Сезонна компонента $k_{сез}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Лінійна модель										
січень	6.4	0.7	2.3	10.3	8.7	7.8	-1.1	0.1	4.4	2.1
лютий	0.0	-1.4	4.9	14.0	8.9	6.8	1.7	0.1	4.4	2.1
березень	28.0	-5.2	2.3	7.0	9.9	5.3	1.4	-2.5	5.8	3.4
квітень	33.0	-3.1	-0.6	3.1	5.3	2.0	0.5	-4.4	4.5	2.2
травень	27.7	-5.5	1.5	2.4	2.4	-4.6	-0.4	-7.2	2.0	-0.3
червень	22.5	-8.8	-1.0	1.1	-2.0	-8.4	-2.8	-5.7	-0.6	-3.0
липень	23.7	-8.9	-5.0	-4.1	-3.5	-9.0	-2.8	-5.8	-1.9	-4.2
серпень	20.9	-7.8	-3.9	-2.0	-4.0	-8.5	-3.4	-1.2	-1.2	-3.6
вересень	18.4	-7.8	-2.3	-2.2	-3.0	-8.4	-2.5	4.2	-0.4	-2.8
жовтень	18.4	-6.5	-0.5	0.4	-0.6	-7.1	-1.9	6.6	1.1	-1.2
листопад	18.4	-1.9	1.6	2.4	4.5	-2.9	0.5	9.7	4.1	1.7
грудень	19.2	-0.2	5.7	6.7	5.9	-3.9	0.7	13.0	5.9	3.6
Всього	236.6	-56.2	5.2	39.0	32.6	-30.8	-10.0	6.9	2.3	

Аналогічним чином розраховуються сезонні відхилення для поліному четвертого ступеня (табл.3.4).

Таблиця 3.4. Значення трендів та сезонних компонент поліноміального рівняння четвертого ступеня для параметру «терміни будівництва» (фрагмент)

№ п/п	Місяць	Відхилення термінів будівництва, (ΔT)	Поліноміальне рівняння	Сезонна компонента
1	січень 2012	28	29.02	-1.04
2	лютий 2012	33	27.40	5.60
3	березень 2012	28	25.96	1.69
4	квітень 2012	23	24.70	-2.20
5	травень 2012	24	23.62	0.06
6	червень 2012	21	22.73	-1.80
7	липень 2012	18	22.02	-3.58
8	серпень 2012	18	21.49	-3.05
9	вересень 2012	18	21.15	-2.71
10	жовтень 2012	19	20.99	-1.82
11	листопад 2012	21	21.03	-0.38
...
84	грудень 2018	24	904.75	-880.82
85	січень 2019	23	937.36	-913.98
86	лютий 2019	23	970.84	-947.47
87	березень 2019	21	1005.22	-984.42
88	квітень 2019	19	1040.50	-1021.56
89	травень 2019	16	1076.71	-1060.54
90	червень 2019	18	1113.85	-1096.18
91	липень 2019	18	1151.95	-1134.31
92	серпень 2019	22	1191.03	-1168.86
93	вересень 2019	28	1231.10	-1203.50
94	жовтень 2019	30	1272.18	-1242.11
95	листопад 2019	33	1314.29	-1281.12
96	грудень 2019	37	1357.44	-1320.94

На основі отриманих у табл.3.4 відхилень визначаються середні сезонні поправки за аналізований період для кожного місяця із січня по грудень (табл. 3.5)

Таблиця 3.5. Розрахунок сезонної компоненти для поліному четвертого ступеня

Місяць	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Середнє	Сезонна компонента $k_{сез}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Поліноміальна модель четвертого ступеня										
січень	-1.0	0.9	-18.5	-66.4	-168.9	-330.2	-577.2	-914.0	-259.4	77.2
лютий	5.6	-1.8	-19.1	-69.2	-179.6	-347.8	-598.5	-947.5	-269.7	66.9
березень	1.7	-6.4	-25.2	-83.0	-189.9	-366.5	-623.5	-984.4	-284.6	52.0
квітень	-2.2	-5.4	-31.7	-94.1	-206.2	-387.5	-649.8	-1021.6	-299.8	36.8
травень	0.1	-8.9	-33.6	-102.3	-221.3	-412.4	-676.9	-1060.5	-314.5	22.1
червень	-1.8	-13.6	-40.3	-111.4	-238.3	-435.1	-706.2	-1096.2	-330.4	6.2
липень	-3.6	-15.3	-48.8	-124.8	-252.9	-455.1	-733.9	-1134.3	-346.1	-9.5
серпень	-3.1	-16.1	-52.5	-131.3	-266.9	-474.7	-762.9	-1168.9	-359.5	-22.9
вересень	-2.7	-18.1	-55.9	-140.4	-279.9	-495.2	-791.3	-1203.5	-373.4	-36.8
жовтень	-1.8	-19.1	-59.4	-147.0	-292.1	-515.3	-820.7	-1242.1	-387.2	-50.6
листопад	-0.4	-17.0	-63.0	-154.7	-302.0	-533.0	-849.2	-1281.1	-400.1	-63.4
грудень	1.6	-18.0	-64.8	-160.5	-316.1	-556.7	-880.8	-1320.9	-414.5	-77.9
Усього	-7.6	-138.9	-512.8	-	-	-	-8670.8	-	-336.6	

З табл. 3.5 можна побачити, що коефіцієнти сезонності у першому півріччі, починаючи з січня по червень місяці, перевищують середньорічне значення відхилень, тоді як у другому, із липня по грудень, розрахункові значення сезонних компонент є меншими, ніж у середньому за рік. Максимальне значення корегуючого коефіцієнта у січні (77,2), а мінімальне - у грудні місяці (-77,9).

Отримані сезонні коефіцієнти, відповідно до методичного підходу, що наведений у Розділі 2, використовуються для корегування рівнянь тренду, отриманих на попередньому етапі. Це надає змогу підвищити точність отриманих рівнянь, врахувавши сезонні хвилі та зміни, що відбуваються із параметром «терміни будівництва» протягом року.

За кожним із відкорегованих рівнянь (для лінійного тренду, поліному четвертого ступеня, поліному шостого ступеня) визначаються теоретичні

показники відхилень термінів будівництва від їх реальних значень та розраховується рівень апроксимації.

Аналогічний чином визначаються сезонні поправки для поліноміального рівняння шостого ступеня (табл.3.6-3.7).

Таблиця 3.6. Значення трендів та сезонних компонент поліноміального рівняння шостого ступеня для параметру «терміни будівництва» (фрагмент)

№ п/п	Місяць	Відхилення термінів будівництва, (ΔТ)	Поліноміальне рівняння	Сезонна компонента
1	січень 2012	28	52.32	-24.35
2	лютий 2012	33	49.89	-16.89
3	березень 2012	28	47.79	-20.14
4	квітень 2012	23	46.00	-23.50
5	травень 2012	24	44.49	-20.81
6	червень 2012	21	43.24	-22.31
7	липень 2012	18	42.20	-23.77
8	серпень 2012	18	41.38	-22.94
9	вересень 2012	18	40.73	-22.30
10	жовтень 2012	19	40.25	-21.08
11	листопад 2012	21	39.92	-19.27
...
82	жовтень 2018	21	279.84	-258.51
83	листопад 2018	24	293.93	-270.16
84	грудень 2018	24	308.77	-284.84
85	січень 2019	23	324.42	-301.04
86	лютий 2019	23	340.90	-317.52
87	березень 2019	21	358.26	-337.46
88	квітень 2019	19	376.54	-357.60
89	травень 2019	16	395.80	-379.64
90	червень 2019	18	416.08	-398.42
91	липень 2019	18	437.44	-419.80
92	серпень 2019	22	459.92	-437.75
93	вересень 2019	28	483.59	-455.99
94	жовтень 2019	30	508.50	-478.44
95	листопад 2019	33	534.72	-501.55
96	грудень 2019	37	562.31	-525.81

Таблиця 3.7. Розрахунок сезонної компоненти для поліному шостого ступеня

Місяць	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Середнє	Сезонна компонента $k_{сез}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Поліноміальна модель шостого ступеня										
січень	-24.3	-17.1	-19.4	-20.4	-39.2	-76.7	-159.7	-301.0	-82.2	31.2
лютий	-16.9	-19.1	-17.4	-17.6	-41.1	-82.1	-165.7	-317.5	-84.7	28.7
березень	-20.1	-23.0	-20.6	-25.7	-42.4	-88.3	-175.1	-337.5	-91.6	21.8
квітень	-23.5	-21.1	-24.1	-30.8	-49.3	-96.6	-185.7	-357.6	-98.6	14.8
травень	-20.8	-23.7	-22.7	-32.7	-54.8	-108.5	-196.8	-379.6	-105.0	8.5
червень	-22.3	-27.3	-25.9	-35.2	-61.9	-117.9	-210.0	-398.4	-112.4	1.1
липень	-23.8	-27.7	-30.6	-41.8	-66.4	-124.4	-221.5	-419.8	-119.5	-6.1
серпень	-22.9	-27.0	-30.2	-41.2	-70.0	-130.1	-234.0	-437.8	-124.1	-10.7
вересень	-22.3	-27.4	-29.4	-42.9	-72.2	-136.6	-245.7	-456.0	-129.1	-15.6
жовтень	-21.1	-26.6	-28.4	-41.9	-73.3	-142.3	-258.5	-478.4	-133.8	-20.4
листопад	-19.3	-22.5	-27.2	-41.7	-71.9	-145.4	-270.2	-501.6	-137.5	-24.0
грудень	-16.8	-21.3	-24.0	-39.2	-74.5	-154.3	-284.8	-525.8	-142.6	-29.2
Усього	-254.2	-284.0	-299.9	-411.3	-717.0	-1403.1	-2607.7	-409.3	-113.4	

З табл. 3.7 можна побачити, що коефіцієнти сезонності у першому півріччі, починаючи з січня по червень місяці, як і у випадку із поліноміальним рівнянням четвертого ступеня, перевищують середньорічне значення відхилень, тоді як у другому, із липня по грудень, розрахункові значення сезонних компонент є меншими, ніж у середньому за рік. Максимальне значення корегуючого коефіцієнта у січні (31,2), а мінімальне - у грудні місяці (-29,2).

У результаті отримуємо три відкореговані рівняння за коефіцієнтами сезонності:

$$y=0.02t+21.575+k_{сез} \quad (3.1)$$

$$y=0.000008t - 0.0015t + 0.0899t - 1.8893+30.817+k_{сез} \quad (3.2)$$

$$y=0.00000003t - 0.000008t + 0.0001t - 0.006t+0.2t- 3.003t +55.1+k_{сез} \quad (3.3)$$

Рівень апроксимації отриманих у результаті моделей визначимо за допомогою середнього лінійного відхилення, яке розраховується за формулою 2.1 (табл. 3.8)

Таблиця 3.8. Визначення рівня апроксимації за кожною з моделей

місяць	Фактичні дані	Прогноз за лінійною моделлю	Відхилення	Прогноз за поліномом 6-го ступеня	Відхилення	Прогноз за поліномом 4-го ступеня	Відхилення
1	2	3	4	5	6	7	8
січень 2012	28	23.7	0.15	83.5	-1.99	106.2	-2.80
лютий 2012	33	23.7	0.28	78.6	-1.38	94.3	-1.86
березень 2012	28	25.1	0.09	69.6	-1.52	77.9	-1.82
квітень 2012	23	23.8	0.06	60.8	-1.70	61.5	-1.73
травень 2012	24	21.4	0.10	53.0	-1.24	45.7	-0.93
червень 2012	21	18.7	0.10	44.3	-1.12	29.0	-0.38
липень 2012	18	17.5	0.05	36.1	-0.96	12.5	0.32
серпень 2012	18	18.2	0.01	30.6	-0.66	-1.4	1.08
вересень 2012	18	19.0	0.03	25.1	-0.36	-15.6	1.85
жовтень 2012	19	20.6	0.07	19.8	-0.04	-29.6	2.54
листопад 2012	21	23.5	0.14	15.9	0.23	-42.4	3.05
грудень 2012	23	25.4	0.11	10.5	0.54	-56.7	3.48
січень 2013	23	23.9	0.06	70.8	-2.14	98.8	-3.39
лютий 2013	21	23.9	0.17	68.4	-2.34	89.2	-3.35
...
вересень 2019	28	20.7	0.25	354.5	-11.85	28	857.7
жовтень 2019	30	22.2	0.26	374.7	-11.46	30	885.0
листопад 2019	33	25.2	0.24	397.3	-10.98	33	914.2
грудень 2019	37	27.0	0.26	419.7	-10.50	37	942.9
			0.141		3.8		9.18

Найбільша прогнозна здатність у лінійної моделі (відхилення 14,1%), найменша – у поліноміальної моделі четвертого ступеня (відхилення 9,18 раз). Виходячи із даних табл. 3.8, поліноміальні моделі четвертого і шостого ступенів непридатні для використання, оскільки мають низький ступінь

апроксимації даних, особливо у кінці досліджуваного періоду, коли перевищення прогнозних даних над фактичними сягає 10 разів.

3.2. Методичні засади згладжування впливу сезонних коливань на складові трудомісткості будівництва

Відповідно до зазначеного у розділі 2 методичного підходу, дослідження впливу сезонності на трудомісткість будівництва житлових будинків починається із зведення місячних даних щодо відхилень ходу будівельного процесу по різних об'єктах будівництва та формування єдиного числового ряду відхилень фактичних термінів будівництва від проектних. Зведені дані по усім досліджуваним об'єктам наведено у Додатку В.

Наступним етапом є визначення впливу сезонних коливань на кожен з груп за індексами сезонності, розрахованими методом простих середніх, амплітудою, простим і квадратичним коефіцієнтами сезонності (табл. 3.9, рис.3.5).

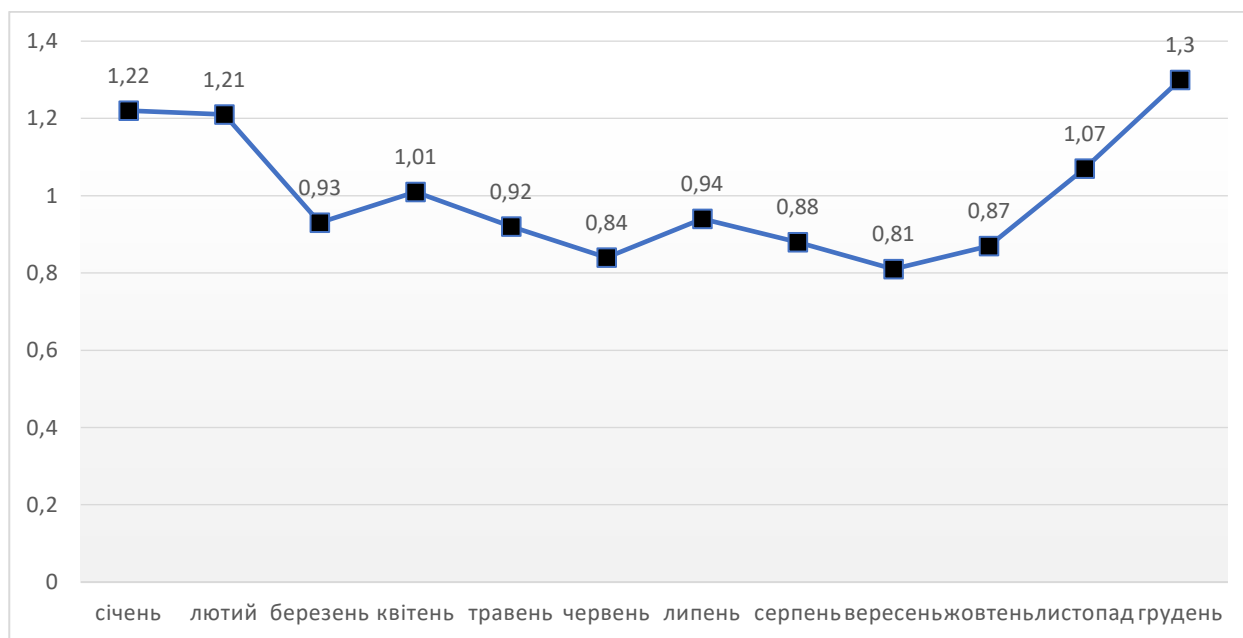


Рис. 3.5. Індеси сезонності для трудомісткості.

