МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету

__Кафедра *промислового та цивільного будівництва*__

Кваліфікаційна робота / проєкт

_____*ІІ рівень вищої освіти (магістерський)*_____

на тему **«Раціоналізація організаційно-технологічних рішень зведення будівель»**

Виконав: студент __*2*___ курсу,
групи:__*8.1923-пцб-2*_____
спеціальності:
*192 - Будівництво та цивільна інженерія*_
освітньої програми __*Промислове і цивільне будівництво*_____
____*Щербаков Дмитро Володимирович*_____
Керівник __*доцент, к.т.н. М.О. Полтавець*__
Рецензент_*_ст. викл., к.т.н., Є.Е. Арутюнян*___

Запоріжжя
20*24*

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
(другий (магістерський) рівень)
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(шифр і назва)
Освітня програма «Промислове і цивільне будівництво»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
завідувач кафедри *промислового та цивільного будівництва*
проф. І.А. Арутюнян
"___" _____20___року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЄКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Щербаков Дмитро Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи (проекту) *Раціоналізація організаційно-технологічних рішень зведення будівель*

Науковий керівник роботи *доц., к.т.н., Полтавець Марина Олександрівна,*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від "*30*" *09* 2024 року № *1486-с*
2. Термін подання студентом кваліфікаційної роботи *грудень 2024 р.*
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи *Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливості розвинення проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень, передбачувані методи виконання досліджень*
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *Проаналізувати теоретичні основи визначення надійності і концепцій організаційно-технологічного проєктування. Методики розрахунку організаційно-технологічного проєктування. Дослідження і пошук шляхів підвищення надійності організаційно-технологічного проєктування в житловому будівництві.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Від восьми графічних плакатів (слайдів) із результатами аналітичних обґрунтувань наукового напряму досліджень, результатами чисельних розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Полтавець М.О., доц.		
Розділ 2	Полтавець М.О., доц.		
Розділ 3	Полтавець М.О., доц.		

7. Дата видачі завдання *червень 2024*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Розділ 1. Теоретичні основи визначення надійності концепцій організаційно-технологічного проєктування	1 жовтня	
2	Розділ 2. Методики розрахунку організаційно-технологічного проєктування та його надійності	1 листопада	
3	Розділ 3. Дослідження і пошук шляхів підвищення надійності організаційно-технологічного проєктування в житловому будівництві	1 грудня	

Студент _____ Щербаков Д.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проєкту) _____ Полтавець М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Данкевич Н.О.
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Щербаков Д.В. Раціоналізація організаційно-технологічних рішень зведення будівель.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Науковий керівник доцент кафедри промислового та цивільного будівництва Полтавець М.О. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра промислово та цивільного будівництва, 2024 р.

Вдосконалена загальна методика організаційно-технологічного проєктування для підвищення надійності зведення житлових будівель; досліджена методика прогнозування термінів зведення житлових будинків на основі імовірнісно-статистичного підходу; проаналізований вплив напруженості робіт календарного графіку на надійність зведення житлових будівель; розроблені рекомендацій по оптимізації організаційно-технологічного проєктування і зменшенню ступеня ризику підрядної організації при зведенні житлових будівель.

Ключові слова: житлове будівництво, організаційно-технологічне проєктування, організаційно-технологічна надійність, безвідмовність, імовірнісно-статистичні методи, календарне планування, організаційно-технологічне моделювання.

ANNOTATION

Shcherbakov D.V. Rationalization of organizational and technological decisions of building construction.

Qualifying thesis for obtaining a master's degree in the specialty 192 "Construction and civil engineering". Research supervisor, Associate Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering Poltavets M.O. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebni, Department of Industrial and Civil Engineering, 2024.

The general method of the organization and technology planning is improved for the increase of reliability of report of housings buildings; the method of prognostication of terms of report of dwelling-houses is investigational on the basis of probabilistic-statistical approach; influence of tension of works is analysed calendar the graph on reliability of report of housings buildings; developed recommendations on optimization of the organization and technology planning and diminishing of degree of risk of by contract organization at the report of housings buildings.

Keywords: housing construction, organizational-technological design, organizational-technological reliability, fail-safe, probabilistic-statistical methods, calendar planning, organizational-technological modeling.

ЗМІСТ

Вступ…… 7

1 Теоретичні основи визначення надійності концепцій організаційно-технологічного проєктування …… 10

1.1 Сучасні засади будівництва і організаційно-технологічного проєктування……..... 10

1.1.1 Огляд стану та перспектив житлового будівництва України … 10

1.1.2 Основні підходи організаційно-технологічного проєктування житлових будівель …….. 16

1.2 Засади визначення організаційно-технологічної надійності …… 22

1.2.1 Методи прийняття управлінських рішень в будівництві в умовах невизначеності з імовірнісним підходом ……. 22

1.2.2 Визначення критеріїв оцінки організаційно-технологічної надійності проєктування будівельних операцій ……... 27

2 Методики розрахунку організаційно-технологічного проєктування та його надійності …… 34

2.1 Моделювання принципів надійності календарного планування в будівництві ……. 34

2.2 Дослідницькі розрахунки організаційно-технологічних моделей … 42

2.3 Імітаційне моделювання в будівництві, практична реалізація …… 52

2.4 Перевірка рівня надійності організаційно-технологічних моделей статистичними методами …… 62

3 Дослідження і пошук шляхів підвищення надійності організаційно-технологічного проєктування в житловому будівництві …… 72

3.1 Обґрунтування сучасних підходів організаційно-технологічного моделювання в будівництві …….. 72

3.2 Методи автоматизації організаційно-технологічного проєктування будівельних процесів …….. 80

3.3 Концепція напруженості при вдосконаленні організаційно-технологічного проєктування …… 85
3.4 Огляд засад безпеки в проєктування будівель і споруд …… 92
Висновки …….. 99
Список використаної літератури ……. 100

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Організаційно-технологічне проєктування являє собою складний процес, завдання якого полягає в тому, щоб скерувати організаційні, технічні й технологічні рішення на досягнення кінцевої мети – введення в експлуатацію об'єктів з необхідною якістю, у встановлені строки та з максимальним прибутком для підрядника.

Організаційно-технологічне проєктування (ОТП) є ключовим елементом у плануванні та реалізації будівельних та виробничих проєктів. Воно охоплює широкий спектр дій, спрямованих на забезпечення ефективного використання ресурсів, дотримання термінів та підвищення якості кінцевого продукту.

Основні етапи організаційно-технологічного проєктування включають:

- аналіз початкових даних - збір та оцінка інформації про об'єкт будівництва або виробництва;

- розробка організаційних рішень - визначення структурних підрозділів, розподіл ролей та відповідальності;

- технологічне планування - вибір методів і технологій виконання робіт, розробка графіків і планів;

- ресурсне забезпечення - планування матеріально-технічного постачання, кадрових ресурсів;

- контроль та управління - моніторинг процесу виконання робіт, коригування планів у разі відхилень.

Одним із ключових аспектів в організаційно-технологічному проєктуванні є надійність. В умовах ринкової економіки, коли замовник може висувати свої вимоги до якості споруджуваних об'єктів, поставок матеріально-технічних ресурсів, забезпечення технікою, механізмами та робочою силою, забезпечення надійності організаційно-технологічного проєктування стає особливо важливим. [28].

Надійність організаційно-технологічного проєктування характеризується ймовірністю втілення розроблених рішень, зокрема календарних планів будівництва об'єктів. Вона залежить від здатності усунути будівельні відхилення, спричинені дестабілізуючими чинниками під час будівництва [19].

Для підвищення ефективності будівництва необхідно підвищувати організаційно-технологічну надійність (ОТН) проєктування ще на етапі техніко-економічних обґрунтувань. Основою розробки організаційно-технологічної надійності має бути імовірнісно-статистичний підхід.

Зважаючи на це, організаційно-технологічну надійність проєктування можна розглядати як здатність організаційних, технологічних і економічних рішень забезпечувати стійкість в умовах випадкових чинників, властивих будівництву як складній стохастичній системі.

На сьогодні існує безліч ефективних методів виконання будівельно-монтажних робіт. Однак значна частина з них не отримала належного розвитку через недостатній рівень організаційно-технологічного проєктування.

Під час переходу до ринкової економіки значно зменшився обсяг організаційно-технологічної документації, що підкреслило необхідність ретельного вивчення факторів, які впливають на підвищення ефективності будівельного виробництва, та їх урахування в проєктній документації.

Зміни, що відбулися в будівельному комплексі за останні роки, обумовлюють необхідність продовження досліджень провідних вчених в області організації і управління будівельного виробництва [4, 8, 10, 27, 35] . Це зумовлює необхідність подальшого розвитку теорії та вдосконалення методик прийняття рішень, а також розробку нових методів і підходів у проєктуванні, щоб скоротити терміни виконання робіт та підвищити якість будівельної продукції. Відтак, тема роботи залишається актуальною.

Враховуючи вищезазначене приймемо такі твердження:

- *об'єкт дослідження* : компоненти організаційно-технологічного проєктування в будівельних компаніях для зведення житлових будівель;

- *предмет дослідження* : процес будівництва житлових будинків з акцентом на підвищення надійності організаційно-технологічного проєктування;

- *мета роботи*: удосконалення загальної методики організаційно-технологічного проєктування для підвищення надійності будівництва житлових об'єктів.

Завдання дослідження:

- аналіз та узагальнення досвіду попередніх досліджень в галузі організаційно-технологічного проєктування;

- дослідження методик прогнозування термінів будівництва житлових будинків на основі ймовірнісно-статистичного підходу;

- аналіз впливу щільності робіт календарного графіка на надійність зведення житлових будівель;

- розробка рекомендацій щодо оптимізації організаційно-технологічного проєктування та зменшення ступеня ризику підрядних організацій під час будівництва житлових об'єктів.

Наукова новизна дослідження полягає в удосконаленій методиці організаційно-технологічного проєктування, спрямованій на підвищення надійності будівництва житлових будівель, яка включає:

- прогнозування термінів та витрат на будівництво житлових будинків, використовуючи ймовірнісно-статистичні методи;

- обґрунтування організаційно-технологічної надійності шляхом використання ймовірнісної мережевої моделі.

Структура і об'єм кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновку, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає 104 сторінок тексту, у тому числі 20 рисунків, 15 таблиць. Список використаних джерел містить 56 найменування.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОНЦЕПЦІЙ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЄКТУВАННЯ

1.1 Сучасні засади будівництва і організаційно-технологічного проєктування

1.1.1 Огляд стану та перспектив житлового будівництва України

Житлове будівництво як діяльність спрямована на задоволення однієї з основних потреб людини – забезпечення гідних житлових умов. Воно є пріоритетом соціальної політики держави та важливим інструментом для підтримки економічного розвитку країни.

Відповідно до статті 47 Конституції нашої країни, «кожен має право на житло. Держава створює умови, за яких кожен громадянин матиме можливість побудувати житло, придбати його у власність або взяти в оренду. Громадянам, які потребують соціального захисту, житло надається державою та органами місцевого самоврядування безоплатно або за доступну для них плату відповідно до закону» [50].

У реальному житті задоволення житлових потреб громадян України та реалізація їхнього конституційного права на житло стикаються з численними труднощами. За такими показниками, як житлова забезпеченість, якість житла, його доступність та інші ключові параметри, що характеризують житлову сферу, Україна значно відстає від країн Європи.

Перехід до ринкової економіки в 90-х роках минулого століття не приніс очікуваного успіху у вирішенні житлових проблем українців. Лише незначна частина сімей з високими доходами змогла покращити свої житлові умови. Відмова держави від активної соціально-орієнтованої житлової політики призвела до значного скорочення загальних обсягів житлового будівництва,

майже вдвічі, та загострення житлової проблеми, успадкованої з радянських часів [14].

Враховуючи містобудівні, природні, будівельно-технічні умови місць будівництва, а також специфіку трудової діяльності та побуту населення, застосовуються житлові будівлі з різною поверховістю, планувальною та об'ємно-просторовою структурою, а також характером взаємодії з навколишнім середовищем.

Вдалий вибір поверховості житлових будинків та їх об'ємно-планувальної структури відіграє ключову роль як в економічному, містобудівному та архітектурному аспектах, так і у вирішенні соціально значущих питань, створюючи сприятливі умови для життя і діяльності населення [3].

При виборі поверховості багатоквартирних житлових будинків, окрім містобудівних та архітектурних завдань, велике значення мають економічні фактори. Установка ліфтів, сміттєпроводів та інших елементів значно підвищує витрати на будівництво та експлуатацію житлових будинків. У будинках висотою до 5 поверхів (у північних кліматичних районах та на півдні – до 4 поверхів) ліфти не потрібні, що дозволяє раціонально використовувати конструкції фундаментів, стін та покрівлі.

П'ятиповерхові будинки (або чотириповерхові в певних регіонах) широко використовуються в малих і середніх містах (із населенням 50–250 тисяч осіб) та в селищах (із населенням 10 тисяч і більше), що дозволяє ефективно використовувати територію, інженерні мережі, благоустрій та транспорт у таких населених пунктах [56].

Типологія житла швидко розширюється. Хоча поняття «соціальні норми» втратило своє значення, споживча привабливість житла для забудовників, будівельників і проєктувальників значно зросла. На даний момент в Україні типологія житла досить обмежена. Вона включає соціальне житло (муніципальні будинки, відомчі та інститутські гуртожитки) і

комерційне житло, яке класифікується на три розмиті категорії: «економ», «бізнес» і «люкс».

Залежно від контингенту заселення і тривалості проживання, житлові будівлі поділяються на чотири основні типи:

1) житлові квартирні будинки для породинного заселення і постійного проживання;

2) гуртожитки для тимчасового (тривалого) проживання робітників під час роботи та учнів на час навчання;

3) готелі для короткочасного проживання з періодичною зміною контингенту, який приїжджає з інших населених пунктів;

4) інтернати для постійного проживання інвалідів та людей похилого віку.

У масовому житловому будівництві основний вид житлових будинків (більше 90%) – квартирні будинки, призначені для породинного заселення.

За поверховістю житлові будинки поділяють на:

- малоповерхові (1 - 2 поверхи);
- середньої поверховості (3 - 5 поверхів);
- багатоповерхові (6 і більше поверхів);
- підвищеної поверховості (11 - 16 поверхів);
- висотні (більше 16 поверхів).

За кількістю квартир: на одноквартирні (індивідуальні), двоквартирні, багатоквартирні.

Житлові багатоквартирні будинки за своєю об'ємно-планувальною структурою можуть бути поділені [1, 2] на:

– секційні (рис.1.1);

– коридорні (рис 1.2);

– галерейні (рис. 1.3);

– коридорно- і галерейно-секційні;

– блоковані.

Найбільш масові – секційні будинки, вони складають 80% всього обсягу житлового будівництва (в Україні). У секційних будинках групи квартир розміщені поповерхово у зв'язку з вузлом вертикальних комунікацій (сходи, ліфти) і мають входи з сходових майданчиків або з ліфтових холів.

На сьогоднішній день будівельна галузь України перебуває в стані занепаду. Дані за останні п'ять років показують найнижчі показники виконаних робіт за останній рік порівняно з попереднім для нежитлових та інженерних споруд: нежитлові – 66,3%, інженерні споруди – 79,7%. Житлове будівництво знаходиться в дещо кращому стані, але, порівняно з країнами Західної Європи, забезпеченість житлом в Україні є в 3-5 разів нижчою.

Особливо варто відзначити питання якості будівництва. Хоча вона покращується, цей процес відбувається повільно. Органи ліцензування, експертизи та ціноутворення ще не забезпечують достатнього впливу на підвищення якості проєктування та будівництва. Важливим завданням залишається залучення позабюджетних коштів у будівництво. Також триває скорочення кількості зайнятих у галузі будівництва [31].

У таблиці 1.1 наведені фактори, що обмежують виробничу діяльність будівельних організацій.

Основна причина такого стану справ у будівельній галузі полягає в низькому рівні проєктування виробничої діяльності учасників будівельного виробництва і майже повній відсутності координації, викликаної різницею цільових функцій. Головна причина поточного стану будівельної галузі полягає в низькому рівні планування виробничої діяльності учасників будівельного процесу та майже повній відсутності координації через різницю в цільових функціях і, відповідно, прийнятих рішеннях.

Аналізуючи процеси на ринку житла та загальні макроекономічні тенденції, можна з високою ймовірністю припустити, що ринок житла в

Україні й надалі буде перебувати в стані депресивної стабільності. Головним трендом його розвитку буде подальше поступове зниження цін.

Очевидно, що для виходу з нинішнього стану депресивної стабільності ринку житлової нерухомості необхідно досягти ефективного балансу між цінами пропозиції та купівельною спроможністю населення, зокрема тих, хто потребує поліпшення житлових умов. Важливим елементом цього процесу має стати активізація державної діяльності, спрямованої на регулювання процесів, насамперед цінових, що відбуваються на ринку житла [31].

1.1.2 Основні підходи організаційно-технологічного проєктування житлових будівель

Будівельний ринок спричинив потребу у розвитку нових методів організаційно-технологічного проєктування. Тому створення нових систем для підвищення ефективності організаційно-технологічного проєктування в будівництві є актуальною проблемою, яка має як наукове, так і практичне значення.

Аналіз та узагальнення як вітчизняних, так і зарубіжних літературних джерел, а також практичний досвід в організаційно-технологічному проєктуванні будівельного виробництва, виявили значний обсяг знань у сфері технології та організації робіт. Проте, це не виключає необхідності подальшого розвитку та вдосконалення методик прийняття рішень [6, 34, 38].

