

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

О. В. Лізунков, В. В. Дарієнко, І. О. Скриннік

ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

спецкурс

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти зі спеціальності G19 «Будівництво та цивільна
інженерія»

Кропивницький

ЦНТУ

2026

УДК 69:658.5:624.07(075.8)

О-64

Рекомендовано до друку Вченою радою Центральноукраїнського національного технічного університету (протокол № 1 від 28 вересня 2026 року).

Схвалено на засіданні кафедри будівельних, дорожніх машин і будівництва ЦНТУ (протокол № 1 від 26 серпня 2026 року).

Рецензенти:

В. А. Пашинський — доктор технічних наук, професор кафедри будівельних, дорожніх машин і будівництва Центральноукраїнського національного технічного університету;

В. В. Зайченко — доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економіки, підприємництва та готельно-ресторанної справи Центральноукраїнського національного технічного університету.

Бібліографічний опис :

Лізунков О. В. Організація будівництва : спецкурс : навч. посіб. для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спец. G19 «Будівництво та цивільна інженерія» / О. В. Лізунков, В. В. Дарієнко, І. О. Скриннік ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. будівельних, дорожніх машин і будівництва. — Кропивницький : ЦНТУ, 2026.— 133 с.

Анотація:

У навчальному посібнику систематизовано й викладено теоретичні засади, нормативно-правове регулювання, сучасні інженерні методики та цифрові інструменти організації будівельного виробництва. Розглянуто суб'єкти будівельної діяльності, класи наслідків (СС1–СС3), функціонування Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва (ЄДЕССБ), гармонізацію з Єврокодами, порядок проведення тендерних процедур у системі ProZorro. Ґрунтовно висвітлено інженерну підготовку виробництва, склад і порядок проєктування Проєктів організації будівництва (ПОБ) і Проєктів виконання робіт (ПВР), технологічних карт (ТК), карт трудових процесів (КТП) та схем операційного контролю якості (СОКЯ). Детально представлено теорію будівельних потоків (зокрема аналітичний розрахунок за формулою Буднікова та матричний алгоритм), сітьове моделювання й оптимізацію календарних графіків за критеріями «час — вартість» і завантаження ресурсів, застосування 4D-BIM інструментів (MS Project, Primavera, Synchro 4D). Особливу увагу приділено проєктуванню будівельних генеральних планів, розрахунку небезпечних зон кранів за ДБН А.3.2-2-2009, тимчасових інженерних мереж, логістиці постачання Just-in-Time, роботі будівельного транспорту, системі управління якістю за ДБН А.3.1-5:2016, заходам цивільного захисту за ДБН В.2.2-5:2023. Викладено специфіку виконання робіт в особливих умовах повоєнної відбудови України: обстеження та демонтаж пошкоджених споруд згідно з Постановою КМУ № 473 за проєктом ПВР.Д, роботизований демонтаж (Brokk), рециклінг бетону, композитне підсилення (CFRP), а також правила зимового і літнього бетонування.

УДК 69:658.5:624.07(075.8)

© О. В. Лізунков, В. В. Дарієнко,
І. О. Скриннік, 2026
© ЦНТУ, 2026

ЗМІСТ

ЗМІСТ	4
ВСТУП	6
МОДУЛЬ 1. НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАСАДИ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	11
Тема 1.1. Будівельна галузь і суб'єкти будівельної діяльності.....	11
Тема 1.2. Нормативна база та цифровізація дозвільних процедур	16
Тема 1.3. Організаційні структури та договірні відносини	20
МОДУЛЬ 2. ДОКУМЕНТАЦІЯ З ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА ТА ПІДГОТОВКА ДО ВИКОНАННЯ РОБІТ.....	27
Тема 2.1. Етапи та стадійність інженерної підготовки	27
Тема 2.2. Проєкт організації будівництва (ПОБ).....	31
Тема 2.3. Проєкт виконання робіт (ПВР) і технологічні карти.....	36
МОДУЛЬ 3. ПОТОКОВА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	42
Тема 3.1. Наукові засади та параметри будівельних потоків	42
Тема 3.2. Класифікація та розрахунок потоків	47
Тема 3.3. Циклограми будівельних процесів	51
МОДУЛЬ 4. СІТЬОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ	56
Тема 4.1. Елементи та правила побудови сітьових графіків	56
Тема 4.2. Розрахунок часових параметрів сітьових моделей	60
Тема 4.3. Оптимізація сітьових графіків.....	64
МОДУЛЬ 5. КАЛЕНДАРНЕ ПЛАНУВАННЯ БУДІВНИЦТВА ОБ'ЄКТІВ І КОМПЛЕКСІВ	68
Тема 5.1. Методологія розроблення календарних планів	68
Тема 5.2. Календарні плани у складі ПОБ і ПВР	72
Тема 5.3. Застосування сучасного програмного забезпечення (BIM 4D)	74
МОДУЛЬ 6. ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА ТА ПРОЕКТУВАННЯ БУДГЕНПЛАНІВ	79
Тема 6.1. Принципи проєктування будівельних генеральних планів.....	79
Тема 6.2. Розміщення монтажних кранів і машин.....	82
Тема 6.3. Тимчасове господарство будівельного майданчика	86
МОДУЛЬ 7. УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ, ЛОГІСТИКА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИН.....	91
Тема 7.1. Матеріально-технічне забезпечення та логістика	91

