

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ**

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота / проект

II рівень вищої освіти (магістерський)

на тему «**Організаційно-технологічне проектування та надійність в житловому будівництві**»

Виконав: студент 2 курсу,

групи: БУД-18-2мд

спеціальності:

192 - Будівництво та цивільна інженерія

освітньої програми Промислове і цивільне

будівництво

спеціалізації: -

Зуб А.О.

Керівник доцент, к.т.н. М.О. Полтавець

Рецензент доцент, к.т.н., Самченко Р.В.

Запоріжжя
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ

Факультет Будівництва та цивільної інженерії
Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
(другий (магістерський) рівень)
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(шифр і назва)
Освітня програма 192.00.12 «Промислове і цивільне будівництво»
(шифр і назва)
Спеціалізація -
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
завідувач кафедри промислового та
цивільного будівництва
проф. І.А. Арутюнян
" 20 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Зуб Анна Олегівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи (проекту) Організаційно-технологічне проектування та надійність в житловому будівництві

керівник роботи Полтавець Марина Олександрівна,

доц., к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від "10" 09 2019 року № 1543-с







2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 16.12.2019 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливості розв'язання 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 та обґрунтувати теоретичні засади забезпечення надійності організаційно-технологічного проектування. Дослідити методик розрахунку надійності організаційно-технологічного проектування. Дослідити шляхи вдосконалення організаційно-технологічного проектування з метою підвищення надійності зведення житлових будівель.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
 Від восьми графічних аркушів із результатами аналітичних обґрунтувань наукового напрямку досліджень, результатами експериментальних досліджень, доказами оптимальності запропонованих методів, результатами чисельних розрахунків із застосуванням спеціальних інформаційних методів досліджень.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра

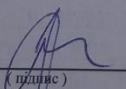
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Полтавець М.О., доц.		
Розділ 2	Полтавець М.О., доц.		
Розділ 3	Полтавець М.О., доц.		

7. Дата видачі завдання 02.09.2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Пр
1	Етап 1. Аналіз існуючих досліджень за темою роботи, теоретичні дослідження за обраним напрямом.	20 жовтня	
2	Етап 2. Обґрунтування можливих методик та положень із виявленням інноваційного напрямку та зазначенням сфери застосування.	20 листопада	
3	Етап 3. Вдосконалення інноваційного напрямку досліджень, обґрунтування ступеню ефективності та надійності запропонованих положень.	20 грудня	

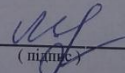
Студент


(підпис)

Зуб А.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи (проекту)

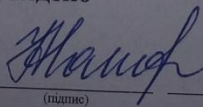

(підпис)

М.О. Полтавець

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер


(підпис)

Данкевич Н.О.

(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Зуб А.О. Організаційно-технологічне проектування та надійність в житловому будівництві.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Науковий керівник доц. каф. ПЦБ Полтавець М.О. Запорізький національний університет. Факультет будівництва та цивільної інженерії, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2020 р.

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

Ключові слова: ЖИТЛОВЕ БУДІВНИЦТВО, ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ, ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА НАДІЙНІСТЬ, БЕЗВІДМОВНІСТЬ, ІМОВІРНІСНО-СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ, КАЛЕНДАРНЕ ПЛАНУВАННЯ, ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

Список публікацій магістранта:

1. Зуб А.О., Полтавець М.О. Організаційно-технологічне проектування та надійність в житловому будівництві. *Проблеми сучасного будівництва, екологічної безпеки та охорони праці* : матеріали XXIV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів і викладачів. Запоріжжя: ПЗНУ 2019. Т 2. С. 102-103.

ANNOTATION

Zub A.O. Organizational and technological design and reliability in housing construction.

Qualifying final work for the receipt of degree of higher education of master's degree after speciality 192 is «Building and civil engineering». A scientific leader is an associate professor of department of industrial and civil building of Poltavec' M.O.. Zaporizhzhya National University. Faculty of Civil Engineering and Civil Engineering, Department of Industrial and Civil Engineering, 2020.

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 BUILDING, ORGANIZACIYNO-TEKHNOLOGICHNE PLANNING, ORGANIZACIYNO-TEKHNOLOGICHNA RELIABILITY, FAULTLESSNESS, PROBABILISTIC-STATISTICAL METHODS, CALENDAR PLANNING, ORGANIZACIYNO-TEKHNOLOGICHNE DESIGN

List of postgraduate publications:

1. Зуб А.О., Полтавець М.О. Організаційно-технологічне проектування та надійність в житловому будівництві. *Проблеми сучасного будівництва, екологічної безпеки та охорони праці* : матеріали XXIV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів і викладачів. Запоріжжя: ПЗНУ 2019. Т 2. С. 102-103.

АННОТАЦИЯ

Зуб А.О. Организационно-технологическое проектирование и надёжность в жилищном строительстве.

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 192 - «Строительство и гражданская инженерия». Научный руководитель - доцент кафедры промышленного и гражданского строительства Полтавец М.А. Запорожский национальный университет. Факультет строительства и гражданской инженерии, кафедра промышленного и гражданского строительства, 2020.

Усовершенствована общая методика организационно-технологического проектирования для повышения надёжности возведения жилых зданий; исследована методика прогнозирования сроков возведения жилых домов на основе вероятностно-статистического подхода; проанализировано влияние напряженности работ календарного графика на надёжность возведения жилых зданий; разработаны рекомендации по оптимизации организационно-технологического проектирования и уменьшению степени риска подрядной организации при возведении жилых зданий.

Ключевые слова: ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАДЕЖНОСТЬ, БЕЗОТКАЗНОСТЬ, ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ, КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ, ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Список публикаций магистранта:

1. Зуб А.О., Полтавец М.О. Організаційно-технологічне проектування та надійність в житловому будівництві. *Проблеми сучасного будівництва, екологічної безпеки та охорони праці* : матеріали XXIV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів і викладачів. Запоріжжя: ПЗНУ 2019. Т 2. С. 102-103.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ	11
1.1 Сучасний стан будівництва і організаційно-технологічного проектування.....	11
1.1.1 Аналіз стану житлового будівництва України	11
1.1.2 Основні засади концепції організаційно-технологічного проектування житлових будівель.....	22
1.2 Загальні визначення організаційно-технологічної надійності...28	
1.2.1 Імовірнісний характер будівництва. Прийняття рішень в умовах невизначеності	28
1.2.2 Критерії оцінки організаційно-технологічної надійності проектування.....	33
2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ НАДІЙНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ	41
2.1 Модель надійності календарного планування.....	41
2.2 Результати розрахунку сітьового графіку.....	48
2.3 Експериментальна методологія імітаційного моделювання методом Монте-Карло.....	59
2.4 Оцінка надійності організаційно-технологічної моделі. Метод статистичних випробувань.....	68

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗВЕДЕННЯ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ.....	78
3.1 Сучасні методи організаційно-технологічного моделювання в будівництві.....	78
3.2 Автоматизація організаційно-технологічного проектування...85	
3.3 Аналіз коефіцієнту напруженості роботи як фактору впливу на надійність зведення будівель. Розробка рекомендацій по вдосконаленню організаційно-технологічного проектування..90	
3.4 Питання безпеки в проектній документації на будівництво ...96	
ВИСНОВКИ.....	102
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	103

ВСТУП

Організаційно-технологічне проектування – це складний процес, метою якого є забезпечення спрямованості організаційних, технічних і технологічних рішень на досягнення кінцевого результату – введення в дію об'єктів з необхідною якістю, у встановлені терміни з максимальним прибутком підрядника.

Одним з найважливіших показників в організаційно-технологічному проектуванні є надійність. Забезпечення надійності ОТП (організаційно-технологічного проектування) набуває особливо важливого значення в ринковій економіці, коли у замовника з'явилася можливість диктувати виконавцю свої вимоги до якості об'єктів, що зводяться, поставки матеріально-технічних ресурсів, забезпечення машинами та механізмами, робочою силою і т.д [28].

Надійність ОТП визначається імовірністю реалізації розроблених організаційно-технологічних рішень, у тому числі календарних планів будівництва об'єктів. Надійність визначається можливістю ліквідації будівельних відхилень у ході будівництва від дії дестабілізуючих факторів [19].

Для підвищення ефективності будівництва необхідно підвищувати організаційно-технологічну надійність (ОТН) проектування ще на стадії техніко-економічних обґрунтувань. В основу розробки ОТН в першу чергу повинен бути закладений імовірнісно-статистичний підхід.

Враховуючи вищесказане, ОТН проектування можна розглядати як здатність організаційних, технологічних, економічних рішень забезпечувати стійкість в умовах випадкових факторів, притаманних будівництву як складній стохастичній системі.

В теперішній час відомі численні методи ефективних способів виробництва будівельно-монтажних робіт. Однак цілий ряд з них не отримав

належного розвитку в наслідок недостатнього рівня організаційно-технологічного проектування.

У період переходу економіки до ринкових відносин значно скоротився обсяг організаційно-технологічної документації, що зумовило необхідність більш детального вивчення факторів, що впливають на підвищення ефективності будівельного виробництва та їх обліку в проектній документації. Зміни, що відбулися в будівельному комплексі за останні роки, обумовлюють необхідність продовження досліджень провідних вчених (А.А. Гусакова [35], П.В. Прикіна [33], М.Б. Міроносецького [27], В.А. Афанасьєва [4], М.С. Буднікова [8], Н.В. Варламова [10] та ін.), а також (Д. Гелбрайта, Б. Гарлоффа, Т. Болта, В. Беренса та ін.) в області організації і управління будівельного виробництва. Це полягає в необхідності подальшого розвитку теорії та вдосконалення методик прийняття рішень, розробці нових методів і підходів при проектуванні, з метою скорочення термінів виконання робіт і підвищенню якості будівельної продукції. У зв'язку з цим тема роботи є актуальною.

Виходячи з вищесказаного:

Об'єкт дослідження – складові організаційно-технологічного проектування в будівельних організаціях для зведення житлових будівель.

Предмет дослідження – процес зведення житлових будинків з урахуванням підвищення надійності організаційно-технологічного проектування.

Мета роботи – вдосконалення загальної методики організаційно-технологічного проектування для підвищення надійності зведення житлових будівель.

Завдання дослідження:

– аналіз та узагальнення досвіду попередніх дослідів організаційно-технологічного проектування;

– дослідження методики прогнозування термінів зведення житлових будинків на основі імовірісно-статистичного підходу;

- аналіз впливу напруженості робіт календарного графіку на надійність зведення житлових будівель;

- розробка рекомендацій по оптимізації організаційно-технологічного проектування і зменшенню ступеня ризику підрядної організації при зведенні житлових будівель.