Теорія організаційно-технологічного проєктування, відображена в роботах видатних вчених [4, 8, 10, 27, 33, 35], не враховує взаємозв'язок організаційно-технологічних і керуючих систем, що ускладнює їх використання для вирішення проблем сучасного будівельного виробництва. Відсутність чітких рішень з цих питань вимагає застосування ряду логічних і методичних заходів для підвищення ефективності та надійності організаційно-технологічного проєктування в існуючих умовах. Це передбачає розробку нових підходів і методів у організаційно-технологічному проєктуванні

будівельного виробництва з метою стабілізації рівня надійності, строків виконання робіт і введення об'єктів в експлуатацію [26].

В попередніх умовах господарювання для окремих об'єктів складалися річні плани. Внаслідок цього будівництво велося виключно за попередньо розробленими рішеннями з організації, технології та планування виробничих робіт, які повинні були бути враховані в проєктах організації будівництва (ПОБ) та проєктах виробництва робіт (ПВР).

Під час будівельного виробництва забезпечувалася взаємодія всіх ключових суб'єктів, включаючи оформлення документації з організації будівництва і виконання робіт, матеріально-технічне забезпечення будівництва, охорону навколишнього середовища, механізацію та транспорт, організацію праці, якісне виконання будівельно-монтажних робіт та оперативно-диспетчерське управління.

Також для кожного окремого об'єкта складалися оперативні плани, які були заключним етапом у системі планування будівельного виробництва. Вони призначалися для деталізації річних планів і їх коригування з урахуванням фактичного стану робіт на об'єкті [43].

Сучасний аналіз будівельної галузі показує, що продовжується зниження фізичних обсягів робіт, забезпеченості матеріальними та трудовими ресурсами, а також інвестиціями.

У процесі організаційно-технологічного проєктування будівельні організації стикаються з різними питаннями. Найважливіші з них включають: визначення раціональних строків завершення комплексу робіт або введення об'єкта в експлуатацію, враховуючи їх технологічні особливості та ресурсні можливості організації; скорочення строків здачі об'єктів замовнику (збільшення обороту капіталу) без суттєвих змін витрат на ресурси (матеріальні, трудові тощо).

Деякі питання пов'язані з формуванням плану робіт на найближчу перспективу, такі як: оцінка можливостей організації щодо збільшення обсягу робіт за рахунок укладення договорів на будівництво певних об'єктів, з

урахуванням наявних фінансових та інших ресурсів; оцінка впливу порушення договірних зобов'язань одним з партнерів на плановані результати діяльності організації; визначення строків завершення робіт на конкретних об'єктах або в цілому по комплексу об'єктів до визначених календарних дат; встановлення строків завершення робіт з урахуванням заданого рівня ризику і характеристик співвиконавців.

Всі перелічені питання сприятимуть вдосконаленню організаційно-технологічного проєктування, орієнтованого на ефективне використання всіх видів ресурсів для досягнення кінцевого результату – введення об'єкта в експлуатацію у заплановані терміни, із дотриманням необхідної якості та максимальним прибутком.

Склад та обсяг проєктної документації з організації будівництва і виконання робіт, включаючи питання підготовки будівельного виробництва, матеріально-технічного забезпечення, механізації та транспорту, організації праці, забезпечення якості будівельно-монтажних робіт, оперативно-диспетчерського управління, охорони навколишнього середовища встановлюються затвердженими Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України Будівельними нормами і правилами – ДБН А.3.1-5-2016 «Організація будівельного виробництва» [37].

Вимоги ДБН слід обов'язково враховувати при зведенні нових, а також розширенні і реконструкції діючих об'єктів (підприємств, будівель, споруд та їх комплексів) усіх галузей народного господарства і видів будівництва. Вони обов'язкові для всіх учасників будівництва і спрямовані на забезпечення своєчасного виконання робіт. Особливу увагу в ДБН приділено вимогам до розробки проєктів організації будівництва (ПОБ) і проєктів виконання робіт (ПВР).

Організаційно-технологічна документація є важливою частиною проєктів підприємств, будівель та споруд. Розробка цієї документації, як і проєктів в цілому, може здійснюватися в одну або дві стадії. При

одностадійному проєктуванні в складі затверджуваних проєктів розробляється проєкт організації будівництва (розділ «Організація будівництва»). У двостадійному проєктуванні такий самий розділ розробляється на першій стадії в складі робочих проєктів.

На другій стадії в складі робочої документації та на її основі розробляється проєкт виконання робіт. Склад і зміст кожної стадії передбачені Державними будівельними нормами.

Організаційно-технологічна документація зазвичай включає календарні плани або сітьові графіки будівництва, будівельний генеральний план, схеми зведення основних будівель та споруд, технологічні карти та опис методів виконання складних будівельно-монтажних робіт, вказівки по геодезичній розбивочній основі, відомості обсягів робіт, графіки потреб у будівельних матеріалах, конструкціях, машинах і робочих кадрах, документацію з управління будівництвом та пояснювальну записку. Порядок і технологія розробки проєкту виконання робіт показані на рис. 1.4.

Організаційно-технологічна документація розробляється генеральним проєктувальником або спеціалізованими проєктними організаціями – оргтехбудами (проєктно-технологічними інститутами, трестами, їх філіями та відділами).

Обов'язковою вимогою до організаційно-технологічного проєктування є врахування в проєктах умов будівництва.

Наразі існує багато методів для ефективного проведення будівельно-монтажних робіт [13]. Однак, деякі з них не отримали подальшого розвитку через недостатній рівень організаційно-технологічного проєктування.

Аналізуючи економічні аспекти ринкових відносин, можна помітити, що обсяг і зміст організаційно-технологічної документації з часом зменшуються. Це вимагає більш детального вивчення факторів, які впливають на підвищення ефективності та надійності будівельного виробництва.

Щоб ефективно управляти процесами розробки якісної та конкурентоспроможної проєктної і робочої документації для будівництва,

необхідно спиратися на сучасні технологічні підходи. Це особливо важливо для проєктно-вишукувальних та інших організацій будівельного комплексу. Основним завданням кожної організації є забезпечення високої якості проєктної продукції або надання якісних проєктних та вишукувальних послуг. Для досягнення цієї мети всі процеси проєктного виробництва мають бути спрямовані на відповідність даному завданню, включаючи інформаційне забезпечення, підготовку персоналу, обчислювальні роботи, матеріально-технічне постачання тощо.

Розглядаючи основні правила в напрямку технологічного проєктування об'єктів будівництва можна виділити наступне [48]:

- організаційно-технологічний порядок проведення основних видів проєктних робіт і типові процеси розробки проєктної продукції;

- загальні вимоги щодо порядку оцінки та контролю якості проєктної продукції;

- положення щодо організаційного та технологічного забезпечення якості проєктної продукції та ефективності проєктного виробництва;

- терміни та визначення, що застосовуються в технології проєктування.

Одним з ключових завдань у сфері організаційно-технологічного проєктування є забезпечення фахівців і керівників проєктно-вишукувальних та будівельних організацій, замовників (інвесторів) і інших зацікавлених учасників інвестиційного процесу організаційно-методичними матеріалами з технології проєктування. Ці матеріали мають базуватися на єдиній системній, методологічній та термінологічній основі, що дозволить розробляти і застосовувати високоефективні технологічні процеси проєктування підприємств, будівель і споруд, забезпечуючи їх якість і конкурентоспроможність.

1.2 Засади визначення організаційно-технологічної надійності

1.2.1 Методи прийняття управлінських рішень в будівництві в умовах невизначеності з імовірнісним підходом

Основне завдання теорії надійності на етапі організаційно-технологічного проєктування полягає у прийнятті обґрунтованих рішень. Ці рішення охоплюють вибір структури робіт та їх виконавців, послідовність зведення будівельних об'єктів, кількість та тип тимчасових комунікацій і будівель, фронт робіт, матеріально-технічні та інші ресурси, а також варіанти організаційно-технологічних моделей для побудови оптимальної системи оперативного планування і управління [29].

Організаційно-технологічна надійність у будівництві дійсно залежить від багатьох випадкових факторів. Тут враховуються і погодні умови, і людський фактор, і технологічні процеси, які можуть вплинути на хід будівництва. Для підвищення надійності важливо враховувати всі можливі ризики та створювати ефективні системи управління цими ризиками.

Будівництво має імовірнісний характер через постійний вплив різноманітних випадкових чинників на хід робіт. Ці впливи складно передбачити та оцінити, оскільки вони мають різноманітну природу і їх наслідки можуть бути дуже різними [43].

Випадкові чинники можна класифікувати за наступними категоріями:

1) випадкові фактори технічного порядку: всілякі поломки машин, механізмів, деталей, транспортних засобів, низька якість матеріалів, конструкцій, що не дозволяє застосувати їх за призначенням; зміна проєктних рішень у процесі будівництва;

2) випадкові фактори технологічного порядку: усунення браку, переробка неякісно виконаних робіт; поява непередбачених робіт;

3) випадкові чинники організаційного порядку: порушення постачання матеріалів, конструкцій, зрив узгоджених термінів робіт, відсутність робочих необхідної спеціальності або кваліфікації;

4) випадкові чинники кліматичного порядку;

5) випадкові чинники соціального порядку: невихід працівника на виробництво, невиконання виробничого завдання при повному забезпеченні робіт, навмисне псування або розкрадання матеріалів, обладнання.

Дуже важливо оцінити вплив випадкових факторів, передбачити їх появу.

Вплив випадкових факторів виражається в тому, що при різних комбінаціях випадкових величин і їх різній природі, сукупний ефект, в кінцевому підсумку, проявляється в основному так: фактична тривалість робіт та фактичні витрати ресурсів відхиляються від значень, прийнятих у вихідних планах та графіках.

Проблема організаційно-технологічної надійності охоплює теоретичні, методологічні та практичні рішення багатофакторних організаційних завдань на різних рівнях будівництва та експлуатації об'єктів.

Основним завданням у процесі проєктування організації будівництва є створення організаційно-технологічної моделі, яка враховує склад та структуру будівельних підрозділів, бригад, машин, а також характер їх функціонування та взаємодії [40].

Процедура оцінки надійності будівництва представлена логічною моделлю на рис. 1.5.

Організаційно-технологічна надійність проєктування оцінюється в умовах невизначеності. Теорія статистичних рішень може бути витлумачена як теорія пошуку оптимально недетермінованої поведінки в умовах невизначеності [51]. Сучасна концепція статистичного рішення висунута А. Вальдом і вважає поведінку оптимальною, якщо вона мінімізує ризик в послідовних експериментах, тобто математичне очікування збитків статистичного експерименту. У такій постановці будь-яка задача

статистичних рішень може розглядатися як гра двох осіб, в якій одним з гравців є "природа".

Вибір найкращих рішень в умовах неповної інформації є одним з основних занять людей.

В якості критеріїв оцінки організаційно-технологічної надійності можна спиратися на існуючі критерії оцінки ризиків та прийняття рішень.

Критерій мінімальних витрат – критерій Вальда (1.1). Згідно цьому критерію обирається найкраще вирішення питання, яке є кращим при найбільш несприятливих умовах.

$$W = \max_{i=1...m} \min_{j=1...n} W_{ij}, \qquad (1.1)$$

де W_{ij} – витрати при $i-му$ рішенні та $j-му$ стані середи;

i – номер рішення ($i=1...m$);

m – кількість допустимих рішень;

j – стан середовища ($j=1...n$);

n – кількість станів середовища.

Критерій мінімальних витрат являє собою найбільш обережний, консервативний показник і застраховує від несприятливих наслідків при найбільш несприятливих випадкових вихідних даних.

Застосування цього критерію є обґрунтованим, якщо рішення приймається в таких умовах:

- про можливі зовнішні впливи середовища нічого не відомо;
- необхідно враховувати різноманітні зовнішні стани середовища;
- рішення реалізується одноразово;
- необхідно уникнути будь-якого ризику.

Критерій мінімального ризику (критерій Севіджа).

Відповідно до цього критерію, обирається варіант поєднання параметрів будівельної системи, для якого найбільший ризик є меншим за найбільший ризик для будь-якого іншого варіанту. При виборі рішення за цим критерієм порівнюється матриця функції користі з матрицею збитків по формулі (1.2):

$$D_{ij} = W_{ij} - \max_{i}(R_{ij}), \tag{1.2}$$

де R_{ij} – величина ризику при використанні сукупності параметрів i та сукупності вихідних даних j.

За песимістичним критерієм Вальда отримуємо мінімальне значення максимального шкодування прийняття $i-го$ рішення у $j-му$ стані. За допомогою матриці D по формулі (1.3) обирається рішення:

$$W = \max_{i=1...m} \min_{j=1...n} D_{ij}. \tag{1.3}$$

Критерій мінімального ризику не допускає надто високих втрат (відхилень), які можуть бути наслідком невірного рішення. Хоча він має деякі переваги порівняно з критерієм мінімальних витрат, цей критерій є досить обережним.

Критерій узагальненого мінімаксу – критерій Гурвіца (1.4). Згідно з цим критерієм знаходиться зважена комбінація найкращого і найгіршого поєднання випадкових величин за допомогою коефіцієнта оптимізма (песимізма) α, за якого критерій Гурвіца сягає мінімуму:

$$W = \max_{i=1...m}[\alpha \cdot \max_{i=1...m} W_{ij} + (1-\alpha) \cdot \min_{i=1...n} W_{ij}], \tag{1.4}$$

де α – коефіцієнт оптимізму.

Недолік критерію – складність вибору обґрунтованого коефіцієнта оптимізму.

Критерій Гурвіца застосовується у випадках, коли:

- про вірогідності появи стану j нічого не відомо;
- з появою стану j необхідно рахуватись;
- реалізується невелика кількість рішень;
- допускається деякий ризик.

Критерій недостатньої обґрунтованості (критерій Байеса-Лапласа).

Відповідно до цього критерію, обирається варіант поєднання параметрів, для якого досягається мінімальне середньоарифметичне значення витрат. Критерій недостатньої обґрунтованості відповідає критерію мінімуму математичного очікування, якщо вірогідності окремих поєднань випадкових вихідних даних є однаковими. Проте це припущення не завжди виконується.

Остаточне рішення після застосування всіх вищезазначених критеріїв оптимізації в умовах невизначеності приймається на основі наявного досвіду, інтуїції та додаткових міркувань, які не були враховані при комплектуванні.

1.2.2 Визначення критеріїв оцінки організаційно-технологічної надійності проєктування будівельних операцій

Критерій надійності є характеристикою, за якою оцінюється надійність будівельного виробництва. Оцінити організаційно-технологічну надійність будівельного виробництва можна за допомогою багатьох критеріїв [32].

Надійність характеризується такими критеріями, як безвідмовність, довговічність, ремонтопридатність, збереженість, справність та працездатність. Багато з цих критеріїв не характерні для будівельного виробництва, а ті, які можуть бути застосовані, повинні бути переглянуті з огляду на специфічність будівельного виробництва.

Відмови та тимчасові складові нормального виробничого циклу можна розглядати як випадкові процеси, при цьому кількісні показники надійності набувають імовірнісного характеру. Кількісні показники слід тлумачити

статистично і вірогідно: перше є необхідним для визначення показників на основі досвіду, а друге – для теоретичного аналізу надійності.

Неможливо оцінити надійність будівельного виробництва лише одним кількісним показником, необхідно використовувати їх сукупність. До таких показників відносяться: імовірність безвідмовної роботи, середній час між відмовами, інтенсивність відмов, їх частота, коефіцієнти надійності. Перелік критеріїв надійності та відповідних їм кількісних показників наведено в таблиці 1.2.

Основною кількісною характеристикою надійності системи є імовірність безвідмовної роботи протягом заданого часу t [23], що визначається за формулою (1.5):

$$p(t) = \frac{N - n(t)}{N}, \tag{1.5}$$

де N – число однорідних елементів на початку роботи;

$n(t)$ – число елементів, які відмовили (частково або повністю вийшли з ладу) за час роботи t.

Імовірність безвідмовної роботи є спадною функцією часу і має властивості: в початковий момент часу (при $t = 0$) $p(0) = 1$, а при $t \to \infty$ функція $p(t)$ прагне до нуля.

На практиці іноді більш зручною характеристикою є імовірність відмови $Q(t)$. Безвідмовна робота системи і поява відмови є подіями, несумісними і протилежними, тому сума їх імовірностей дорівнює 1 і виражається рівнянням (1.6):

$$Q(t) = 1 - p(t). \tag{1.6}$$

Для систем будівельного виробництва характерні не повні відмови, а часткові збої, які самостійно усуваються під час безперервного функціонування системи. В більшості досліджень з організаційно-

технологічної надійності будівництва основним показником надійності системи використовується коефіцієнт готовності. Він обчислюється за формулою (1.7) і являє собою відношення тривалості безвідмовної роботи системи за певний період її функціонування до суми тривалості безвідмовної роботи та часу відмов (збоїв або простоїв) за той самий період.

$$k_г = \frac{T}{T + \sum_{i=1}^{n} t_{відм}}, \qquad (1.7)$$

де T – тривалість безвідмовної роботи;

$t_{відм}$ – тривалість відмов i-го елемента системи; $i = \overline{1;n}$.

Безвідмовність як поняття організаційно-технологічної надійності – це здатність об'єкта підтримувати працездатний стан протягом певного періоду часу. Імовірність безвідмовної роботи означає ймовірність того, що протягом заданого часу не відбудеться жодної відмови в роботі системи.