Таблиця 3.9. Показники сезонності для параметру «трудомісткість»

Місяць	Показник (ΔTr)								\bar{x}	$I_{сез}$, %	$ I_{сез} - 100 $	$(I_{сез} - 100)^2$
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019				
трудомісткість												
січень	40.3	36.7	45.8	42.7	48.8	47.9	41.4	32.1	42.18	1.2	22	484.00
лютий	58.0	39.9	55.8	52.4	58.4	47.1	46.0	35.5	41.88	1.2	21	441.00
березень	59.7	25.7	36.5	35.9	48.0	47.1	32.2	32.8	32.28	0.9	7	49.00
квітень	48.3	40.1	41.9	32.7	47.1	43.9	42.6	30.7	34.86	1.0	1	1.00
травень	38.9	38.0	43.0	40.9	37.7	36.6	31.1	26.7	31.73	0.9	8	64.00
червень	31.3	33.8	43.0	38.0	42.2	29.7	25.7	20.8	29.15	0.8	16	256.00
липень	45.7	40.7	43.8	40.7	43.5	40.9	30.5	20.7	32.59	0.9	6	36.00
серпень	40.4	36.2	46.0	40.7	40.3	33.8	29.2	18.8	30.61	0.9	12	144.00
вересень	41.0	31.5	45.4	38.1	40.7	27.7	24.7	16.1	28.03	0.8	19	361.00
жовтень	45.8	34.1	46.3	40.6	43.4	32.5	26.0	17.1	30.00	0.9	13	169.00
листопад	43.4	45.0	57.3	46.3	55.5	37.1	34.2	20.6	37.00	1.1	7	49.00
грудень	53.3	54.6	62.9	52.5	68.5	45.8	39.6	37.0	45.13	1.3	30	900.00
$\bar{X} = (\bar{x}_{січень} + \bar{x}_{лютий} + \dots + \bar{x}_{грудень})/12$									34.62			
Всього											69.00	1479.00
$R_{сез} = I_{сез\ max} - I_{сез\ min}$											17.1	
$k_{сез} = \frac{\sum I_{сез} - 100 }{12}$											5.75	
$k_{сез\ кв} = \sqrt{\frac{(\sum I_{сез} - 100)^2}{12}}$											123.25	

Аналізуючи дані табл. 3.9, можна побачити, що статистичні показники оцінювання сезонності вказують на наявність коливань. Так, збільшення параметру «трудомісткість» спостерігається у січні, лютому, листопаді і грудні, а зменшення відносно середнього рівня – у березні, травні, червні, липні, серпні і вересні. У квітні індекс сезонності склав 1, тобто співпадає із середньорічним значенням. Можна зробити висновки про те, що сезонні коливання мають місце при визначенні відхилень трудомісткості також.

Наступним кроком є визначення тенденції, яка найкращим чином визначає напрямок змін трудомісткості протягом досліджуваного періоду. Для аналізу використано лінійне і поліноміальні рівняння (рис.3.6-3.8).

Як і у попередньому підрозділі, серед трьох отриманих рівнянь визначаємо те із них, яке найкращим чином описує фактичні дані.

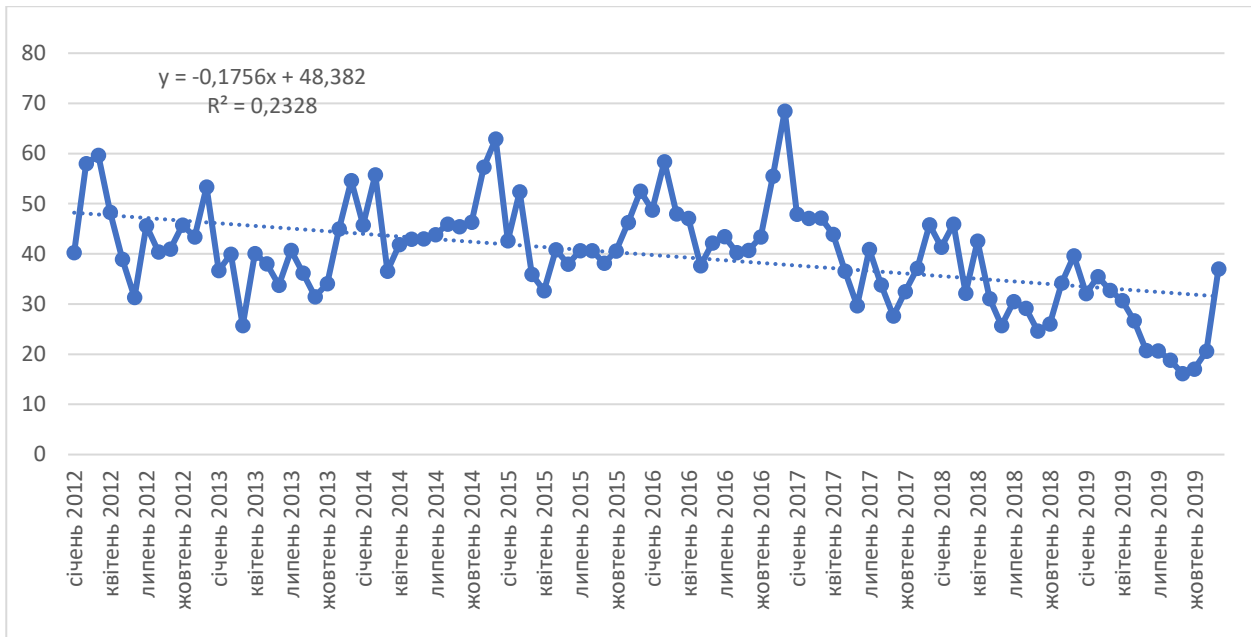


Рис. 3.6. Визначення тенденцій зміни трудомісткості за лінійним рівнянням.

Для лінійного рівняння, яке не ураховує сезонність, коефіцієнт детермінації має дуже значення $R^2=0,23$, тобто 23 % мінливості результуючого чинника (у нашому випадку відхилень фактичної трудомісткості від проектної) пояснюється даним рівнянням.

Для поліному четвертого ступеня рівень детермінації $R^2=0,468$, тобто 46,8 % коливань трудомісткості протягом року можна пояснити сезонними чинниками.

Поліном шостого ступеня має коефіцієнт детермінації $R^2=0,473$, який тільки незначно перевищує показник попереднього рівняння. Тобто 47,3% коливань трудомісткості протягом року може бути поясненою за допомогою отриманого рівняння.

Можна побачити, що поліноміальні тренди апроксимують фактичні дані краще, ніж лінійне рівняння.

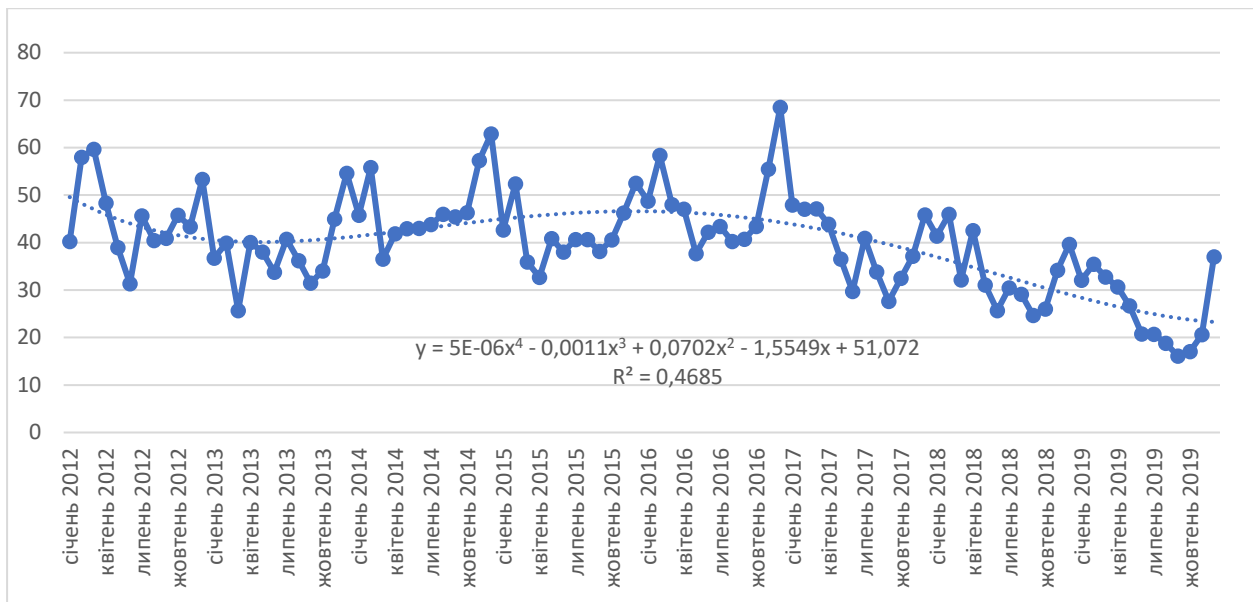


Рис. 3.7. Визначення тенденцій зміни трудомісткості за поліноміальним рівнянням четвертого ступеня

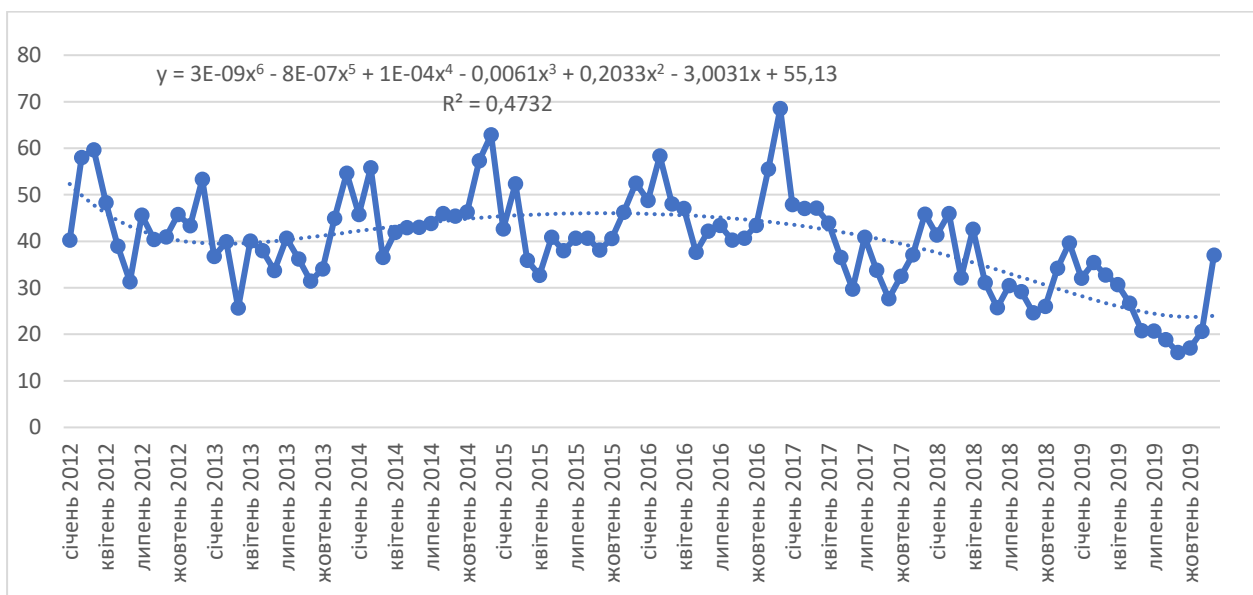


Рис. 3.8. Визначення тенденцій зміни трудомісткості за поліноміальним рівнянням шостого ступеня

Віднімаючи від фактичних значень відхилень трудомісткості значення, розраховані на основі отриманих рівнянь, визначимо величини сезонної компоненти для лінійної регресії та поліномів четвертого і шостого ступенів (табл. 3.10-3.15).

Таблиця 3.10. Значення трендів та сезонних компонент для лінійної моделі для параметру «трудомісткість» (фрагмент)

№ п/п	Місяць	Відхилення трудомісткості, (ΔTr)	Лінійне рівняння	Сезонна компонента
1	січень 2012	40	48.44	-8.19
2	лютий 2012	58	48.09	9.92
3	березень 2012	60	47.91	11.77
4	квітень 2012	48	47.73	0.59
5	травень 2012	39	47.55	-8.61
6	червень 2012	31	47.38	-16.04
7	липень 2012	46	47.20	-1.55
8	серпень 2012	40	47.02	-6.60
9	вересень 2012	41	46.84	-5.89
10	жовтень 2012	46	46.67	-0.91
11	листопад 2012	43	46.49	-3.11
...
81	вересень 2018	25	34.06	-9.40
82	жовтень 2018	26	33.89	-7.87
83	листопад 2018	34	33.71	0.49
84	грудень 2018	40	33.53	6.10
85	січень 2019	32	33.35	-1.28
86	лютий 2019	35	33.18	2.30
87	березень 2019	33	33.00	-0.25
88	квітень 2019	31	32.82	-2.12
89	травень 2019	27	32.64	-5.97
90	червень 2019	21	32.47	-11.70
91	липень 2019	21	32.29	-11.59
92	серпень 2019	19	32.11	-13.28
93	вересень 2019	16	31.93	-15.80
94	жовтень 2019	17	31.76	-14.69
95	листопад 2019	21	31.58	-10.94
96	грудень 2019	37	31.40	5.63

Для поліноміальних рівнянь четвертого і шостого ступенів розрахунки ведуться у такій самій послідовності (табл.3.11-3.12).

Таблиця 3.11. Значення трендів та сезонних компонент поліноміального рівняння четвертого ступеня для параметру «трудомісткість» (фрагмент)

№ п/п	Місяць	Відхилення трудомісткості, (ΔTr)	Поліноміальне рівняння	Сезонна компонента
1	січень 2012	58	49.59	8.16
2	лютий 2012	68	48.24	19.71
3	березень 2012	60	47.04	12.64
4	квітень 2012	48	45.98	2.34
5	травень 2012	39	45.06	-6.12
6	червень 2012	23	44.28	-20.92
7	липень 2012	42	43.64	-1.31
8	серпень 2012	40	43.15	-2.72
9	вересень 2012	41	42.80	-1.85
10	жовтень 2012	46	42.59	3.16
11	листопад 2012	43	42.54	0.84
...
80	серпень 2018	29	580.76	-551.60
81	вересень 2018	25	600.94	-576.28
82	жовтень 2018	26	621.66	-595.64
83	листопад 2018	34	642.91	-608.71
84	грудень 2018	32	664.73	-632.60
85	січень 2019	36	687.10	-651.53
86	лютий 2019	35	710.05	-674.58
87	березень 2019	33	733.59	-700.84
88	квітень 2019	31	757.72	-727.02
89	травень 2019	29	782.45	-753.28
90	червень 2019	27	807.80	-780.37
91	липень 2019	27	833.78	-806.41
92	серпень 2019	29	860.39	-831.56
93	вересень 2019	13	887.65	-874.85
94	жовтень 2019	14	915.57	-901.84
95	листопад 2019	21	944.16	-923.53
96	грудень 2019	27	973.44	-946.40

Таблиця 3.12. Значення трендів та сезонних компонент поліноміального рівняння шостого ступеня для параметру «трудомісткість» (фрагмент)

№ п/п	Місяць	Відхилення трудомісткості, (ΔT_p)	Поліноміальне рівняння	Сезонна компонента
1	січень 2012	58	52.32	5.43
2	лютий 2012	68	49.89	18.06
3	березень 2012	60	47.79	11.88
4	квітень 2012	48	46.00	2.32
5	травень 2012	39	44.49	-5.55
6	червень 2012	23	43.24	-19.88
7	липень 2012	42	42.20	0.12
8	серпень 2012	40	41.38	-0.95
9	вересень 2012	41	40.73	0.22
10	жовтень 2012	46	40.25	5.50
11	листопад 2012	43	39.92	3.46
12	грудень 2012	48	39.71	8.61
...
83	листопад 2018	34	293.93	-259.73
84	грудень 2018	32	308.77	-276.65
85	січень 2019	36	324.42	-288.84
86	лютий 2019	35	340.90	-305.42
87	березень 2019	33	358.26	-325.51
88	квітень 2019	31	376.54	-345.84
89	травень 2019	29	395.80	-366.63
90	червень 2019	27	416.08	-388.65
91	липень 2019	27	437.44	-410.07
92	серпень 2019	29	459.92	-431.09
92	серпень 2019	29	459.92	-431.09
93	вересень 2019	13	483.59	-470.79
94	жовтень 2019	14	508.50	-494.77
95	листопад 2019	21	534.72	-514.09
96	грудень 2019	27	562.31	-535.28

Наступним етапом є корегування значення сезонної компоненти з метою отримання суми коливань дорівнювала, що дорівнює нулю шляхом визначення середньої величини суми середніх (середня середніх).