Наукову новизну становить вдосконалена загальна методика організаційно-технологічного проектування з метою підвищення надійності зведення житлових будівель, що включає:

- прогнозування термінів і собівартості зведення житлових будинків на основі ймовірно-статистичного підходу;

- обґрунтування організаційно-технологічної надійності з використанням ймовірнісної мережевої моделі.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Сучасний стан будівництва і організаційно-технологічного проектування

1.1.1 Аналіз стану житлового будівництва України

Житлове будівництво як діяльність існує для задоволення однієї з найважливіших потреб людини – забезпечення нормальними житловими умовами – є пріоритетною галуззю соціальної політики держави, а також важливим інструментом забезпечення економічного розвитку країни.

Стаття 47 Конституції нашої країни визначає, що «кожен має право на житло. Держава створює умови, за яких кожен громадянин матиме змогу 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].

Між тим, на практиці задоволення житлових потреб громадян України, реалізація їхнього конституційного права на житло відбувається із неабиякими труднощами. За рівнем житлової забезпеченості, якістю житла, його доступністю та іншими ключовими параметрами, що характеризують житлову сферу, Україна сьогодні значно поступається країнам Європи і навіть деяким країнам колишнього СРСР, зокрема таким як Росія, Білорусь, Казахстан. Перехід до ринкової моделі економіки, який відбувся в 90-х роках минулого століття, не приніс очікуваного успіху у розв'язанні житлових проблем наших співвітчизників. Лише відносно незначна частина сімей із високими доходами змогла покращити свої житлові умови. Відмова держави від проведення активної, соціально-орієнтованої житлової політики призвела

до значного – майже вдвічі – скорочення загальних обсягів житлового будівництва та, відповідно, загострення успадкованої з радянських часів житлової проблеми [14].

У таблиці 1.1 наведені дані, викладені в таблиці порівняння вартості житла та середньої заробітної платні у різних країнах світу [9].

Таблиця 1.1 – Співвідношення вартості 1 м² житлової площі і середньої заробітної платні за період з початку 2015-2019 р.р.

Країна	Середня заробітна платня	Вартість 1м ²	Кількість м ² за 1 заробітну платню
США, Нью-Йорк	3996 доларів	2000 доларів	2,0
Німеччина, Берлін	3200 євро	2500 євро	1,28
Норвегія	3000 євро	2066-3854 євро	1,01
Фінляндія	2980 євро	3500-4000 євро	0,8
Швеція	2200 євро	2771,8 євро	0,79
Великобританія, Лондон	2884 фунтів	2500-5000 фунтів	0,7
Україна, Київ	612 доларів	870 доларів	0,7
Болгарія, Софія	392 євро	742 євро	0,53
Росія, Москва	1433 доларів	2792 доларів	0,5
Білорусь, Мінськ	730 доларів	1466 доларів	0,5
Литва, Вільнюс	730 доларів	1581 доларів	0,46
Італія, Рим	2400 євро	9400 євро	0,25

Залежно від містобудівних, природних, будівельно-технічних умов місць будівництва, а також від особливостей виду трудової діяльності та побуту населення застосовують житлові будівлі з різною поверховістю,

планувальною та об'ємно-просторовою структурою, характером зв'язку з навколишнім середовищем.

Правильний вибір поверховості житлових будинків та їх об'ємно-планувальної структури має важливе значення як в економічному, містобудівному і архітектурному відношенні, так і для вирішення соціально значущих проблем, забезпечення необхідних сприятливих умов життя і життєдіяльності населення [3].

При виборі поверховості багатоквартирних житлових будинків поряд з містобудівними та архітектурними завданнями першорядне значення мають економічні фактори (улаштування ліфтів, сміттєпроводів та ін. істотно здорожують зведення і особливо експлуатацію житлових будинків). У будинках до 5 поверхів (в кліматичних північних районах і південному до 4 поверхів) не вимагається улаштування ліфтів, доцільно використовуються конструкції фундаментів, стін, покриттів. Забудову 5 (4) -поверховими будинками широко застосовують у малих, середніх і частково у великих містах (з населенням 50 - 250 тис. чол.) і в селищах (на 10 і більше тис. чол.) [3], що дозволяє досить доцільно використовувати територію, інженерні мережі, благоустрій та транспорт населених місць такої величини [56].

Типологія житла активно розростається. Поняття «соціальні норми» втратило свою вагу, проте значення споживчої привабливості житла в очах забудовників, будівельників і проектувальників зростає. Поки в Україні типологічна палітра житла бідна. Це соціальне (муніципальне житло, відомчі та інститутські гуртожитки) і комерційне житло, в якому існує класифікація з досить розпливчастими кордонами: «економ», «бізнес» і «люкс».

За своїм призначенням, тобто по контингенту заселення, для якого вони призначені, і часу проживання житлові будівлі підрозділяють на чотири основні види:

- 1) житлові квартирні будинки для родинного заселення і постійного проживання;

2) гуртожитки для тимчасового (тривалого) проживання робітників на період роботи та учнівської молоді на час навчання;

3) готелі для короткочасного проживання, в яких періодично змінюється контингент, 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 родинного 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.



Рисунок 1.1 – Секційний тип об’ємно-планувальної структури житлового будинку

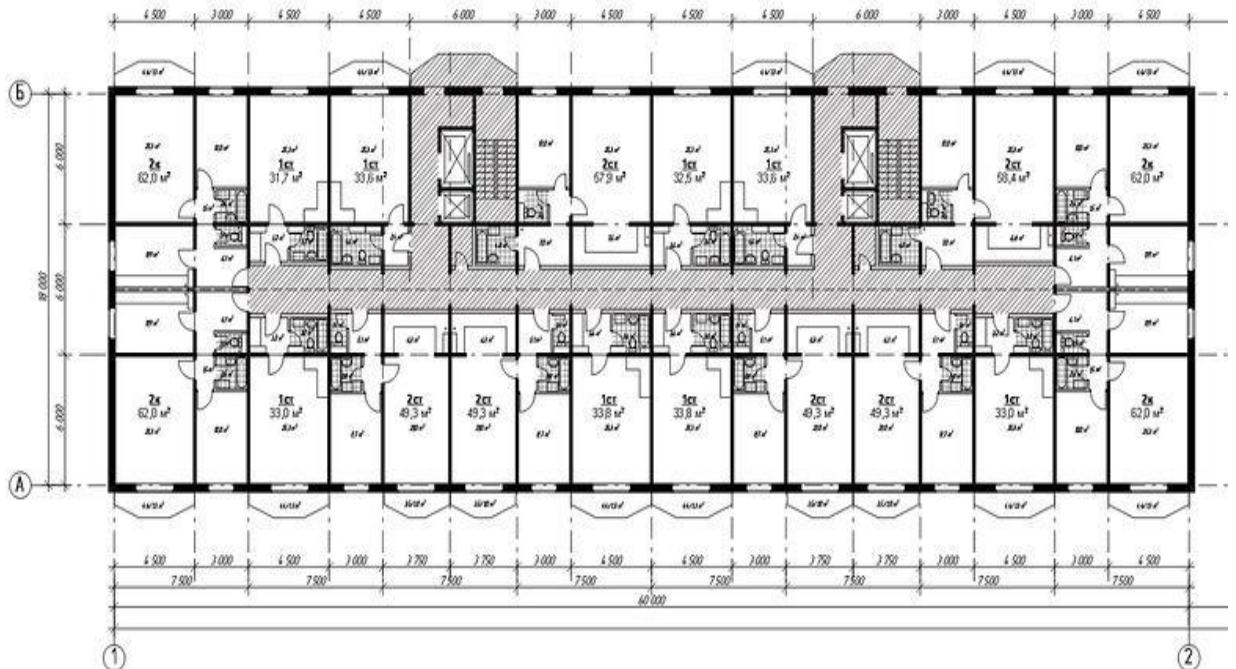


Рисунок 1.2 – Коридорний тип об’ємно-планувальної структури житлового будинку

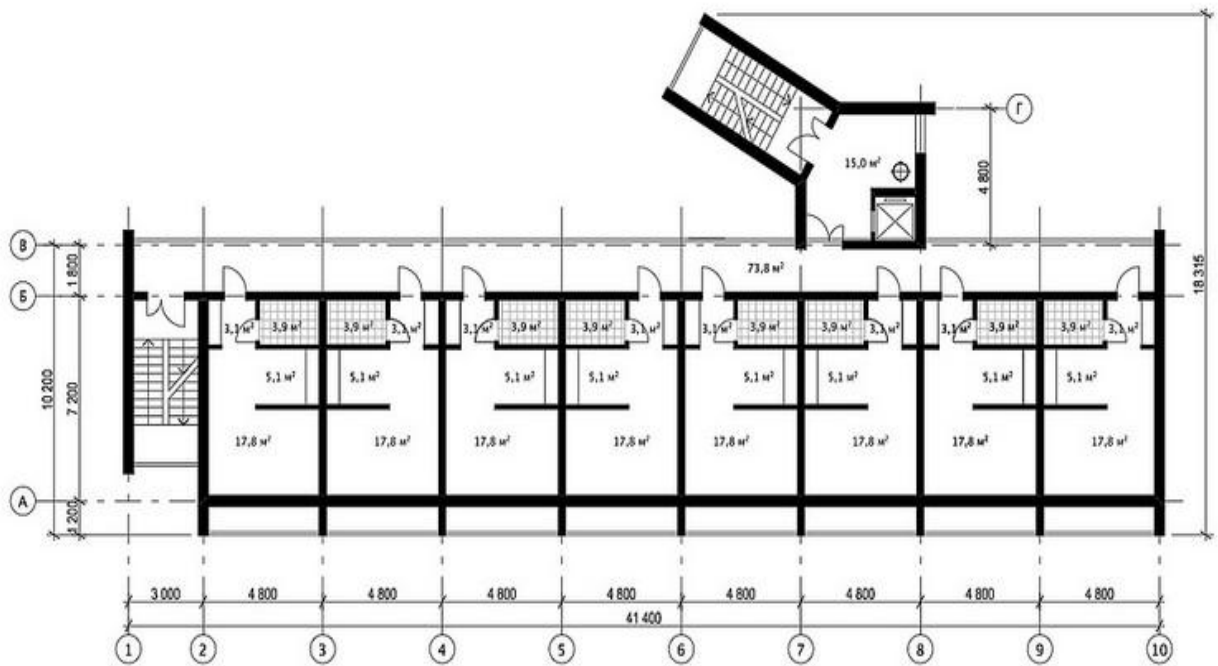


Рисунок 1.3 – Галерейний тип об’ємно-планувальної структури
житлового будинку

Дані, представлені на офіційному сайті Державної служби статистики України [15] показують різке зниження обсягів будівництва у 2012 році по відношенню до попереднього року. Від 2015-2018 рр. спостерігалось поступове нарощення обсягів будівництва у країні, але занадто повільне. З початком кризи року приріст обсягів будівництва зупинився. Отже на сьогоднішній день будівельна галузь України перебуває у стані занепаду. Дані за останні 5 років по видам будівельної продукції показують найнижчі показники виконаних робіт за останній рік по відношенню до попереднього для нежитлових та інженерних споруд: нежитлові – 66,3%, інженерні споруди – 79,7%. У дещо кращому стані знаходиться житлове будівництво. Однак, порівняно із західноєвропейськими країнами забезпеченість житлом в Україні менша у 3-5 разів. Офіційні дані щодо житлового фонду України та прийнятого в експлуатацію житла представлені у табл. 1.2-1.4.