Оцінка організаційно-технологічної надійності системи може бути проведена лише за результатами її діяльності. Цей результат визначається як імовірність виконання всього проєкту або певних робіт до встановленого терміну [23, 32]. Тому оцінка надійності будівельних систем передбачає оцінку ймовірності досягнення цілей.

Для кількісної оцінки організаційно-технологічної надійності використовується середній час безвідмовної роботи системи без внесення змін в її структуру та характер діяльності [45]. Знаючи середній фактичний час безвідмовного функціонування системи та планований час її роботи, можна, використовуючи закони теорії ймовірностей, визначити ймовірність безвідмовного функціонування системи протягом усього заданого періоду. (імовірність безвідмовної роботи – p). Ця імовірність, тобто надійність системи, виражається у відсотках або чисельно в інтервалі 0 ... 1: $0 < p \le 1$.

Система в процесі функціонування може перебувати у двох станах: відмови або безвідмовності. У процесі функціонування встановлюється

співвідношення між планованою $T_{пл}$ і фактичною $T_{ф}$ тривалістю виконання робіт. Отже, умови відмови і безвідмовності можна записати як

- відмова – $T_{ф} > T_{пл}$;

- безвідмовність – $T \le T_{пл}$.

Для визначення надійності застосовується методика теорії імовірностей, так як p є функцією розподілу випадкової величини $T_{ф}$. Чим більше p, тим надійніше система, тому критерій надійності виробничої системи можна представити у вигляді виразу (1.8):

$$p(T_{ф} < T_{пл}) \to \max . \qquad (1.8)$$

Вплив зовнішніх і внутрішніх випадкових факторів призводить до того, що хід виробничого процесу відхиляється від раніше запланованого. У зв'язку з цим керуюча система повинна періодично виробляти (B) і реалізовувати (P) заходи, які ліквідують негативні відхилення і забезпечують досягнення об'єктом управління заданого результату.

Імовірність p виконання цих дій системою управління на даному рівні керівництва U визначає надійність функціонування даної системи $p(U)$ за формулою (1.9):

$$p(U) = p(B, P) . \qquad (1.9)$$

Згідно з (1.9) вирішення проблеми надійності полягає у розробці та реалізації заходів (планів, організаційних і управлінських рішень), які забезпечують досягнення потрібного результату об'єктом управління.

У теорії ймовірностей відоме правило множення ймовірностей для залежних подій, яке свідчить: ймовірність спільного настання двох подій дорівнює добутку ймовірності першої події на умовну ймовірність другої події, обчислену за умови, що перша подія вже відбулася. Аналізуючи це правило, можна чітко інтерпретувати взаємозв'язок між підсистемою ухвалення рішень і підсистемою їх реалізації.

Тоді вираз (1.9) можна представити у вигляді (1.10):

$$p(U) = p(B, P) = p(B) \times p_B(P), \qquad (1.10)$$

де $p(B)$ – імовірність вироблення системою рішень, що забезпечують досягнення заданої мети системи;

$p_B(P)$ – імовірність реалізації системою вироблених рішень по досягненню заданої мети системи.

З формули (1.10) випливає, що ймовірність ухвалення рішень і ймовірність їх реалізації можна розглядати окремо. Ця позиція визначає два керунки у вирішенні проблеми надійності: аналіз надійності ухвалення рішень і забезпечення надійності функціонування системи під час реалізації рішень.

Як один з напрямків досліджень, багато науковців зосереджуються на забезпеченні надійності організаційно-технологічних моделей будівництва об'єктів. До таких моделей належать календарні плани виробництва будівельно-монтажних робіт, представлені в лінійному, сітьовому чи іншому форматі.

Огляд та аналіз стану будівельної галузі в Україні виявив фактори, що впливають на якість зведення житлових будівель. Тенденції розвитку житлового будівництва в країні підкреслюють потребу вдосконалення процесу організаційно-технологічного проєктування.

Досліджено, що надійність організаційно-технологічного проєктування є складною ймовірнісною системою, на яку впливають п'ять категорій випадкових чинників: технічні, технологічні, організаційні, кліматичні та соціальні. Вплив цих чинників призводить до відхилення фактичних строків і витрат ресурсів від запланованих. Усунення будь-якого з зазначених чинників сприяє зменшенню затримок у будівельному виробництві.

Розглянуті та описані такі критерії для оцінки організаційно-технологічної надійності, як імовірність безвідмовної роботи, середній час між відмовами, інтенсивність відмов, їх частота, а також коефіцієнти надійності. Визначення їх кількісних показників дозволяє оцінити надійність роботи

будівельної системи, тобто визначити ймовірність безвідмовної роботи будівельного виробництва.

2 МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО НАДІЙНОСТІ

2.1 Моделювання принципів надійності календарного планування в будівництві

Значення показника організаційно-технологічної надійності будівництва у багатьох методиках відображає ймовірність виконання графіка будівництва у встановлений термін.

Календарний графік будівництва об’єкта є одним з основних факторів, що використовується на всіх стадіях розвитку інвестиційного проєкту [22]. Календарний графік пов'язаний як з управлінням, так і з реалізацією проєкту. Він має бути актуальним і відображати поточний стан будь-якої запроєктованої будівлі чи споруди, а також всього будівництва загалом у будь-який період або момент часу. Форма візуалізації графіку (лінійна, сітьова чи циклограма) залежить від складності, розміру та суті виконуваних задач та робіт, а також від вимог та правил щодо графіка.

Аналіз організаційно-технологічної надійності будівництва [25] показав, що, незалежно від кризи, значення показника варіюються в межах від 0,5 до 0,7. За такої надійності можна виконувати календарний план у намічені строки. Перевищення цих значень призводить до так званої надмірної надійності, що спричиняє перевитрати ресурсів на забезпечення надійності будівництва. Розрахунок надійності планів дозволяє оцінювати їхню якість з точки зору можливості реалізації.

Календарне планування здійснюється за допомогою лінійних графіків (рис. 2.1), циклограм (рис. 2.2) та сітьових графіків (рис. 2.3).

N з/п	Найменування робіт	Одиниця виміру	Обсяг робіт	Трудовитрати	Час (хв.)										
					10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	Розвантаження РУМ-3	т	10,5	0,3											
2	Розподіл реагенту	га	15	1,2											
3	Очищення поверхні	га	15	4											
4	Підсушування покриття	га	15	2											

Рисунок 2.1 – Приклад лінійного графіка виробництва робіт

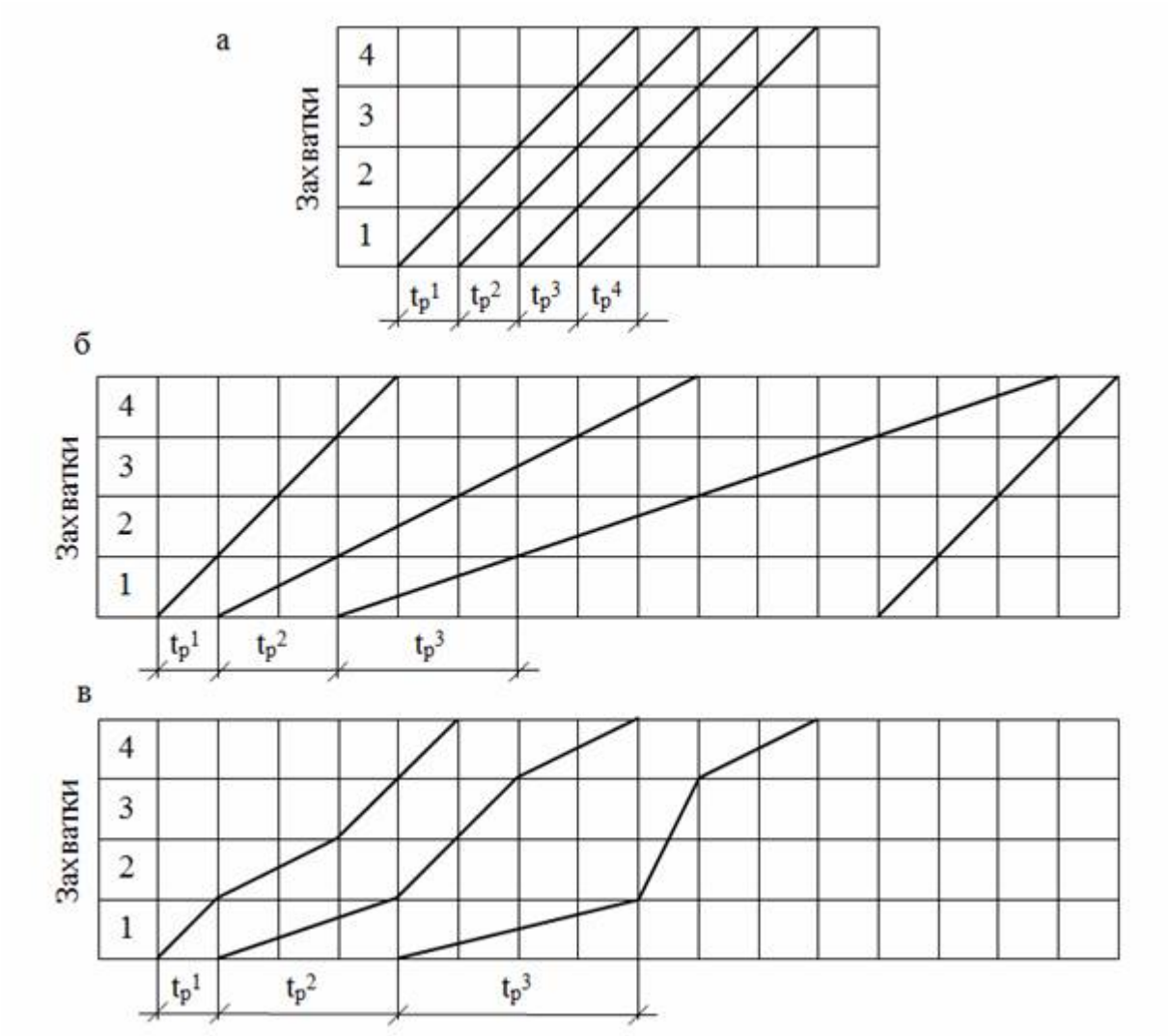


Рисунок 2.2 – Приклад можливих варіантів циклограм

Розглянуті розрахункові параметри сітьових графіків:

- тривалість виконання роботи – t_{ij};
- найбільш ранній (ранній) момент початку виконання роботи – $T_{ij}^{рп}$;
- ранній момент часу закінчення роботи – $T_{ij}^{рз}$;
- пізній момент часу початку роботи – $T_{ij}^{пп}$;
- пізній час закінчення роботи – $T_{ij}^{пз}$;
- загальний (повний) резерв робочого часу – R_{ij};
- частковий резерв часу роботи – r_{ij};
- ранній час звершення події – T_i^p (найбільш ранній момент часу);
- час пізнього звершення події – T_i^n;
- тривалість критичного шляху – $t_{кр}$;
- потенціал події – t_i^n.

Часова тривалість робіт визначається за формулами (2.1)-(2.2):

а) при механізованому способі виконання робіт:

$$t_{ij} = \frac{V_i}{П_{е.зм} \cdot n_{зм} \cdot K_n} \quad , \tag{2.1}$$

де V_i – об’єм робіт i-го виду;

$П_{е.зм}$ – змінна експлуатаційна продуктивність машин;

$n_{зм}$ – кількість робочих змін в добі;

K_n – коефіцієнт перевиконання норм.

б) при ручному способі виконання робіт:

$$t_{i-j} = \frac{V_i \cdot H_{час}}{N_i \cdot n_{зм} \cdot K_n} \quad , \tag{2.2}$$

де $H_{час}$ – норма часу;

N_i – кількість людей в бригаді на i–му виді робіт.

Для визначення тривалості процесів з заданою вірогідністю слід в нормативних документах наводити середню величину та середнє квадратичне відхилення норми часу. Тоді тривалість виконання процесів з мінімальним ризиком можна буде визначити за формулою (2.3):

$$t = \bar{t} + r \quad , \tag{2.3}$$

де r – ризик тривалості виконання процесів;

$\bar{t}$ – середня тривалість виконання процесів.

Ризик тривалості виконання процесів визначається за формулою (2.4):

$$r = \sqrt{V} \tag{2.4}$$

де V – варіація відхилення від середнього значення тривалості виконання процесів.

Варіація відхилення від середнього значення тривалості виконання процесів визначається за формулою (2.5):

$$V = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=1}^{j=n} V_{ij}}{n^2} \quad , \tag{2.5}$$

де V_{ij}^{n} – коваріація тривалості виконання процесів при використанні i-го та j-го випробування.

Коваріація тривалості виконання процесів за використання i-го та j-го випробування визначається за формулою (2.6):

$$V_{ij} = (t_i - \bar{t}) \cdot (t_j - \bar{t}) \, . \tag{2.6}$$

За наявності результатів натурних випробувань відповідних технологічних процесів можна обчислити організаційно-технологічну надійність будівництва будівель і споруд.

Для мінімізації організаційно-технологічного ризику та підвищення організаційно-технологічної надійності будівництва пропонуються певні рекомендації. Враховуючи, що в промисловому та громадському будівництві близько 85% робіт виконується машинами, можна стверджувати, що за нормальної організації надійність будівництва значною мірою залежить від ефективної роботи будівельних та транспортних машин.

Тривалість критичного (найдовшого) шляху визначається за формулою (2.7):

$$t_{кр} = \max_{S \in L_{i_0 z}} l^s = \max_{i \in V_z^+} T_{iz}^{рз} \tag{2.7}$$

де $T_{iz}^{рз}$ – час раннього закінчення роботи, що завершується останньою (Z) подією сітьового графіку;

l^s – довжина S-го шляху із $L_{i_0 z}$ в сітьовому графіку;

$L_{i_0 z}$ – множина шляхів в сітьовому графіку із i_0 в Z;

V_z^+ – множина початкових вершин дуг, що входять до Z.

Параметри робіт організаційно-технологічної моделі (сітьового графіка) (рис. 2.4) рекомендується розраховувати за наступними формулами (2.8)-(2.13):

$$T_{ij}^{рз} = \max_{h \in V_z^+} T_{hi}^{рз} = T_i^p; \tag{2.8}$$

$$T_{ij}^{рз} = T_i^p + t_{ij}; \tag{2.9}$$

$$T_{ij}^{пп} = T_{ij}^{пз} - t_{ij}; \tag{2.10}$$

$$T_{ij}^{пз} = \min_{k \in V_z^+} T_{jk}^{пп} = T_j^n; \quad (2.11)$$

$$R_{ij} = T_{ij}^{пз} - T_{ij}^{рз} = T_{ij}^{пп} - T_{ij}^{рп}; \quad (2.12)$$

$$r_{ij} = T_{jk}^{рп} - T_{ij}^{рз}. \quad (2.13)$$

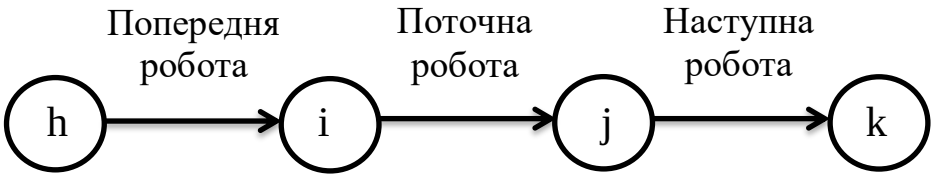


Рисунок 2.4 – Схема утворення топології сітьового графіка

Визначення ранніх часових параметрів сітьового графіку виконується від вихідної події графіку (вершина i_0) до кінцевої події графіку. Визначення пізніх часових параметрів організаційно-технологічної моделі виконується зворотнім ходом від кінцевої до вихідної події сітьового графіку. При кінцевій (Z) події сітьового графіку виконується рівність (2.14):

$$T_z^p = T_z^n = \max_{i \in V_z^+} T_{iz}^{рз} = t_{кр}. \quad (2.14)$$

Потенціал t_i^n (2.15) відповідає довжині шляху найбільшої тривалості від події i до кінцевої z:

$$t_i^n = \max(t_i^n + t_{iz}), \quad (2.15)$$

де t_{iz} – тривалість роботи від події i до фінальної z.

Вірогідна доля фактичного відхилення тривалості робіт від тривалості, передбаченої в сітьовому графіку, визначається за (2.16):

$$p = 1.0 + P_{\partial} \cdot Random/100, \tag{2.16}$$

де P_{∂} – максимальний коефіцієнт можливого відхилення від очікуваних тривалостей робіт.

Тривалість робіт в сітьовому імітаційному графіку визначається за формулою (2.17):

$$t_i^u = t_i \cdot p\,. \tag{2.17}$$

При скороченні термінів будівництва економічний ефект утворюється за рахунок 3-х складових [30], які розраховуються за формулами (2.18)-(2.20).

1. Скорочення накладних витрат (заробітна плата інженерно-технічним робітникам, організація робіт на будівельному майданчику, обслуговування робітників і т.п.):

$$E_н = H_y \cdot \left(1 - \frac{T_ф}{T_н}\right), \tag{2.18}$$

де H_y – умовно-постійна частина накладних витрат, $H_y = 0{,}6HB$;

$T_ф$ і $T_н$ – відповідно фактичний і нормативний терміни будівництва.

При цьому враховується частина накладних витрат, тому що накладні витрати залежать від часу. Якщо зменшити $T_ф$, то необхідно збільшити кількість машин та робітників.