Тема 7.2. Організація роботи парку будівельних машин і автотранспорту....	96
МОДУЛЬ 8. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ, БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ЗДАЧА ОБ'ЄКТІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ	101
Тема 8.1. Система управління якістю будівельної продукції.....	101
Тема 8.2. Охорона праці, пожежна безпека та захист довкілля	105
Тема 8.3. Прийняття закінчених будівництвом об'єктів в експлуатацію.....	109
МОДУЛЬ 9. ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ ТА ПРИ ВІДБУДОВІ	114
Тема 9.1. Організація робіт в умовах щільної міської забудови та стиснених майданчиків	114
Тема 9.2. Організація робіт з демонтажу пошкоджених конструкцій і відновлення об'єктів.....	117
Тема 9.3. Організаційно-технологічні заходи під час виконання робіт у зимовий та літній періоди	122
ДОДАТКИ ТА ДОВІДКОВИЙ МАТЕРІАЛ	127
Додаток А. Типові форми акта на закриття прихованих робіт та структура Загального журналу робіт (за ДБН А.3.1-5:2016).....	127
А.1. Типова форма Акта огляду прихованих робіт	127
А.2. Структура та правила ведення Загального журналу робіт (Додаток А до ДБН А.3.1-5:2016)	128
Додаток Б. Нормативні коефіцієнти для інженерних розрахунків тимчасового господарства	129
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	132

ВСТУП

Будівельна галузь є фундаментальним сектором економіки України, що забезпечує формування матеріально-технічної бази всіх галузей господарства, житлового фонду, критичної та соціальної інфраструктури. В умовах повномасштабного вторгнення та в період подальшої повоєнної відбудови та модернізації держави організація будівельного виробництва набуває вирішального, стратегічного значення. Масштаби руйнувань цивільних будівель, промислових комплексів, мостових переходів, енергетичних та транспортних мереж вимагають від інженерів-будівельників не лише високого рівня технологічних знань, але й здатності швидко, раціонально та високоефективно мобілізувати виробничі ресурси, оптимізувати терміни відбудови, забезпечувати належну надійність, безпеку та енергоефективність зведених об'єктів.

Дисципліна «Організація будівництва» є однією з профілюючих інженерно-управлінських дисциплін у системі підготовки фахівців першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». Вона формує системне інженерне мислення, озброює майбутніх бакалаврів методологією моделювання складних виробничих процесів, оптимізації потоків і сітьових графіків, проєктування будівельних генеральних планів, логістичного управління ресурсами за принципом «точно в строк» (Just-in-Time), контролю якості будівельної продукції та введення завершених об'єктів в експлуатацію.

Сучасний етап розвитку будівельного комплексу України характеризується глибокою цифровою трансформацією дозвільних та контрольних процедур. Впровадження Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва (ЄДЕССБ), інтеграція вітчизняних будівельних норм (ДБН) із гармонізованими Єврокодами (Eurocodes), перехід на інформаційне моделювання будівель (BIM-технології 4D рівня) докорінно змінили підходи до проєктування та управління будівельними процесами. Інженер нової формації

повинен вільно володіти цифровими реєстрами, автоматизованими системами календарного планування (MS Project, Primavera, Synchro 4D) та алгоритмами виявлення просторово-часових колізій.