Для цього сума середніх величин кожного місяця ділиться на кількість періодів (у даному випадку –12 місяців). Отриманий результат віднімається із

значень середніх кожного періоду, у результаті чого сума усіх коливань нівелюється і буде дорівнювати нулю (табл. 3.13-3.15).

Таблиця 3.13. Розрахунок сезонної компоненти для лінійної моделі

Місяць	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		Середнє	Сезонна компонента $k_{сез}$
1	2	3	4	5		6	7	8	9	10	11
	Лінійна модель										
січень	-8.2	-9.4	1.8	0.8	9.0	10.3	5.9	-1.3	1.1	1.1	-3.7
лютий	0.0	-6.0	12.0	10.7	18.8	9.6	10.7	2.3	7.3	7.3	2.4
березень	40.3	-20.1	-7.1	-5.6	8.6	9.9	-3.0	-0.2	2.8	2.8	-2.0
квітень	58.0	-5.5	-1.6	-8.7	7.9	6.8	7.6	-2.1	7.8	7.8	2.9
травень	59.7	-7.4	-0.3	-0.3	-1.4	-0.3	-3.7	-6.0	5.0	5.0	0.2
червень	48.3	-11.5	-0.1	-3.0	3.3	-7.0	-8.9	-11.7	1.2	1.2	-3.7
липень	38.9	-4.4	0.9	-0.2	4.8	4.4	-3.9	-11.6	3.6	3.6	-1.2
серпень	31.3	-8.7	3.2	0.0	1.7	-2.5	-5.1	-13.3	0.8	0.8	-4.0
вересень	45.7	-13.2	2.8	-2.3	2.4	-8.5	-9.4	-15.8	0.2	0.2	-4.7
жовтень	40.4	-10.5	3.9	0.3	5.3	-3.5	-7.9	-14.7	1.7	1.7	-3.2
листопад	41.0	0.6	15.1	6.2	17.5	1.3	0.5	-10.9	8.9	8.9	4.0
грудень	45.8	10.5	20.9	12.6	30.7	10.2	6.1	5.6	17.8	12.8	5.9
січень	441.1	-85.7	51.4	10.6	108.7	30.5	-11.0	-79.7	4.9	4.9	0.0

За даними табл.3.13 можна зробити висновок, що коефіцієнти сезонності трудомісткості збільшується відносно середньорічного рівня у лютому, квітні, травні (незначно), листопаді і грудні. Менше середньорічного рівня відхилення трудомісткості у січні, березні, червні, липні, серпні, вересні, жовтні. Максимальне значення корегуючого коефіцієнта у грудні (5,9), а мінімальне - у вересні місяці (-4,7). Значне зменшення трудомісткості у січні ($k_{сез} = -3,7$), скоріше за все пояснюється новорічними святами.

Для поліноміальних моделей корегуючі коефіцієнти розраховуються аналогічно (табл. 3.14-3.15)

Таблиця 3.14. Розрахунок сезонної компоненти для поліному четвертого ступеня

Місяць	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Середн є	Сезонна компонен та $k_{сез}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Поліноміальна модель четвертого ступеня										
січень	8.2	-0.1	-2.3	-43.9	-114.7	-225.7	-409.0	-651.5	-179.9	60.0
лютий	19.7	-3.3	-4.6	-43.9	-116.8	-239.3	-424.4	-674.6	-185.9	54.0
березен ь	12.6	-18.3	-26.4	-66.9	-130.2	-259.4	-455.4	-700.8	-205.6	34.3
квітень	2.3	-4.4	-23.8	-73.0	-144.5	-275.3	-462.6	-727.0	-213.5	26.4
травень	-6.1	-7.3	-25.6	-73.6	-162.6	-294.3	-492.2	-753.3	-226.9	13.0
червень	-20.9	-12.6	-28.6	-82.2	-164.6	-314.4	-516.2	-780.4	-240.0	-0.1
липень	-1.3	-8.8	-31.1	-88.8	-175.2	-324.4	-530.6	-806.4	-245.8	-5.9
серпень	-2.7	-12.7	-32.5	-91.7	-185.6	-340.5	-551.6	-831.6	-256.1	-16.2
вересен ь	-1.8	-18.9	-36.7	-99.6	-197.6	-360.3	-576.3	-874.9	-270.8	-30.9
жовтен ь	3.2	-18.0	-39.7	-105.9	-207.7	-371.3	-595.6	-901.8	-279.6	-39.7
листоп ад	0.8	-8.9	-32.8	-108.7	-203.8	-382.0	-608.7	-923.5	-283.4	-43.5
грудень	5.7	-3.2	-38.3	-109.7	-214.3	-391.6	-632.6	-946.4	-291.3	-51.4
січень	19.6	- 116.5	-322.4	-987.7	-2017.7	- 3778.4	- 6255.2	-9572.2	-239.9	0.0

Корегуючі коефіцієнти для поліномів четвертого і шостого ступенів змінюються за півріччями. Так, для поліному четвертого ступеня перевищують середній рівень коефіцієнти за січень-травень місяці, а є нижчими від середньорічного рівня коефіцієнти сезонності за червень-грудень. За даними табл.3.14 можна зробити висновок, що максимальне значення корегуючого коефіцієнта у січні (60), а мінімальне - у грудні (-51,4).

Для поліному шостого ступеня спостерігається така сама тенденція. К_{сез} перевищують середній рівень у січні-травні, а є нижчими від середньорічного рівня коефіцієнти у червні-грудні.

За даними табл.3.15 можна зробити висновок, що максимальне значення корегуючого коефіцієнта у січні (60), а мінімальне - у грудні (-51,4).

Таблиця 3.15. Розрахунок сезонної компоненти для поліному шостого ступеня

Місяць	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Середн є	Сезонна компонен та $k_{сез}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Поліноміальна модель шостого ступеня										
січень	5.4	3.1	12.0	2.2	-12.9	-46.3	-137.0	-288.8	-57.8	36.2
лютий	18.1	0.3	11.4	5.9	-9.3	-52.7	-144.4	-305.4	-59.5	34.5
березе нь	11.9	-14.2	-8.5	-13.2	-16.9	-65.3	-167.4	-325.5	-74.9	19.1
квітень	2.3	0.2	-3.8	-15.2	-25.2	-73.7	-166.7	-345.8	-78.5	15.5
травен ь	-5.6	-2.1	-3.4	-11.6	-37.2	-85.2	-188.4	-366.6	-87.5	6.5
червен ь	-19.9	-6.7	-4.0	-15.8	-32.9	-97.6	-204.6	-388.7	-96.3	-2.3
липень	0.1	-2.1	-4.0	-17.8	-37.1	-99.9	-211.3	-410.1	-97.8	-3.8
серпен ь	-1.0	-5.0	-2.6	-16.0	-40.9	-108.2	-224.6	-431.1	-103.7	-9.7
вересе нь	0.2	-10.2	-3.9	-19.0	-46.2	-120.2	-241.8	-470.8	-114.0	-20.0
жовтен ь	5.5	-8.1	-3.9	-20.2	-49.5	-123.2	-253.8	-494.8	-118.5	-24.5
листоп ад	3.5	2.3	6.2	-17.8	-38.7	-125.9	-259.7	-514.1	-118.0	-24.0
груден ь	8.6	9.4	4.1	-13.5	-42.1	-127.6	-276.6	-535.3	-121.6	-27.6
січень	29.2	-33.2	-0.3	-152.0	-388.9	1125. 8	2476. 5	-4877.0	-94.0	0.0

У результаті отримуємо три рівняння (адитивні моделі), що ураховують сезонні коливання, оскільки включають коефіцієнти сезонності:

$$y = -0.1775t + 48.44 + k_{сез} \quad (3.4)$$

$$y=0.000005t - 0.0011t + 0.0702t - 1.5549+51.07+k\text{сез} \quad (3.5)$$

$$y=0.00000004t - 0.000007t + 0.0001t - 0.006t+2.2t- 0.203t +53.1+k\text{сез} \quad (3.6)$$

Рівень апроксимації отриманих у результаті моделей визначимо за допомогою середнього лінійного відхилення, яке розраховується за формулою 2.1 (табл. 3.16)

Таблиця 3.16. Визначення рівня апроксимації за кожною з моделей

місяць	Фактичні дані	Прогноз за лінійною моделлю	Відхилення	Прогноз за поліномом 6-го ступеня	Відхилення	Прогноз за поліномом 4-го ступеня	Відхилення
1	2	3	4	5	6	7	8
січень 2012	40	49.6	-0.23	-5.5	1.09	-130.3	3.26
лютий 2012	58	55.3	0.05	-9.6	1.14	-137.7	3.03
березень 2012	60	50.8	0.15	-27.1	1.45	-158.5	3.66
квітень 2012	48	55.5	-0.15	-32.5	1.67	-167.6	4.47
травень 2012	39	52.6	-0.35	-43.0	2.10	-181.8	5.67
червень 2012	31	48.6	-0.55	-53.0	3.27	-195.7	9.38
липень 2012	46	50.8	-0.11	-55.6	2.31	-202.2	5.78
серпень 2012	40	47.9	-0.18	-62.3	2.54	-212.9	6.27
вересень 2012	41	47.0	-0.15	-73.3	2.79	-228.0	6.57
жовтень 2012	46	48.3	-0.06	-78.2	2.71	-237.0	6.18
листопад 2012	43	55.4	-0.28	-78.1	2.80	-240.9	6.55
грудень 2012	53	64.1	-0.20	-81.9	2.69	-248.7	6.15
січень 2013	37	47.2	-0.29	-18.2	1.43	-137.0	4.21
лютий 2013	40	53.2	-0.33	-19.9	1.50	-142.6	4.57
...
вересень 2019	16	32.1	-0.99	369.6	-27.87	616.9	-47.19
жовтень 2019	17	33.4	-0.96	390.0	-27.40	636.0	-45.31
листопад 2019	21	40.5	-0.96	416.7	-19.19	660.7	-31.02
грудень 2019	37	49.2	-0.33	440.7	-15.30	682.1	-24.23
			0.083		3.35		6.8

Найбільша прогнозна здатність у лінійної моделі (відхилення 8,3%), найменша – поліноміальної моделі 4-го ступеня (відхилення 6,8 раз). У праці

[55] зазначається, що: «поліноміальні моделі слід з обережністю використовувати в розрахунках, так як вони здатні з часом значно відхилитися від встановлених тенденцій. У деяких випадках показники, що встановлені за моделлю, можуть приймати від'ємне значення (що позбавляє модель економічного сенсу). Тому авторами рекомендується щоразу перераховувати модель при надходженні нових даних, що має значно підвищити точність прогнозування.

3.3. Методичні засади згладжування впливу сезонних коливань на кошторисну вартість будівництва

Дослідження впливу сезонності на кошторисну вартість будівництва групи житлових будинків починається із зведення місячних даних щодо відхилень ходу будівельного процесу по різних об'єктах будівництва та формування єдиного числового ряду відхилень фактичної вартості будівельних робіт від планових значень, розрахованих у інвесторській кошторисній документації (Додаток В).

Отриманий у результаті ряд даних перевіряється за статистичними показниками (індексами сезонності, розрахованими методом простих середніх, амплітудою, простим і квадратичним коефіцієнтами сезонності) на наявність сезонних коливань (табл. 3.17, рис.3.9).

Здійснюючи аналіз даних щодо відхилень кошторисної вартості від планових значень (табл. 3.9), можна побачити, що статистичні показники вказують на наявність сезонних коливань вартості будівництва житлових будинків, що відбуваються протягом року.

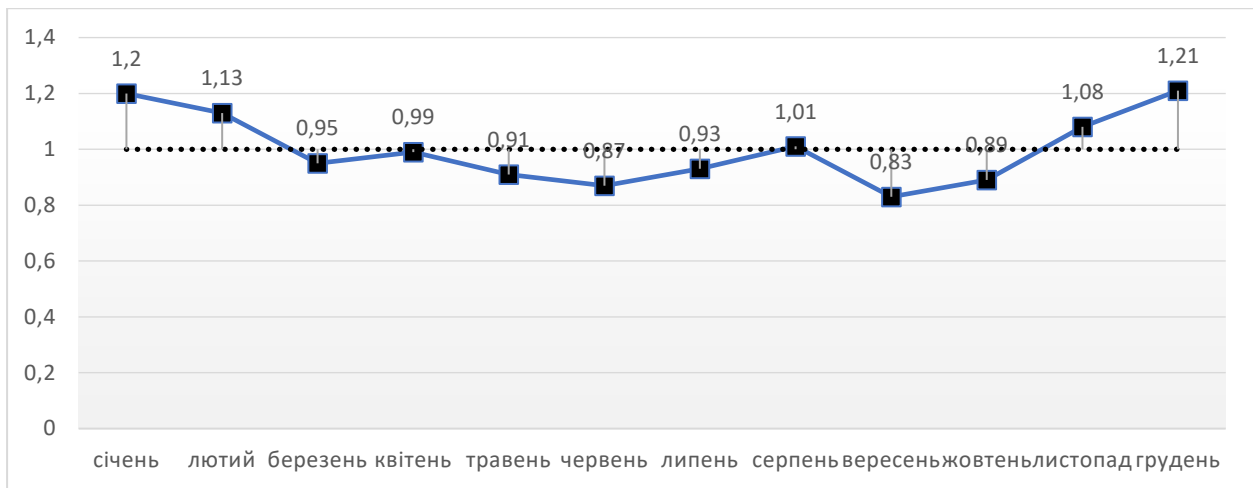


Рис. 3.9. Індеси сезонності для вартості

Таблиця 3.17. Показники сезонності для параметру «вартість»

Місяць	Показник (ΔВ)								\bar{x}	$I_{сез}$, %	$ I_{сез} - 100 $	$(I_{сез} - 100)^2$
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019				
вартість												
січень	1150.6	1242.0	1954.1	2177.8	2559.7	2892.2	2749.9	3986.8	2508.92	1.2	20	400.00
лютий	1492.2	1254.1	1975.0	2389.1	2843.3	2991.9	3311.5	4249.7	2376.83	1.1	13	169.00
березень	1663.2	1185.9	1306.3	1688.7	2632.7	2615.7	2433.7	4041.0	1988.00	1.0	5	25.00
квітень	1374.0	1283.6	1512.3	1668.8	2388.1	2465.2	3381.5	3901.7	2075.15	1.0	1	1.00
травень	1118.4	1230.4	1566.9	1884.8	1976.0	2169.2	2593.6	3819.1	1905.02	0.9	9	81.00
червень	916.8	1103.4	1585.3	1784.7	2324.3	1828.6	2252.2	3698.9	1822.16	0.9	13	169.00
липень	1240.0	1287.9	1630.3	1773.9	2288.5	2043.9	2802.5	3763.7	1948.82	0.9	7	49.00
серпень	1696.3	1734.8	1762.6	1932.7	2507.0	2116.4	2815.1	4044.7	2114.16	1.0	1	1.00
вересень	1223.9	1060.0	1723.8	1887.5	2202.0	2048.1	2499.7	2498.1	1739.90	0.8	17	289.00
жовтень	1381.0	1158.5	1775.5	1926.2	2235.0	2072.9	2769.5	3004.6	1867.79	0.9	11	121.00
листопад	1322.4	1544.6	2218.1	2127.6	2973.7	2465.9	3749.3	3071.6	2268.86	1.1	8	64.00
грудень	1488.0	1826.5	2195.4	2423.1	3028.3	2994.9	3627.5	4104.8	2525.06	1.2	21	441.00
$\bar{X} = (\bar{x}_{січень} + \bar{x}_{січень} + \dots + \bar{x}_{грудень})/12$									2095.06			
Всього											57.00	915.00
$R_{сез} = I_{сез max} - I_{сез min}$											785.15	
$k_{сез} = \frac{\sum I_{сез} - 100 }{12}$											4.75	
$k_{сез кв} = \sqrt{\frac{(\sum I_{сез} - 100)^2}{12}}$											76.25	

Збільшення вартості спостерігається з листопада по лютий, а зменшення відносно середнього рівня – у травні, червні, липні, серпні, жовтні і вересні. У березні, серпні і квітні індекс сезонності склав близько 1, тобто майже

співпадає із середньорічним значенням. Можна зробити висновки про те, що сезонні коливання мають місце при визначенні відхилень вартості.