2. Використання основних фондів на інших будівництвах:

$$E_ф = Є_н \cdot Ф \cdot (T_н - T_ф), \tag{2.19}$$

де $Є_н$ – норматив приведення різночасових витрат, що дорівнює ставці плати за кредитні ресурси;

$Ф$ – вартість основних фондів, які звільняються.

3. Отримання додаткового прибутку при достроковому введенні об'єкта в експлуатацію:

$$E_{пр} = \Delta П \cdot (T_н - T_ф), \tag{2.20}$$

де $\Delta П$ – річний прибуток від побудованого об'єкта.

Загальний ефект від скорочення термінів будівництва розраховується по формулі (2.21):

$$E_ф = E_н + E_ф + E_{пр}. \tag{2.21}$$

2.2 Дослідницькі розрахунки організаційно-технологічних моделей

Під час визначення показника організаційно-технологічної надійності календарного графіка будівництва та ступеня ризику учасників інвестиційного процесу [20] розглянемо як приклад сітьовий графік будівництва 16-поверхового житлового будинку (Додаток А).

Технічні характеристики об'єкту і вихідні дані для проведення розрахунків наведені в таблиці 2.1 і таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 – Технічні показники основних об'єктів будівництва

Найменування об'єктів	Площа забудови, $м^2$	Буд. обсяг $м^3$	Розмір в плані, м×м	Умовна висота, м	Констр. каркасу

16-ти поверховий цегляний житловий будинок	1006,0	48260,0	35,40×40,75	47,0	цегла

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку сітьової організаційно-технологічної моделі

Назва видів робіт	Код роботи	Тривалість роботи $t_{ср}$, днів
Демонтаж прибудованих приміщень	1-2	62
Влаштування покрівлі	2-3	44
Монтаж гіпсових перегородок	2-4	112
Заповнення віконних і дверних отворів	4-5	63
Пробивання додаткових отворів для комунікацій	5-6	36
Влаштування підлоги	5-7	91
Утеплення технічного поверху	7-8	8
Опорядження фасаду	7-9	52
Внутрішня штукатурка	7-10	104
Здача об’єкта в експлуатацію	10-11	1

Одними з найважливіших показників сітьового графіка є резерви часу. Вони вказують, на скільки може бути збільшена тривалість кожного шляху без шкоди для настання завершальної події. Оскільки кожен некритичний шлях сітьового графіка має свій повний резерв часу, то й кожна подія цього шляху має свій резерв часу.

Резерв часу події вказує, на який допустимий період можна затримати її настання без збільшення терміну виконання комплексу робіт.

Для визначення резервів часу за подіями мережі розраховують найбільш ранні та найбільш пізні терміни звершення подій. Жодна подія не може статися раніше, ніж здійсняться всі передуючі їй події та будуть виконані всі попередні роботи. Тому ранній (очікуваний) термін звершення події визначається тривалістю максимального шляху, що передує цій події, за формулою (2.22):

$$t_p(i) = \max(t(L_{ni})), \tag{2.22}$$

де L_{ni} – це будь-який шлях, попереду i-тій події, тобто шлях від вихідної до i-тої події сітьової мережі.

Якщо подія j має кілька попередніх шляхів, а отже, кілька попередніх подій i, то ранній термін звершення події j зручно знаходити за формулою (2.23):

$$t_p(j) = \max[t_p(i) + t(i, j)]. \tag{2.23}$$

Затримка завершення події i щодо її раннього терміну не вплине на термін завершення фінальної події (а отже, й на термін виконання комплексу робіт) до тих пір, поки сума часу завершення цієї події та тривалості (довжини) максимального з наступних за нею шляхів не перевищить довжини критичного шляху. Тому пізній (або граничний) термін завершення події $t_n(i)$ тобто i-тої поді розраховується за формулою (2.24):

$$t_n(i) = t_{кр} - \max(t(L_{ci})) \ , \tag{2.24}$$

де L_{ci} – будь-який шлях, наступний за i-тою подією, тобто шлях від i -тої до завершальної події мережі.

Якщо подія i має кілька наступних шляхів, а отже, кілька наступних подій j, то пізній термін звершення події i зручно знаходити за формулою (2.25):

$$t_n(i) = \min[t_n(j) - t(i, j)]. \tag{2.25}$$

Резерв часу $R(i)$ i-тої події визначається як різниця між пізнім і раннім термінами його звершення знаходиться по формулі (2.26):

$$R(i) = t_n(i) - t_p(i). \quad (2.26)$$

Такий резерв часу визначає максимально допустимий відрізок часу, на який можна затримати настання події, не викликаючи при цьому збільшення загального часу виконання комплексу робіт будівельного проєкту.

Події критичного шляху не мають резервів часу, оскільки будь-яке затримання у настанні події, яка знаходиться на критичному шляху, спричинить таку ж затримку у завершенні фінальної події. Отже, коли визначений ранній термін настання завершальної події організаційно-технологічної мережі, то одночасно є визначена довжина критичного шляху.

Під час визначення ранніх термінів звершення подій організаційно-технологічної моделі $t_p(i)$ пересуваємось по сітьовому графіку зліва направо і використовуємо формули (2.22), (2.23).

Довжина критичного шляху дорівнює ранньому терміну звершення завершальної події.

При розрахункових процедурах пізніх термінів звершення подій $t_n(i)$ потрібно рухатись по сітьовій мережі у зворотному напрямку, тобто справа наліво і використовуємо формули (2.24), (2.25).

Результати визначення термінів звершення подій і резервів часу подій наведені на рисунку 2.4 та у таблицях 2.3-2.4.

Таблиця 2.3 – Таблиця розрахунків резервів часу подій сітьової організаційно-технологічної моделі

Номер події	Терміни звершення події		Резерв часу, $R(i)$
	Ранній термін $t_p(i)$	Пізній термін $t_n(i)$	
1	0	0	0
2	62	62	0
3	106	174	68
4	174	174	0

5	237	237	0
6	273	328	55
7	328	328	0
8	336	432	96
9	380	432	52
10	432	432	0
11	433	433	0

Таблиця 2.4 – Аналіз сітьової організаційно-технологічної моделі за часом

№ п/п	Робота, (i, j)	Кількість попередніх робіт	Тривалість, t_{ij}	Ранні терміни		Пізні терміни		Резерви часу			
				Початок $t_{ij}^{рп}$	Кінець $t_{ij}^{рк}$	Початок $t_{ij}^{пп}$	Кінець $t_{ij}^{пк}$	Повний $R_{ij}^{п}$	Незалежний резерв $R_{ij}^{н}$	Часний резерв I роду R_{ij}^{1}	Часний резерв II роду $R_{ij}^{с}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	(1,2)	0	62	0	62	0	62	0	0	0	0
2	(2,3)	1	44	62	106	130	174	68	0	68	0
3	(2,4)	1	112	62	174	62	174	0	0	0	0
4	(3,4)	1	0	106	106	174	174	68	0	0	68
5	(4,5)	2	63	174	237	174	237	0	0	0	0
6	(5,6)	1	36	237	273	292	328	55	0	55	0
7	(5,7)	1	91	237	328	237	328	0	0	0	0
8	(6,7)	1	0	273	273	328	328	55	0	0	55
9	(7,8)	2	8	328	336	424	432	96	0	96	0
10	(7,9)	2	52	328	380	380	432	52	0	52	0
11	(7,10)	2	104	328	432	328	432	0	0	0	0
12	(8,10)	1	0	336	336	432	432	96	0	0	96
13	(9,10)	1	0	380	380	432	432	52	0	0	52
14	(10,11)	3	1	432	433	432	433	0	0	0	0

Для робіт які знаходяться на критичним шляху наявна відсутність резервів часу, отже терміни початку і закінчення критичних робіт співпадають (рис. 2.5, 2.6).

У вигляді лінійного графіка (циклограми) можна надати карту

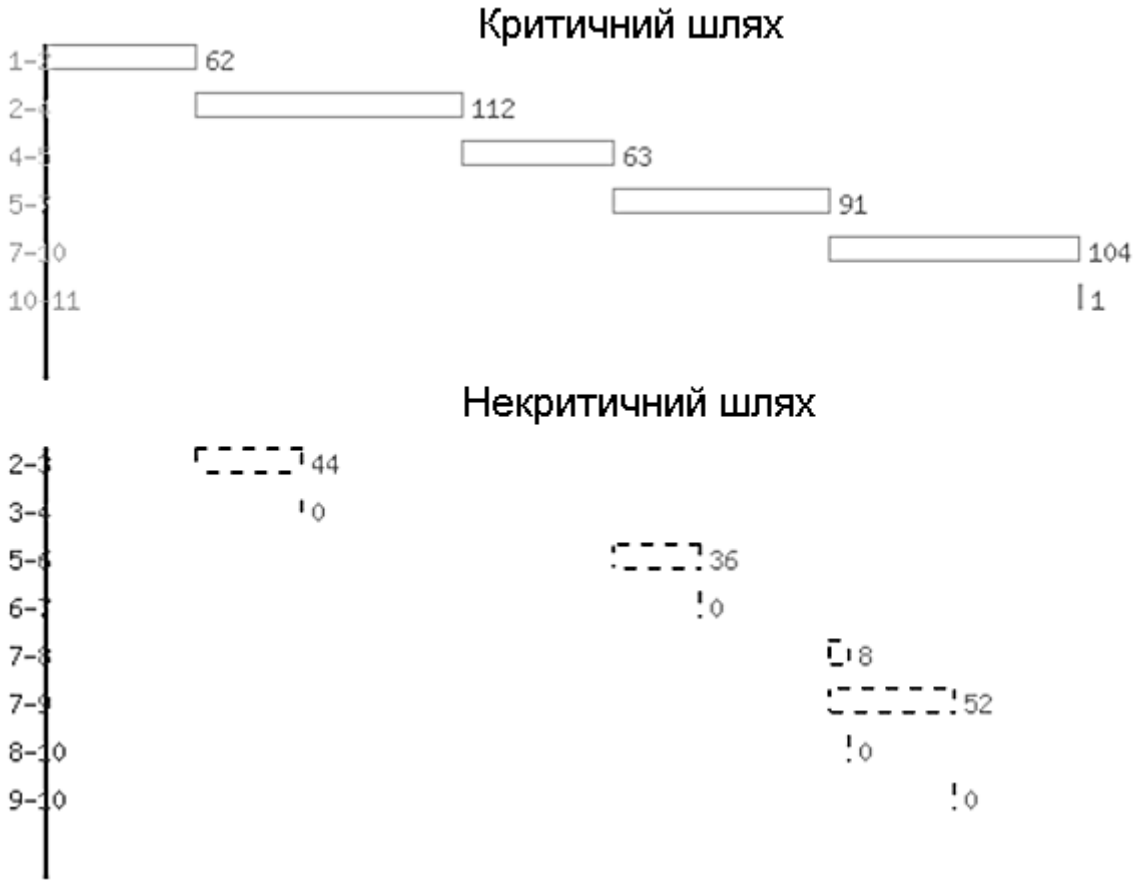


Рисунок 2.7 – Карта графічного розвитку проєкту будівництва

Відомо, що крім повного резерву часу роботи, виділяють ще три різновиди резервів часу [54].

Частковий резерв часу першого типу R_1 – частина повного резерву часу, на яку можна збільшити тривалість роботи, не змінивши при цьому пізнього строку її початкового події. R_1 знаходиться за формулою (2.27):

$$R(i,j) = R_n(i,j) - R(i) \tag{2.27}$$

Частковий резерв часу другого типу, або вільний резерв часу R_c роботи (i,j) являє собою частину повного резерву часу, на яку можна збільшити тривалість роботи, не змінивши при цьому раннього терміну її кінцевої події. R_c знаходиться за формулою (2.28):

$$R(i,j) = R_n(i,j) - R(j). \quad (2.28)$$

Значення вільного резерву часу роботи вказує на наявність резервів, необхідних для оптимізації проєкту.

Незалежний резерв часу $R_н$ роботи (i,j) – частина повного резерву, одержувана для випадку, коли всі попередні роботи закінчуються в пізні терміни, а всі наступні починаються в ранні терміни. $R_н$ знаходиться за формулою (2.29):

$$R(i,j) = R_n(i,j) - R(i) - R(j). \quad (2.29)$$

Визначені параметри проєкту, який досліджуємо (див. додаток А):

- Критичний шлях пролягає вздовж таких робіт: (1,2) (2,4) (4,5) (5,7) (7,10) (10,11).

- Тривалість критичного шляху: 433 дні.

Складність сітьового графіка оцінюється коефіцієнтом складності, який визначається за формулою (2.30):

$$K_c = n_{pab} / n_{cob} \ , \quad (2.30)$$

де K_c – коефіцієнт складності сітьового графіка;

n_{pab} – кількість робіт, од .;

n_{cob} – кількість подій, од.

Сітьові графіки, що мають коефіцієнт складності від 1,0 до 1,5, є простими, від 1,51 до 2,0 – середньої складності, більше 2,1 – складними.

$$K_c = 14/11 = 1{,}27 \ .$$

Оскільки $K_c < 1.5$, то сітьовий графік є простим.

Коефіцієнтом напруженості K_H роботи $P_{i,j}$ називається відношення тривалості неспівпадаючих (укладених між одними і тими ж подіями) відрізків шляху, одним з яких є шлях максимальної тривалості, що проходить через цю роботу, а іншим – критичний шлях [7]:

$$K_H = \frac{t(L_{\max}) - t1_{kp}}{t_{kp} - t1_{kp}}, \qquad (2.31)$$

де $t(L_{\max})$ – тривалість максимального шляху, що проходить через роботу $P_{i,j}$ від початку до кінця сітьового графіка (організаційно-технологічної моделі);

t_{kp} – тривалість (довжина) критичного шляху;

$t1_{kp}$ – тривалість відрізка розглянутого максимального шляху, що збігається з критичним шляхом.

Коефіцієнт напруженості K_H роботи $P_{i,j}$ сітьової моделі може змінюватися в межах від 0 (для робіт, у яких відрізки максимального із шляхів, що не збігаються з критичним шляхом, складаються з фіктивних робіт нульовий тривалості) до 1 (для робіт критичного шляху). Чим ближче до 1 коефіцієнт напруженості K_H роботи $P_{i,j}$, тим складніше виконати дану роботу у встановлені терміни. Чим ближче K_H роботи $P_{i,j}$ до нуля, тим більшим відносним резервом володіє максимальний шлях, що проходить через дану роботу.

Обчислені коефіцієнти напруженості дозволяють додатково класифікувати роботи по зонам. Залежно від величини K_H виділяють три зони: критичну $(K_H > 0{,}8)$; підкритичну $(0{,}6 < K_H < 0{,}8)$; резервну $(K_H < 0{,}6)$.

Результати розрахунків коефіцієнтів напруженості робіт наведені у таблиці 2.5.

2.3 Імітаційне моделювання в будівництві, практична реалізація

Моделювання – це метод вирішення завдань, при якому досліджувана система замінюється простішим об'єктом, що описує реальну систему, і називається моделлю. Моделювання використовується в ситуаціях, коли проведення експериментів над реальною системою є неможливим або недоцільним, наприклад, через крихкість об'єкта, високу вартість створення прототипу або тривалість експерименту в реальному масштабі часу.

Розрізняють фізичне і математичне моделювання. Прикладом фізичної моделі є зменшена копія літака, що продувається в потоці повітря. При математичному моделюванні поведінка системи описується за допомогою формул. Особливим видом математичних моделей є імітаційні моделі [11, 24].

Імітаційна модель являє собою комп'ютерну програму, яка описує структуру і відтворює поведінку реальної системи в часі. Імітаційна модель відкриває можливість отримувати докладну статистику про різні аспекти функціонування системи в залежності від вхідних даних.

Імітаційною моделлю називають абстрактну динамічну модель, реалізовану, як правило, на комп’ютері, що відтворює поведінку оригіналу в хронологічному порядку в рамках встановлених обмежень і умов.

Імітаційні моделі не можуть генерувати рішення в такій формі, як це роблять аналітичні моделі, і служать лише інструментом для аналізу поведінки системи (оригінала) в умовах, заданих експериментатором. Імітаційне моделювання є експериментальною та прикладною методологією, яка має такі цілі:

1) аналіз поведінки системи : з'ясування, як система реагує на зміну вхідних даних і умов;

2) оптимізація процесів : пошук найефективніших шляхів досягнення цілей;

3) підтримка ухвалення рішень : надання інформації для прийняття обґрунтованих рішень;

4) прогнозування результатів : оцінка можливих сценаріїв розвитку подій;

5) навчання та тренування : використання моделей для навчання і підготовки персоналу.

Ці цілі дозволяють максимально ефективно використовувати імітаційне моделювання для вивчення та вдосконалення складних систем.

Імітаційні моделі мають свої переваги та недоліки. Застосування імітаційного моделювання доцільне за таких умов:

1) складність системи : коли система є занадто складною для аналітичних методів;

2) висока вартість чи ризик експериментів : коли реальні експерименти надто дорогі або небезпечні;

3) тривалість експериментів : коли реальні експерименти займають багато часу.

4) необхідність детальної статистики : коли потрібно отримати детальні дані про функціонування системи.