Відповідно до Стандарту вищої освіти України за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія», засвоєння матеріалу даного навчального посібника забезпечує формування таких ключових **компетентностей**:

- **Здатність проєктувати будівельні генеральні плани** об'єктів і комплексів із дотриманням нормативних вимог щодо розміщення монтажних машин, небезпечних зон, пожежної безпеки, тимчасових доріг, складів та інженерних мереж;
- **Здатність розробляти організаційно-технологічну документацію** — Проєкти організації будівництва (ПОБ), Проєкти виконання робіт (ПВР), технологічні карти (ТК) та карти трудових процесів (КТП);
- **Здатність моделювати будівельні процеси** з використанням методів потокового виробництва, сітьового планування та оптимізації графіків за критеріями «час — вартість» та рівномірності споживання ресурсів;
- **Здатність управляти якістю робіт** на основі вхідного, операційного та приймального контролю, ведення виконавчої виробничої документації згідно з ДБН А.3.1-5:2016;
- **Здатність забезпечувати охорону праці, пожежну та цивільну безпеку** на будівельному майданчику відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 та ДБН В.2.2-5:2023;
- **Здатність організовувати роботи з невідкладного відновлення, демонтажу** аварійних конструкцій та рециклінгу будівельних відходів відповідно до Постанови КМУ № 473.

Очікувані **програмні результати навчання (ПРН)** включають уміння розраховувати параметри ритмічних і неритмічних потоків за формулою Буднікова та матричним алгоритмом, обчислювати часові параметри та резерви часу сітьових графіків, розраховувати небезпечні зони роботи баштових кранів, потребу в тимчасових ресурсах (вода, електроенергія, побутові приміщення),

складати акти на приховані роботи та формувати документацію для реєстрації в ЄДЕССБ і подання до ДІАМ.

Предмет, об'єкт і завдання дисципліни та її місце в підготовці інженера-будівельника

Об'єктом дисципліни «Організація будівництва» є будівельне виробництво як система матеріальних, трудових, технічних та інформаційних ресурсів, розподілених у просторі майданчика і в часі інвестиційно-будівельного циклу. Предметом є принципи, методи й моделі узгодження цих ресурсів — те, як окремі процеси зводяться в керовану послідовність зведення об'єкта. Якщо технологія відповідає на питання «як виконати роботу», то організація будівництва — на питання «хто, коли та в якій черговості її виконає».

Завдання дисципліни відповідають логіці підготовки проєкту організації будівництва та проєкту виконання робіт: обґрунтування організаційно-технологічних рішень, побудова календарних планів, розрахунок потреби в ресурсах, проєктування бюджету, організація матеріально-технічного забезпечення, забезпечення якості, охорони праці та екологічної безпеки, підготовка об'єкта до прийняття в експлуатацію. Це формує здатність мислити не окремою конструкцією, а об'єктом і потоком робіт.

У програмі спеціальності G 19 (192) «Будівництво та цивільна інженерія» дисципліна посідає інтегрувальне місце й вивчається після будівельних конструкцій, технології будівельного виробництва та будівельних машин. З технологією її пов'язують трудомісткість і склад ланок за технологічними картами — вихідні дані організаційних розрахунків; з економікою будівництва — кошторисна документація та ресурсні елементні норми; з управлінням проєктами — методологія управління обсягом, строками, ресурсами й ризиками, що в будівництві набуває специфіки через нерухомість продукції та рухомість робочих місць.

Історичний розвиток науки про організацію будівництва

Становлення галузі відбувалося у XX столітті на ґрунті наукової організації праці (Ф. Тейлор, подружжя Гілбретів, Г. Гант) і традиції нормування: графіки Ганта прив'язали роботи до календаря, хронометраж дав базу для норм часу та виробітку. Наступним кроком став потоковий метод, у теорію якого, зокрема неритмічних потоків, вагомий внесок зробили дослідження М. С. Буднікова та його школи. Поточковий підхід замінив послідовне й паралельне виконання робіт безперервним рухом спеціалізованих бригад по захватках, забезпечивши рівномірність споживання ресурсів.

Із поширенням обчислювальної техніки з'явилися методи сітьового планування — CPM і PERT з імовірнісним оцінюванням тривалостей, що дали змогу обчислювати резерви часу й оптимізувати графік за критеріями «час — вартість» і «час — ресурси». Згодом вони увійшли до методології управління проєктами, узагальненої у PMBOK Guide та стандартах ISO 21500 і ISO 21502. Lean Construction переніс у будівництво принципи ощадливого виробництва: усунення втрат, вирівнювання потоку робіт, витягувальне планування. Розвинулося інформаційне моделювання (BIM), управління інформацією протягом життєвого циклу активу в якому регламентує серія ДСТУ EN ISO 19650; модель поєднала геометрію, атрибути й календарний графік, а найновішим напрямом стали цифрові двійники.