Для визначення тенденцій відхилення вартості будівництва, як і у попередніх розділах, застосуємо лінійну залежність і поліноміальні залежності четвертого і шостого ступенів та обираємо те рівняння, яке найкращим чином визначає напрямок змін вартості протягом досліджуваного періоду. (рис.3.10-3.12).

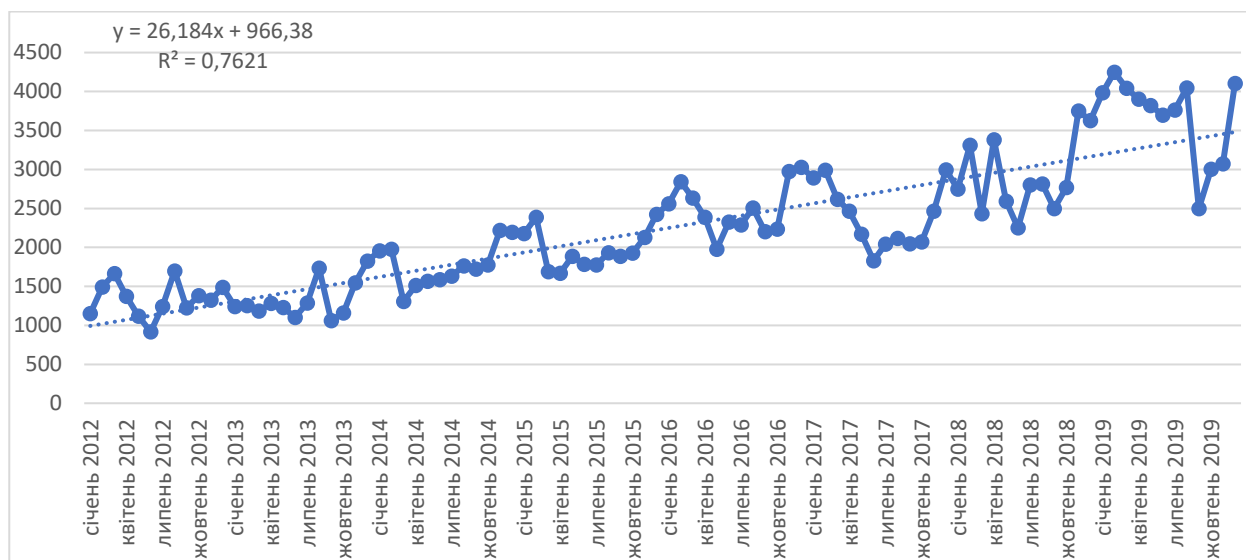


Рис. 3.10. Визначення тенденцій зміни вартості за лінійним рівнянням

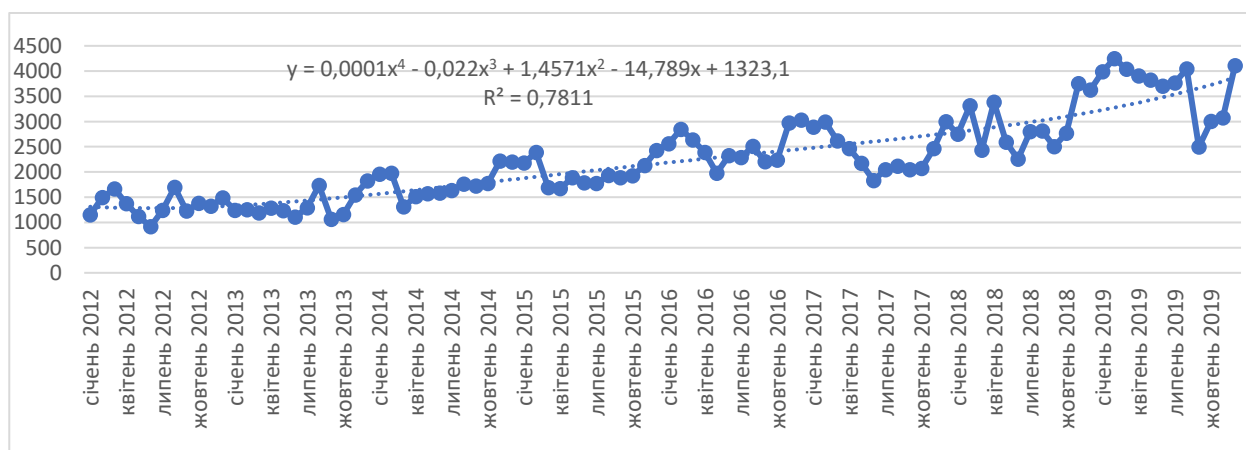


Рис. 3.11. Визначення тенденцій зміни вартості за поліноміальним рівнянням четвертого ступеня

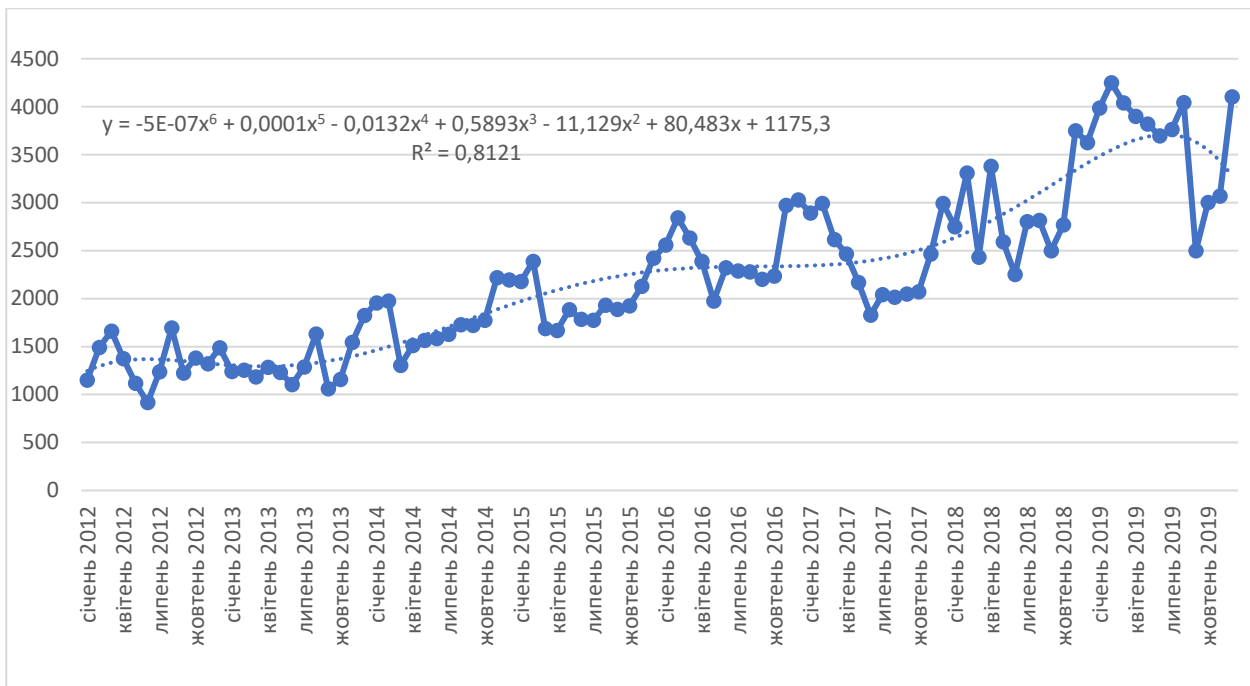


Рис. 3.12. Визначення тенденцій зміни вартості за поліноміальним рівнянням шостого ступеня

Для лінійного рівняння коефіцієнт детермінації має значення $R^2=0,7621$, тобто близько 76 % мінливості вартості пояснюється даним рівнянням.

Для поліному четвертого ступеня рівень детермінації $R^2=0,7811$, тобто близько 78 % коливань вартості протягом досліджуваного періоду можна пояснити сезонними чинниками, а для поліному шостого ступеня $R^2=0,81$. Тобто 81% коливань вартості може бути поясненою за допомогою отриманого рівняння. Тобто поліноміальні тренди апроксимують фактичні дані дещо краще, ніж лінійне рівняння, але усі отримані залежності мають високий ступінь детермінації, а отже можуть застосовуватись для визначення майбутніх тенденцій зміни вартості будівництва, навіть без урахування сезонності.

Наступним кроком є визначення сезонної компоненти, яке отримуємо віднімаючи від фактичних значень відхилень кошторисної вартості теоретичні значення, отримані на основі складених рівнянь, визначимо величини сезонної компоненти для лінійної регресії та поліномів четвертого і шостого ступенів (табл. 3.18-3.20).

Таблиця 3.18. Значення трендів та сезонних компонент для лінійної моделі для параметру «вартість» (фрагмент)

№ п/п	Місяць	Відхилення вартості, (ΔВ)	Лінійне рівняння	Сезонна компонента
1	січень 2012	1151	966.38	184.25
2	лютий 2012	1492	1018.75	473.43
3	березень 2012	1663	1044.93	618.29
4	квітень 2012	1374	1071.12	302.93
5	травень 2012	1118	1097.30	21.08
6	червень 2012	917	1123.48	-206.70
7	липень 2012	1240	1149.67	90.37
8	серпень 2012	1696	1175.85	520.45
9	вересень 2012	1224	1202.04	21.83
10	жовтень 2012	1381	1228.22	152.78
11	листопад 2012	1322	1254.40	67.99
...
81	вересень 2018	2500	3087.28	-587.54
82	жовтень 2018	2769	3113.47	-343.99
83	листопад 2018	3749	3139.65	609.69
84	грудень 2018	3628	3165.84	461.68
85	січень 2019	3987	3192.02	794.74
86	лютий 2019	4250	3218.20	1031.54
87	березень 2019	4041	3244.39	796.61
88	квітень 2019	3902	3270.57	631.12
89	травень 2019	3819	3296.76	522.36
90	червень 2019	3699	3322.94	375.92
91	липень 2019	3764	3349.12	414.54
92	серпень 2019	4045	3375.31	669.37
93	вересень 2019	2498	3401.49	-903.37
94	жовтень 2019	3005	3427.68	-423.04
95	листопад 2019	3072	3453.86	-382.30
96	грудень 2019	4105	3480.04	624.73

Для поліноміальних рівнянь четвертого і шостого ступенів розрахунки ведуться у такій самій послідовності (табл.3.19-3.20).

Таблиця 3.19. Значення трендів та сезонних компонент поліноміального рівняння четвертого ступеня для параметру «вартість» (фрагмент)

№ п/п	Місяць	Відхилення вартості, (ΔB)	Поліноміальне рівняння	Сезонна компонента
1	січень 2012	1151	1323.10	-172.47
2	лютий 2012	1492	1299.35	192.82
3	березень 2012	1663	1291.86	371.36
4	квітень 2012	1374	1287.28	86.76
5	травень 2012	1118	1285.65	-167.26
6	червень 2012	917	1286.95	-370.17
7	липень 2012	1240	1291.22	-51.18
8	серпень 2012	1696	1298.45	397.85
9	вересень 2012	1224	1308.68	-84.81
10	жовтень 2012	1381	1321.92	59.08
11	листопад 2012	1322	1338.19	-15.80
...
80	серпень 2018	2815	13561.42	-10746.28
81	вересень 2018	2500	13989.90	-11490.15
82	жовтень 2018	2769	14429.16	-11659.68
83	листопад 2018	3749	14879.41	-11130.07
84	грудень 2018	3628	15340.84	-11713.32
85	січень 2019	3987	15813.65	-11826.88
86	лютий 2019	4250	16298.04	-12048.30
87	березень 2019	4041	16794.22	-12753.22
88	квітень 2019	3902	17302.40	-13400.71
89	травень 2019	3819	17822.79	-14003.68
90	червень 2019	3699	18355.60	-14656.74
91	липень 2019	3764	18901.04	-15137.38
92	серпень 2019	4045	19459.34	-15414.65
93	вересень 2019	2498	20030.70	-17532.58
94	жовтень 2019	3005	20615.36	-17610.73
95	листопад 2019	3072	21213.54	-18141.97
96	грудень 2019	4105	21825.46	-17720.68

Таблиця 3.20. Значення трендів та сезонних компонент поліноміального рівняння шостого ступеня для параметру «вартість» (фрагмент)

№ п/п	Місяць	Відхилення вартості, (ΔB)	Поліноміальне рівняння	Сезонна компонента
1	січень 2012	1151	1175.30	-24.67
2	лютий 2012	1492	1296.26	195.92
3	березень 2012	1663	1331.45	331.76
4	квітень 2012	1374	1353.61	20.44
5	травень 2012	1118	1365.21	-246.83
6	червень 2012	917	1368.51	-451.73
7	липень 2012	1240	1365.47	-125.44
8	серпень 2012	1696	1357.83	338.47
9	вересень 2012	1224	1347.07	-123.20
10	жовтень 2012	1381	1334.48	46.52
11	листопад 2012	1322	1321.12	1.28
12	грудень 2012	1488	1307.85	180.20
...
83	листопад 2018	3749	19249.00	-15499.66
84	грудень 2018	3628	22146.96	-18519.45
85	січень 2019	3987	25312.78	-21326.02
86	лютий 2019	4250	28762.44	-24512.70
87	березень 2019	4041	32512.50	-28471.50
88	квітень 2019	3902	36580.11	-32678.42
89	травень 2019	3819	40983.01	-37163.89
90	червень 2019	3699	45739.52	-42040.66
91	липень 2019	3764	50868.59	-47104.92
92	серпень 2019	4045	56389.78	-52345.10
92	серпень 2019	2498	62323.29	-59825.17
93	вересень 2019	3005	68689.92	-65685.28
94	жовтень 2019	3072	75511.14	-72439.58
95	листопад 2019	4105	82809.08	-78704.30
96	грудень 2019	3749	19249.00	-15499.66

Наступним етапом є визначення сезонної компоненти шляхом узагальнення сезонних коливань за весь аналізований період.

Для цього сума середніх величин кожного місяця ділиться на кількість періодів (у даному випадку – 12 місяців). Отриманий результат віднімається із

значень середніх кожного періоду, у результаті чого сума усіх коливань буде дорівнювати нулю (табл. 3.21-3.23).