Імітаційне моделювання доцільно застосовувати за наявності наступних умов:

1) не існує закінченої математичної постановки даної задачі;

2) аналітичні методи наявні, але занадто складні і трудомісткі, а імітаційне моделювання надає більш простий спосіб вирішення;

3) аналітичні моделі наявні, але їх реалізація неможлива через недостатню підготовку персоналу. В такому випадку порівнюються витрати на роботу з імітаційним моделюванням та витрати на запрошення спеціалістів зі сторони;

4) крім оцінки певних параметрів необхідно спостерігати за ходом процесу протягом певного періоду;

5) імітаційні моделі можуть бути єдиними можливими внаслідок складності постановки експерименту та спостереження явищ в реальних умовах;

6) можуть знадобитися стискання шкали часу (уповільнення або прискорення).

Вищенаведені умови можна визначати як значні переваги та перспективи використання імітаційних моделей. Також можна відзначити, що імітаційне моделювання дуже корисне при створенні засобів навчання у вигляді віртуальних тренажерів і симуляторів. Завдяки своїм ефективним властивостям близько 30% від використовуваних на практиці моделей є імітаційними.

Поряд із перевагами, імітаційне моделювання має ряд недоліків, таких як:

1) високі витрати на розробку та впровадження : створення детальних імітаційних моделей може вимагати значних фінансових ресурсів і часу.

2) складність у верифікації та валідації : перевірка точності імітаційних моделей може бути складною та вимагає ретельного аналізу;

3) залежність від вхідних даних : точність імітаційних моделей значною мірою залежить від якості та обсягу вхідних даних;

4) обмежена можливість врахування всіх факторів : імітаційні моделі можуть не враховувати всі можливі змінні та умови реального середовища, що може призвести до відхилень у результатах;

5) незважаючи на ці недоліки, імітаційне моделювання залишається важливим інструментом для аналізу і оптимізації складних систем;

6) імітаційне моделювання являє собою вельми коштовний процес, що потребує значних витрат часу та залучення висококваліфікованих спеціалістів;

7) процес моделювання не призводить до отримання точних результатів. Оцінка точності може виконуватись шляхом аналізу чутливості моделі до зміни певних параметрів;

8) імітаційне моделювання не відображує стан речей у повній мірі.

Розробка імітаційної моделі, так само, як і будь-яке дослідження, потребує проведення робіт у декілька етапів [42]:

1) визначення меж організаційно-технологічної моделі;

2) розробка концептуальної топології моделі;

3) підготовка вихідних даних до розрахунку;

4) створення концептуальної форми моделі у вигляді діаграми;

5) трансляція та візуалізація організаційно-технологічної моделі;

6) оцінка адекватності та правильності моделі;

7) планування розрахункових експериментів:

- стратегічне планування моделі проєкту,
- тактичне планування моделі проєкту;

8) процедура моделювання – проведення експерименту;

9) аналіз (інтерпретація) результатів експерименту;

10) реалізація, документування, оформлення звітної інформації.

Межі виробничої системи визначаються таким чином, щоб охопити ті елементи та компоненти системи, взаємодія яких визначає важливі сторони поведінки системи. При цьому система повинна бути виконувати генерацію будь-якої ситуації, будь-якої складності, з подальшим аналізуванням.

Розробка концептуальної схеми об’єкта (організаційно-технологічної системи) є одним з найбільш важливих етапів дослідження проєктів. На цьому етапі здійснюється формалізація системи, тобто перехід від реального об’єкту до певної логічної схеми (абстракції). Ця формалізація починається зі опису реальності за допомогою слів в системі прийнятих термінів і формальних понять.

Далі, сформована схема уточнюється та доповнюється відповідно до того рівня деталізації, який визначається постановкою задачі. Дії і процедури, які дозволяють візуалізувати модель у вигляді сукупностей частин (підсистем, елементів), називають декомпозицією системи. Складові частини моделі, її елементи, повинні забезпечувати збереження цілісності системи з одного боку, а з іншого - досягнення поставлених цілей моделювання.

Процес побудови концептуальної схеми системи завершується її структуризацією та укрупненим описом динаміки функціонування системи та

можливих станів. Від якості побудови концептуальної схеми імітаційної моделі значною мірою залежить результат дослідження.

Наступним етапом імітаційного моделювання є підготовка вихідних даних. Іноді цей процес проходить паралельно з побудовою концептуальної схеми. Фактично, на цьому етапі формується інформаційний простір системи. На цьому етапі визначаються кількісні характеристики (параметри) функціонування системи та її елементів, числові значення яких складуть вихідні дані для моделювання.

Після визначення та підготовки вихідних даних концептуальна схема організаційно-технологічної моделі оформлюється у вигляді діаграми, що складається зі стандартних етапів та блоків. Цей етап має технічний режим, на цьому етапі вигляд та схема моделі стає зрозумілою для широкого кола фахівців та користувачів.

На етапі трансляції імітаційної моделі відбувається перетворення діаграми структури моделі в окрему комп'ютерну програму або сценарій спеціалізованої системи моделювання.

Оцінка адекватності ота правильності триманої імітаційної моделі здійснюється шляхом її експертизи і програвання тестових даних. Таким чином перевіряється коректність моделі, її відповідність реальному об’єкту в рамках поставленої задачі. Коли імітаційна модель неадекватна, вона піддається виправленням та корегуванню до прийнятного ступеню впевненості, з якою можна судити про коректність висновків, що стосуються реальної системи.

Після досягнення адекватності моделі дослідники-вчені здійснюють стратегічне і тактичне планування експерименту. Стратегічне планування експерименту – це схема отримання бажаних результатів, тактичне планування експерименту – це спосіб проведення кожної серії випробувань по плану експерименту.

На етапі реалізації експерименту здійснюється програвання запланованих сценаріїв з метою отримання бажаного результату.

Після отримання результатів експериментального моделювання проводиться інтерпретація (перевірка) результатів. На основі отриманих даних робляться висновки про поведінку досліджуваної виробничої системи.

На етапі оціночної інтерпретації робиться висновок щодо доцільності і оптимальної організаційно-технологічної моделі проєкту.

В організації будівельного виробництва для оптимізації параметрів з врахуванням обмежень, використовується імітаційна модель вибору проєктних рішень (рис. 2.8.).

Поєднання аналізу чутливості системи та методу сценаріїв на основі теорії ймовірностей здійснюється в імітаційному моделюванні за методом статистичного моделювання Монте-Карло [52].

Метод Монте-Карло – це чисельний метод, основу якого становить одержання великої кількості реалізацій випадкового процесу, який формується так, щоб імовірнісні характеристики (математичні очікування, імовірність деяких подій, імовірність попадання траєкторії процесу в деяку область тощо) дорівнювали певним величинам задачі, яка розв'язується та вирішується.

Метод Монте-Карло базується на імітації масового процесу шляхом розрахунку його ходу, де випадкові коливання визначаються за допомогою жеребкування або таблиці випадкових чисел. Економічний експеримент можна замінити статистичними випробуваннями моделі економічного процесу. Побудова цієї моделі може основуватись на розподілі випадкових величин у досліджуваному процесі.

Таким чином, сутність методу Монте-Карло полягає в тому, що замість аналітичного опису системи досліджуваного проєкту здійснюється "розіграш" випадкового процесу, що відбувається в досліджуваній системі, за допомогою спеціально організованої процедури. В результаті такого "розіграшу" кожного разу реалізується нова, відмінна від інших, реалізація випадкового процесу. Цю множину реалізацій можна використовувати як штучно отриманий статистичний матеріал, який обробляється звичайними методами математичної статистики. Після такої обробки можуть бути отримані практично будь-які характеристики будівельного процесу.

В імітаційному моделюванні за методом Монте-Карло передбачається певна послідовність та етапність виконання досліджень (рис. 2.9).

Першим етапом імітаційного моделювання за методом Монте-Карло є розробка прогнозної моделі, яка передбачає формування очікуваної імітаційної моделі, яка повинна адекватно відображати майбутній сценарій реалізації будівельного проєкту.

Другий етап імітаційного моделювання – виявлення чинників ризику, включає відбір ключових змінних для моделювання будівельного проєкту.

Третій етап імітаційного моделювання – визначення умов кореляції, полягає у встановленні формальної залежності між результативним показником і відібраними ключовими змінними.

Четвертий етап імітаційного моделювання – імовірнісний розподіл відібраних ключових змінних, передбачає здійснення наступних завдань:

1) визначення обмежень можливої зміни відібраних ключових змінних;

2) встановлення імовірнісної ваги за межами значень.

П'ятий етап імітаційного моделювання – імітаційне прогнозування, виконує генерування випадкових сценаріїв реалізації проєкту з використанням вибраних допущень.

Шостий етап імітаційного моделювання – аналіз отриманих результатів, потребує здійснення статистичної оцінки проєкту та інтерпретації одержаних результатів імітації.

Імітаційне моделювання за методом Монте-Карло застосовується для побудови математичної моделі для інвестиційного проєкту з важкопрогнозованими показниками. Його метою є визначення розподілу результатів реалізації проєкту на основі імовірнісного розподілу його ключових змінних і кореляційної залежності між ними.

Особливістю та однією з основних вимог імітаційного моделювання в управління проєктами за методом Монте-Карло є застосування спеціальних комп'ютерних програм. Це, зокрема, пояснюється тим, що генерування випадкових сценаріїв реалізації проєкту (на п’ятому етапі) може повторюватись 500–1000 раз.

Одержані значення результативного показника проєкту (чистої теперішньої вартості чи внутрішньої норми дохідності) використовуються для побудови графіка щільності його розподілу зі своїм власним математичним очікуванням і стандартним відхиленням. На основі значення математичного очікування та стандартного відхилення обчислюється коефіцієнт варіації результативного показника проєкту, за допомогою якого оцінюється індивідуальний ризик проєкту.

Метод Монте-Карло використовується для розрахунків складних комплексів, де класичні методи розрахунків є практично неможливими. Цей метод широко застосовується для вирішення економічних завдань, дослідження функціонування складних систем, таких як теорія виробництва будівельних робіт, управління запасами та нормування, та інші.

Для прикладу наведемо ситуацію, для завдання вирішення питання щодо розширення площі складування конструкцій на будівельному майданчику необхідно проаналізувати черги будівництва, які тут реалізуються. Відома мінімальна кількість запасу, необхідного для безперервного виробництва робіт. Час під’їзду автотранспорту і час його розвантаження залежать від багатьох випадкових факторів і їх розподіл може бути встановлений за

наявною інформацією. Внаслідок взаємодії цих випадкових процесів створюється імітація виробничого процесу наповнення будівельного складу.

Згідно з методом Монте-Карло, за допомогою програмно-розрахункових комплексів, переглядаються всі можливі стани виробничої системи з різною кількістю конструкцій, що надходять одночасно, часом їх розвантаження, затримки поставок у дорозі тощо, зберігаючи ті самі характеристики розподілу. В результаті багаторазового штучного відтворення процесу розраховують необхідні площі так, якби вони були одержані при спостереженні над реальним потоком поставок конструкцій.

2.4 Перевірка рівня надійності організаційно-технологічних моделей статистичними методами

Області найбільш раціонального застосування сітьових моделей на рівні підрядних будівельно-монтажних організацій включають:

1) планування та управління проєктами : оптимізація ресурсів та часових графіків;

2) координація робіт : збалансування завдань між різними командами та підрядниками;

3) моніторинг прогресу : відстеження ходу виконання робіт у реальному часі;

4) оцінка ризиків : виявлення потенційних проблем та запобігання затримок;

5) формування календарного плану виконання будівельно-монтажних робіт на часовий проміжок (незалежно від специфіки будівельної організації);

6) формування календарного плану виконання будівельно-монтажних робіт при місячному та тижнево-добовому плануванні (для об'єктів з порівняно складною технологією побудови);

7) формування календарного розкладу виконання будівельно-монтажних робіт за умови потокової організації робіт;

8) цільові будівельні розробки (програми) (які включають науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи, проєктування, дослідне виробництво, випробування і т.п.) складних систем;

9) розподіл ресурсів, визначення найбільш імовірного терміну завершення комплексу робіт, прогнозування витрат;

10) матеріально-технічне постачання будівництва.

Об'єкти сітьового моделювання:

1) проєкти будівництва : відстеження та координація всіх етапів будівельних робіт;

2) процеси виробництва : оптимізація потоків ресурсів та матеріалів;

3) логістика та транспорт : планування та управління доставкою товарів;

4) інформаційні системи: виявлення та вирішення вузьких місць у потоках даних;

5) розробка програмного забезпечення : контроль етапів розробки і тестування.

Також об'єктами сітьового моделювання є комплекси робіт, при виконанні яких силами організацій, розпорядженні необхідними ресурсами (робочою силою, машинами, обладнанням, матеріалами, грошовими коштами тощо), забезпечується досягнення намічених цілей (отримання заданих результатів).

Сітьові графіки (моделі) за характером оцінок робіт поділяються на детерміновані і імовірнісні (стохастичні) [5, 18]. Детерміновані називають сітьові моделі, які є моделями процесів, які характеризуються чітко визначеною структурою і цілком певною (детермінованою) оцінкою робіт за обраним критерієм (час, виконавці, вартість і т. д.).

Одна з оцінок тривалості роботи - нормативний час $T_н$, який визначається за (2.32):

$$T_н = V / П, \qquad (2.32)$$

де V – обсяг роботи, який виконується певним виконавцем;

$П$ – нормативна продуктивність виконавця (бригади або ланки робітників, окремої машини або комплекту машин).

Імовірносними називають сітьові графіки, які відображають випадкові процеси та події в системі, включаючи ймовірності їх виникнення та тривалість. Імовірнісні моделі є моделями процесів, що мають деяку невизначеність, пов'язану з імовірнісним характером системи. При наявності невизначеності користуються імовірнісними оцінками робіт. Так, при визначенні тривалості робіт, замість однієї оцінки приймаються дві або три імовірнісні:

$T_{нв}$ – найбільш імовірний час виконання роботи. Це тривалість роботи при нормальних умовах та в умовах, які часто зустрічаються ;

T_o – оптимістична оцінка моделі – час, необхідний для виконання роботи при найбільш сприятливому збігу обставин;

$T_п$ – песимістична оцінка моделі – час, необхідний для виконання роботи при найбільш несприятливому збігу обставин.

Імовірнісні сітьові моделі використовуються в системі PERT (метод оцінки і огляду програм), в якій прийнято, що тривалість робіт підпорядковується закону β-розподілення, а час завершення всього комплексу робіт – нормальному закону розподілення [5]. При цьому застосовується метод усереднення, що дозволяє обчислити очікувану тривалість роботи $T_{оч}$ – тимчасову оцінку, яка виражається через імовірнісні оцінки і використовується для розрахунку сітьової моделі, і величину дисперсії (σ^2) – міру невизначеності цієї тривалості, по якій оцінюють надійність моделі.

Очікуване значення тривалості роботи розраховується або за трьома тимчасовим оцінками ($T_o, T_{нв}, T_п$) по формулі (2.33):

$$T_{оч} = \frac{(T_о + 4T_{нв} + T_п)}{6}, \quad (2.33)$$

або за двома оцінками ($T_о$, $T_п$) по формулі (2.34):

$$T_{оч} = \frac{(3T_о + 2T_п)}{5}. \quad (2.34)$$

Дисперсія тривалості роботи визначається за формулами (2.35)-(2.36):

- при трьох часових оцінках як:

$$\sigma^2 = \left[\frac{T_п - T_о}{6}\right]^2, \quad (2.35)$$

- при двох оцінках як:

$$\sigma^2 = \left[\frac{T_п - T_о}{5}\right]^2. \quad (2.36)$$

Далі значення $T_{оч}$ по кожній роботі використовуються при розрахунку ймовірнісної сітьової моделі тими ж методами, що і детермінованої моделі. Визначаються ранні та пізні терміни звершення подій, тривалість критичних шляхів, загальний і частковий резерви часу. Крім тривалості робіт, у ймовірнісної сітьової моделі визначається також дисперсія тривалості критичного шляху (чи звершення будь-якої події) шляхом підсумовування дисперсій послідовностей робіт, що характеризують термін звершення аналізованої події. Цей прийом дозволяє визначити параметри, що враховують імовірнісний характер модельованого процесу і надійність моделі. При цьому, під надійністю сітьової моделі розуміється ймовірність завершення робіт, що входять у неї, у заданий термін.

Так як критичний шлях сітьового графіка складається з ланцюга робіт, тривалості яких розподіляються за випадковим законом, то згідно з основною граничною теоремою теорії ймовірностей розподіл імовірних термінів

закінчення проєкту (комплексу робіт) підпорядковується нормальному закону [5, 18, 49].

Таким чином, імовірність звершення завершальної події сітьової моделі у встановлений термін (тобто надійність сітьової моделі) визначається за формулою (2.37):

$$p(T_{кр} \le T_{зад}) = \Phi\left(\frac{T_{зад} - T_{кр}}{\sqrt{\sum \sigma^2}}\right) = \Phi(t), \qquad (2.37)$$

де p – імовірність звершення кінцевої події у встановлений термін;

$T_{зад}$ – заданий термін закінчення робіт на об'єкті;

$T_{кр}$ – очікуваний термін завершення всього комплексу робіт сітьової моделі (тривалість критичного шляху);

$\Phi(t)$ – значення функції нормального розподілу (функція Лапласа).

Значення функції Лапласа наводяться в численних посібниках з математичної статистики.

Часові оцінки робіт сітьової моделі $T_{нв}$, $T_{о}$, $T_{п}$, а також розраховані за формулами (2.33-2.36) $T_{оч}$ і σ^2 наведені у таблиці 2.6.