Сучасний стан і виклики будівельної галузі України

Ключовим змістом діяльності галузі у 2024–2026 роках стає масштабна відбудова: обстеження стану будівель, розбирання аварійних конструкцій, поводження з відходами, відновлення житла, інфраструктури та соціальних об'єктів. Роботи ведуться на розосереджених майданчиках, часто в умовах щільної забудови, невизначеності обсягів і поетапного введення в експлуатацію, а на режим праці впливають безпекові обмеження. Цифровізація дозвільних процедур через Єдину державну електронну систему у сфері будівництва (ЄДЕССБ) перевела документацію в електронну форму, тож організаційні

рішення дедалі більше оформлюються як структуровані дані.

Додатковими чинниками є кадровий дефіцит, коливання доступності енергоресурсів, що впливають на роботу машин і мереж майданчика, та нестабільність постачання. Гармонізація нормативної бази з європейською — впровадження Єврокодів і перегляд системи ДБН — змінює розрахункові підходи й вимоги до контролю якості, а участь міжнародних партнерів у фінансуванні відбудови посилює вимоги до прозорості закупівель, простежуваності витрат і документованого управління ризиками. Тому інженер має володіти не лише календарним плануванням, а й роботою з проєктною звітністю, електронним документообігом і засобами інформаційного моделювання.

Компетентності, результати навчання та структура посібника

Відповідно до стандарту вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності G19 дисципліна формує здатності розв'язувати складні спеціалізовані задачі будівництва, приймати обґрунтовані рішення в умовах обмежених ресурсів, розробляти організаційно-технологічну документацію, планувати роботи, оцінювати їх тривалість і потребу в ресурсах, дотримуватися вимог охорони праці. Очікується, що здобувач уміє обґрунтовувати організаційно-технологічні рішення, будувати й аналізувати календарні та сітьові моделі, проєктувати будгетплан, розраховувати параметри потоків.

Матеріал структуровано за модулями, що відтворюють інвестиційно-будівельний цикл: від засад організації виробництва й підготовки будівництва — до потокової організації робіт, календарного та сітьового планування, будгетплану, ресурсного забезпечення й введення об'єкта в експлуатацію. Кожен розділ містить теоретичні положення, методику розрахунків, приклади рішень, контрольні запитання. Опрацьовувати матеріал доцільно послідовно, супроводжуючи теорію розрахунками на прикладі конкретного об'єкта.

МОДУЛЬ 1. НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ ЗАСАДИ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Тема 1.1. Будівельна галузь і суб'єкти будівельної діяльності

Будівельна галузь є базовою галуззю матеріального виробництва, яка забезпечує створення, розширення, реконструкцію, капітальний ремонт і технічне переоснащення основних засобів виробничого та соціально-побутового призначення. Специфіка будівельного виробництва полягає в нерухомості кінцевого продукту (будівлі, інженерні споруди, мережі) за постійної мобільності робочих бригад і будівельної техніки; значній тривалості будівельного циклу; високій матеріаломісткості та капіталомісткості; суттєвому впливі природно-кліматичних та інженерно-геологічних факторів; участі великої кількості суб'єктів різного профілю, що вимагає чіткої інженерної координації.

Відповідно до ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» та містобудівного законодавства України, за функціональним призначенням та технологічною структурою розрізняють такі форми будівництва:

- **Нове будівництво** — комплекс робіт зі спорудження будівель, споруд та їх комплексів на нововідведених земельних ділянках з улаштуванням фундаментів, несучих конструкцій та підведенням інженерних комунікацій;
- **Реконструкція** — будівельні роботи, спрямовані на повну або часткову перебудову введеного в експлуатацію об'єкта зі зміною його геометричних розмірів, висотних позначок, функціонального призначення або техніко-економічних показників;
- **Капітальний ремонт** — комплекс ремонтно-будівельних робіт із відновлення або повної заміни зношених конструкцій, деталей, інженерно-технічних систем будівлі без втручання в опорний каркас та без зміни геометричних меж;
- **Технічне переоснащення** — комплекс організаційно-технічних заходів щодо заміни технологічного, підйомно-транспортного та енергетичного устаткування на сучасніше без зміни габаритів будівлі;

- **Реставрація** — збереження автентичного вигляду, консервація, зміцнення та відновлення пам'яток архітектури та культурної спадщини.