Таблиця 3.21. Розрахунок сезонної компоненти для лінійної моделі

Місяць	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Середн є	Сезонна компонен та $k_{сез}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Поліноміальна модель четвертого ступеня										
січень	184.3	-64.7	333.1	242.6	310.3	328.6	-127.9	794.7	250.1	135.4
лютий	0.0	-78.9	327.9	427.7	567.7	402.2	407.5	1031.5	385.7	271.0
березен ь	1150.6	-173.2	-367.1	-298.9	331.0	-0.2	-496.5	796.6	117.8	3.1
квітень	1492.2	-101.7	-187.3	-344.9	60.2	-176.9	425.1	631.1	224.7	110.0
травень	1663.2	-181.1	-158.8	-155.1	-378.1	-499.1	-388.9	522.4	53.1	-61.6
червень	1374.0	-334.3	-166.6	-281.5	-56.0	-865.9	-756.5	375.9	-88.9	-203.6
липень	1118.4	-176.0	-147.8	-318.4	-118.0	-676.8	-232.5	414.5	-17.1	-131.8
серпень	916.8	244.7	-41.7	-185.8	74.3	-630.5	-246.0	669.4	100.2	-14.5
вересен ь	1240.0	-456.3	-106.6	-257.2	-256.8	-725.0	-587.5	-903.4	-256.6	-371.3
жовтен ь	1696.3	-383.9	-81.1	-244.6	-250.1	-726.4	-344.0	-423.0	-94.6	-209.3
листоп ад	1223.9	-24.0	335.3	-69.4	462.5	-359.5	609.7	-382.3	224.5	109.8
грудень	1381.0	231.7	286.4	199.9	490.9	143.3	461.7	624.7	477.4	362.7
Всього	13440.7	-1497.7	25.7	-1285.6	1237.9	-3786.4	-1275.9	4152.2	114.7	0.0

За даними табл.3.21 можна зробити висновок, що коефіцієнти сезонності для кошторисної вартості збільшується відносно середньорічного рівня із січня по квітень, у листопаді і грудні. Менше середньорічного рівня відхилення вартості із травня по жовтень. Максимальне значення корегуючого коефіцієнта у грудні (362,7), а мінімальне - у вересні місяці (-271,3).

Для поліноміальних моделей корегуючі коефіцієнти розраховуються аналогічно (табл. 3.22-3.23)

Таблиця 3.22. Розрахунок сезонної компоненти для поліному четвертого ступеня

Місяць	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Середнє	Сезонна компонента $k_{сез}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Поліноміальна модель четвертого ступеня										
січень	-172.5	-137.9	51.0	-780.3	-2113.7	-4335.3	-8098.3	-11826.9	-3426.7	1237.5
лютий	192.8	-151.4	5.8	-684.6	-2008.1	-4493.0	-7895.0	-12048.3	-3385.2	1279.0
березень	371.4	-248.3	-732.9	-1505.3	-2402.6	-5134.2	-9140.5	-12753.2	-3943.2	721.0
квітень	86.8	-182.4	-600.6	-1650.1	-2837.1	-5557.4	-8570.1	-13400.7	-4089.0	575.2
травень	-167.3	-270.7	-623.5	-1563.9	-3445.3	-6133.9	-9745.2	-14003.7	-4494.2	170.0
червень	-370.2	-436.1	-686.6	-1798.8	-3299.4	-6763.0	-10483.9	-14656.7	-4811.8	-147.6
липень	-51.2	-293.3	-726.9	-1949.4	-3544.0	-6844.4	-10341.1	-15137.4	-4861.0	-196.8
серпень	397.8	5.4	-719.4	-1935.4	-3769.8	-7177.0	-10746.3	-15414.7	-4919.9	-255.7
вересень	-84.8	-614.6	-816.6	-2130.8	-4067.8	-7458.5	-11490.2	-17532.6	-5524.5	-860.3
жовтень	59.1	-567.9	-862.8	-2247.6	-4263.7	-7755.8	-11659.7	-17610.7	-5613.6	-949.4
листопад	-15.8	-237.2	-522.3	-2207.1	-3760.7	-7693.6	-11130.1	-18142.0	-5463.6	-799.4
грудень	130.5	-14.1	-651.7	-2078.1	-3949.0	-7504.4	-11713.3	-17720.7	-5437.6	-773.4
Всього	376.7	-3148.4	-6886.6	-	-	-	-121013.5	-	-4664.2	

Корегуючі коефіцієнти для поліномів четвертого і шостого ступенів змінюються за півріччями. Так, для поліному четвертого ступеня перевищують середній рівень коефіцієнти за січень-травень місяці, а є нижчими від середньорічного рівня коефіцієнти сезонності за червень-грудень. За даними табл.3.22 можна зробити висновок, що максимальне значення корегуючого коефіцієнта у січні (1237,5), а мінімальне значення цього показника - у грудні (-773,4).

Для поліному шостого ступеня спостерігається така сама тенденція. Коефіцієнти сезонності ($k_{сез}$) перевищують середній рівень у січні-червні, а є нижчими від середньорічного рівня коефіцієнти з липня по грудень.

За даними табл.3.23 можна зробити висновок, що максимальне значення корегуючого коефіцієнта у січні (4249.1), а мінімальне значення коефіцієнта сезонності у грудні (-5118.6).

Таблиця 3.23. Розрахунок сезонної компоненти для поліному шостого ступеня

Місяць	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Середнє	Сезонна компонент $k_{сез}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Поліноміальна модель шостого ступеня										
січень	-24.7	-53.3	706.4	1343.3	3370.8	5340.0	874.4	-21326.0	-1221.1	4249.1
лютий	195.9	-30.0	732.2	1640.4	3835.1	5434.2	456.8	-24512.7	-1531.0	3939.3
березень	331.8	-88.6	71.3	1036.0	3806.0	5009.9	-1537.7	-28471.5	-2480.4	2989.9
квітень	20.4	16.9	288.8	1122.2	3741.7	4763.0	-1854.8	-32678.4	-3072.5	2397.7
травень	-246.8	-30.3	359.4	1454.3	3506.3	4316.2	-4067.1	-37163.9	-3984.0	1486.3
червень	-451.7	-153.2	398.9	1480.3	4025.2	3763.9	-6004.2	-42040.7	-4872.7	597.6
липень	-125.4	33.9	471.1	1605.2	4150.9	3699.8	-7233.0	-47104.9	-5562.8	-92.5
серпень	338.5	379.0	602.0	1909.0	4289.9	3318.0	-9195.6	-52345.1	-6338.0	-867.8
вересень	-123.2	-192.0	639.6	2017.3	4347.9	2913.0	-11695.7	-59825.2	-7739.8	-2269.5
жовтень	46.5	-93.4	740.4	2217.4	4495.6	2410.4	-13834.0	-65685.3	-8712.8	-3242.5
листопад	1.3	293.1	1240.7	2586.9	5325.9	2176.9	-15499.7	-72439.6	-9539.3	-4069.0
грудень	180.2	576.2	1284.6	3056.2	5444.4	1971.3	-18519.4	-78704.3	-10588.8	-5118.6
Усього	142.7	658.2	7535.5	21468.6	50339.8	45116.9	-88110.0	-562297.5	-5470.3	0.00

У результаті отримуємо три рівняння (адитивні моделі), що ураховують сезонні коливання:

$$y = 26.186t + 966.38 + k_{сез} \quad (3.7)$$

$$y = 0.0001t - 0.022t + 1.4571t - 14.789 + 1323.17 + k_{сез} \quad (3.8)$$

$$y = 0.0000005t + 0.0001t - 0.0132t + 0.5893t - 11.129t + 80.483t + 1175.3 + k_{сез} \quad (3.9)$$

Рівень апроксимації отриманих моделей визначимо за допомогою середнього лінійного відхилення, яке розраховується за формулою 2.3 (табл. 3.24)

Таблиця 3.24. Визначення рівня апроксимації за кожною з моделей

місяць	Фактичні дані	Прогноз за лінійною моделлю	Відхилення	Прогноз за поліномом 6-го ступеня	Відхилення	Прогноз за поліномом 4-го ступеня	Відхилення
1	2	3	4	5	6	7	8
січень 2012	1151	1242.7	-0.08	-45.8	1.04	2560.6	-1.23
лютий 2012	1492	1404.4	0.06	-234.7	1.16	2578.3	-0.73
березень 2012	1663	1162.7	0.30	-1148.9	1.69	2012.9	-0.21
квітень 2012	1374	1295.8	0.06	-1718.9	2.25	1862.5	-0.36
травень 2012	1118	1150.4	-0.03	-2618.8	3.34	1455.7	-0.30
червень 2012	917	1034.6	-0.13	-3504.2	4.82	1139.3	-0.24
липень 2012	1240	1132.6	0.09	-4197.3	4.38	1094.5	0.12
серпень 2012	1696	1276.0	0.25	-4980.2	3.94	1042.7	0.39
вересень 2012	1224	945.4	0.23	-6392.7	6.22	448.4	0.63
жовтень 2012	1381	1133.6	0.18	-7378.3	6.34	372.5	0.73
листопад 2012	1322	1478.9	-0.12	-8218.2	7.21	538.8	0.59
грудень 2012	1488	1758.0	-0.18	-9281.0	7.24	584.1	0.61
січень 2013	1242	1556.9	-0.25	74.2	0.94	2569.1	-1.07
лютий 2013	1254	1718.7	-0.37	-246.9	1.20	2684.5	-1.14
...
вересень 2019	2498	3144.9	-0.26	54583.5	-20.85	14506.2	-4.81
жовтень 2019	3005	3333.1	-0.11	59977.1	-18.96	15001.7	-3.99
листопад 2019	3072	3678.4	-0.20	65971.8	-20.48	15749.9	-4.13
грудень 2019	4105	3957.5	0.04	72220.2	-16.59	16387.9	-2.99
			0.16		4.15		1.04

Найбільша прогнозна здатність у лінійної моделі (відхилення 16%), найменша – поліноміальної моделі 6-го ступеня (відхилення 4,15 раз).

3.4. Моделювання параметрів будівництва від зміни температури зовнішнього повітря

За вихідними даними щодо відхилень параметрів будівництва під впливом сезонних коливань, створено моделі виявлення впливу температури зовнішнього повітря у зимових умовах на параметри будівництва на прикладі бетонування, у результаті отримано систему моделей:

а) для трудомісткості:

$$y = 0,0053 x^2 - 0,1223 x + 1,1984 \quad (3.10).$$

де y – відхилення реальної трудомісткості від планової, %

x – температура зовнішнього повітря, оС

Модель зміни термінів будівництва залежно від приростів середньодобової температури зовнішнього повітря наведено на рис. 3.13.

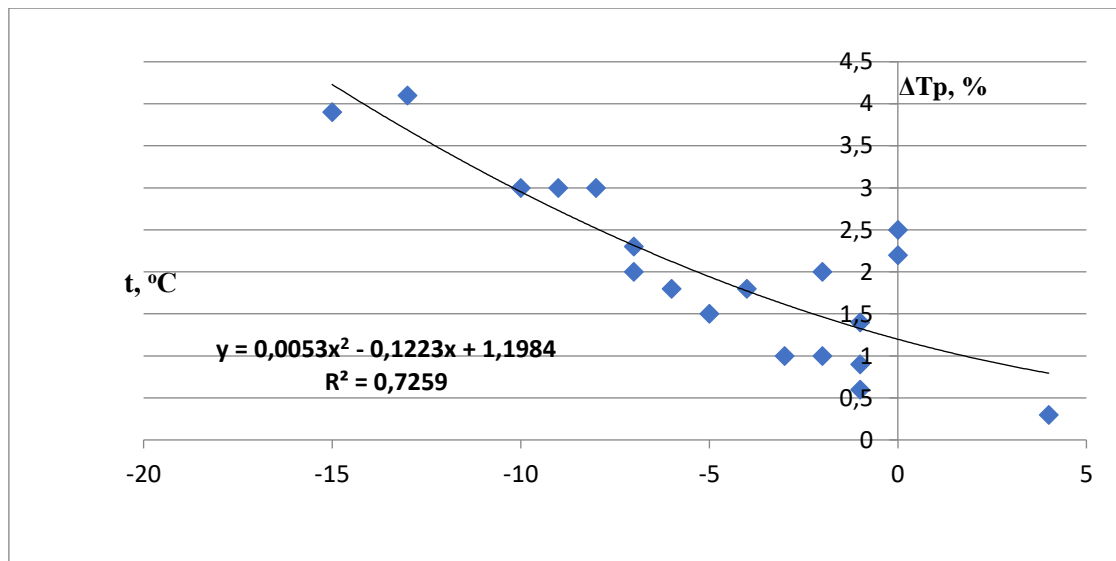


Рис. 3.13 Залежність трудомісткості від приросту середньодобової температури зовнішнього повітря.

б) для термінів будівництва:

$$y = 0,0011 x^2 - 0,19 x + 1,6544 \quad (3.11)$$

де y – відхилення реальних термінів будівництва від планових, %

x – температура зовнішнього повітря, оС

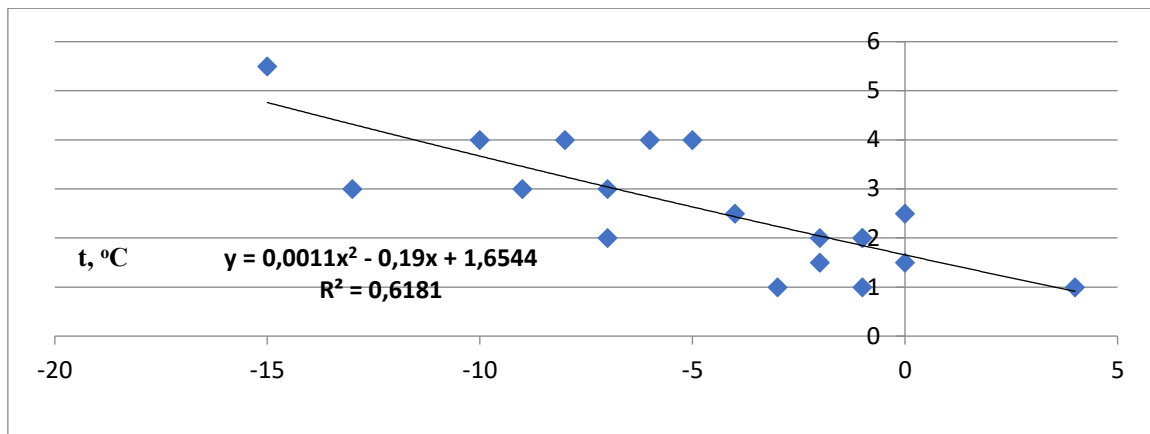


Рис. 3.14. Залежність термінів від середньодобової температури зовнішнього повітря.

б) для термінів будівництва:

$$y = -0,181x + 1,45854 \quad (3.12)$$

де y – відхилення кошторисної вартості будівництва від планової, %

x – температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$

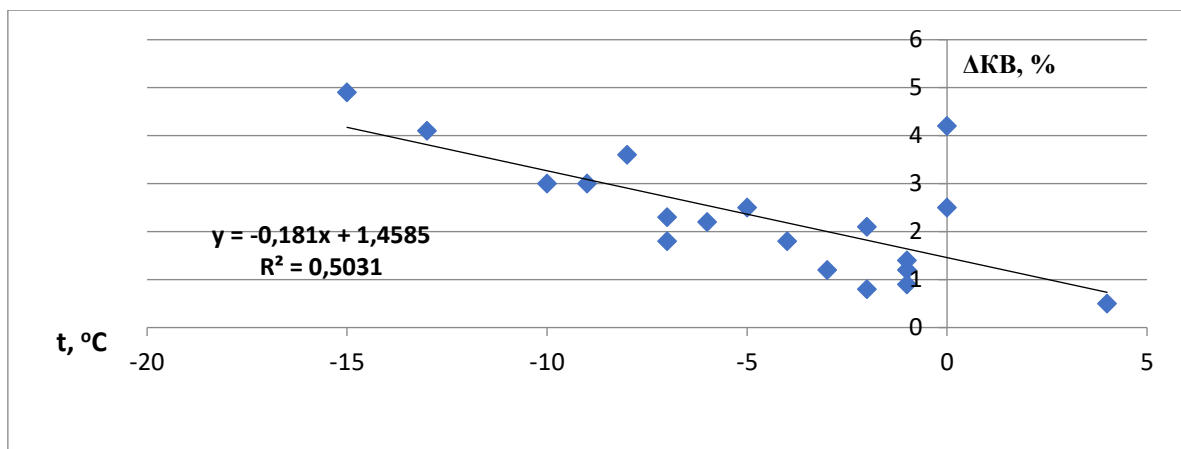


Рис. 3.15 Залежність трудомісткості від середньодобової температури зовнішнього повітря

Із графіків 3.13-3.15 видно, що температура зовнішнього повітря є тим чинником, який впливає на параметри бетонування.