Якщо критичний шлях (один або декілька) організаційно-технологічної моделі в ході реалізації графіка не змінюються, то оцінити надійність сітьового графіка можна достовірно. У деяких випадках, коли критичний шлях організаційно-технологічної моделі може змінитися, такий метод найчастіше дає помилкові результати [18]. У цьому випадку доцільно оцінювати надійність сітьових графіків за допомогою статистичного програшу (статистичних випробувань).

Метод статистичних випробувань (метод Монте-Карло) являє собою сукупність прийомів і правил, що дозволяють імітувати (відтворювати) ймовірні процеси із застосуванням при цьому апарату випадкових чисел. Цей метод в даний час є найбільш універсальним з чисельних методів розв'язання

математичних, інженерних, економічних і будь-яких інших завдань, що мають і ймовірнісний і детермінований характер [36].

Метод статистичних випробувань заснований на багаторазовому програванні процесів на побудованій моделі з метою отримання якомога більшого числа значень кількісних характеристик. Після цього отримані значення піддаються статистичній обробці, що дозволяє виявити відповідні закономірності даного процесу у вигляді ряду кількісних оцінок. Наприклад, багаторазово змінюючи тривалості робіт сітьової організаційно-технологічної моделі, можна в підсумку одержати вибірку значень тривалості критичного шляху, на підставі якої оцінити ймовірність виконання проєкту в задані терміни.

Для моделювання виробничого процесу використовуються так звані випадкові числа з різними законами розподілу. Найчастіше випадкові числа – це рівномірна випадкова послідовність чисел в інтервалі 0-1. Наведені послідовності випадкових чисел можна отримати трьома способами:

- за допомогою побудови таблиць випадкових чисел;
- методом створення генераторів випадкових чисел;
- використанням методу псевдовипадкових чисел.

Використаємо таблицю нормальних нормованих випадкових відхилень [18]. З її допомогою багаторазово змінюються тривалості робіт t_{ij} сітьової моделі:

$$t_{ij} = T_{оч} + \sigma_{ij}\gamma \ , \qquad (2.38)$$

де σ_{ij} – середньоквадратичне відхилення від $T_{оч}$;

γ – нормовані випадкові відхилення в долях σ_{ij} (додаток Б).

Результати статистичних випробувань моделі наведені у табл. 2.7-2.9.

Таблиця 2.7 – Перша реалізація сітьової моделі

Код роботи	$T_{оч}$	σ_{ij}	γ	t_{ij}
1	2	3	4	5
(1,2)	63.167	34.028	-0.202	56.293
(2,3)	44.167	6.250	0.42	46.792
(2,4)	117.167	46.694	2.417	230.027
(3,4)	0.000	0.000	0.26	0.000
(4,5)	62.500	17.361	0.353	68.628
(5,6)	36.500	2.250	2.555	42.249
(5,7)	94.000	21.778	0.666	108.504
(6,7)	0.000	0.000	0.077	0.000
(7,8)	8.500	0.694	-1.365	7.552
(7,9)	49.667	18.778	1.833	84.086
(7,10)	107.333	87.111	0.308	134.164
(8,10)	0.000	0.000	0.768	0.000
(9,10)	0.000	0.000	-0.957	0.000
(10,11)	1.000	0.000	-0.094	1.000

Провівши N реалізацій сітьової моделі, отримано в підсумку N значень тривалості критичного шляху.

При цьому частина значень $T_{кр}$ буде задовольняти умові (2.39):

$$T_{кр} \le T_{зад}, \tag{2.39}$$

де $T_{зад}$ – заданий термін виконання комплексу робіт.

Оцінка надійності звершення робіт у заданий термін оцінюється за формулою (2.40):

$$p(T_{кр} \le T_{д}) = N_1 / N \ . \tag{2.40}$$

де N_1 – число реалізацій, у яких виконалася умова (2.39);

N – кількість проведених реалізацій.

Таблиця 2.8 – Результати статистичних випробувань організаційно-технологічної моделі

Код роботи	Значення t_{ij} по реалізаціям сітьової моделі									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(1,2)	56.29	18.83	40.33	58.40	62.55	116.42	53.50	42.00	133.71	79.53
(2,3)	46.79	37.27	45.27	51.04	43.59	41.15	47.56	42.80	33.65	61.89
(2,4)	230.03	172.31	109.32	106.05	143.32	30.92	114.32	144.16	141.12	211.21
(3,4)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(4,5)	68.63	59.88	34.86	41.44	65.78	44.90	50.73	55.35	65.36	64.25
(5,6)	42.25	34.90	37.78	36.31	40.53	36.76	37.07	32.73	36.77	35.72
(5,7)	108.50	90.76	123.60	77.45	98.66	103.71	108.85	106.72	91.26	108.42
(6,7)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(7,8)	7.55	8.48	8.33	8.31	8.84	8.48	8.77	9.37	7.99	8.63
(7,9)	84.09	46.77	83.54	41.89	51.60	63.92	50.68	40.20	50.91	80.59
(7,10)	134.16	328.33	213.61	-1.56	75.02	1.93	186.26	54.72	-11.22	62.12
(8,10)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(9,10)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(10,11)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Таблиця 2.9 – Значення $T_{кр}$ по реалізаціям сітьової моделі

Реалі-зація	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$T_{кр}$	598,6	671,1	522,7	282,8	446,3	298,9	514,7	403,9	421,2	526,5

Максимальне і мінімальне значення критичного шляху при заданій вірогідності $p = 0{,}98$, $\lambda = 3{,}02$ вираховуються за формулами (2.41) і (2.42):

$$\max T_{кр} = M \cdot (T_{кр}) + \lambda \cdot S(T_{кр}), \quad (2.41)$$

$$\min T_{кр} = M \cdot (T_{кр}) - \lambda \cdot S(T_{кр}). \quad (2.42)$$

Результати оцінки надійності сітьової моделі наведені на рисунку 2.10 і на рисунку 2.11.

Рисунок 2.11 – Оцінка відповідності термінів по реалізаціям меж мінімальної і максимальної довжини критичного шляху ($\min T_{кр} = 425 дн.$, $\max T_{кр} = 512 дн.$)

Організаційно-технологічне проєктування являє собою процес досягнення основного результату всього будівельного виробництва, який необхідний для забезпечення надійності проєкту виробництва робіт при зведенні об'єктів будівництва при укладенні договорів підряду.

Досліджена методика оцінки надійності календарних планів та порядку будівництва дозволяє приймати рішення з реальною надійністю. Отримані результати і методика оцінки дозволяють організаціям здійснювати управління будівництвом з гарантованою якістю об'єктів, що зводяться. Використання випадкових чисел для моделювання будівельних процесів дозволяє з достатньою долею вірогідності розрахувати імовірність звершення робіт у заданий термін та оцінити надійність сітьової моделі об'єкту будівництва.

Розрахунок вірогідності звершення робіт у заданий термін дозволяє збільшити точність прогнозування тривалості будівництва в цілому і зменшити ризик підрядника та інвестора втратити передбачений прибуток. В результаті дослідження виявлена залежність надійності організаційно-технологічного проєктування від прогнозованих термінів. Доведено, що зменшення планових термінів будівництва збільшує ризик підрядника, отже важливою є реальна оцінка термінів за нормами з врахуванням можливості виникнення відмов надійності.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ І ПОШУК ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЄКТУВАННЯ В ЖИТЛОВОМУ БУДІВНИЦТВІ

3.1 Обґрунтування сучасних підходів організаційно-технологічного моделювання в будівництві

На сьогодні існує багато сучасних методів організаційно-технологічного проєктування. Вони створені для полегшення роботи проєктувальника та підвищення якості прийняття проєктних рішень. Для раціоналізації процесу проєктування необхідно зосередити увагу на вдосконаленні існуючих сучасних методів організаційно-технологічного проєктування. Підвищення надійності зведення житлових та промислових будівель і споруд безпосередньо залежить від якості роботи проєктувальника.

У сучасній практиці організаційно-технологічного проєктування можна виділити оригінальне, типове та автоматизоване проєктування [6].

Різновид оригінального проєктування є традиційним. Цей метод характеризується тим, що всі види проєктних робіт зорієнтовані на створення індивідуальних проєктів. Для кожного конкретного об'єкту розробляється організаційний проєкт, що в максимальній мірі враховує його особливості.

При використанні методу типового проєктування створювана виробнича система розбивається на складові компоненти і для кожного з них розробляються закінчені проєктні рішення, які потім з деякими модифікаціями використовуються для проєктування в реальних умовах.

Одним з методів типового проєктування є модульний. Тут декомпозиція системи здійснюється на рівні окремого модуля, що є локальною частиною системи або підсистеми. Після того, як окремі модулі виділені, для кожного з

них створюється проєктне рішення, з цих проєктних рішень пізнвше компонується проєкт цілої системи.

Результатом проєктування в даному випадку є індивідуальний організаційно-технологічний проєкт з типовими елементами будівельної системи у вигляді конкретних модулів.

Завдання організації та управління будівельним виробництвом відрізняються великим розміром, високим ступенем складності взаємодії параметрів, таких як нелінійність, динамічність, імовірнісний характер. Це пов'язано з тим, що розробити універсальну модель і єдиний метод її апробації дуже складно.

У практичній діяльності щодо раціоналізації організації будівельного виробництва, праці та управління при проєктуванні нової системи застосовується велика кількість методів організаційно-технологічного проєктування.

Метод організаційно-технологічного проєктування є комплексом певних прийомів, заснованих на свідомому, цілеспрямованому застосуванні особливої системи логічних, технічних, математичних та інших дій, спрямованих на створення виробничого проєкту.

Існує багато підходів до класифікації та систематизації методів організаційно-технологічного проєктування (рис. 3.1). Методи організаційно-технологічного проєктування, з точки зору їх застосування на різних стадіях процесу організаційно-технологічного проєктування, можна згрупувати в чотири групи:

- перша група - методи обстеження та аналізу об'єкта проєктування;

- друга група - методи вдосконалення або безпосередньо проєктування;

- третя група - методи впровадження організаційних рішень і методи оцінки ефективності проєктних рішень.

У процесі вдосконалення організаційно-технологічного проєкту нового об’єкту будівництва застосовуються такі методи: системний аналіз, метод аналогії, синтез моделювання, економіко-математичні методи, аналітичний

метод, дослідний метод, функціонально-вартісний аналіз, SADT-моделювання (Structured Analysis and Design Technique), багатокритеріальні експертні методи оцінки, метод порівняльної морфології, «мозкова атака», метод синектики та ін.

При реалізації організаційно-технологічних рішень застосовуються адміністративно-командний, економічні, психологічні та інші методи.

В якості методів обґрунтування й оцінки ефективності проєктних рішень, як правило, використовуються методи порівняння, розрахунку економічної ефективності, вартісний аналіз, експертної оцінки.

Опис перерахованих та інших методів, які застосовуються у організаційному проєктуванні, їхні переваги і область застосування наведені в різних літературних джерелах [16, 21, 39, 56].

Будівельне виробництво являє собою складну організаційно-технологічну систему, яку для полегшення вивчення можна представити у вигляді моделі.

Модель будівельного виробництва – це математичний опис взаємозв'язку виробничого процесу, який відображає всі необхідні або можливі наближення до дійсної характеристики і параметри технологічного, організаційного та економічного процесу в будівництві [47, 53].

Натурний експеримент, тобто дослідження властивостей та поведінки об’єкта управління в певних умовах, використовуючи сам об’єкт, є важливою складовою у сферах проєктування та управління виробництва. Однак у багатьох випадках натурне моделювання є неможливим або недоцільним.

В організаційно-технологічному проєктуванні, основою функціонування якого є інформація, моделі створюються для отримання інформації про властивості і поведінку реальних систем в певних умовах. З урахуванням цього модель можна визначити як систему, дослідження якої служить засобом для отримання інформації про іншу систему – оригінал.

В організаційно-технологічних моделях будівництва об'єктів розробляють взаємну ув'язку виконання окремих видів будівельних робіт,

термінів та інтенсивність ведення робіт, а так само раціонального порядку використання ресурсів. У таблиці 3.1 наведена схема організації праці в елементарній будівельній системі для трьох форм регламентації.

Традиційно, під моделюванням на комп'ютерних програмних комплексах розумілося лише імітаційне моделювання. Але завдяки розвитку графічного інтерфейсу та графічних пакетів значного поширення набуло комп'ютерне структурно-функціональне моделювання, а також розпочалося використання комп'ютера з метою концептуального моделювання, наприклад для побудови систем штучного інтелекту.

Комп'ютерна модель - це абстрактне представлення системи чи процесу у вигляді математичної, логічної або інших моделей, яке реалізується за допомогою комп'ютерних програм для імітації реальних умов та поведінки, а також умовний образ об'єкта чи деякої системи об'єктів (або процесів), описаних за допомогою взаємозалежних комп'ютерних таблиць, схем, діаграм, графіків, малюнків, анімаційних фрагментів, гіпертекстів і т. ін., що відбивають структуру та взаємозв'язки між елементами об'єкта чи системи.

Комп'ютерні розрахункові моделі такого типу є структурно-функціональними моделями; окрему програму, сукупність програм чи програмний комплекс, що дає змогу виконанням послідовності обчислень з подальшим графічним відображенням їх результатів відтворювати (імітувати) процеси функціонування об'єкта (системи об'єктів), що функціонує під впливом різних, як правило випадкових, факторів (імітаційну модель).

Більшість моделей, прийнятих для вирішення основних завдань організації та управління будівельним виробництвом, на практиці можна поділити на такі види:

1) математична модель (математичне програмування, аналітичне і т.д.);

2) лінійна графічна модель (лінійний календарний графік, циклограма);

3) сітьова модель;

4) статистична модель;

5) імітаційна логіко-арифметична модель;

6) експертна система (модель);

7) блочно-ієрархічна модель;

8) балансова модель;

9) логіко-смислова модель.

Вивчати будівельні об’єкти з метою створення організаційно-технологічних проєктів можна як на фізичних, так і на математичних моделях. Оскільки побудова фізичних моделей будівельних об’єктів пов'язана зі значними витратами коштів і часу, найбільш доцільно досліджувати системи з використанням математичних моделей.

На сьогоднішній день часто використовуються при проєктуванні математичні методи (рис. 3.2), що дозволяють моделювати процес будівельного виробництва або дії окремих його елементів.

Нижче наводиться характеристика класів математичних моделей, які можуть знайти застосування в організаційно-технологічному проєктуванні будівництва.

Детермінована модель. Це математична модель, яка описує систему чи процес, де всі параметри та початкові умови відомі і не залежать від випадкових факторів. Така модель дозволяє однозначно передбачити поведінку системи в майбутньому на основі початкових даних. Ця модель будується в тих випадках, коли фактори, що впливають на кінцевий результат процесу, піддаються досить точній оцінці, а випадкові чинники або відсутні, або ними можна знехтувати.

Стохастична (імовірнісна) модель. Це математична модель, яка описує систему чи процес з урахуванням випадкових факторів. У такій моделі параметри та результати не є визначеними наперед, а залежать від ймовірностей та випадковостей. Це дозволяє моделювати більш реалістичні сценарії, оскільки враховуються невизначеності та варіації, притаманні реальним системам і процесам. Така модель будується в тому випадку, коли фактори, що впливають на кінцевий результат будівельного процесу, є випадковими.

Евристична модель. Це підхід до розв'язання проблем, який використовує спрощені правила та методи для знаходження швидких і приблизних рішень, коли точне рішення не є можливим або є занадто складним для обчислення. В таких моделях застосовуються евристичні методи, які базуються на досвіді, інтуїції та здоровому глузді, щоб приймати рішення в умовах невизначеності. Ці моделі в значній мірі ґрунтуються на досвіді, інтуїції, аналогії і індукції, тобто на евристичних методах проєктування. В даний час все ширше знаходять застосування методи, що дозволяють формалізовано відображати евристичні процедури.

Теоретико-ігрова модель. Це математична модель, яка використовується для аналізу ситуацій прийняття рішень, в яких кілька учасників (гравців) мають конфліктні інтереси. Ця модель дозволяє формалізувати стратегічну взаємодію між гравцями, аналізувати їх можливі стратегії та передбачати результати їхніх дій. Використовується в економіці, управлінні, політиці та інших галузях для вивчення конкурентних і кооперативних процесів. Використовуються в умовах неповної інформації, коли складаються конфліктні ситуації.

Сітьова модель. Це графічне представлення проєкту чи процесу у вигляді мережі, що складається з вузлів (подій) та дуг (дій), які зв'язують ці події. Сітьові моделі використовуються для планування, управління та контролю проєктів, допомагаючи візуалізувати взаємозв'язки між завданнями, визначати критичний шлях, аналізувати час виконання та ресурси. Ці моделі дозволяють об'єктивно встановлювати мінімально необхідний час і витрату ресурсів для виконання робіт.

Існуючі методи проєктування не дозволяють врахувати всіх необхідних вимог щодо формування організаційно-технологічних моделей (багатоваріантності, багаторівневості та ін.). Одним з найважливіших напрямків вдосконалення цих методів може назватися автоматизоване моделювання будівельних процесів.

3.2 Методи автоматизації організаційно-технологічного проєктування будівельних процесів

Підвищення якості та ефективності організаційно-технологічних проєктів вимагає вдосконалення як наукового, нормативно-методичного забезпечення проєктування, так і оснащення проєктувальників сучасним комплексом технічних засобів, комп'ютеризації більшості процесів проєктування, створення ефективних інформаційних систем, розвинених баз даних та інтелектуальних систем.