Таблиця 1.2 – Статистика житлового фонду України у 19-2017 рр.

1	Весь житловий фонд, загальної площі, млн.м ²	У середньому на одного жителя, м ²	Кількість квартир, усього, тис.					К-ть сімей та однаків, які перебували на квартирному обліку на кінець року, тис.	К-ть сімей та однаків, які одержали житло протягом року, тис.
			всього	з них:					
				1-кімнатних	2-кімнатних	3-кімнатних	4- і більше кімнатних		
2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1991	922,1	17,8	17656	x	x	x	x	2638	235
1992	932,7	18,0	17827	x	x	x	x	2728	179
1993	944,7	18,2	17947	x	x	x	x	2696	166
1994	960,6	18,5	17978	x	x	x	x	2636	144
1995	962,9	18,7	18021	x	x	x	x	2578	104
1996	978,3	19,2	18303	3557	6766	6199	1781	2411	82
1997	995,2	19,7	18565	3633	6930	6190	1812	2297	56
1998	1002,6	20,0	18784	3662	7010	6262	1850	2164	47
1999	1008,4	20,2	18858	3675	7027	6278	1878	2029	37
2000	1015,0	20,7	18921	3677	7046	6299	1899	1765	32
2001	1026,1	21,0	18960	3676	7063	6301	1920	1624	29
2002	1031,7	21,3	19023	3692	7098	6303	1930	1533	25
2003	1035,7	21,6	19049	3702	7106	6303	1938	1460	25
2004	1040,0	21,8	19075	3699	7118	6308	1950	1414	23
2005	1046,4	22,0	19132	3697	7132	6331	1967	1323	20
2006	1049,2	22,2	19107	3688	7112	6313	1987	1300	20
2007	1057,6	22,5	19183	3693	7127	6339	2006	1252	17
2008	1066,6	22,8	19255	3705	7145	6352	2025	1216	17
2009	1072,2	23,0	19288	3709	7154	6358	2039	1174	11

Продовження табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2010	1072,2	23,0	19288	3709	7154	6358	2039	1174	11
2011	1079,5	23,3	19322	3719	7156	6355	2054	1139	11
2012	1086,0	23,5	19327	3722	7156	6340	2072	1084	10
2013	1094,2	23,7	19370	3740	7165	6350	2085	1022	9
2014	1096,6	23,8	19368	3731	7151	6332	2090	808	8
2015	966,1	24,3	16785	3248	6138	5489	1894	657	6
2016	954,3	24,6	16583	6578	6547	5475	1254	657	5
2017	849,1	24,9	23256	2365	2568	5681	4566	125	3
2018	793,7	25,7	12355	2368	4465	2566	2456	456	3
2019	1094,2	23,7	19370	3740	7165	6350	2085	1022	9

Таблиця 1.3 – Прийняте в експлуатацію житло за видами житлових будівель

Роки	Усього, тис.м ²	У тому числі у житлових будівлях, тис.м ²		
		одноквартирних	з двома та більше квартирами	гуртожитках
2003	6432,9	3873,9	2553,4	5,6
2004	7566,0	5037,8	2508,9	19,3
2005	7815,9	4385,7	3410,9	19,3
2006	8628,4	4686,0	3917,0	25,4
2007	10243,7	5716,7	4519,7	7,3
2008	10495,6	5919,9	4531,1	44,6
2009	6399,6	2363,3	4015,8	20,5
2010	9339,3	6266,8	3050,4	22,1
2011	9410,4	5189,0	4178,9	42,5
2012	10749,5	7170,5	3534,1	44,9
2013	11217,2	6787,7	4361,7	67,8
2014	9741,3	4553,4	5161,1	26,8
2015	6547,32	4562,3	4568,5	69,3
2016	2355,06	4586,4	9856,4	45,3
2017	24589,4	1457,89	6543,8	28,7
2018	6547,32	4562,3	4568,5	69,3
2019	2355,06	4586,4	9856,4	45,3

Таблиця 1.4 – Прийняття в експлуатацію загальної площі житла та кількість збудованих квартир

Роки	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Всього																				
Введення в експлуатацію загальної площі, тис. м ²	17447	8663	5558	5939	6073	6433	7566	7816	8628	10244	10496	6400	9339	9410	10750	11217	9741	7516	8816	8328
у т. числі																				
у міських поселеннях	14024	6456	4329	4773	4858	5074	5739	6088	6709	7737	7640	5163	6304	6965	7539	7672	6645	5739	17888	7709
у сільській місцевості	3423	2207	1229	1166	1215	1359	1827	1728	1919	2507	2856	1237	3035	2445	3211	3545	3096	1827	1728	1369
Кількість збудованих квартир, тис.	279	118	63	65	64	62	71	76	82	95	94	66	77	83	91	102	105	71	96	78
у т. числі																				
у міських поселеннях	233	94	52	54	54	51	57	63	69	78	76	57	57	66	70	75	77	57	63	69
у сільській місцевості	46	24	11	11	10	11	14	13	13	17	18	9	20	17	21	27	28	14	16	18

Продовження табл. 1.4

Роки	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
На 1000 населення																				
Введення в експлуатацію загальної площі, м ²	338	169	113	123	127	135	160	167	185	221	228	140	204	207	237	248	227	235	260	367
у т. числі																				
у міських поселеннях	404	186	130	147	151	159	180	192	213	246	244	165	202	224	242	247	...	159	280	392
у сільській місцевості	202	133	77	73	77	87	118	113	128	169	194	85	210	170	225	249	...	187	167	213
Кількість збудованих квартир	5,6	2,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,0	1,4	1,7	1,8	2,0	2,3	2,5	3,3	2,5	3,6
у т. числі																				
у міськ. посел.	7,0	2,7	1,6	1,7	1,7	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,4	1,8	1,8	2,1	2,2	2,4	...	1,6	2,6	6,0
у сільській місцевості	2,8	1,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,8	0,9	1,1	1,2	0,6	1,4	1,1	1,5	1,9	...	2,7	2,9	3,8

Особливо слід сказати про якість будівництва. В цілому воно поліпшується, але повільно. Органи ліцензування, експертизи, ціноутворення ще недостатньо впливають на підвищення якості проектування і будівництва.

Найважливішим завданням залишається залучення в будівництво позабюджетних коштів.

Триває скорочення кількості зайнятих у галузі будівництво [31].

У таблиці 1.5 наведені фактори, що обмежують виробничу діяльність будівельних організацій.

Таблиця 1.5 – Фактори, що обмежують виробничу діяльність будівельних організацій

Фактор впливу на діяльність будівельних організацій	Частка впливу, %
Неплатоспроможність замовників	88
Незабезпеченість фінансуванням	86
Брак замовлень і роботи	68
Зношеність машин і механізмів	43
Висока вартість будівельних матеріалів, конструкцій і виробів	41
Високий відсоток комерційного кредиту	14
Конкуренція з боку будівельних фірм	12
Брак будівельних машин і механізмів	12
Погані погодні умови	10
Брак кваліфікованих робочих	8

Основна причина такого стану справ у будівельній галузі полягає в низькому рівні проектування виробничої діяльності учасників будівельного виробництва і майже повній відсутності координації, викликаній різницею цільових функцій і, відповідно, прийнятих рішень.

Оцінюючи процеси, які мають місце на ринку житла, а також загальні макроекономічні процеси, з високою імовірністю слід очікувати, що ринок житла в Україні й надалі перебуватиме в стані депресивної стабільності. Основним трендом його розвитку буде подальше повільне зниження цін.

Очевидно, вийти із нинішнього стану депресивної стабілізації, ринок житлової нерухомості може шляхом встановлення ефективного балансу між цінами пропозиції та купівельною спроможністю населення, зокрема, тієї частини, яка потребує поліпшення житлових умов. Ключовим елементом цього процесу має стати активізація діяльності держави, спрямована на регулювання процесів (в першу чергу цінових), що відбуваються на ринку житла [31].

1.1.2 Основні засади концепції організаційно-технологічного проектування житлових будівель

Історія незалежної України досить коротка, отже більша частина розвитку і становлення досліджень організації будівництва припадає на період входження країни в СРСР.

Перехід до ринкових відносин зумовив необхідність розвитку нових методів організаційно-технологічного проектування. Тому розробка нових систем підвищення ефективності організаційно-технологічного проектування будівництва є актуальною проблемою, має наукове і практичне значення.

Узагальнення та аналіз вітчизняних і зарубіжних літературних джерел і безпосереднього досвіду організаційно-технологічного проектування будівельного виробництва дозволили встановити, що накопичений великий досвід в області технології та організації виробництва робіт, однак це не виключає можливості подальшого розвитку та вдосконалення методик прийняття рішень [6, 34, 38].

Теорія організаційно-технологічного проектування, яка представлена в роботах видатних вчених [4, 8, 10, 27, 33, 35], не відбиває питання взаємозв'язку організаційно-технологічних і керуючих систем, що ускладнює їх використання для вирішення проблем сучасного будівельного виробництва.

Відсутність чітких рішень з цих питань зумовлює необхідність застосування ряду логічних і методичних рішень для підвищення ефективності та надійності організаційно-технологічного проектування в сформованих умовах – розробку нових підходів і методів при організаційно-технологічному проектуванні будівельного виробництва з метою стабілізації рівня його надійності, термінів виконання робіт і введення об'єктів в експлуатацію [26].

У соціалістичних умовах господарювання по окремих об'єктах склалися річні плани, тому будівництво здійснювалося тільки за попередньо розробленим рішенням по організації, технології та плануванню виробництва робіт, які повинні були бути прийняті в проекті організації будівництва (ПОБ) і проектах виробництва робіт (ПВР).

В ході будівельного виробництва використовувалася взаємодія всіх найважливіших суб'єктів виробництва, включаючи оформлення документації по організації будівництва і виконанню робіт, матеріально-технічного забезпечення будівництва, охорони навколишнього середовища, механізації та транспорту, організації праці, якісного виконання будівельно-монтажних робіт, оперативно-диспетчерського управління.

Також по кожному окремому об'єкту склалися оперативні плани. Вони були заключним етапом у системі планування будівельного виробництва і призначалися для конкретизації річних планів і для їх коригування з урахуванням фактичного стану робіт на об'єкті [43].

Сучасний аналіз будівельної сфери показує, що продовжують знижуватися фізичні обсяги робіт, забезпеченість матеріальними та трудовими ресурсами, інвестиціями.