Основним нормативним критерієм категоризації об'єктів будівництва є їх розподіл за **класами наслідків (відповідальності)** відповідно до статті 32 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» та положень ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд»:

- **СС1 (незначні наслідки)** — житлові будинки садибного типу до 4 поверхів, малі споруди, будівлі сезонного призначення, сільськогосподарські склади;

- **СС2 (середні наслідки)** — багатоквартирні житлові будинки висотою до 100 м, школи, дитячі садки, заклади охорони здоров'я, торгово-розважальні комплекси;

- **СС3 (значні наслідки)** — об'єкти з постійним перебуванням понад 400 осіб або періодичним понад 1000 осіб, висотні будівлі понад 100 м, мостові переходи, об'єкти критичної та ядерної інфраструктури.

У системі будівельного виробництва взаємодіють такі суб'єкти:

Замовник (забудовник) — юридична або фізична особа, яка володіє правом на земельну ділянку, фінансує або залучає інвестиції та організовує проєктування і будівництво;

Генеральний проєктувальник — проєктна організація, яка розробляє комплексну проєктно-кошторисну документацію;

Генеральний підрядник — будівельна компанія, яка бере на себе зобов'язання виконати повний комплекс будівельно-монтажних робіт на майданчику;

Субпідрядники — спеціалізовані монтажні фірми; *Органи державного нагляду (ДІАМ)*;

Інженери технічного та авторського нагляду. Діяльність із будівництва об'єктів СС2 і СС3 підлягає обов'язковому державному ліцензуванню, а відповідальні виконавці (ГАП, ГІП, експерти, інженери технагляду) проходять

професійну атестацію та отримують персональні кваліфікаційні сертифікати.

Таблиця 1.1 — Класифікація об'єктів будівництва за класами наслідків (відповідальності) та дозвільні вимоги

Клас наслідків	Критерії віднесення (ДБН В.1.2-14:2018)	Характерні об'єкти будівництва	Дозвільні та наглядові вимоги
СС1 (незначні наслідки)	Постійне перебування до 50 осіб; періодичне — до 100 осіб; можливі збитки до 2 000 м.з.п.	Індивідуальні садибні будинки, лінійні споруди місцевого значення, малоповерхові склади площею до 1000 м².	Повідомлення про початок БМР через ЄДЕССБ; реєстрація Декларації про готовність; спрощена експертиза проєкту.
СС2 (середні наслідки)	Постійне перебування від 50 до 400 осіб; періодичне — від 100 до 1 000 осіб; збитки від 2 000 до 150 000 м.з.п.	Багатоквартирні житлові будинки (висотою до 100 м), школи, дитячі садки, лікарні, супермаркети, паркінги.	Отримання Дозволу на виконання БМР у ДІАМ; обов'язкова комплексна експертиза проєкту; ліцензія генпідрядника.
СС3 (значні наслідки)	Постійне перебування понад 400 осіб; періодичне — понад 1 000 осіб; об'єкти підвищеної екологічної небезпеки.	Висотні будівлі (>100 м), великі мости, гідроелектростанції, стадіони, об'єкти енергетичного комплексу.	Повний нагляд ДІАМ; науково-технічний супровід будівництва; обов'язкова сертифікація готовності до експлуатації.