Зараз фактично в усіх галузях життєдіяльності людства впроваджені автоматизовані системи з планування, організації, оцінки, прийняття рішення для управління складними системами і процесами. Таке явище може бути пов'язано з розробкою інформаційних технологій, вдосконаленням можливостей обчислювальної техніки. Проєктування будівельної системи або процесу, включаючи автоматизоване, обов'язково передбачає використання засобів математичного моделювання, у зв'язку з чим далі показані класифікації та короткі характеристики методів моделювання, що застосовуються при вирішенні задач планування, організації та управління в будівельному виробництві.

Створення і використання систем автоматизованого проєктування (САПР) – напрямок у організаційно-технологічному проєктуванні. В САПР процес розробки розглядається з системних позицій і застосування програмних розрахункових комплексів передбачається на всіх етапах проєктування.

В основі системи автоматизованого проєктування лежить модельний метод. Передбачається можливість побудови і підтримки в адекватному стані деякої глобальної моделі та автоматизоване створення відповідного цій моделі проєкту організації будівельного виробництва, праці та управління, що

враховує характеристики конкретного об'єкта. Передбачаються інтерактивна взаємодія проєктувальника і програмний розрахунковий комплекс у процесі проєктування і машинне документування проєктних робіт.

Виконання проєктних робіт можна значною мірою автоматизувати. У таблиці 3.2 представлені дані про досягнутий і можливий рівні автоматизації робіт при проєктуванні підприємств [17].

Як видно із таблиці 3.2, в цілому можна забезпечити 100% рівень автоматизації інженерних розрахунків, 50% – інформаційно-логічних і 80% графічних проєктних робіт.

Фахівцями оцінюється можливість виконання окремих проєктних процедур за допомогою обчислювальної техніки від 30% при оформленні проєктних робіт до 100% при проведенні розрахунків, виборі складу обладнання, складанні різних відомостей і специфікацій, виконання окремих графічних робіт (табл. 3.3).

Автоматизоване проєктування – це таке проєктування, при якому окремі перетворення описів об'єкта, алгоритму його функціонування, алгоритму процесу, а також подання описів на різних мовах здійснюється шляхом взаємодії людини і комп’ютерного програмно-розрахункового комплексу. Застосування комп’ютерного програмно-розрахункового комплексу дозволяє широко використовувати математичне моделювання при дослідженні та проєктуванні будівельної виробничої системи, а також прискорити обробку та аналіз великого обсягу інформації в ході організаційно-технологічного проєктування та ін.

Автоматизоване проєктування документів організаційно-управлінського характеру за допомогою банку документів можна здійснювати двома способами:

1) коригування та внесення змін до базових документів інтерактивним методом;

2) зміну базових документів і формування нових з використанням інтелектуальних систем.

Необхідність підвищення якості розробки проєктів організації будівництва та проєктів виробництва робіт, скорочення витрат і термінів проєктування вимагає створення спеціалізованої системи автоматизованого проєктування організації виробництва.

Основною метою створення спеціалізованої системи автоматизованого проєктування організації виробництва є розробка найбільш економічного варіанта організації виробництва, праці та управління будівельних систем, що забезпечує отримання максимального економічного ефекту та оптимального результату.

Застосування електронної обчислювальної техніки в організаційно-технологічному проєктуванні створює можливості для прискорення обробки великого обсягу інформації та підготовки різних варіантів проєктних рішень. Використання режиму активного діалогу проєктувальника з комп'ютерним розрахунковим програмним комплексом дозволяє йому приймати всі принципові рішення.

Об'єктом системи автоматизованого проєктування організації виробництва може бути будь-яка будівельна система.

Основними завданнями системи автоматизованого проєктування організації виробництва є:

– підвищення техніко-економічних показників проєкту за рахунок вибору найбільш оптимальних рішень в області організаційно-технологічного проєктування будівельних робіт на стадії організації будівництва і зменшення витрат на стадії експлуатації об'єкту;

– підвищення продуктивності та якості праці інженерно-технічного персоналу при організаційно-технологічному проєктуванні;

– скорочення термінів розробки проєктів організації будівельних робіт та зниження витрат на проєктування.

До системи автоматизованого проєктування організації виробництва висувається ряд вимог: максимальний ступінь автоматизації процесів проєктування, універсальність, адаптивність і безперервність розвитку системи автоматизованого проєктування організації виробництва, економічність проєктних рішень.

Для реалізації основних вимог при побудові системи автоматизованого проєктування організації виробництва повинні бути дотримані принципи створення систем автоматизованого проєктування, які можна розділити на три групи: проєктування, системотехнічну та організаційну.

Досвід автоматизації, накопичений протягом багатьох років, показує, що практично, при проєктуванні використовується обмежене коло даних, орієнтоване на конкретного замовника організаційно-технологічної документації. Істотні трудовитрати по формуванню всеосяжних інформаційних структур не окупаються.

Важливим чинником при автоматизації розділів організаційно-технологічної документації є оформлення результатів розрахунків. В даному випадку найбільш доцільним є видача вже готових розділів проєкту з включеними в них результатами. Це суттєво економить трудовитрати проєктувальників. Простота діалогу користувача і комп'ютерного програмно-розрахункового комплексу відкриває широкі можливості по варіантному опрацюванні одержуваних рішень.

Процес розробки організаційно-технологічного рішення містить у собі сім елементів: мета, тип організації, методи, люди, матеріальні кошти, час і контроль. Саме ці елементи розвиваються в склад і зміст розроблюваних організаційно-технологічних документів [12, 44].

3.3 Концепція напруженості при вдосконаленні організаційно-технологічного проєктування

Одним з параметрів календарного плану будівництва, який безпосередньо стосується надійності організаційно-технологічного проєктування, є коефіцієнт напруженості K_H роботи, обчислений за формулою (2.31) в розділі 2.

Значення коефіцієнту K_H перебуває у межах $0 < K_H < 1$. Прямо пропорційно зростанню коефіцієнта збільшується складність своєчасного виконання робіт, а отже, зменшується вірогідність досягнення кінцевого результату – введення в дію об'єктів з необхідною якістю, у встановлені терміни з максимальним прибутком підрядника.

Аналіз коефіцієнту K_H дозволяє виявити основні залежності, які впливають на надійність зведення будівлі у заданий термін.

Для зручності проведення дослідження вихідні дані, взяті із таблиці 2.3, занесені у таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Вихідні дані для побудови аналітичних графіків

Код роботи	$t(L_{\max})$, днів	$t1_{kp}$, днів	Збігання тривалості шляхів $t(L_{\max})$ і t_{kp}, %	K_H
(1,2)	433	433	100	0
(2,3)	365	321	87,9	0,39
(5,6)	378	342	90,5	0,4
(7,8)	337	329	97,6	0,077
(7,9)	381	329	86,35	0,5

Спираючись на отримані в розділі 2 результати розрахунку сітьового графіка 16-ти поверхового житлового будинку розроблений графік (рис. 3.3). Екстраполяцією отримані значення для всього проміжку значень $0 < K_H < 1$ (рис. 3.4).

До резервної зони входять всі значення, які відповідають $(K_H < 0{,}6)$. Із рисунку 3.4 видно, що в резервну зону входять роботи, у яких тривалість шляхів, які проходять через них, збігається з тривалістю критичного шляху на більш ніж 83,3%.

Під визначення підкритичної зони підпадають роботи з $(0{,}6 < K_H < 0{,}8)$. Виходячи з графіку, підкритичними є роботи, у яких співпадіння тривалості шляху, який проходить через них, збігається з тривалістю критичного шляху у межах 73,3 – 83,3 %.

Роботи, у яких $t1_{kp}$ складає менш ніж на 73,3 % від $t(L_{\max})$, є критичними, коефіцієнт напруженості перевищує 0,8.

Аналіз показує:

1) роботи, через які проходять критичний шлях, мають нульовий коефіцієнт напруженості;

2) чим більша тривалість співпадаючих робіт критичного шляху та шляху максимальної довжини, що проходить через задану роботу, тим менший коефіцієнт напруженості цієї роботи;

3) якщо співпадіння дорівнює менше 70 % роботу вкрай складно виконати вчасно.

Надійність зведення житлових будівель суттєво впливає на ефективність капітальних вкладень. Підвищення рівня якості організаційно-технологічного проєктування є ключовим методом досягнення максимального прибутку.

Серед великої кількості факторів впливу на будівельне виробництво найбільш значними є організаційно-технологічні. Такі чинники, як тип виробництва, рівень механізації робіт, характер і особливості процесу, природні і метеорологічні умови, призводять до явних і прихованих втрат часу, які часом перевищують 30% від запланованого.

Критерії надійності організаційно-технологічного проєктування можуть включати такі аспекти:

1) відповідність вимогам. Проєкт повинен задовольняти всі визначені технічні та організаційні вимоги;

2) ефективність. Проєкт повинен бути ефективним у використанні ресурсів, таких як час, кошти та праці;

3) надійність. Проєкт повинен працювати без виникнення несправностей або збоїв протягом заданого часу;

4) масштабованість. Проєкт повинен бути здатним до масштабування, щоб відповідати змінам у розмірі або обсязі роботи;

5) зручність використання. Проєкт повинен бути легким у використанні та управлінні;

6) керування змінами. Проєкт повинен мати механізми для управління змінами та адаптації до нових умов.

Ці критерії допомагають забезпечити, що проєкт буде успішним і стійким.

Критерії надійності організаційно-технологічного проєктування тісно пов’язані з вірогідністю виникнення відмов під час будівельного процесу. Найбільш ефективним шляхом підвищення надійності організаційно-технологічного проєктування є усунення причин виникнення відмов. На основі аналізу факторів, які спричиняють виникнення відмов при виконанні будівельно-монтажних робіт, розроблені рекомендації, дотримання яких дозволить вдосконалити організаційно-технологічне проєктування і підвищити надійність зведення житлових будівель.

Заходи щодо підвищення організаційно-технологічного проєктування:

1) оперативне управління і планування. Система оперативного управління і планування базується на контролі дій всіх виконавців. Сучасні документи розробляються за виробничими нормами тривалості і трудомісткості будівельно-монтажних робіт. Сувора регламентація термінів та методів виконання робіт дозволяє підвищити надійність своєчасного закінчення будівельного процесу із необхідною якістю;

2) якісна організація диспетчерської служби. Оперативно-диспетчерська служба забезпечує оперативне керівництво і координацію робіт усіх учасників інвестиційного проєкту, ґрунтуючись на графіках виконання робіт, контролює

технологічну комплектацію об’єктів виробами і матеріалами, оперативно враховує надходження основних будівельних виробів і конструкцій, виходячи з графіків поставок. Диспетчерська служба стежить за наявністю на складах мінімального запасу виробів і матеріалів. Від кожної зі сфер діяльності оперативно-диспетчерської служби залежить надійність зведення будівлі за проєктом;

3) своєчасне забезпечення об’єктів будівельними конструкціями, матеріалами і виробами. Для цього розробляються транспортно-технологічні карти погодинної поставки виробів і матеріалів і комплектувальних відомостей, що визначають систему постачання матеріально-технічних ресурсів на кожен об’єкт. Всі рішення, наведені у документах щодо поставок мають бути суворо дотримані;

4) створення страхових запасів виробів і матеріалів. Розрахунок запасу ґрунтується на статистичних даних відмов через відсутність матеріалів і виробів даної будівельно-монтажної організації. Залежно від заданого рівня надійності визначається обсяг страхових запасів на об’єктах будівництва;

5) організаційно-технологічна підготовка будівельного виробництва. Організаційно-технологічна підготовка будівельного виробництва включає кілька основних етапів:

1) планування. Визначення основних етапів і термінів виконання будівельних робіт, складання календарних графіків;

2) розробка проєктної документації. Підготовка технічної документації, креслень, кошторисів та інших необхідних документів;

3) вибір та підготовка ресурсів. Організація закупівлі матеріалів, обладнання та найму робітників, підготовка будівельного майданчика;

4) контроль та координація. Відстеження виконання будівельних робіт, координація дій між різними підрозділами та підрядниками;

5) аналіз та коригування. Регулярний аналіз ходу виконання робіт, внесення необхідних коригувань для забезпечення ефективності та якості.

Ці етапи допомагають забезпечити ефективне та якісне виконання будівельних проєктів. Організаційно-технологічна підготовка будівельного виробництва являє собою комплекс організаційних, технічних, технологічних і планово-економічних заходів, що дозволяють реалізувати вимогу рівномірної і безперервної роботи, своєчасне її розгортання та ефективне виконання робіт на основі високої організаційно-технологічної надійності проєктування будівельного виробництва. Для цього необхідно ретельно і своєчасно виконувати внутрішньо майданчикові підготовчі роботи: здача-прийняття геодезичної розбивочної основи для будівництва; знесення будівель; планування території буд майданчика; прокладка постійних і тимчасових доріг; влаштування тимчасового огородження будівельного майданчика; організація майданчиків складування і приміщень для будівельних матеріалів; прокладка тимчасових інженерних мереж і комунікацій та їх підключення; організація зв’язку для оперативно-диспетчерського управління; забезпечення будівельного майданчика протипожежним водопостачанням та інвентарем, освітленням і засобами сигналізації, тимчасовими будівлями і спорудами.

Значно впливає на надійність зведення житлових будівель здійснює календарний графік, який пов'язаний як з управлінням, так і з реалізацією проєкту. Статистичні випробування дозволяють врахувати імовірнісний характер будівництва і вплив випадкових факторів на процес зведення будинку.

Причини низького рівня організаційно-технологічної надійності проєктування і вірогідність зниження планового прибутку криються в фінансових, часових, просторових і організаційних втратах. Виявлені причини дозволили за допомогою розроблених в роботі рекомендацій по забезпеченню надійності оптимізувати організаційно-технологічну надійність проєктування, проєкту виробництва робіт та підвищити ефективність капітальних вкладень при забезпеченні договірних обов’язків по строкам введення об’єкта в експлуатацію.

Схема оптимізації організаційно-технологічної надійності проєктування являє собою механізм протидії ризиковим ситуаціям та їх наслідкам і необхідна для підвищення надійності всього будівельного процесу.

3.4 Огляд засад безпеки в проєктування будівель і споруд

Завдання керівників і самих виконавців полягає в тому, щоб усунути умови, які сприятимуть появі нещасних випадків, або максимально їх зменшити. Однак ці попереджувальні заходи не можливо своєчасно реалізувати, коли заздалегідь вони технічно і організаційно не підготовлені. Технічна і організаційна підготовка попереджувальних заходів – це знання виконавцями і керівниками робіт небезпек, які діють на даний момент часу; знання засобів захисту, їх наявність для застосування.

Організація цієї підготовки до даного моменту часу можлива, коли у проєктній документації будуть передбачені слідуючи питання: перелік комплексу небезпек, які існують на конкретний час, характер цих небезпек, тяжкість нещасних випадків; заходи попередження нещасних випадків.

Всі питання охорони праці, які вирішують у проєктній документації, поділяються на три групи: загальні, технологічні та спеціальні.

Загальні питання охорони праці пов'язують інженерні рішення, які впливають на загальні умови безпеки і стан виробничого середовища на будівельному майданчику, тобто всі загально майданчикові заходи. Це розміщення ділянок робіт, робочих місць, проїздів будівельних машин, проходів для людей, огорожі території і небезпечних зон, улаштування освітлення, мереж енерго, - та водопостачання, санітарно-побутових приміщень та ін.

Технологічні питання охорони праці пов'язані з умовами виробничих процесів, які впливають на інженерні рішення з безпеки праці та виробничої санітарії. Технологічні заходи з безпеки праці є складовою частиною виробничого процесу. Це такі, як засоби тимчасового кріплення, вивірка і установка в проєктне положення нестійких конструкцій, кріплення траншей і котлованів; такелажне та монтажне обладнання.

Спеціальні питання з охорони праці вирішують, в основному, проблеми захисту при особливих умовах: це вказівки щодо забезпечення безпеки при виконанні робіт в особливих умовах, застосування засобів захисту, безпека при роботі з токсичними матеріалами і т.п. Питання охорони праці розробляються в проєктах організації будівництва і в проєктах виробництва робіт. Питання безпеки праці відображаються також в типових проєктах, в альбомах типового інвентарю, оснащення, засобів, інструментів для безпечного провадження робіт та ін.

Проєкт організації будівництва розробляє основна проєктна організація на стадії проєктного завдання. Проєкт організації будівництвп включає в себе зведений календарний план будівництва, дані про обсяги основних робіт, будівельний генеральний план та пояснювальну записку. У цих документах розробляються заходи щодо організації санітарно-гігієнічного обслуговування працюючих на будівельних об'єктах, наводиться перелік основних засобів, які забезпечують виконання будівельно-монтажних робіт прийнятим способом і вимогам безпеки праці. Визначаються методи виконання робіт, передбачаються заходи щодо вирішення питань загально майданчикового характеру, приводиться перелік будівельних машин, обладнання, основних застосувань, допоміжних засобів. У пояснювальній записки з охорони праці наводиться аналіз небезпек і шкідливості об'єктів, які проєктуються, обґрунтування заходів з безпеки праці, результати розрахунків і висновки з посиланням на діючи стандарти, правила та інші нормативні документи, оцінка ефективності прийнятих проєктних рішень як з точки зору охорони праці, так і продуктивності роботи, і економічності витрат.

Загальномайданчикові заходи з безпеки праці, які відображаються в проєкті організації будівництва та пояснювальної записки до нього, одночасно впливають на стан робочого середовища і загальних умов безпеки для значної частини, або всіх працюючих на будівельному майданчику: транспортні шляхи, огорожа, освітлення, проїзди, проходи, складські та санітарно-побутові приміщення та ін.