У процесі організаційно-технологічного проектування перед будівельними організаціями встають різні питання. Найбільш важливі з них: які раціональні терміни завершення комплексу робіт або здачі об'єкта в експлуатацію з урахуванням їх технологічних особливостей і ресурсних можливостей організації; як скоротити терміни здачі об'єктів замовнику (збільшити оборот капіталу) без істотних змін витрат на ресурси (матеріальні, трудові і т.д.).

Певне коло питань пов'язане з формуванням плану робіт на найближчу перспективу: як оцінити можливості організації щодо збільшення плану робіт в результаті укладення договорів на будівництво тих чи інших об'єктів, враховуючи наявні фінансові та інші ресурси, наскільки вплине на плановані результати діяльності організації порушення договірних зобов'язань одним з партнерів; чи будуть завершені роботи на конкретному об'єкті або в цілому по комплексу об'єктів до конкретних календарних дат; які терміни завершення робіт на об'єктах з урахуванням заданої величини ризику і характеристик співвиконавців.

Всі перераховані вище питання дозволять удосконалити організаційно-технологічне проектування, спрямоване на раціональне використання всіх видів ресурсів, для досягнення кінцевого результату – здачу об'єкта з експлуатацію в намічені терміни, із запланованою якістю і максимальним прибутком.

Склад та обсяг проектної 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 проектів організації будівництва (ПОБ) і проектів виконання робіт (ПВР).

Організаційно-технологічна документація є складовою частиною проектів підприємств, будівель і споруд, і розробка цієї документації, так само як і проектів в цілому, може здійснюватися в одну або дві стадії. При одностадійному проектуванні в складі затверджуваних проектів розробляється проект організації будівництва (розділ «Організація будівництва»). Такий же розділ розробляється і при двостадійному проектуванні на першій стадії в складі робочих проектів.

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

До складу організаційно-технологічної документації зазвичай входять календарні плани або сітьові графіки будівництва, будівельний генеральний план, схеми зведення основних будівель і споруд, технологічні карти та опис методів виробництва складних будівельно-монтажних робіт, вказівки по геодезичній розбивочній основі, відомості обсягів робіт, графіки потреби в будівельних матеріалах, конструкціях, машинах і робочих кадрах, документація з управління будівництвом, пояснювальна записка. Порядок і технологія розробки проекту виконання робіт показані на рис. 1.4.

Організаційно-технологічна документація розробляється генеральним проектувальником або спеціалізованими проектними організаціями – оргтехбудами (проектно-технологічними інститутами, трестами, їх філіями та відділами).

Обов'язковою вимогою до організаційно-технологічного проектування є врахування в проектах умов будівництва.

На даний час існує безліч методів для ефективного способу проведення будівельно-монтажних робіт [13]. Хоча деякі з них не отримали подальшого розвитку через недостатній рівень організаційно-технологічного проектування.

Розглядаючи економічні аспекти в області ринкових відносин можна побачити, що з часом став скорочуватися обсяг і зміст організаційно-технологічної документації, в наслідок чого стало необхідно вивчати більш детально ті фактори, які впливають на підвищення ефективності та надійності будівельного виробництва.

Маючи правильні уявлення про проектне виробництво, ми повинні ґрунтуватися на сучасних технологічних підходах, спрямованих на забезпечення управління процесами розробки якісної і конкурентоспроможної проектною та робочою документації для будівництва в умовах проектно-вишукувальних та інших організацій будівельного комплексу.

Основним завданням кожної організації є випуск якісної проектною продукції або надання якісних проектних та вишукувальних послуг. Цьому завданню повинні відповідати всі процеси проектного виробництва, а також інформаційне забезпечення, підготовка персоналу, обчислювальні роботи, матеріально-технічне постачання та ін.

Рисунок 1.4 – Укрупнена схема порядку розробки ПВР

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

- організаційно-технологічний порядок проведення основних видів проектних робіт і типові процеси розробки проектної продукції;
- загальні вимоги щодо порядку оцінки та контролю якості проектної продукції;
- положення щодо організаційного та технологічного забезпечення якості проектної продукції та ефективності проектного виробництва;
- терміни та визначення, що застосовуються в технології проектування.

Важливим завданням в області організаційно-технологічного проектування є забезпечення фахівців і керівників проектно-вишукувальних та будівельних організацій, установ та служб замовника (інвестора) та інших зацікавлених організацій – учасників інвестиційного процесу – організаційно-методичними матеріалами з технології проектування, які дозволяють на єдиній системній, методологічній та термінологічній основі розробляти і застосовувати високоефективні технологічні процеси проектування підприємств, будівель і споруд, що забезпечують якість і конкурентоспроможність цих об'єктів будівельних інвестицій.

1.2 Загальні визначення організаційно-технологічної надійності

1.2.1 Імовірнісний характер будівництва. Прийняття рішень в умовах невизначеності

Основне завдання теорії надійності на етапі організаційно-технологічного проектування – прийняття обґрунтованих рішень, що стосуються вибору структури робіт та їх виконавців, послідовності зведення об'єктів будівництва, кількості і типу тимчасових комунікацій і будівель,

фронту робіт, матеріально-технічних та інших ресурсів, варіантів організаційно-технологічних моделей побудови оптимальної системи оперативного планування і управління і т.д [29].

Організаційно-технологічна надійність в будівництві є складною імовірнісною системою, залежною від безлічі виробничих факторів, більшість з яких – випадкові події.

Імовірнісний характер будівництва полягає в тому, що на хід робіт весь час впливають різні випадкові чинники [43]. Ці впливи важко передбачити і оцінити. Випадкові фактори мають вельми різноманітну природу, і наслідки їх впливу різноманітні.

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 проектних 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 конкретно виражається в тому, що при будь-якому різноманітному поєднанні випадкових величин і при різній їх природі сукупний вплив, в кінцевому рахунку, виражається, в основному, наступним чином: фактична тривалість робіт і фактичні витрати ресурсів на

виконання цих робіт відхиляються від значень, прийнятих у вихідних планах і графіках.

Проблема організаційно-технологічної надійності об'єднує теоретичні, методологічні, практичні шляхи і рішення багатofакторних організаційних завдань на різних структурних рівнях спорудження об'єктів та експлуатаційного їх змісту.

У процесі проектування організації будівництва основним завданням є побудова організаційно-технологічної моделі, що враховує склад і структуру будівельних підрозділів, бригад, машин, а також характер їх функціонування та взаємодії [40]. Процедура оцінки надійності будівництва представлена логічною моделлю на рис. 1.5.

Рисунок 1.5 – Структурна схема оцінки надійності

Організаційно-технологічна надійність проектування 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 ОТН 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.

$$, \quad (1.1)$$

де – витрати при рішенні та стані середі;

i – номер рішення ($i = 1...m$);

– кількість допустимих рішень;

j – стан середовища ($j = 1...n$);

n – кількість станів середовища.

Критерій мінімальних витрат є найбільш обережним, консервативним і застраховує від несприятливих наслідків при найбільш несприятливих випадкових вихідних даних.

Застосування цього критерію виправдовується, якщо ситуація, в якій приймається рішення, наступна:

- про можливості зовнішніх проявів станів середовища нічого не відомо;
- доводиться враховувати прояви різноманітних зовнішніх станів середовища;
- рішення реалізується одноразово;
- необхідно виключити будь-який ризик.

Критерій мінімального ризику (критерій Севіджа). Згідно цього критерію обирається той варіант поєднання параметрів будівельної системи, для якого найбільший ризик менший 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):

$$, \quad (1.2)$$

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:

$$\cdot \quad (1.3)$$

Критерій мінімального ризику не допускає занадто високих втрат (відхилень), до яких може призвести невірне рішення, хоча у нього є деякі переваги перед критерієм мінімальних витрат, він 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 оптимізму (песимізму) α , за якого критерій Гурвіца сягає мінімуму:

$$\cdot \quad (1.4)$$

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 той варіант поєднання параметрів, для якого досягається мінімум середньоарифметичного значення витрат. Критерій недостатньої обґрунтованості відповідає критерію мінімуму

математичного очікування, якщо припустити, що вірогідності окремих поєднань випадкових вихідних даних однакові. Однак, це не завжди виконується.

Остаточне рішення після використання всіх вищенаведених критеріїв оптимізації в умовах невизначеності приймається виходячи з наявного досвіду, інтуїції та різноманітних додаткових міркувань, не врахованих при комплектуванні.

1.2.2 Критерії оцінки організаційно-технологічної надійності проектування

Критерій надійності – це ознака, за якою оцінюється надійність будівельного виробництва.

Оцінити організаційно-технологічну надійність будівельного виробництва можна за допомогою великої кількості критеріїв [32].

Надійність характеризується такими критеріями як, безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збереженість, справність, працездатність. Для будівельного виробництва багато з них не характерні, а ті, які можуть оцінити будівельне виробництво, повинні бути переосмислені, з точки зору, особливостей будівельного виробництва.

Відмови і тимчасові складові нормального виробничого циклу можна розглядати як випадкові процеси. Кількісні показники надійності тоді матимуть імовірнісний характер. При цьому кількісним показникам корисно давати статистичне і вірогідне тлумачення. Перше виявляється необхідним при визначенні кількісних показників надійності з досвіду, друге – при теоретичному аналізі надійності.

Неможливо оцінити надійність будівельного виробництва будь-яким одним кількісним показником з розглянутих нормальних циклів виробництва робіт, необхідно мати сукупність таких показників. Подібними показниками

можуть бути: імовірність безвідмовної роботи, середній час між відмовами, інтенсивність відмов, їх частота, коефіцієнти надійності. Перелік критеріїв надійності і відповідних їм кількісних показників, а також їх визначення наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Перелік критеріїв надійності

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

$$P(t) = \frac{N - n(t)}{N}, \quad (1.5)$$

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 $t \rightarrow \infty$ 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):

$$P(t) + Q(t) = 1. \quad (1.6)$$

Для систем будівельного виробництва характерними є не повні відмови, а часткові, тобто збої в роботі, які самоусуваються в процесі безперервного функціонування системи. Тому в більшості робіт з

організаційно-технологічної надійності будівництва в якості основного показника надійності системи використовується коефіцієнт готовності k_g , який знаходиться за формулою (1.7). Він являє собою відношення тривалості безвідмовної роботи системи за даний період її функціонування до суми тривалості безвідмовної роботи і відмов (збоїв або простоїв) за той же період часу:

$$k_g = \frac{T}{T + \sum_{i=1}^n t_{відм_i}} \quad (1.7)$$

де T – тривалість безвідмовної роботи;

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

Безвідмовність як поняття ОТН – це властивість об'єкта зберігати працездатний стан протягом деякого заданого часу. Імовірність безвідмовної роботи – це імовірність того, що в заданих межах часу відмова в роботі системи не виникає.

Оцінка ОТН системи може бути проведена тільки за результатом діяльності системи. Цей результат формулюється як імовірність виконання всього проекту або певних робіт до встановленого терміну [23, 32]. Тому під оцінкою надійності будівельних систем слід розуміти оцінку імовірності досягнення мети.