РОЗДІЛ 4

ПРИКЛАДНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ПЛАНУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ БУДІВНИЦТВА В УМОВАХ СЕЗОННОСТІ

4.1 Практичне впровадження методичного підходу до планування організаційно-технологічних параметрів будівництва

Реалізація будівельних проектів у сучасних умовах нерідко пов'язана із численними викликами, зумовленими сезонними факторами. Зокрема, це стосується змін у параметрах організації та виконання будівельних робіт залежно від природно-кліматичних умов. Практичне впровадження методичного підходу до врахування сезонності дозволяє оптимізувати терміни, вартість і трудомісткість будівельних процесів.

На прикладі проекту з реконструкції палацу культури в Києві із будівництвом громадського центру суспільних комунікацій та підземного паркінгу, було розглянуто можливості адаптації будівельних параметрів до сезонних коливань. Цей об'єкт є двоповерховою каркасною будівлею з прямокутною формою, що передбачає використання збірно-монолітної конструктивної схеми.

Значна увага у проекті приділялась деталізації фундаментів і вертикальних несучих елементів, що враховували специфіку будівництва в умовах зниженої температури. Для забезпечення надійності використовувалися буронабивні палі, просторові каркаси та монолітні ростверки з бетону підвищеної морозостійкості. Особливості проекту включали адаптацію бетонування та армування елементів до зимових умов шляхом використання спеціальних добавок до бетону та утеплення конструкцій.

Визначення впливу сезонності на терміни будівництва

Для оцінки впливу сезонних коливань на параметри будівництва було використано методіку декомпозиції часових рядів, розроблену у дисертаційному дослідженні Новак Є.В. (2021). Її ключові етапи включали:

1. Формування числових рядів відхилень фактичних термінів будівництва від проектних.
2. Використання лінійних та поліноміальних трендових моделей для аналізу динаміки відхилень.
3. Виявлення сезонних компонентів та корегування загальної моделі з урахуванням місячних і квартальних поправок.

Результати аналізу підтвердили, що природно-кліматичні умови мають помірний, але стабільний вплив на терміни будівництва, який може бути виражений у вигляді сезонних коливань. Наприклад, взимку терміни виконання робіт у середньому збільшувались на 2,1 дня на місяць, тоді як у весняно-літній період спостерігалось незначне скорочення цього показника.

Практичне застосування результатів

Запропонований підхід знайшов своє відображення у роботі генеральних підрядних підприємств та служб замовника. На основі отриманих даних були розроблені практичні рекомендації щодо корекції графіків виконання робіт. Це дозволило підвищити точність планування та оптимізувати витрати на етапах реалізації будівельних проектів.

Окрім того, створені моделі з урахуванням сезонної компоненти рекомендовано інтегрувати у сучасні програмні комплекси, такі як Microsoft Project або Primavera Project Planner. Це сприятиме автоматизації прогнозування відхилень параметрів будівництва та зниженню ризиків порушення графіків.

Перспективи подальшого дослідження

Розроблений інструментарій створює основу для побудови інтегрованої системи управління будівельними проектами, яка включатиме прогнозування відхилень параметрів, їх мінімізацію, а також моніторинг змін на різних етапах реалізації. Особливий акцент планується зробити на розробці програмного забезпечення, яке дозволить максимально адаптувати інструменти управління до специфіки конкретних проектів.

Таким чином, впровадження інструментарію, заснованого на результатах дослідження Новак Є.В., демонструє значний потенціал для підвищення

ефективності управління будівельними проектами в умовах сезонності, сприяючи досягненню високої точності прогнозування та оперативного прийняття рішень.

4.2. Модель «Організація-план-сезон» як прикладна компонента організації будівництва в умовах сезонності

Для практичної реалізації запропонованого авторського підходу до прогнозування параметрів будівництва з урахуванням чинників сезонності створено програмний продукт на базі MS Excel, який отримав назву «Організація-План-Сезон» («ОПС»). Він складається із трьох окремих модулів, які за своїм принципом є ідентичними і призначені для прогнозування відхилень від планових значень термінів будівництва, трудомісткості виконуваних робіт і кошторисної вартості.

Фрагменти модулів прогнозування відхилень реальних термінів робіт від проектних наведено на рис. 4.1-4.2.

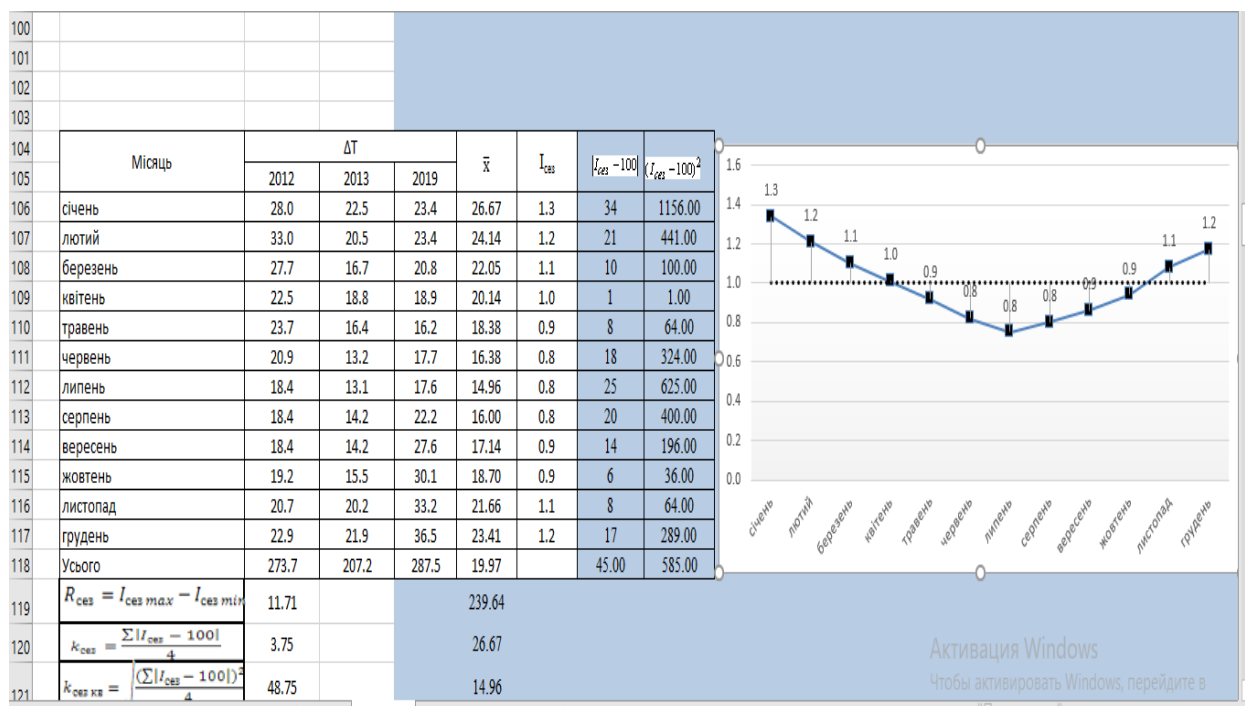


Рис.4.1. Модуль «Статистичні показники» для відхилень термінів робіт (фрагмент).

Кожен модуль складається із підсистем «Вхідні дані», «Статистичні показники», «Виявлення сезонності», «Прогнозування».

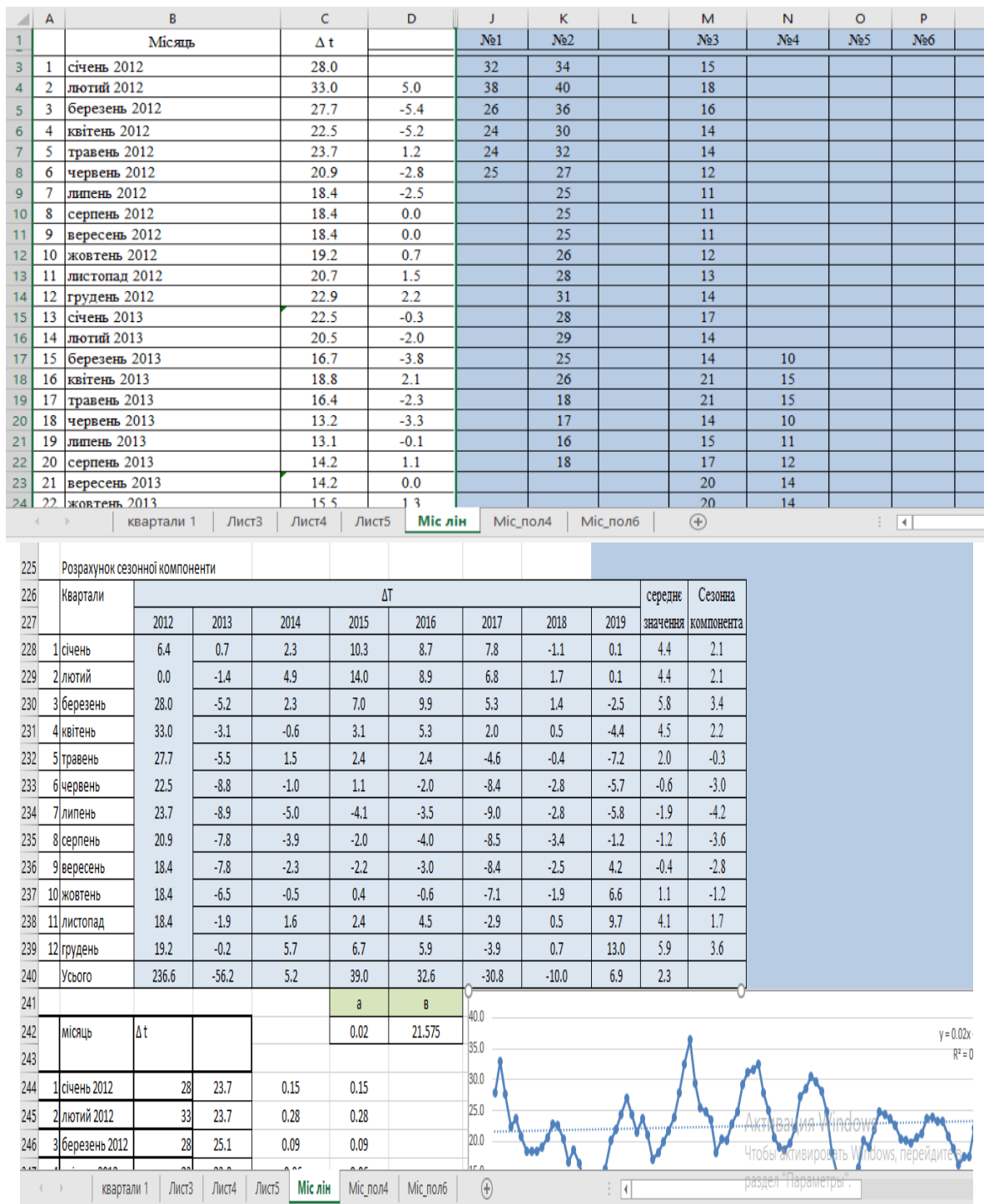


Рис.4.2. Модулі «Вхідні дані» і «Розрахунок сезонної компоненти» для відхилень термінів робіт (фрагмент).

Аналогічним чином створено програмні модулі для трудомісткості і термінів будівництва. Використання створеного програмного забезпечення дозволить працівникам підрядних будівельних підприємств і організацій, а також служб замовника в автоматизованому режимі, прикладаючи мінімум зусиль для обробки інформації отримувати результат, який має бути представленим у вигляді моделі впливу сезонності на параметри будівництва (рис.4.4) або вже у вигляді ряду прогнозних значень відхилень від проектних значень з урахуванням місяця будівництва (рис.4.3).

F342		0.1602				
	A	B	C	D	E	F
321	78	червень 2018	2252	2919.9	-0.30	0.30
322	79	липень 2018	2802	3017.8	-0.08	0.08
323	80	серпень 2018	2815	3161.3	-0.12	0.12
324	81	вересень 2018	2500	2830.7	-0.13	0.13
325	82	жовтень 2018	2769	3018.9	-0.09	0.09
326	83	листопад 2018	3749	3364.2	0.10	0.10
327	84	грудень 2018	3628	3643.3	0.00	0.00
328	85	січень 2019	3987	3442.1	0.14	0.14
329	86	лютий 2019	4250	3603.9	0.15	0.15
330	87	березень 2019	4041	3362.2	0.17	0.17
331	88	квітень 2019	3902	3495.3	0.10	0.10
332	89	травень 2019	3819	3349.8	0.12	0.12
333	90	червень 2019	3699	3234.1	0.13	0.13
334	91	липень 2019	3764	3332.1	0.11	0.11
335	92	серпень 2019	4045	3475.5	0.14	0.14
336	93	вересень 2019	2498	3144.9	-0.26	0.26
337	94	жовтень 2019	3005	3333.1	-0.11	0.11
338	95	листопад 2019	3072	3678.4	-0.20	0.20
339	96	грудень 2019	4105	3957.5	0.04	0.04
340		У цілому	182704.7474			
342						0.1602
343						

Рис.4.3. Прогнозування відхилень кошторисної вартості.

12	грудень	5.7	-3.2	-38.3	-109.7	-214.3	-391.6	-632.6	-946.4
	Усього	19.6	-116.5	-322.4	-987.7	-2017.7	-3778.4	-6255.2	-9572.2
				a	b	c	d	e	
	місяць	Δt		0.000005	-0.0011	0.0702	-1.5549	51.072	
				$y=0.00005t-0.0011t+0.0702t-1.5549t+51.072$					
1	січень 2012	58	-130.3	3.26	3.26				
2	лютий 2012	68	-137.7	3.03	3.03				

Рис.4.4. Коефіцієнти моделі впливу сезонності на трудомісткість/
розроблено автором.

Запропонований комплекс програмних модулів «Організація-план-сезон» було успішно апробовано у реальних умовах ТОВ «Будторгінвест» м. Чернівці, при будівництві житлового комплексу по вул. Руській, 235; ТОВ «БудПроект», а також при реалізації проекту «Реконструкція палацу культури з будівництвом громадського центру на вул. Гарматній 26/2 у Солом'янському районі м. Києва».

Застосування зазначених розробок суттєво полегшило аналітичну роботу працівників будівельних підприємств, але при цьому залишається невирішеною завдання із збору і первинної обробки даних – процесів які є найбільш трудомісткими і відповідальними при виявленні впливу сезонних коливань, оскільки від них залежить точність подальших розрахунків. Тому метою подальших досліджень має стати пошук шляхів інтеграції розроблених програмних модулів у систему інформаційного обміну учасників будівництва.

4.3. Впровадження методики прогнозування параметрів будівництва з урахуванням впливу сезонності в учбовий процес

Сьогодні для будівельного сектору як ніколи важливим є формування якісного кадрового забезпечення, оскільки в галузі відчувається нестача фахівців-будівельників, здатних з високою якістю виконувати покладені на них обов'язки. Більше того, через десяток років або і раніше, втрата професійних кадрів стане «непоправною», коли молоді фахівці вже не зможуть перейняти накопичений старшим поколінням досвід.

Сьогодні серед фахівців відчувається гостра необхідність у формуванні системи спеціальних знань і практичних навичок аналізу показників проектів організації будівництва (ПОБ) та проектів виконання робіт (ПВР) з урахуванням чинників зовнішнього середовища, здатних здійснювати планування і прогнозування організаційних, технічних, технологічних параметрів будівництва з урахуванням реальних змін і умов функціонування системи організації будівництва об'єктів.