Проєкт виробництва робіт розробляється проєктними організаціями або проєктними групами будівельно-монтажних організацій, або трестів. Проєкт виробництва робіт зобов'язаний включати заходи з безпеки праці у відповідності з ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. Заходи з безпеки праці та виробничої санітарії в проєкті виробництва робіт представляють у вигляді конкретних технічних рішень з основних видів робіт. У проєкті виробництва робіт даються такі рішення з безпеки праці та виробничої санітарії, розробка яких на будівництво безпосередньо на будівельному майданчику викликає труднощі для виробників і потребує проєктних рішень. Перелік питань, які потребують вирішення в проєкті виробництва робіт, їх обсяг та ступінь розробки залежать від обсягу будівництва і його технічної складності. Для складних об'єктів промислового, житлово-цивільного, сільського будівництва проєкт виробництва робіт повинен містити календарний план будівництва всіх споруд об'єкта, який визначає поступовість і термін виконання всіх видів будівельно-монтажних робіт; графік завезення будівельних конструкцій, будівельних матеріалів; графік руху робітників; графіки установки і роботи на об'єкті вантажопідйомних машин; будівельний план об'єкта з остаточним розташуванням транспортних комунікацій, мереж електро-, водо -, теплопостачання; майданчиків для складування конструкцій, тимчасових складів та інших споруд. Для забезпечення безпеки виробництва робіт проєкту виробництва робіт повинен мати слідуючи конкретні рішення: створення умов безпеки при виконанні будівельно-монтажних робіт в цілому; вибір безпечних

способів виконання кожної операції та технологічного процесу на окремих робочих місцях; виробництво робіт в холодну і в теплу пору року.

При проєктуванні будівельного генерального плану (будгенплану) вирішується комплекс питань щодо забезпечення здорових і безпечних умов праці. У проєкті виробництва робіт уточнюються і деталізуються рішення будівельного генерального плану, які були прийняти в проєкті організації робіт. Для проєкту виробництва робіт розробляються два види будівельних генеральних планів: загально майданчикові, які включають об'єкти всього будівельного майданчика і об'єктні, які охоплюють територію будівництва одного об'єкта і є частиною загально майданчикового будівельного генерального плану. Будівельний генеральний план може розроблятися на період нульового циклу, будівництва надземної частини, оздоблювальних робіт. Він необхідний для раціонального розміщення на майданчику об'єктів будівельного господарства, відстаней внутрішньо майданчикових перевезень, обсягу будівництва тимчасових споруд та передбачає забезпечення будівництва виробничими будівлями і спорудами; тимчасовими адміністративно-побутовими приміщеннями; тимчасовим електрозабезпеченням та електроосвітленням; тимчасовим водо -, тепло -, та газо постачанням; каналізацією; зв'язком і диспетчеризацією; тимчасовими коліями та водовідведенням; складським господарством.

При проєктуванні будівельного генерального плану необхідно відображати:

– проєкцію будівельного майданчика в плані (з огорожею) і бічну проєкцію (характерні розрізи) з нанесенням усіх приміщень, споруд, доріг, тротуарів, штабелів і місць складування будівельних матеріалів і конструкцій, які є або можуть з'явитися в зоні дії кранів, із зазначенням контрольного вантажу , а також місць знаходження робітників і водіїв, які доставляють вантажі на будівельні майданчики;

– під'їздні шляхи з урахуванням роз'їзду транспорту та встановлення дорожніх знаків;

– рейковий шлях баштового крану із зазначенням типу, перетин і довжину шпал, спосіб кріплення рійок між собою і шпалами, зазору між рейками, радіусів криволінійних ділянок, загального поздовжнього уклону, улаштування заземлення та ін.;

– розміщення кранів з нанесенням зон їх дії. При роботі декількох кранів повинні передбачатися кінцеві вимикачі і механізми зупинки кранів (стріли) на відстані не менше 5 м між вантажами або конструкціями кранів; – схеми стропування вантажів з переліком вантажозахватних пристосувань;

– захисні козирки над входами до будівель;

– огорожа будівельного майданчика, монтажні зони, зони складування матеріалів, конструкцій;

– розміщення санітарно-побутових приміщень і споруд з дотриманням вимог відповідних Державних будівельних норм України та протипожежних правил;

– систему штучного освітлення будівельного майданчика, робочих зон, проходів та проїздів;

– пішохідні доріжки, які повинні розташовуватися за межами небезпечних зон;

– зони складування будматеріалів і конструкцій з вказівками габаритів і відстанями між ними.

Детальні питання безпеки праці розробляються в технологічних картах на всі будівельно-монтажні роботи: земляні, цегляні, залізобетонні, монтажні, електромонтажні, санітарно-технічні, оздоблювальні, навантажо-розвантажувальні, транспортні. Технологічні карти, як правило, розробляються на нові і складні роботи, які відображають послідовність технологічних процесів, операцій, заходи та способи виконання робіт, місце робітника та забезпечення його засобами індивідуального захисту. Кожна технологічна карта складається з двох частин, які містять рішення з безпеки праці: графічної і таблично-текстової. Наприклад: при виконанні монтажних

робіт в графічній частині відображає організація монтажного процесу і робочого місця, надаються монтажні карти з вказівками прийнятої послідовності монтажу відповідно з особливостями конструкції, яка монтується, розташуванням машин, монтажного обладнання, інструменту та захисних пристосувань при організації робочого місця монтажників. У таблично-текстовій частині відображають основні вказівки по прийнятому методу монтажу та особливостей роботи монтажників відповідно умов безпечного виконання операцій, перелік необхідного монтажного обладнання та інструментів, обсягу виконуючих робіт, їх працеємність і кількість необхідних матеріалів.

Всі рішення щодо виконання робіт, які передбачають безпечність і повністю виключають елемент ризику при виконанні робочої операції відображаються в складових частинах технологічної карти, це:

– схема організації монтажних робіт;

– основні вказівки в послідовності, методи виконання робіт та організації роботи;

– графік виконання комплексного процесу монтажу;

– таблиця потреби в основних матеріально-технічних ресурсах і пристосувань;

– калькуляція трудових витрат.

Найбільшу практичну цінність мають технологічні карти, вирішення яких засновані на результатах аналізу причин виробничого травматизму. Всі рішення, розроблені в технологічних картах, є вихідними даними і обґрунтуванням для складання календарного плану будівництва.

Календарний план є основним проєктним документом, який встановлює технологічний зв'язок між окремими будівельними процесами і рухом робочих кадрів в часі для забезпечення і створення певної продукції: закінченого об'єкту, конструктивного елемента або виду робіт.

Крім цього повинні враховуватися і роботи по забезпеченню безпеки праці. Обсяг і термін їх виконання встановлюється з урахуванням проведення

додаткових робіт, необхідних для безпеки праці. Наприклад: визнаючи обсяг земляних робіт для улаштування котлованів і траншей, необхідно враховувати обсяг ґрунту, який повинен бути розроблений для утворення ухилів необхідної крутизни, виключаючи обвали, а також обсяг робіт з виготовлення кріплень і їх установки. Встановлюючи строк і праце ємність возведення стін, враховують обсяг робіт з улаштування огорож проломів, захисних козирків і настилів, монтажних площадок і безпечних переходів. При складанні календарних графіків будівництва необхідно передбачати сувору послідовність робіт, які забезпечать стійкість і жорсткість елементів споруди. Монтаж наступної конструкції може бути передбачений календарним графіком лише після повного закінчення попередніх монтажних робіт, а також після закінчення всіх зварювальних робіт і робіт по замонолічуванню вузлів. Календарний графік встановлює термін і обсяг робіт, виконуючих по одній вертикалі і передбачає при цьому їх взаємну послідовність з метою забезпечення безпеки ведення робіт. Так, до початку санітарно-технічних робіт повинні бути завершені всі монтажні роботи на 5-ти поверхах, а обробним - повністю закінчена секція.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел дозволив виділити основні критерії, параметри і показники, за якими можна дати оцінку надійності прийнятих організаційно-технологічних рішень. Описані в роботі параметри можуть враховуватись в реальних умовах при здійсненні організаційно-технологічного проєктування.

2. Досліджена методика прогнозування термінів зведення житлових будинків полягає у використанні імовірнісно-статистичних інструментів розрахунку термінів звершення робіт. Статистичні випробування дозволяють врахувати імовірнісний характер будівництва і вплив випадкових факторів на процес зведення будинку. Розрахунок вірогідності звершення робіт у заданий термін дозволяє збільшити точність прогнозування тривалості будівництва в цілому.

3. Проведений аналіз факторів, що безпосередньо впливають на вірогідність звершення робіт у планові терміни. Аналіз залежності ОТН від напруженості робіт, що входять до календарного графіку, дозволяє стверджувати, що зменшення коефіцієнту напруженості робіт призводить до підвищення надійності зведення будівлі у встановлені терміни.

4. На основі результатів дослідження організаційно-технологічного проєктування розроблені рекомендації, які дозволяють підвищити надійність зведення житлових будівель без втрати якості об’єкта будівництва, а також зменшити ризик втрати прибутку підрядником. Впровадження наведених заходів дозволить з більшою долею вірогідності прогнозувати терміни введення об’єкту в експлуатацію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Архітектура цивільних і промислових будівель / під. ред. Ю.С. Балова. Харків : Логос., 1995. 242 с.

2. Архітектура цивільних і промислових будівель. Житлові будинки / Під заг. ред. К. К. Шевчука. Рівне : Лібра. 2003. 237 с.

3. Архітектурне планування житлових будівель / Лисиця М.В., Пашковський В.Л., Петуніна З.В. та ін.; за ред. М.В. Лисиці, Е.С. Проніна. Київ : Архітектура , 2006. 488 с.

4. Афанас'єв В.О. Поточна організація будівництва: підручник Харків: Нова, 2000. 302 с.

5. Акаході Х.Н.Сітьові методи управління у проєктування будівництва / пер. з англ. Б.С. Лунякова, В.М. Симонова ; під ред. В.В. Калашнікова. Київ : Знання, 1989. 639 с.

6. Буркалов С.А. Моделювання та автоматизація організаційно-технологічного проєктування будівельного виробництва : навчальний посібник. Одесса : ОГАСА, 1997. 120 с.

7. Буркалов С.А. Теорія і практика календарного планування будівельного виробництва : підручник. Дніпро : Промо , 1999. 216 с.

8. Бурніков М.С. Будівельна економіка, моделі економіки. Суми. 2003. 167 с.

9. Бурсов М.Н. Житлове будівництво, світовий досвід. *Будівельний ринок* – січень-лютий 2014 р. №1 (327). С. 25-29.

10. Варламов Н.В. Будівництво та економіка. *Новини сучасної науки*. Тернопіль , 2003. №2. С. 140 -148.

11. Воробко В.С. Імітаційне моделювання в плануванні та прогнозуванні будівельного виробництва : монографія. Херсон : МОВА. 1998. 158 с.

12. Горбатенко А.В. Системи інформатизації: комплексні рішення в будівництві . *Вісник ОГАСА*. Одеса. 2011. № 6. с. 388-393.

13. Гусаков А.А., Григор'єв Е.Н., Ткаченко О.С. Вибір проєктних рішень в будівництві. Донецьк, Будпром. 2010, 165 с.

14. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. [Чинний від 2012-01-04]. Видання офіційне. Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2012. 49 с.

15. ДБН А.3.1-5-2016. Управління, організація і технологія. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2017-01-01] . Видання офіційне. Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2017. 67 с.

16. ДБН В.2.2-15:2019. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення [Чинний від 2019-12-01] . Видання офіційне. Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2019. 43 с.

17. Державна житлова політика України: проблема соціально-економічної ефективності: аналіт. доп. / за ред. О.А. Більовського. Київ: НІСД, 2012. 60 с.

18. Державна служба статистики України. Статистична інформація. http://www.ukrstat.gov.ua..

19. Джонс Дж.К. Методи проєктування / пер. з англ. Бурмистрова Т.П., Фриденберг И.В. Харків: Основа, 1986. 326 с.

20. Єгоров В.А. Автоматизація проєктування підприємств: виробниче видання. Київ . Будпром, 1993. 327 с.

21. Золотар І.А. Економіко-математичні методи в дорожньому будівництві. Миколаїв: Транспорт, 1984. 246 с.

22. Київський Л.В. Комплексність та потік у плануванні виробництвом. Біла Церква: Логос, 2007. 159 с.

23. Кофман А. Дебазей Г Сітьові методи планування та їх використання . пер. с фр. В.З. Біленький. Харків: Прогрес, 2008. 181 с.

24. Кравченко В.Ф. Кравченко Е.Ф., Забелін П.В. Організаційний інжиніринг: навчальний посібник. Чернігів: Приор. 1999. 253 с.

25. Кудінов, А.И. Календарне планування будівельного виробництва. Львів: Наука, 1994. 91 с.

26. Кузнєцов С.М. Сироткін Н.А., Лєгостаєва О.А., Ячменьків С.Н Оцінка організаційно-технологічної надійності будівництва будівель і споруд. *Экономіка та організація будівництва. Автоматизація і технологія будівельного виробництва*. 2006. №2. с. 47-52.

27. Куликів Ю.А. Імітаційні моделі та їх використання в управління будівництвом. Харків : Наука, 1993. 224 с.

28. Лазебник В.М., Кравець Н.І., Лазебнік В.М. Розрахунок рівня надійності потокового будівництва. Світове будівельне виробництво. 1996. №19, С. 3-7.

29. Лапідус А.А. Потенціал ефективності організаційно-технологічних рішень будівельного об'єкта. *Сучасна наука*, № 1. Суми, 2014. С. 175-180.

30. Максимов Ю.І. Стохастичне моделювання в плануванні . Біла церква: Наука, 1991. 285 с.

31. Малигіна С.В. Стан організаційно-технологічного проєктування в будівництві. *Будівництво майбутнього* : Житомир, 1999. С.84-93.

32. Мастаченко В.Н. Методи вибору варіантних проєктних рішень будівель і споруд : навчальний посібник. Чернігів, 1994. 52 с.

33. Мироносецький Н.Б. Економіко-математичні методи календарного планування. Суми : Наука, 1993 . 140 с.

34. Напрями реформування державної житлової політики України : аналіт. доп. Київ: НІСД, 2013. 55 с.

35. Недавницькй О.І., Базилевич С.В., Кузнєцов С.М., Оцінка організаційно-технологічної надійності будівництва об'єктів. *Системи. Методи. Технології*. 2013. №2. с. 137-141.

36. Одинцов Д.Г., Малигіна С.І. Вдосконалення організаційно-технологічного будівництва на основі методу експертних оцінок . *Научні підходи будівництва.* Харків : Новатор, 1999. №1. С.7-16 .

37. Одинцова Г.С. Ковальов А.И., Мельтюхова Н.Н Організаційне проєктування і планування розвитку систем управління. Київ : Наукова думка, 1986. 159 с.

38. Організаційно-технологічна надійність будівництва / Веремєєнко С.А., Гінзбург А.В. Київ: Аргус, 1994. 472 с.

39. Організація, планування та управління будівництвом / Грабовий П., Баронін С., Болотін С., Солуньский А. Херсон: Проспект, 2012. 528 с.

40. Парковий Г.А. Організація, планування та управління експлуатацією будівель. Харків: Будпром 1998. 326 с.

41. Пузирівський Л.С. Основи організаційного проєктування. Київ : Наука, 1985. 128 с.

42. Резніченко В.С. Сучасна інформаційна технологія в управлінні будівництвом . Харків: Знання, 1992. 132 с.

43. Рекитар Я.А. Тенденції розвитку будівництва в сучасному світі. Київ: Фактор 1991. 335 с.

44. Рижиков Ю.И. Імітаційне моделювання, теорія та технології . Харків : Альтекс. 2004. 380 с.

45. Седих Ю.І., Лазебнік В.М. Організаційно-технологічна надійність житлового будівництва. Рівне: Нова, 1999. 396 с.

46. Синенко С.А., Кужін М.Ф., Жадановьский Б.В. Аналіз даних необхідних для організаційно-технологічного проєктування в реконструкції. *Технологія та організація будівництва.* 2014. № 3 (8). с. 43-45.

47. Смолкін А.М. Організаційна оптимізація підприємств. Суми : Экономіка, 1991. 175 с.

48. Сисоєв О.Е. Техніко-економічна оцінка будівель і споруд : навчальний посібник. Миколаїв: АСВ, 2004. 120 с.

49. Теліченко В.І., Терентьев О.М., Лапідус А.А. Технлогія зведення будівель і споруд . Харків : Будівельні технології, 2004. 446 с.

50. Томаєв Б.М. Надійність будівельного потоку. Львів : Наука, 1983. 130 с.

51. Україна. Конституція (1996). Конституція України : станом на 10 серп. 2015 р. Київ : Правова єдність : Алерта, 2015. 78 с.

52. Фатенко Р.А. Розробка управлінського рішення. Хмельницький : Бізнес, 1998. 600 с.

53. Хлопков Ю.І., Горелов С.Л Методи сатистичного моделювання Кропивницький : МЕРО, 1994. 103 с.

54. Чулков В.О., Гінзбург А.В., Павленко А.А., Конищева О.В. Автоматизація проєктування оцінки якості. *Вісник ОДАСА*. 2008. №1. с. 405-407.

55. Шкляров А.Ф. Надійність систем управління в будівництві. Тернопіль: Наука, 1984. 96 с.

56. Шушаньский Я.Б. Методологія раціоналізації. Полтава: Экономіка, 1987. 247 с.