В якості основи для кількісної оцінки ОТН використовується середній час безвідмовної роботи системи без внесення змін в структуру і характер діяльності цієї системи [45]. Знаючи середній фактичний час безвідмовного функціонування системи і планований час її дії, можна, використовуючи закони теорії імовірностей, визначити імовірність безвідмовного функціонування системи протягом всього заданого часу (імовірність безвідмовної роботи – p). Ця імовірність, тобто надійність системи, виражається у відсотках або чисельно в інтервалі $0 \dots 1$: $0 < p \leq 1$.

Система в процесі функціонування може перебувати в стані відмови або безвідмовності. У результаті встановлюється співвідношення між

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

- відмова –;
- безвідмовність – .

Для розрахунку надійності використовується апарат 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):

$$. \quad (1.8)$$

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):

$$. \quad (1.9)$$

Відповідно до цієї формули вирішення проблеми надійності полягає у розробці та реалізації заходів (планів, організаційних і управлінських рішень), що забезпечують досягнення заданого результату об'єктом управління.

У теорії імовірностей, як відомо, існує так зване правило множення імовірностей, яке для залежних подій свідчить: імовірність спільного наступу двох подій дорівнює добутку імовірності першої події на умовну імовірність другої, обчислену в припущенні, що перша подія відбулася. Аналізуючи це

правило, цілком виразно можна інтерпретувати взаємозв'язок між підсистемою вироблення рішень і підсистемою їх реалізації.

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

$$P = P_1 \cdot P_2 \quad (1.10)$$

де P – імовірність вироблення системою рішень, що забезпечують досягнення заданої мети системи;

P_1 – імовірність реалізації системою вироблених рішень по досягненню заданої мети системи.

Із виразу (1.10) випливає, що імовірність вироблення рішень і імовірність їх реалізації можна розглядати окремо. Цей висновок визначає два напрямки в практиці вирішення проблеми надійності: розгляд надійності вироблення рішень і забезпечення надійності функціонування системи в процесі реалізації рішень.

В якості першого шляху багато дослідників обирають проблему забезпечення надійності організаційно-технологічних моделей будівництва об'єктів, до числа яких відносяться календарні плани виробництва будівельно-монтажних робіт (в лінійному, сітьовому чи іншому зображенні).

Аналіз сучасного стану будівельної галузі в Україні виявив фактори, що впливають на якість зведення житлових будівель. Тенденції розвитку житлового будівництва у країні свідчать про необхідність вдосконалення процесу організаційно-технологічного проектування.

Виявлено, що надійність організаційно-технологічного проектування є складною імовірнісною системою, на яку впливають 5 категорій факторів випадкових чинників: технічні, технологічні, організаційні, кліматичні, соціальні. Результатом дії випадкових чинників є відхилення фактичних строків і витрат ресурсів від планових. Усунення будь-якого із зазначених факторів призводить до скорочення затримок будівельного виробництва.

Виділені та описані такі критерії для оцінки організаційно-технологічної надійності, як імовірність безвідмовної роботи, середній час між відмовами, інтенсивність відмов, їх частота, коефіцієнти надійності. Визначення їх кількісних показників дозволяє дати оцінку надійності роботи будівельної системи, тобто оцінити імовірність безвідмовної роботи будівельного виробництва.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ НАДІЙНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

2.1 Модель надійності календарного планування

Значення показника організаційно-технологічної надійності будівництва у багатьох методиках являє собою віродність виконання графіка будівництва у запланований термін.

Одним з основних факторів, що використовується на всіх стадіях розвитку інвестиційного проекту, є календарний графік будівництва об'єкта [22]. Календарний графік пов'язаний як з управлінням, так і з реалізацією проекту, тому повинен бути актуальним і відображати поточний стан будь-якої проектованої будівлі чи споруди та всього будівництва в цілому в будь-який період або момент часу. Форма представлення графіку (лінійний графік, сітьовий чи циклограма) залежить від складності, розміру та суті виконуваних задач та робіт, а також від вимог, що висуваються до графіка.

При аналізі організаційно-технологічної надійності будівництва [25] встановлено, що незалежно від кризи значення показника знаходяться в діапазоні від 0,5 до 0,7. За такої надійності рішення відповідного технологічного процесу, можна виконувати календарний план у намічені строки. Перевищення даних значень призводить до, так званої, надмірної надійності, до перевитрат ресурсів, що вкладаються у забезпечення надійності будівництва. Розрахунок надійності планів надає можливість оцінювати їхню якість з точки зору їх реальності.

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

Рисунок 2.1 – Приклад лінійного графіка виробництва робіт

Рисунок 2.2 – Приклад можливих варіантів циклограм

Рисунок 2.3 – Приклад сітьового графіка будівництва

Наведені розрахункові параметри сітьових графіків:

- тривалість роботи – t_{ij} ;
- найбільш ранній (або просто ранній) момент початку роботи – T_{ij}^{pn} ;
- ранній момент часу закінчення роботи – T_{ij}^{ps} ;
- пізній момент часу початку роботи – T_{ij}^{mn} ;
- пізній час закінчення роботи – T_{ij}^{ms} ;
- загальний (повний) резерв робочого часу – R_{ij} ;
- частний резерв робочого часу – 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 .

Тривалість робіт визначається за формулами (2.1)-(2.2):

а) при механізованому способі виконання робіт:

$$, \quad (2.1)$$

де V_i – об'єм робіт i -го виду;

$\Pi_{e.зм}$ – змінна експлуатаційна продуктивність машин;

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

K_n – коефіцієнт перевиконання норм.

б) при ручному способі виконання робіт:

$$, \quad (2.2)$$

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):

$$, \quad (2.3)$$

де r – ризик тривалості виконання процесів;

\bar{t} – середня тривалість виконання процесів.

Ризик тривалості виконання процесів визначається за формулою (2.4):

$$(2.4)$$

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

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

$$, \quad (2.5)$$

де – 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):

$$. \quad (2.6)$$

За наявності результатів натурних іспитів по відповідним технологічним процесам можна розрахувати організаційно-технологічну надійність будівництва будівель і споруд.

Мінімізувати організаційно-технологічний ризик та підвищити ОТН будівництва пропонується за допомогою рекомендацій. Якщо врахувати, що в промисловому та громадському будівництві близько 85% робіт виконується машинами, то можна стверджувати, що за нормальної організації надійність будівництва в значній мірі залежить від ефективної роботи будівельних і транспортних машин.

Тривалість критичного (максимального за тривалістю) шляху визначається за формулою (2.7):

$$(2.7)$$

де – час раннього закінчення роботи, що завершується останньою (Z) подією сітьового графіку;

- довжина S -го шляху із L_{i_0z} ;
- множина шляхів із i_0 в ;
- множина початкових вершин дуг, що входять до Z .

Параметри робіт сітьового графіка (рис. 2.4) розраховуються за формулами (2.8)-(2.13):

$$; \quad (2.8)$$

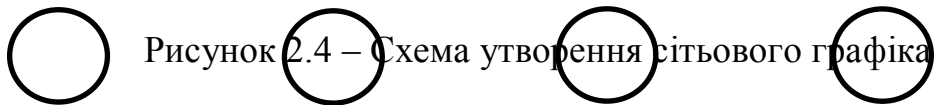
$$; \quad (2.9)$$

$$; \quad (2.10)$$

$$; \quad (2.11)$$

$$; \quad (2.12)$$

$$. \quad (2.13)$$



Визначення раних параметрів виконується від вихідної події графіку (вершина i_0) до кінцевої. Визначення пізніх параметрів виконується зворотнім ходом від кінцевої до вихідної події графіку. При кінцевій (Z) події графіку справедливою є рівність (2.14):

$$. \quad (2.14)$$

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

$$, \quad (2.15)$$

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 формулою (2.16):

$$\dots, \quad (2.16)$$

де – максимальний коефіцієнт можливого відхилення від очікуваних тривалостей робіт.

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

$$\dots \quad (2.17)$$

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 платня інженерно-технічним робітникам, організація робіт на будмайданчику, обслуговування робітників і т.п.):

$$\dots, \quad (2.18)$$

де – умовно-постійна частина накладних витрат (НВ), ;

T_ϕ і – відповідно фактичний і нормативний терміни будівництва.

Враховується частина НВ, тому що накладні витрати залежать від часу. Якщо зменшити T_ϕ , то необхідно збільшити кількість машин та робітників.

2. Використання основних фондів на інших будівництвах:

$$\dots, \quad (2.19)$$

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

– вартість основних фондів, що звільняються.

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

$$, \quad (2.20)$$

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

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

$$. \quad (2.21)$$

2.2 Результати розрахунку сітьового графіка

При визначенні показника ОТН календарного графіка будівництва і ступеня ризику учасників інвестиційного процесу [20] в якості прикладу розглянемо сітьовий графік будівництва 16-поверхового житлового будинку для малосімейних по вул. Історичній, 8 в м. Запоріжжя (Додаток А).

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

Таблиця 2.1 – Характеристика основних об'єктів будівництва

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку сітьового графіка

Найважливішими показниками сітьового графіка є резерви часу. Резерви часу кожного шляху показують, на скільки може бути збільшена тривалість даного шляху без шкоди для настання завершальної події. Оскільки кожен некритичний шлях сітьового графіка має свій повний резерв часу, то і кожна подія цього шляху має свій резерв часу.

Резерв часу події показує, на який допустимий період часу можна затримати настання цієї події, не викликаючи при цьому збільшення терміну виконання комплексу робіт.

Для визначення резервів часу по подіях мережі розраховують найбільш ранні t_p і найбільш пізні t_n терміни звершення подій. Будь-яка подія не може наступити раніше, ніж здійсняться всі передуючі їй події і не будуть виконані всі попередні роботи. Тому ранній (або очікуваний) термін $t_p(i)$ звершення i -тої події визначається тривалістю максимального шляху, що передує цій події, по формулі (2.22):

$$t_p(i) = \max_{L_{ni}} \{ t_p(j) + L_{ij} \} \quad (2.22)$$

де L_{ni} – будь-який шлях, що передує i -тій події, тобто шлях від вихідної до i -тої події 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):

$$t_p(j) = \max_{i \in L_{nj}} \{ t_p(i) + L_{ij} \} \quad (2.23)$$

Затримка звершення події i по відношенню до свого раннього терміну не відіб'ється на терміні звершення завершальної події (а значить, і на терміні виконання комплексу робіт) до тих пір, поки сума строку звершення цієї події і тривалості (довжини) максимального з наступних за ним шляхів не

перевищить довжини критичного шляху. Тому пізній (або граничний) термін $t_n(i)$ звершення i -тої події розраховується за формулою (2.24):

$$t_n(i) = \min_{j \in \text{succ}(i)} t_n(j) - d_{ij} \quad (2.24)$$

де d_{ij} – 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):

$$t_n(i) = \min_{j \in \text{succ}(i)} (t_n(j) - d_{ij}) \quad (2.25)$$

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

$$r_n(i) = t_n(i) - t_p(i) \quad (2.26)$$

Резерв часу події показує, на який допустимий період часу можна затримати настання цієї події, не викликаючи при цьому збільшення терміну виконання комплексу робіт.