Майбутні фахівці-будівельники мають знати основні питання та теоретичні положення положень організації, технології, планування, контролю і управління новим будівництвом, реконструкцією, реставрацією, технічним переоснащенням, оновленням та капітальним ремонтом об'єктів промислового та цивільного призначення, методи планування сучасних організацій і підприємств, з урахуванням їх взаємодії на будівельному майданчику, напрями підвищення конкурентоспроможності підприємств і організацій, взаємовідносин між учасниками будівельного процесу на базі договорів підряду, класифікацію і специфіку кожної із існуючих структур управління будівельних організацій та взаємодії учасників інвестиційно-будівельного процесу, методи оптимізації будівництва та засоби підвищення точності планування будівельних робіт з урахуванням впливу зовнішніх умов. Одним із таких способів є запропонований методичний підхід, який дозволить учасникам інвестиційно-будівельного процесу планувати і узгоджувати діяльність із урахуванням впливу сезонності на основні параметри будівництва.

Запропонований автором методичний підхід впроваджено у практику викладання майбутнім фахівцям будівельних спеціальностей ЧНУ ім. Юрія Федьковича наступних дисциплін: «Організація і технологія реконструкції будівель», «Менеджмент у будівництві», «Управління будівництвом».

У рамках вивчення названих дисциплін майбутні будівельники мають сформувати наступні навички: використання сучасних цифрових, інформаційних і комунікаційних технологій, здатність виконувати пошук, оброблення та аналіз інформації з різних усних, письмових та електронних джерел, здатність

здійснювати пошук необхідної інформації в нормативно-методичній документації, проектній, проектно-технологічній і проектно-кошторисній документації, паперових і цифрових джерелах, виконувати узагальнення, групування, класифікацію, аналіз і синтез отриманої інформації.

Також, завдяки впровадженню у практику запропонованого методичного підходу майбутні фахівці мають вміти: знаходити оптимальні рішення щодо планування і прогнозування параметрів будівництва на основі використання ретроспективного аналізу, економетричних залежностей і сучасного програмного забезпечення у заздалегідь встановлені терміни; аналізувати тендерні пропозиції будівельних фірм і підприємств щодо реальних можливостей досягнення запланованих результатів та формувати сценарії розвитку подій та параметри будівництва в залежності від впливу сезонності, здійснювати діагностику та оцінювання будівельних організацій, підприємств і служб замовника на предмет можливості виконувати роботи та прогнозувати майбутні відхилення вартості, трудомісткості і термінів будівництва, формувати раціональні моделі та організаційні структури управління підприємствами будівельної галузі, об'єктами промислового і цивільного будівництва та окремими будовами із урахуванням чинників сезонності, аналізувати необхідну проектну, проектно-технологічну та проектно-кошторисну документацію і використовувати її в процесі прогнозування майбутніх параметрів будівництва, застосовувати необхідні нормативні документи, положення та математичні методи для забезпечення точності прогнозування.

Пропозиції автора монографії, успішно апробовані та застосовані при здійсненні навчання студентів у ЧНУ ім. Юрія Федьковича, також упроваджено у Київському національному університеті будівництва і архітектури при формуванні силябусів навчальних дисциплін «Організація і управління будівництвом» та «Спецкурс випускової кафедри» для здобувачів вищої освіти за галуззю знань 19 «Архітектура і будівництво» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

ВИСНОВКИ

У проведеному дослідженні вирішено важливу науково-практичну проблему, пов'язану з розробкою методичного підходу до коригування організаційно-технологічних параметрів будівництва з урахуванням впливу сезонних коливань. Результати роботи мають значне наукове і практичне значення. Запропонований підхід базується на використанні методів сезонної декомпозиції часових рядів, що дозволяє точніше прогнозувати відхилення параметрів будівництва під дією природно-кліматичних факторів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у створенні універсального інструментарію для аналізу сезонного впливу на будівельні процеси. Це стало можливим завдяки адаптації існуючих методів декомпозиції часових рядів до специфіки організації будівництва. Розроблений підхід дозволяє визначати зміни у вартості, термінах виконання робіт та їх трудомісткості, враховуючи сезонні коливання та специфіку об'єктів будівництва. Впровадження цих методів сприяє підвищенню точності прогнозування і прийняття управлінських рішень, що є ключовим для ефективного управління будівельними проектами.

Практичне значення дослідження полягає у тому, що запропоновані методи та моделі можуть бути застосовані в діяльності підрядних організацій і служб замовника. Інформаційно-аналітичний комплекс, розроблений на основі проведеного дослідження, дозволяє автоматизувати процес аналізу впливу сезонності на будівельні процеси. Це значно полегшує управління ресурсами, скорочує час на підготовку проектної документації та мінімізує ризики відхилення від планових показників.

У процесі роботи обґрунтовано важливість врахування сезонних чинників під час організації будівництва. Проведений аналіз нормативної, науково-прикладної та статистичної бази дозволив встановити, що вплив кліматичних факторів має значення на всіх етапах будівництва — від планування до виконання робіт. Особливу увагу приділено створенню моделей прогнозування,

які враховують сезонні відхилення у термінах виконання робіт, їх трудомісткості та вартості. Моделі створено з урахуванням середньої похибки, що дозволяє забезпечити точність прогнозів на рівні 85–90%.

Запропоновані моделі прогнозування апробовано під час будівництва низки об'єктів у м. Київ та м. Чернівці. Застосування методики дозволило мінімізувати відхилення від проектних параметрів, що сприяло підвищенню ефективності використання ресурсів та зниженню фінансових витрат. Результати роботи інтегровані у навчальний процес Чернівецького національного університету ім. Юрія Федьковича та Київського національного університету будівництва і архітектури, що підтверджує їх значущість для підготовки фахівців будівельної галузі.

Розроблений інформаційно-аналітичний комплекс забезпечує автоматизацію процесів прогнозування, дозволяє проводити аналіз даних в онлайн-режимі, що усуває людський фактор і підвищує достовірність прийнятих рішень. Важливим результатом є інтеграція моделей у систему управління будівельними проектами, що дозволяє на новому рівні забезпечити прогнозування та планування будівельних процесів.

Результати дослідження демонструють важливість подальшої розробки інтегрованих рішень для автоматизації збору та аналізу даних. Це створить нові можливості для управління будівельними проектами, сприяючи більш точному плануванню, зменшенню відхилень від проектних параметрів та забезпеченню сталого розвитку галузі.

Список використаних джерел

- 1 Антипенко Е. Ю. Принципы анализа капитальных вложений: монография / Е. Ю. Антипенко, В. И. Доненко. Запорожье : Фазан ; Дикое Поле, 2005. 420 с.
- 2 Доненко В. І. Особливості розробки програмних продуктів для потреб модернізації процесів організації будівництва / В. І. Доненко // Містобудування та територіальне планування : науково-техн. збірник. Вип. 48. Київ, 2013. С. 142-147.
- 3 Бадеян Г.В. Технологические основы возведения монолитных железобетонных каркасов в высотном жилищном строительстве: дисс. ... докт. наук: спец. 05.23.08. Киев, 2000. 409 с.
- 4 Білик, А. О. Інструментарій організації будівництва для спеціальних інфраструктурних проєктів : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.08 / А. О. Білик ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. - Київ, 2016. - 23 с.
- 5 Бондар, О. А. Методи управління підприємством в умовах ринку (за принципом поточкорозподілу) [Текст] : монографія / О. А. Бондар, В. І. Анін. – К. : Науковий світ, 2010. – 135 с.
- 6 Бондар О. А. Організації-сітки як суб'єкти ринкових відносин [Текст] / Шляхи підвищення ефективності в будівництві в умовах ринкових відносин : зб. наук. праць. К. : Науковий світ, 2007. – Вип. 17. – С. 55–61.
- 7 Большаков В.И., Разумова О.В. Использование стальной повышенной прочности в новом высотном строительстве и реконструкции. Днепропетровск: Пороги, 2008. 2014 с.
- 8 Большаков В.И., Жербин М.М., Разумова О.В. Основы формирования стальных каркасов многоэтажных и высотных зданий. Днепропетровск: ПГАСиА, 2003. 124 с.
- 9 Бушуев С.Д., Морозов В.В. Управление закупками в проектах: В 2 т. / Украинская ассоциация управления проектами, УкрИНТИ. –К.: УкрИНТИ, 1999. Т.1. Главы 1–4. – 188с.; Т.2. Главы 5–8. Приложение. –196 с.
- 10 Галінський О.М., Вахович І.В. Вакуленко Н. М., Жмуденко Т.В.

Концептуальні підходи до формування організаційних та економічних механізмів переходу будівельної галузі України на засади саморегулювання // Будівельне виробництво: міжвідомчий науково-технічний збірник. // Будівельне виробництво: міжвідомчий науково-технічний збірник. – К.: НДІБВ – 2010. – вип. 52. – С.11-16

11 Гончаренко Д. Ф. Возведение многоэтажных каркасно-монолитных зданий : монография / Гончаренко Д. Ф., Карпенко Ю. В., Меерсдорф Е. И. ; под ред. Д. Ф. Гончаренко. – Киев : А+С, 2013. – 128 с.

12 Гончаренко Д. Ф. Методы формирования инженерной подготовки реконструкции промышленных предприятий : дис ... д-ра техн. наук : спец. 05.23.08 «Технология и организация промышленного и гражданского строительства» / Гончаренко Дмитрий Федорович. – Москва, 1992. – 486 с.

13 Гриценко О.С. Новітні інформаційні продукти як засіб удосконалення навчального процесу / Гриценко О.С., Гриценко Ю.О., // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин». – Вип.25. К.:КНУБА, 2011

14 Гусаков А.А. Организационно-технологическая надежность строительного производства: монография. Москва: Стройиздат, 1974. 252 с.

15 Дикман Л.Г. Организация строительного производства/Учебник для строительных вузов /М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 608 с.

16 Дикман Л.Г., Дикман Д.Л. Организация строительства в США / Учебное издание / М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 376 с.

17 Дукарский О.М., Данилюк В.А., Браверман В.Я. Формирование сбалансированных планов подрядных работ. – К.: Будівельник, 1990.

18 Заяць Є.І. Розвиток методів оцінки, обґрунтування та вибору раціональних організаційно-технологічних рішень зведення висотних багатофункціональних комплексів. Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2015. № 6 (207). С. 37-44.

19 Заяц Е.И. Анализ вариантов возведения высотных зданий с использованием

- металлического и железобетонного каркасов. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: создание высокотехнологических экомплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития. 2013. Вып. 68. С. 158-162.
- 20 Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва : Монографія / Р.Я. Зельцер та ін. – К.: «МП Леся», 2017. – 210 с.
- 21 Кирнос В. М. Организация строительства / Кирнос В. М., Залуниин В. Ф., Дадиверина Л. Н. – Днепропетровск : Пороги, 2005. – 309 с.
- 22 Кирнос В.М., Залуниин В.Ф., Дадиверина Л.Н. Организация строительства: Учеб. пособие для студентов строит. спец. – Днепропетровск.: Пороги, 2005. – 309 с.
- 23 Кадол Л.В. Актуальні проблеми визначення вартості будівництва. Вісник КНУ. 2016. № 43. С. 148-163.
- 24 Кадол Л.В. Сучасні аспекти визначення вартості будівництва висотних будівель на Україні // науковий журнал «Причорноморські економічні студії»// - м. Одеса: Причорноморський науково – дослідний інститут економіки та інновацій, 2018.- С.63-67.
- 25 Технологія будівельного виробництва. Книга 3. Монтажні та механо-монтажні роботи. Навчальний посібник / Під ред. О. М.Лівінського. – К.:МП “Леся”, 2012 р. – 412 с.
- 26 Лубенець В.Г. Основи управління будівельним виробництвом. –К.; Вища школа, 1995.
- 27 Лубенець В.Г., Демидова О.О. Проектування організації будівництва промислових та цивільних будівель і споруд: Навчальний посібник.-К.: КНУБА, 2007.- 136 с.
- 28 Управління будівництвом [Текст] : конспект лекцій для студентів, які навчаються за напрямом підгот. 6.060101 "Будівництво" / [Н. І. Нікогосян та ін.] ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. - Київ : КНУБА, 2014. - 19 с.
- 29 Нікогосян Н.І., Демидова О.О., Погорельцев В.М Основні форми

організації розподільчої логістики будівельно-виробничого підприємства// Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник / Відпов. ред. М.М. Осетрін. – К., КНУБА, 2012. – Вип. 46. –403-407с.

30 Погорельцев В. М. Модель “Підготовка-орг-стандарт” – інноваційна методико-аналітична основа попередження ризиків підготовчої фази будівельних проектів.//Збірник наукових праць „Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин”.-Вип.20.- К.: КНУБА, 2016- С.3-13.

31 Погорельцев В. М. Ліцензування будівельної діяльності пов'язаної із створенням об'єктів архітектури / В. М. Погорельцев, Р. Я. Зельцер // Містобудування та територіальне планування : науково-техн. збірник. Вип. 51. – Київ, 2014. – С. 458-468.

32 Нікогосян Н.І., Демидова О.О., Погорельцев В.М Основні форми організації розподільчої логістики будівельно-виробничого підприємства// Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник / Відпов. ред. М.М. Осетрін. – К., КНУБА, 2012. – Вип. 46. –403-407с.

33 Поколенко В.О. Запровадження інструментарію вибору альтернатив реалізації будівельних проектів за функціонально-технічною надійністю організацій-виконавців / В.О. Поколенко, Г.М. Рижакова, Д.О. Приходько // Управління розвитком складних систем. – 2014. – Вип. 19. – С.104 – 108.

34 Радкевич, А. В. Оцінка вірогідності моделей вибору режимів організаційнотехнологічних процесів [Текст] / А. В. Радкевич, Т. В. Ткач // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – Дніпропетровськ : Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2012. – № 3. – С. 147-150. –

35 Радкевич А. В. Моделі оптимізації організаційних процесів будівельного виробництва підрядних підприємств України [Текст] / А. В. Радкевич, І. А. Арутюнян, Д. В. Сайков // Управління розвитком складних систем. – К., 2018. – № 33. – С. 124-130

36 Радкевич А. В. Оптимізація організаційних процесів будівельного

виробництва як формотворча складова конкурентоспроможності підрядних підприємств [Текст] / А. В. Радкевич, І. А. Арутюнян, Д. В. Сайков // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. – К., 2018. – № 35. – С. 64-73

37 Рыбальский В.И. Автоматизированные системы управления строительством. – К.: Вища школа, 1979.

38 Richard L. Urban construction project management / L. Richard, J. Eschemuller. – New York : McGraw-Hill, 2008. – 480 p

39 Sidney V. L. Project management in construction / V. L. Sidney. – New York : McGraw-Hill, 2006. – 402 p.

40 Менеджмент в строительстве: Учебн. пособие/ Под ред. И.С.Степанова. – М.: Юрайт-издат, 2001. – 540 с.

41 Тонкачев Г. Н. Перспективы и эффективность использования опалубки из экструдированного пенополистирола для стен и перекрытий зданий / Г. Н. Тонкачев, М. В. Кушнарев, И. В. Глущенко // Містобудування та територіальне планування : науково-техн. збірник. Вип. 51. – Київ, 2014. – С. 614-619.

42 Управління будівництвом [Текст] : конспект лекцій для студентів, які навчаються за спец. 192 "Будівництво та цивільна інженерія" / [О. А. Тугай та ін.] ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. - Київ : КНУБА, 2018.

43 Тригер Г.М. Розробка й оптимізація календарних планів зведення комплексу будівель і споруд: Навч. посібник. – К.: ІСДО, 1993.