Критичні події резервів часу не мають, так як будь-яка затримка в звершенні події, що знаходиться на критичному шляху, викличе таку ж затримку в звершенні завершальної події. Таким чином, визначивши ранній термін настання завершальної події мережі, ми тим самим визначаємо довжину критичного шляху.

При визначенні ранніх термінів звершення подій $t_p(i)$ рухаємося по сільовому графіку зліва направо і використовуємо формули (2.22), (2.23).

Довжина критичного шляху дорівнює ранньому терміну звершення завершальної події.

При визначенні пізніх термінів звершення подій $t_n(i)$ рухаємося по мережі у зворотному напрямку, тобто справа наліво і використовуємо формули (2.24), (2.25).

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

Рисунок 2.4 – Сітьовий графік будівництва об'єкта

Таблиця 2.3 – Розрахунок резерву подій

Таблиця 2.4 – Аналіз сітьової моделі за часом

Для робіт критичного шляху характерна відсутність резервів часу, отже строки початку і закінчення критичних робіт співпадають (рис. 2.5, 2.6).

У вигляді лінійного графіка можна представити карту проекту для робіт критичного та некритичного шляхів (рис. 2.7).

Рисунок 2.5 – Порівняльний графік ранніх та пізніх строків початку робіт з врахуванням резервів часу.

Рисунок 2.6 – Порівняльний графік ранніх та пізніх строків закінчення робіт з врахуванням резервів часу.

Рисунок 2.7 – Карта проекту

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

Частний резерв часу першого виду 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):

$$(2.27)$$

Частний резерв часу другого виду, 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):

$$(2.28)$$

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

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

$$(2.29)$$

Визначені параметри досліджуваного проекту (див. додаток А):

- Критичний шлях: (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):

$$K_c = \frac{n_{cob}}{n_{rab}}, \quad (2.30)$$

де K_c – коефіцієнт складності сітьового графіка;

n_{rab} – 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.

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]:

$$K_H = \frac{t_{i,j}}{t_{kp}}, \quad (2.31)$$

де $t_{i,j}$ – тривалість максимального шляху, що проходить через роботу $P_{i,j}$ від початку до кінця сітьового графіка;

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

$t_{i,j}$ – тривалість відрізка розглянутого максимального шляху, що збігається з критичним шляхом.

Коефіцієнт напруженості K_H роботи $P_{i,j}$ 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.

Таблиця 2.5 – Коефіцієнти напруженості робіт

2.3 Експериментальна методологія імітаційного моделювання методом Монте-Карло

Моделювання – метод вирішення завдань, при використанні якого досліджувана система замінюється простішим об'єктом, що описує реальну систему і називається моделлю.

Моделювання застосовується у випадках, коли проведення експериментів над реальною системою неможливо або недоцільно: наприклад, через крихкість або дорожнечу створення прототипу або через тривалість проведення експерименту в реальному масштабі часу.

Розрізняють фізичне і математичне моделювання. Прикладом фізичної моделі є зменшена копія літака, що продувається в потоці повітря. При використанні математичного моделювання поведінка системи описується за

допомогою формул. Особливим видом математичних моделей є імітаційні моделі [11, 24].

Імітаційна модель – це комп'ютерна програма, яка описує структуру і відтворює поведінку реальної системи в часі. Імітаційна модель дозволяє отримувати докладну статистику про різні аспекти функціонування системи залежно від вхідних даних.

Імітаційною моделлю називають абстрактну динамічну модель, реалізовану, як правило, на ЕОМ, що відтворює поведінку оригінала в хронологічному порядку в рамках встановлених обмежень.

Імітаційні моделі не здатні формувати вирішення в такому вигляді, як в аналітичних моделях, і слугують лише засобом для аналізу поведінки системи (оригінала) в умовах, заданих експериментатором. Імітаційне моделювання є експериментальною і прикладною методологією, яка має на меті наступні цілі:

- 1) описати поведінку системи;
- 2) побудувати теорії і гіпотези, які можуть пояснити явище, за яким ведеться спостереження;
- 3) використати дані теорії для прогнозування майбутньої поведінки системи.

Імітаційним моделям притаманні наступні переваги і недоліки.

Імітаційне моделювання доцільно застосовувати за наявності 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 застосування імітаційних моделей. Також можна відмітити, що імітаційне моделювання незамінне при створенні засобів навчання у вигляді тренажерів і симуляторів.

Завдяки своїм перевагам близько 30% віх використовуваних на практиці моделей є імітаційними.

Поряд із тим, імітаційне моделювання має ряд недоліків:

1. Імітаційне моделювання являє собою вельми коштовний процес, що потребує значних витрат часу та залучення висококваліфікованих спеціалістів.

2. Процес моделювання не призводить до отримання точних результатів. Оцінка точності може виконуватись шляхом аналізу чутливості моделі до зміни певних параметрів.

3. Імітаційне моделювання не відображує стан речей у повній мірі.

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

- 1) визначення границь моделі;
- 2) розробка концептуальної моделі;
- 3) підготовка вихідних даних;
- 4) створення концептуальної моделі у вигляді діаграми;
- 5) трансляція моделі;
- 6) оцінка адекватності моделі;
- 7) планування машинних експериментів:
 - стратегічне планування,
 - тактичне планування;
- 8) моделювання – проведення експерименту;

9) аналіз (інтерпретація) результатів;

10) документування і реалізація.

Границі системи визначаються таким чином, щоб охопити ті компоненти, взаємодія яких визначає важливі сторони поведінки системи. При цьому система повинна бути здатна сама генерувати будь-яку ситуацію, будь-які складності, які необхідно буде аналізувати.

Розробка концептуальної схеми об'єкта (системи) є одним з найбільш важливих етапів дослідження. На цьому етапі здійснюється формалізація системи, тобто перехід від реального об'єкту до певної логічної схеми (абстракції). Така формалізація починається зі словесного опису реальності в системі прийнятих термінів і формальних понять.

В подальшому, отримана схема уточнюється та доповнюється відповідно до того рівня деталізації, який визначається постановкою задачі. Дії, які дозволяють представити модель у вигляді сукупностей частин (підсистем, елементів), називають декомпозицією системи. Складові частини моделі повинні забезпечувати збереження цілісності системи з одного боку, досягнення поставлених цілей моделювання – з іншого.

Процес побудування концептуальної схеми системи завершується структуризацією, а також укрупненим описом динаміки функціонування системи та її можливих станів. Від того, як буде побудована концептуальна схема імітаційної моделі, залежить результат дослідження.

Наступним етапом імітаційного моделювання є підготовка вихідних даних. В деяких випадках він проходить паралельно з побудуванням концептуальної схеми. Фактично, на даному етапі формується інформаційний простір системи. На цьому етапі виявляються кількісні характеристики (параметри) функціонування системи та її елементів, чисельні значення яких складуть вихідні дані для моделювання.

Після підготовки вихідних даних концептуальна схема моделі оформлюється у вигляді діаграми, що складається зі стандартних блоків. Це

технічний етап, завдяки якому схема моделі стає доступною для розуміння широкому колу спеціалістів.

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

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

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

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

Після отримання результатів моделювання проводиться інтерпретація результатів. На основі отриманих даних робляться висновки про поведінку досліджуваної системи.

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

Метод Монте-Карло – це чисельний метод, основу якого становить одержання великого числа 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.

Рисунок 2.8 – Імітаційна модель вибору ОТН проектних рішень будівельних робіт

Метод Монте-Карло ґрунтується на імітації масового процесу шляхом розрахунку його ходу, в якому випадкові коливання визначаються за допомогою жеребу або таблиці випадкових чисел. Економічний експеримент може замінюватися статистичними випробуваннями моделі економічного процесу. Побудова цієї моделі може ґрунтуватися на розподілі випадкових величин у досліджуваному процесі.

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

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

Перший етап імітаційного моделювання за методом Монте-Карло – розробка прогнозної моделі, передбачає формування очікуваної імітаційної моделі, яка повинна адекватно відображати майбутній сценарій реалізації проекту.

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

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

Четвертий етап – імовірнісний розподіл відібраних ключових змінних, передбачає здійснення таких кроків:

- 1) визначення обмежень можливої зміни відібраних ключових змінних;
- 2) встановлення імовірнісної ваги за межами значень.

Рисунок 2.9

П'ятий етап – імітаційне прогнозування, вимагає генерування випадкових сценаріїв реалізації проекту з використанням вибраних допущень.

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

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

Особливістю та однією з основних вимог імітаційного моделювання за методом Монте-Карло є застосування спеціальних комп'ютерних програм. Це, зокрема, пояснюється тим, що генерування випадкових сценаріїв реалізації проекту (етап 5) повторюються 500–1000 разів.

Одержані значення результативного показника проекту (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 проекту, за допомогою якого оцінюється індивідуальний ризик проекту.

Метод Монте-Карло застосовується в розрахунках для складних комплексів, в яких використання класичних методів розрахунків практично неможливе. Він набув поширення у розв'язанні економічних задач, дослідженні функціонування складних систем, наприклад в теорії виробництва будівельних робіт, управлінні та нормуванні запасів та ін.

Наприклад, для вирішення питання щодо розширення площі складування конструкцій на будівельному майданчику необхідно проаналізувати черги, які тут виникають. Відома мінімальна кількість запасу, необхідного для безперервного виробництва робіт. Час підходу 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 процесу наповнення складу.

Згідно з методом Монте-Карло перебирають (за допомогою ЕВМ) усі можливі стани системи з різним числом 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 Оцінка надійності організаційно-технологічної моделі. Метод статистичних випробувань

Областями найбільш раціонального застосування сітьових моделей на рівні підрядних будівельно-монтажних організацій є:

- формування календарного плану виконання БМР на часовий проміжок (незалежно від специфіки будівельної організації);
- формування календарного плану виконання БМР при місячному та тижнево-добовому плануванні (для об'єктів з порівняно складною технологією побудови);
- формування календарного розкладу виконання БМР за умови потокової організації робіт;

- цільові будівельні розробки (програми) (які включають науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи, проектування, дослідне виробництво, випробування і т.п.) складних систем;
- розподіл ресурсів, визначення найбільш імовірного терміну завершення комплексу робіт, прогнозування витрат;
- матеріально-технічне постачання будівництва.

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

Наприклад, оцінкою тривалості роботи може бути нормативний час T_n , який можна визначити із виразу (2.32):

$$T_n = \frac{V}{P}, \quad (2.32)$$

де V – об'єм роботи, намічений до виконання певним виконавцем;

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

Імовірносними називають сітьові графіки, які 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:

– найбільш імовірний час виконання роботи. Це тривалість роботи при нормальних умовах та в умовах, що часто зустрічаються ;

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

T_n – песимістична оцінка – 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_{oc} – 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 ($T_o, T_{нс}, T_n$) по формулі (2.33):

$$T_{oc} = \frac{T_o + 4T_{нс} + T_n}{6}, \quad (2.33)$$

або за двома оцінками (T_o, T_n) по формулі (2.34):

$$T_{oc} = \frac{T_o + T_n}{2}. \quad (2.34)$$

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

- при трьох часових оцінках як:

$$\sigma^2 = \frac{(T_o - T_n)^2}{36}. \quad (2.35)$$

- при двох оцінках як:

$$\sigma^2 = \frac{(T_o - T_n)^2}{4}. \quad (2.36)$$

Далі значення T_{oc} 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 частні резерви часу. Крім тривалості робіт, у ймовірнісній сітвовій 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 сітвової моделі розуміється ймовірність завершення робіт, що входять у неї, у заданий термін.

Так як критичний шлях сітвового графіка складається з ланцюга робіт, тривалості яких розподіляються за випадковим законом, то згідно з основною граничною теоремою теорії ймовірностей розподіл імовірних термінів закінчення проекту (комплексу робіт) підпорядковується нормальному закону [5, 18, 49].

Таким чином, імовірність звершення завершальної події сітвової моделі у встановлений термін (надійність сітвової моделі) може бути визначена за формулою (2.37):

$$P = \Phi\left(\frac{T - T_{кр}}{\sigma}\right), \quad (2.37)$$

де p – імовірність звершення кінцевої події у встановлений термін;

– заданий термін закінчення робіт на об'єкті;

$T_{кр}$ – очікуваний термін завершення всього комплексу робіт сітвової 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 сітвової моделі $T_{не}$, T_n , а також розраховані за формулами (2.33-2.36) і σ^2 наведені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Вихідні дані для розрахунку вірогіднісної сітьової моделі

Якщо критичний шлях (шляхи) в ході реалізації графіка не змінюються, то оцінити надійність сітьового графіка можна достовірно. У випадках, коли критичний шлях може змінитися, метод найчастіше дає помилкові результати [18]. У цьому випадку доцільно оцінювати надійність 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 заснований на багаторазовому програванні процесів на побудованій моделі з метою отримання якомога більшого числа значень кількісних характеристик. Потім отримані значення піддаються статистичній обробці, що дозволяє виявити відповідні закономірності даного процесу у вигляді ряду кількісних оцінок. Наприклад, багаторазово змінюючи тривалості робіт сітьової моделі, можна в підсумку одержати вибірку значень тривалості критичного шляху, на підставі якої оцінити ймовірність виконання проекту в задані терміни.

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

- побудовою таблиць випадкових чисел;
- створенням 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:

$$, \quad (2.38)$$

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 моделі

Провівши N реалізацій сітьової моделі (додаток В), отримано в підсумку N значень тривалості критичного шляху.

Таблиця 2.8 – Результати статистичних випробувань моделі

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

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

$$, \quad (2.39)$$

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

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

$$. \quad (2.40)$$

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

N – кількість проведених реалізацій.

Максимальне і мінімальне значення критичного шляху при заданій вірогідності, вираховуються за формулами (2.41) і (2.42):

$$, \quad (2.41)$$

$$. \quad (2.42)$$

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

(,)

Організаційно-технологічне проектування являє собою процес досягнення основного результату всього будівельного виробництва, необхідний для забезпечення надійності проекту 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 заданих строк та оцінити надійність сітьової моделі об'єкту будівництва.

Розрахунок вірогідності звершення робіт у заданий строк дозволяє збільшити точність прогнозування тривалості будівництва в цілому і зменшити ризик підрядника втратити прибуток. Виявлена залежність надійності організаційно-технологічного проектування від прогнозованих термінів. Доведено, що зменшення планових термінів збільшує ризик підрядника, отже важливою є реальна оцінка термінів за нормами з врахуванням можливості виникнення відмов.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ

3.1 Сучасні методи організаційно-технологічного моделювання в будівництві

На сьогоднішній день існує ряд сучасних методів організаційно-технологічного проектування. Вони покликані полегшити роботу проектувальника та підвищити якість прийняття проектних рішень. Для раціоналізації процесу проектування необхідно спрямувати увагу на вдосконалення існуючих сучасних методів організаційно-технологічного проектування. Підвищення надійності зведення житлових і промислових будівель і споруд безпосередньо залежить від якості роботи проектувальника.

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

Оригінальне проектування є традиційним. Цей метод характеризується тим, що всі види проектних робіт зорієнтовані на створення індивідуальних проектів. Для кожного конкретного об'єкту розробляється організаційний проект, що в максимальній мірі враховує його особливості.

При методі типового проектування створювана система розбивається на складові компоненти і для кожного з них розробляються закінчені проектні рішення, які потім з деякими модифікаціями використовуються для проектування в реальних умовах.

Одним з методів типового проектування 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 проектне рішення, з яких згодом компонується проект системи.

Результатом проектування в даному випадку є індивідуальний організаційно-технологічний проект 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 по раціоналізації організації будівельного виробництва, праці та управління при проектуванні нової системи застосовується велика кількість методів організаційно-технологічного проектування (оргтехпроектування). Під методом оргтехпроектування слід розуміти комплекс певних прийомів, заснованих на свідомому, цілеспрямованому застосуванні особливої системи логічних, технічних, математичних та інших дій, спрямованих на створення проекту.

Існує багато підходів до класифікації та систематизації методів організаційно-технологічного проектування (рис. 3.1). Методи оргтехпроектування, з точки зору їх застосування на різних стадіях процесу організаційно-технологічного проектування, можна згрупувати в чотири групи: методи обстеження та аналізу об'єкта проектування, методи вдосконалення або безпосередньо проектування, методи впровадження

При впровадженні організаційно-технологічних рішень застосовуються адміністративно-командний, економічні, психологічні та ін. методи.

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

Опис перерахованих та інших методів, застосовуваних у організаційному проектуванні, їхні переваги і область застосування наведені в численній літературі [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 керування в певних умовах, використовуючи сам об'єкт, є важливою складовою у сферах проектування та управління. Однак у багатьох випадках натурне моделювання є неможливим або недоцільним.

В організаційно-технологічному проектуванні, 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.

Таблиця 3.1 – Організація процесу праці в елементарній будівельній системі

Традиційно, під моделюванням на ЕОМ 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.

Під комп'ютерною моделлю найчастіше розуміють:

- 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 моделі такого типу називають структурно-функціональними;

- 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-смілова модель.

Вивчати будівельні об'єкти з метою створення організаційно-технологічних проектів 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.

В даний час створені і використовуються при проектуванні 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 проектуванні.

Рисунок 3.2 – Методи організаційно-технологічного моделювання в будівництві

1. Детермінована модель. 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.

2. Стохастична (імовірнісна) модель. Така модель будується в тому випадку, коли фактори, що впливають на кінцевий результат будівельного процесу, є випадковими.

3. Евристичні моделі. Ці моделі в значній мірі ґрунтуються на досвіді, інтуїції, аналогії і індукції, тобто на евристичних методах проектування. В даний час все ширше знаходять застосування методи, що дозволяють формалізовано відображати евристичні процедури.

4. Теоретико-ігрові моделі. Використовуються в умовах неповної інформації, коли складаються конфліктні ситуації.

5. Сітьові моделі. Ці моделі дозволяють об'єктивно встановлювати мінімально необхідний час і витрату ресурсів для виконання робіт.

Існуючі методи проектування 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 Автоматизація організаційно-технологічного проектування

Підвищення якості та ефективності організаційно-технологічних проектів вимагає вдосконалення як наукового, нормативно-методичного забезпечення проектування, так і оснащення проектувальників сучасним комплексом технічних засобів, комп'ютеризації більшості процесів проектування, 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, це може бути пов'язано з розробкою інформаційних технологій, вдосконаленням можливостей обчислювальної техніки. Проектування 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 проектування (САПР) – напрямок у організаційно-технологічному проектуванні. В САПР процес розробки розглядається з системних позицій і застосування ЕОМ передбачається на всіх етапах проектування.

В основі системи автоматизованого проектування лежить модельний метод. Передбачається можливість побудови і підтримки в адекватному стані деякої глобальної моделі та автоматизоване створення відповідного цієї моделі проекту організації будівельного виробництва, праці та управління, що враховує характеристики конкретного об'єкта. Передбачаються інтерактивна взаємодія проектувальника і ЕОМ у процесі проектування і машинне документування проектних робіт.

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

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

Фахівцями оцінюється можливість виконання окремих проектних процедур за допомогою обчислювальної техніки від 30% при оформленні проектних робіт до 100% при проведенні розрахунків, виборі складу

обладнання, складанні різних відомостей і специфікацій, виконання окремих графічних робіт (табл. 3.3).

Таблиця 3.2 – Рівень автоматизації проектних робіт, %

Таблиця 3.3 – Рівень виконання проектних процедур із застосуванням ЕОМ,% [17]

У загальному випадку, автоматизованим називається таке проектування, при якому окремі перетворення описів об'єкта, алгоритму його функціонування, алгоритму процесу, а також подання описів на різних мовах здійснюється шляхом взаємодії людини і ЕОМ. Застосування ЕОМ дозволяє широко використовувати математичне моделювання при дослідженні та проектуванні будівельної системи, а також прискорити обробку великого обсягу інформації в ході організаційно-технологічного проектування та ін.

Автоматизоване проектування 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 проектів організації будівництва та проектів виробництва робіт, скорочення витрат і термінів проектування вимагає створення спеціалізованої системи автоматизованого проектування організації виробництва (САПР ОВ).

Основною метою створення САПР ОВ є розробка найбільш економічного варіанта організації виробництва, праці та управління

будівельних систем, що забезпечує отримання максимального госпрозрахункового доходу.

Застосування електронної обчислювальної техніки в організаційно-технологічному проектуванні створює можливості для прискорення обробки великого обсягу інформації та підготовки різних варіантів проектних рішень. Використання режиму активного діалогу проектувальника з ЕОМ дозволяє йому приймати всі принципові рішення.

Об'єктом САПР ОВ може бути будь-яка будівельна система.

Основними цілями САПР ОВ є:

- підвищення техніко-економічних показників проекту за рахунок вибору найбільш оптимальних рішень в області організаційно-технологічного проектування 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 проектуванні.

- Скорочення термінів розробки проектів організації будівельних робіт та зниження витрат на проектування.

До САПР ОВ висувається ряд вимог: максимальний ступінь автоматизації процесів проектування, універсальність, адаптивність і безперервність розвитку САПР ОВ, економічність проектних рішень.

Для реалізації основних вимог при побудові САПР ОВ повинні бути дотримані принципи створення систем автоматизованого проектування, які можна розділити на три групи: проектування, системотехнічну та організаційну.