44 Організація будівництва/ С.А. Ушацький, Ю.П. Шейко, Г.М. Тригер та ін.; За редакцією С.А. Ушацького. 0-64 Підручник. – К.: Кондор, 2007. – 521 с

45 Федосова О. В. Проблеми трансферу сучасних систем будівельних технологій [Електронний ресурс] / О. В. Федосова, Г. В. Шпакова // Нові технології в будівництві. - 2010. - № 1. - С. 52-57

46 Организация строительного производства: Учебник для вузов / Т.Н. Цай, П.Г. Грабовый, В.А. Большаков и др. – М.: Изд-во АСВ, 1999.

47 Chernenko V.K. Tekhnolohiia budivel'noho vyrobnytstva. – К.: Vyscha shk.,

2002 – 325р.

48 Технологія будівельного виробництва: Підручник / В. К. Черненко, М. Г. Ярмоленко, Г. М. Батура та ін.; За ред. В. К. Черненка, М. Г. Ярмоленка. — К.: Вища шк., 2002. — 430 с.

49 Черненко К. В. Аналіз автоматизованого будівництва багатоповерхових житлових громадських будинків і споруд в Японії / К. В. Черненко // Містобудування та територіальне планування: науково-техн. збірник. Вип. 51. Київ, 2014. С. 662-671.

50 Шапиро В.Д. и др. Управление проектами. – СПб.: “Два Три”, 1996. – 610 с.

51 Шумаков, И. В. Оптимизационные тенденции в прогнозировании продолжительности строительства / И. В. Шумаков, Р. И. Микаутадзе, И. И. Ляхов // Наук. вісн. буд-ва: зб. наук. пр. – Харків, 2018. – Т. 91, № 1. – С. 115–121.

52 Якименко О. В. Технологія будівельного виробництва: навч. посібник / О. В. Якименко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 411 с.

53 Якименко О. В. Бетонні роботи : монографія / О. В. Якименко, О. В. Кондращенко, А. О. Атинян ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 277 с.

54 Ярмоленко М.Г. та ін. Технологія будівельного виробництва К.: Вища шк., 2005. — 342 с.

55 Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва : Монографія / Р.Я. Зельцер та ін. – К.: «МП Леся», 2017. – 210 с.

56 Зельцер Р. Я., Дубінін Д. В. Прикладний інструментарій формалізації процесів організації будівництва // Будівельне виробництво. 2017. Вип. 63/1. С.116–122

57 Гусаков А.А. Организационно-технологическая надежность строительства. / Гусаков А.А., Веремеенко С.А., Гинзбург А.В. и др. М.: SvR, Аргус, 1994.–

470 с.

58 Дубінін Д.В. Прогнозування ресурсних потоків будівельного підприємства /Д.В.Дубінін// зб. наукових праць «Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві». – Вип. 3- Луцьк: Луцький НТУ. – 2015. – С.74-78

59 Дубінін Д. В. Інноваційна адаптивна модель ресурсно-логістичного та організаційно-структурного забезпечення будівництва// Управління розвитком складних систем. 2015. Вип. 24. С.170 —177.

60 Сорокіна ЛВ «Нечітка арифметика» як засіб оцінювання економічного ефекту від зміни строків виконання будівельних робіт/ ЛВ Сорокіна, АФ Гойко, ОВ Регіда// Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин» 2014.- Вип. 32 С.99-111

61 Altukhova D. The improvement of construction planning efficiency by using the theory of restriction / In the digest: Buildmaster-class-2016: Theses report of the international scientific-practical conference of young scientists. – Kyiv, KNUCA, 16-18 of November 2016. – P. 195-196

62 Тугай О.А. Передумови та аналітичні основи запровадження інновацій в організаційно-технологічне моделювання підготовки будівництва / О.А. Тугай [та ін.]// Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. – К. : КНУБА, 2009. – Вип. № 35. – С. 449-458

63 Титок В.В. Формування моделі житлового будівництва в місті/ В.В. Титок // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. -К.: КНУБА, вип.30- 2013р. – С. 90-98.

64 Ушацький С.А. Системно-управлінські та інжинірингові засади впровадження інновацій в організацію будівництва//Монографія.-К.: Науковий світ, 2003.-208 с.

65 Тугай О.А., Модернізовані інструменти девелоперського управління будівництвом/ О. А. Тугай, В. О. Поколенко, Г. М. Рижаківа, Д. О. Приходько, З. В. Лагутіна, С. П. Стеценко // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин» 2012.- Вип. 27 ч.1с.86-98

66 Зельцер Р. Я, Дубінін Д. В. Прогнозування реальних термінів постачання

- ресурсів будови на основі фрактальних характеристик ряду їх відхилень // Нові технології в будівництві. 2016. Вип. 30. С. 66–70.
- 67 Стеценко С.П., Беленкова О.Ю., Литвиненко О.В. Вплив сезонних коливань на вартісні параметри будівельного виробництва. Управління розвитком складних систем. 2017. Вип. 32. С. 179–185.
- 68 Стеценко С.П., Беленкова О.Ю. Методичний підхід до визначення впливу сезонних коливань на вартість будівельних матеріалів. Науково-практ. конференція «Визначення вартості об'єктів будівництва, проектних, будівельно-монтажних, ремонтно-будівельних робіт із застосуванням сучасних технологій і матеріалів. Управління вартістю життєвого циклу об'єктів-2019», Івано-Франківськ, 2019.
- 69 Самаха Бассам Фарес. Організаційно-технологічне моделювання будівництва на основі нечіткої логіки // автореф. дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю - 05.23.08 - „Технологія та організація промислового та цивільного будівництва. -20с.
- 70 . 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
- 71 Алтухова Д.В., Зельцер Р.Я. Орієнтовна вартість і тривалість комплексів робіт у житловому будівництві / Д.В. Алтухова, Р.Я. Зельцер // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Зб. наук. праць. – Вип. № 31. – К: КНУБА, 2014. – С. 70-75.
- 72 Алтухова Д.В. Календарне планування в сучасних умовах / Д.В. Алтухова, О.А. Тугай // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Зб. наук. праць. – Вип. № 34. – К: КНУБА, 2015. – С. 31-39
- 73 Титок В.В. Комплексний попередній аналіз інноваційноінвестиційного проекту в житловому будівництві. Шляхи підвищення ефективності будівництва в формування ринкових відносин. 2016. Вип. 34. С. 139-151.
- 74 ДБН А.3.1.-5-2016. Організація будівельного виробництва. Чинні з

1.05.2016 р.

75 Зміна №1 до ДБН А.2.2-3-2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. Чинні з 1.10.2014 р.

76 ДБН А.2.1-1-2014 Інженерні вишукування для будівництва. Чинні з 1.05.2016 р.

77 ДБН А.3.1.-5-2016. Організація будівельного виробництва. Чинні з 1.05.2016 р.

78 ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 Правила визначення вартості будівництва : [електронний ресурс] - Режим доступу: <http://dbn.at.ua>.

79 ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015. Настанова з виконання робіт при виготовленні та монтажі будівельних конструкцій [Текст]. – Чинний від 2016-04-01. – Київ : Мінрегіон України, 2016. – 96 с

80 . ДСТУ Б В.2.8-8-96. Будівельна техніка, оснастка, інвентар та інструмент. Машина та обладнання для механізації штукатурних робіт в будівництві. Загальні технічні вимоги.

81 Джерело: https://www.sop.com.ua/article/505-vrahovumo-pogodn-umovi-na-budvnitstv?from=PW_Time_authOT&ustp=W

82 Шуляк О. Державні закупівлі на будівельному ринку як індикатор необхідних трансформацій / О. Шуляк // Строительные материалы и изделия. - 2018. – № 1-2. – С. 92-94.

83 Мацапура О.В. Методичні підходи до оцінювання ціни конкурсних пропозицій: надбання та недоліки / О. В. Мацапура // Вісник НУ"ЛП" Менеджмент та підприємництво: етапи становлення і проблеми розвитку. 2015. 819. С. 142-147.

84 Галінський О. М., Вахович І. В., Цифра Т. Ю. Міжнародна практика формування договірних відносин у будівництві // Будівельне виробництво. – К.: НДІБВ. – № 54. – 2012. – С. 3-7.

85 Matsapura O. (2018). Прогнозування та регулювання витрат на спорудження тепломереж для суспільних потреб. Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин, (38), 91–104.

- 86 Моделирование динамических процессов по временным рядам [Текст] / Вартанян В. М. [и др.] ; Харьк. авиац. инт им. Н. Е. Жуковского. □ Х. : ХАИ, 2012. 264 с.
- 87 Fischer В. Decomposition of Time Series. Comparing Different Methods in Theory and Practice. Eurostat working group document. 1995. 73 p. URL: <http://europa.eu.int/en/comm/eurostat/research/noris4/documents/decomp.pdf>.
- 88 Кальдишев Г. С. Анализ временных рядов и прогнозирование [Текст] Г. С. Кальдишев, А. А. Франкель. – М.: Статистика, 1973. – 103 с.
- 89 Fischer В. Decomposition of Time Series. Comparing Different Methods in Theory and Practice. Eurostat working group document. 1995. 73 p. <http://europa.eu.int/en/comm/eurostat/research/noris4/documents/decomp.pdf>
- 90 Бєлєнкова О.Ю. Стратегія та механізми забезпечення конкурентоспроможності будівельних підприємств на основі моделі сталого розвитку: монографія. Київ: Ліра-К, 2020. 512 с.
- 91 Gardner E.S., Jr. Exponential Smoothing: the State of the Art. Journal of Forecasting. 1985. Vol. 4, No. 1. P. 1–28.
- 92 Сніжко С. В. Конспект лекцій з курсу «Статистика» (для студентів 2 курсу денної та 3 курсу заочної форми навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, галузі знань 0305 «Економіка і підприємництво», напряму підготовки 6.030509 «Облік і аудит») / Авт.: С. В. Сніжко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва – Х.: ХНАМГ, 2010 – 196 с.
- 93 Михайлов В. С. Сезонні коливання та календарні ефекти: окремі проблеми теорії і практики статистичного оцінювання / В. С. Михайлов, Ю. І. Прилипко, К. І. Шепель // Статистика України. – 2012. – № 4. – С. 21–26
- 94 . Антохонова И.В. Методы прогнозирования социально-экономических процессов. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2005. 212 с.
- 95 Ніколаєва О. Г. Прогнозування показників будівельної галузі України з урахуванням сезонності / О. Г. Ніколаєва, А. С. Лубенець // Науковий вісник будівництва. - 2015. - № 3. - С. 208-212.
- 96 Голяндина Н.С. Метод «Гусеница» □ SSA: анализ временных рядов: [учеб.

пособ.] /Голяндина Н.Э. □ СПб.: Изд-во СПбГУ, 2004. □ 76 с.

97 Костюк В. О. Статистика: навч. посібник / В. О. Костюк, І. В. Мількін; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – 166 с.

98 Куліков П. М. Економіко-математичне моделювання фінансового стану підприємства: навчальний посібник / П. М. Куліков, Г. А. Іващенко. – Харків: ВД «ІНЖЕК», 2009. – 152 с.

99 Беленкова О.Ю. Вплив сезонних коливань на оборотні активи будівельного підприємства. Інвестиції: практика та досвід. 2015. № 19. С. 48–53.

100 Шуліков А. Е., Голованова М. А. Статистичне дослідження часових рядів цін на в2в-ринку / А. Е. Шуліков, М. А. Голованова // Економіка та управління підприємствами машинобудівної галузі: проблеми теорії та практики, 2011, № 2(14) С. 125–136.

101 Клебанова Т. С. Эконометрия на персональном компьютере: учебное пособие. Ч.1. /Т. С. Клебанова, Н. А. Дубровина. – Харьков: Изд. ХГЭУ, 1999. – 140 с

102 Єріна А.М. Статистичне моделювання та прогнозування / А.М. Єріна. – Київ : КНТЕУ, 2001. – 196 с.

103 Сорокіна Л. В. До проблеми вдосконалення методів прогнозування вартісних показників житлового будівництва / Л. В. Сорокіна, А. Ф. Гойко, В. А. Скакун // Будівельне виробництво. - 2015. - № 59. - С. 7-17

104 Makridakis Spyros G., Wheelwright Steven C., Hyndman Rob J. Forecasting: Methods and Applications. Wiley, 1998. P. 113.

105 Коваленко О.Ю. Прогнозування розвитку рекреаційних та інших об'єктів сезонного типу функціонування/ О.Ю. Коваленко// Наукові праці [Чорноморського державного університету імені Петра Могили комплексу "Києво-Могилянська академія"]. Серія : Економіка. - 2010. - Т. 126, Вип. 113. - С. 143-148.

106 . Jax Works small Business spreadsheet factory. – Internet resource. – Way for access on 24.01. 2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://www.jaxworks.com/>.

107 Shiskin J., Eisenpress H., Young A. H., Musgrave J. C. The X-11 Variant of Census Method II Seasonal Adjustment Program. Technical Paper No. 15, Bureau of the Census, U. S. Dept. of Commerce, 1967.

108 Кошечкин С.А. Алгоритм прогнозирования объёма продаж в MS EXCEL. Маркетинг за рубежом. 2001. № 5(25). С.35 -42.

109 Зельцер Р. Я, Дубінін Д. В. Прогнозування реальних термінів постачання ресурсів будови на основі фрактальних характеристик ряду їх відхилень// Нові технології в будівництві. 2016. Вип. 30. С.66 -70.

110 Дубінін Д.В., Зельцер Р.Я., Воронюк Ю.І. Методичний підхід до побудови системи формалізації процесів організації будівництва// Будівельне виробництво. 2017. Вип. 62/1 С.53 -59

111 Гойко А.Ф. Стратегічне управління логістичними бізнес-процесами будівельних підприємств: пріоритетні задачі та шляхи їх вирішення: / А.Ф. Гойко, В. А. Скакун // Коммунальное хозяйство городов. 2009, № 87. С.172-178.

112 Дубінін Д. В., Зельцер Р.Я. Система формалізації процесів організації будівництва// Управління розвитком складних систем. 2017. Вип. 29. С.184 — 191

113 Зайченко Ю. П., Лабжинский В. А. Сравнительный анализ двух методов прогнозирования загрязнения воздушного бассейна/ Вісник КПІ, 2011, №8, с. http://it-visnyk.kpi.ua/wp-content/uploads/2011/03/50_08.pdf

114 Міхельс В. О. Економіко-математичні методи та моделі у будівництві / В.О. Міхельс, АВ. Беркута, А.Ф. Гойко, В.П. Бондар, І.В. Вахович, Ю.О. Гриценко; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. К.: Міленіум, 2010. 464 с.

115 Зельцер Р.Я. Інноваційні моделі і методи організації, управління і економічної оцінки технологічних процесів будівельного виробництва: монографія. Київ: «МП Леся», 2018. 208 с.

116 Сорокіна Л.В. та інші. Економетричний інструментарій управління фінансовою безпекою будівельного підприємства: монографія / за наук. ред.

д.е.н., проф. Л.В. Сорокіної. Київ: Київський національний університет будівництва і архітектури, 2017. 404 с.

117 Міхельс В. О. Економіко-математичні методи та моделі у будівництві / В.О. Міхельс, П.С. Шилюк, А.Ф. Гойко, В.П. Бондар; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. К.: Міленіум, 2006.

118 Гойко А. Ф., Міхельс В. О., Вахович І. В., Покровський Р. Л., Гриценко Ю.О. Принципи планування виробничої програми будівельного підприємства і методи нормування її параметрів: монографія / Київський національний ун-т будівництва і архітектури. К. : КНУБА, 2007. 56с.

119 Броневицький А.П. Організаційно-технологічне обґрунтування тривалості висотного цивільного будівництва в умовах ущільненої міської забудови. – автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.08, Київ, 2012. 21 с.

120. Ghosh, A., Edwards, D. J., & Hosseini, M. R. (n.d.). Patterns and trends in Internet of Things (IoT) research: future applications in the construction industry. <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2020-0271>

121. García de Soto, B., Agustí-Juan, I., Joss, S., & Hunhevicz, J. (2019). Implications of Construction 4.0 to the workforce and organizational structures. *International Journal of Construction Management*. <https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1616414>