Досвід автоматизації, накопичений протягом багатьох років, показує, що практично, при проектуванні 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 проекту з включеними в них результатами. Це суттєво економить трудовитрати проектувальників. Простота діалогу користувача і ЕОМ 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 Аналіз коефіцієнту напруженості роботи як фактору впливу на надійність зведення будівель. Розробка рекомендацій по вдосконаленню організаційно-технологічного проектування

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

Значення коефіцієнту K_H перебуває у межах . 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 графіків

Спираючись на отримані в розділі 2 результати розрахунку сітьового графіка 16-ти поверхового житлового будинку для наглядності побудований 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 . 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 $t_{1_{kp}}$ складає менш ніж на 73,3 % від , є критичними, коефіцієнт напруженості перевищує 0,8.

Рисунок 3.3 – Графічне зображення залежності від величини співпадіння тривалості шляхів i у %

Рисунок 3.4 – Графічне зображення залежності від величини співпадіння тривалості шляхів i у % для значень від 0 до 1.

Аналіз рисунків 3.3-3.4 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 істотно впливає на ефективність капітальних вкладень. Підвищення рівня якості організаційно-технологічного проектування – основний метод отримання максимального прибутку.

Серед великої кількості факторів впливу на будівельне виробництво найбільш значимими 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 проектування тісно пов'язані з вірогідністю виникнення відмов під час будівельного процесу. Найбільш ефективним шляхом підвищення надійності ОТП 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 проектування і підвищити надійність зведення житлових будівель.

Заходи щодо підвищення ОТН проектування:

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. Суворе регламентація строків 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 проекту, 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 проектом.

3. Своєчасне забезпечення об'єктів будівельними конструкціями, матеріалами і виробами. Для цього розробляються транспортно-технологічні карти по годинній поставці 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 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 проектування будівельного виробництва. Для цього необхідно ретельно і своєчасно виконувати внутрішньо майданчикові підготовчі роботи: задача-прийняття геодезичної розбивочної основи для будівництва; знесення будівель; планування території буд майданчика; прокладка постійних і тимчасових доріг; влаштування тимчасового огороження 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.

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

Причини низького рівня організаційно-технологічної надійності проектування 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 проектування, проекту виробництва робіт та підвищити ефективність капітальних вкладень при забезпеченні договірних обов'язків по строкам введення об'єкта в експлуатацію.

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

3.4 Питання безпеки в проектній документації на будівництво

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. Під технічною і організаційною підготовкою попереджувальних заходів мається на увазі 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 проектній документації будуть передбачені наступні 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 проектній документації, поділяються на три групи: загальні, технологічні та спеціальні.

Загальні питання 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 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 проектне 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 ОП розробляються в проектах організації будівництва (ПОБ) і в проектах виробництва робіт (ПВР). Питання безпеки

праці відображаються також в типових проектах, в альбомах типового інвентарю, оснащення, засобів, інструментів для безпечного провадження робіт та ін.

Проект організації будівництва (ПОБ) розробляє основна проектна організація на стадії проектного завдання. ПОБ включає в себе зведений календарний план будівництва, дані про обсяги основних робіт, бюджетплан 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 (БМР) 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 ОП наводиться аналіз небезпек і шкідливості об'єктів, які проектується, обґрунтування заходів з безпеки праці, результати розрахунків і висновки з посиланням на діючі стандарти, правила та інші нормативні документи, оцінка ефективності прийнятих рішень як з точки зору ОП, так і продуктивності роботи, і економічності витрат.

Загально майданчикові заходи з безпеки праці, які відображаються в ПОБ та пояснювальній записки до нього, одночасно впливають на стан робочого середовища і загальних умов безпеки для значної частини, або всіх працюючих на будмайданчіку: транспортні шляхи, огорожа, освітлення, проїзди, проходи, складські та санітарно-побутові приміщення та ін.

Проект виробництва робіт (ПВР) розробляється проектними організаціями або проектними групами будівельно-монтажних організацій, або трестів. ПВР 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 ПВР представляють у вигляді конкретних технічних рішень з основних видів робіт. У ПВР даються такі рішення з безпеки праці та

виробничої санітарії, розробка яких на будівництво безпосередньо на будівельному майданчику викликає труднощі для виробників і потребує проектних рішень. Перелік питань, які потребують вирішення в ПВР, їх обсяг та ступень розробки залежать від обсягу будівництва і його технічної складності. Для складних об'єктів промислового, житлово-цивільного, сільського будівництва ПВР повинен містити календарний план будівництва всіх споруд об'єкта, який визначає поступовість і строк виконання всіх видів БМР; 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 ПВР повинен мати наступні конкретні рішення: створення умов безпеки при виконанні БМР 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 проектуванні будівельного генерального плану (будгенплану) вирішується комплекс питань щодо забезпечення здорових і безпечних умов праці. У ПВР уточнюються і деталізуються рішення будгенплану, які були прийняті в ПОБ. Для ПВР розробляються два види будгенпланів: загальномайданчикові, які включають об'єкти всього будівельного майданчика і об'єктні, які охоплюють територію будівництва одного об'єкта і є частиною загальномайданчикового будгенплану. Будгенплан може розроблятися на період нульового циклу, будівництва надземної частини, оздоблювальних робіт. Він необхідний для раціонального розміщення на майданчику об'єктів будівельного господарства, відстаней внутрішньомайданчикових перевезень, обсягу будівництва тимчасових споруд та передбачає забезпечення будівництва виробничими будівлями і спорудами; тимчасовими адміністративно-побутовими приміщеннями; тимчасовим

електрозабезпеченням та електро освітленням; тимчасовим водо -, тепло -, та газо постачанням; каналізацією; зв'язком і диспетчеризацією; тимчасовими коліями та водовідведенням; складським господарством.

При проектуванні будгенплану необхідно зображувати:

- проєкцію будмайданчика 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'їзні 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 ДБН, ДНАОП 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 (БМР): земляні, цегляні, залізобетонні, монтажні, електромонтажні, санітарно-технічні, оздоблювальні, навантажорозвантажувальні, 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 (ЗІЗ). 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 працездатність 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 проектним 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 проектування.

2. Досліджена методика прогнозування термінів зведення житлових будинків полягає у використанні імовірісно-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 проектування 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. житлової політики України : аналіт. доп. Київ: НІСД, 2013. 55 с.
2. Недавний О.И., Базилевич С.В., Кузнецов С.М., Недавний О.И. Оценка организационно-технологической надежности строительства объектов . *Системы. Методы. Технологии.* 2013. №2. с. 137-141.
3. Одинцов Д.Г., Малыгина С.И.. Совершенствование организационно-технологического строительства на основе метода экспертных оценок. *Труды СибАДИ.* Омск : изд. СибАДИ, 1999. Вып 3, Ч.1 – С.7-16 .
4. Одинцова Г.С. Ковалев А.И., Мельтюхова Н.Н Организационное проектирование и планирование развития систем управления. Київ : Наукова думка, 1986. 159 с.
5. Организационно-технологическая надежность строительства / Гусаков А.А., Веремеенко С.А., Гинзбург А.В. и др. Москва: Аргус, 1994. 472 с.
6. Организация, планирование и управление строительством / Грабовой П., Баронин С., Болотин С., Солунский А. Москва: Проспект, 2012. 528 с.
7. Парковой Г.А. Организация, планирование и управление эксплуатацией зданий. Москва: Стройиздат, 1998. 326 с.
8. Пузыревский Л.С. Основы организационного проектирования .М-во высш. и сред. спец. образования РСФСР. Ленинград : Изд-во Ленингр. ун-та, 1975.- 128 с.
9. Резниченко В.С. Современная информационная технология в управлении строительством . Москва : Дом знаний, 1992. 132 с. : ил.
10. Рекитар Я.А. Тенденции развития строительства в ведущих капиталистических странах : Факторы эффективности, проблемы и противоречия. Москва: 1981. 335 с.

11. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование : Теория и технологии . Санкт-Петербург : Корона принт ; Москва : Альтекс-А, 2004. 380 с.
12. Седых Ю.И., Лазебник В.М. Организационно-технологическая надежность жилищно-гражданского строительства. Москва: Стройиздат, 1989. 396 с.
13. Синенко С.А., Кужин М.Ф., Жадановский Б.В. Анализ данных, необходимых для организационно-технологического проектирования работ по реконструкции зданий и сооружений. *Технология и организация строительного производства*. 2014. № 3 (8). с. 43-45.
14. Смирнов В.А., Соколов В.Г. Системное моделирование надежности плановых решений : научное издание / отв. ред. А.Е. Бахтин; Акад. наук СССР. Сиб. отд-ние. Ин-т экономики и орг. пром. пр-ва. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1984. 224 с.
15. Смолкин А.М. Организационная перестройка на предприятии / Москва : Экономика, 1991. 175 с.
16. Сысоев О.Е. Технико-экономическая оценка зданий и сооружений затратным методом : учеб. пособие / под общ. ред. В.П. Баженова. Москва : Изд-во АСВ, 2004. 120 с.
17. Теличенко В.И., Терентьев О.М., Лapidус А.А. Технология возведения зданий и сооружений : учеб. для строительных вузов. Строительные технологии. Изд. 2-е перераб. и доп. Москва: Высш. шк., 2004. 446 с.
18. Томаев Б.М. Надежность строительного потока. Москва : Стройиздат, 1983. 130 с.
19. Україна. Конституція (1996). Конституція України : станом на 10 серп. 2015 р. Київ : Правова єдність : Алерта, 2015. 78 с.
20. Фатхутдинов Р.А. Разработка управленческого решения : учебник для студ. Вузов . Москва: Бизнес-школа "Интел-Синтез", 1998. 600 с.

21. Хлопков Ю.И., Горелов С.Л. Приложение методов статистического моделирования (Монте-Карло) : Учеб. пособие Моск. физ.-техн. ин-т.. Москва : МФТИ, 1994. 103 с.

22. Чулков В.О., Гинзбург А.В., Павленко А.А., Конищева О.В. Автоматизация проектирования оценки качества организационно-технологических решений на начальных этапах проектирования. *Вестник МГСУ*. 2008. №1. с. 405-407.

23. Шкляр А.Ф. Надежность систем управления в строительстве. – Ленинград: Стройиздат, 1974. 96 с.

24. Шушански Янош. Методология рационализации : сокр. пер. с венг; авт. предисл., науч. ред. М. А. Ревазов. Москва : Экономика, 1987. 247 с.

25. Экономика архитектурного проектирования и строительства : уч.для вузов / Варезкин В.А., Гребёнкин В.С., Кирюшечкина Л.И. и др. ; под ред. В.А. Варезкина. Москва : Стройиздат, 1990. 221 с.

26. Державні будівельні норми. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві: ДБН А.3.2-2-2009. – [чинний від 2012-01-04]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2012. – 94 с. – (Державні будівельні норми).