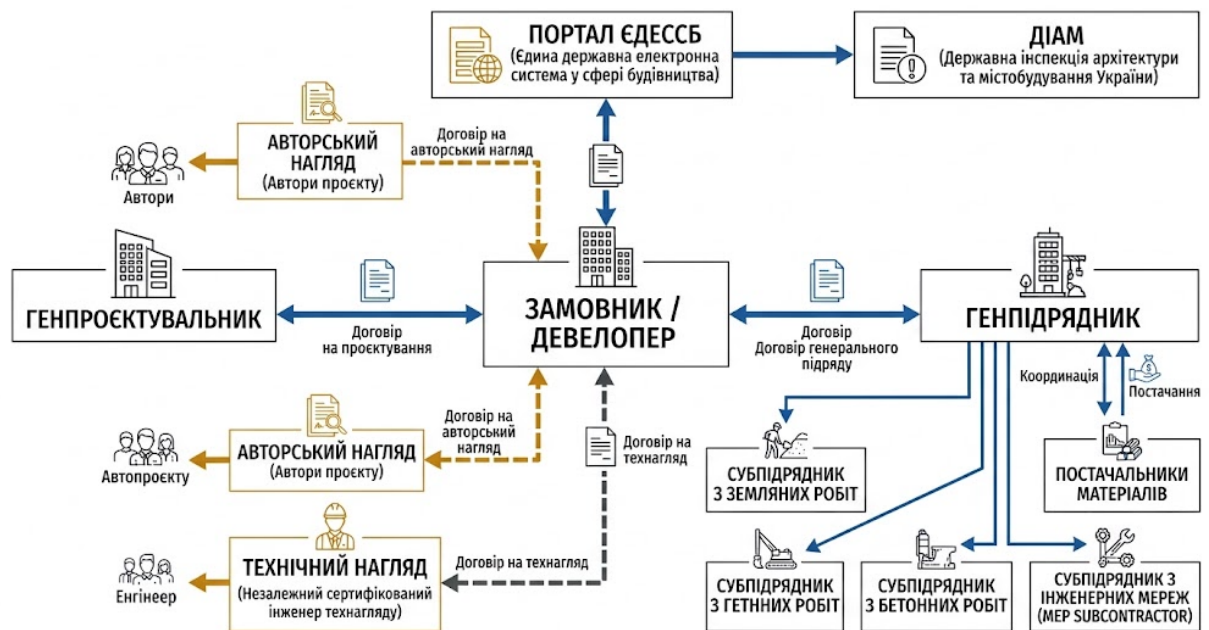


Рисунок 1.1 — Взаємодія суб'єктів будівельної діяльності в інвестиційно-будівельному циклі

Будівництво як галузь: теоретичне визначення та системні ознаки

Будівництво розглядають у трьох площинах: як вид економічної діяльності, що створює нерухомі основні засоби, прив'язані до земельної ділянки; як виробничу систему з рухомими робочими місцями і нерухомим предметом праці; як інституційне поле взаємодії суб'єктів із різними цільовими функціями. Друга ознака визначальна: вона й породжує основні організаційні задачі — періодичне розгортання і згортання виробничої бази, залежність від погодних умов, високу питому вагу транспортних процесів, складність нормування праці, неможливість відтворення умов попереднього об'єкта на наступному.

Ознаки будівельної продукції класифікують за чотирма групами. Ознаки продукту: унікальність (навіть типовий проєкт прив'язується до конкретних інженерно-геологічних умов), капіталомісткість, тривалий життєвий цикл, значущість наслідків відмови. Ознаки процесу: багатостадійність, послідовно-паралельна структура робіт, технологічні перерви, суміщення різнорідних процесів в обмеженому просторі. Ознаки ресурсів: мультипрофесійність

колективів, широка номенклатура матеріалів, залежність від механізації. Ознаки середовища: правова зарегульованість і, в українських умовах 2024–2026 років, воєнний стан із безпековими обмеженнями та ризиками пошкодження незавершеного будівництва. Наслідок: рішення приймаються за структурної, а не лише статистичної невизначеності, тому теорія спирається на адаптивність і резервування, а не на детерміновану оптимізацію.

Суб'єкти будівельної діяльності: класифікація функцій і відповідальності.

Суб'єктний склад коректніше описувати набором функціональних ролей, які в проєкті поєднуються або розподіляються між особами: замовник (ініціює будівництво, фінансує, отримує вихідні дані та дозвільні документи), інвестор, проєктувальник, експертна організація, підрядник і субпідрядники, технічний нагляд як представник замовника на майданчику, авторський нагляд як представник проєктувальника, органи державного архітектурно-будівельного контролю. Критерієм розмежування ролей є носій відповідальності: за проєктні рішення відповідає сертифікований фахівець, за якість виконання — підрядник, за прийняття в експлуатацію — замовник спільно з органом, що здійснює процедуру. Персоналізація відповідальності через інститут сертифікованих виконавців є засадничим принципом регулювання.

Кадровий вимір суб'єктності описується як розрив між номінальною та ефективною потужністю підрядника: техніка й контракти не гарантують здатності освоїти обсяги без наповнення бригад, тому критерієм відбору об'єктів до портфеля стає не лише прибутковість, а й ресурсна сумісність із кадровим ядром. Відповіддю на дефіцит кваліфікованих кадрів є три взаємодоповнювальні групи механізмів: зниження трудомісткості (індустріалізація, збірні та модульні технології), підвищення продуктивності праці (Lean-підходи, стандартизовані процедури) і відтворення кадрів (дуальна освіта, партнерство закладів освіти з підрядниками). Жодна окремо дефіциту не усуває, бо він структурний.

Контрольні запитання для самоперевірки до Тем 1.1:

1. Які характерні виробничі особливості вирізняють будівельну галузь з-поміж інших галузей матеріального виробництва?
2. У чому полягають відмінності між новим будівництвом, реконструкцією та капітальним ремонтом будівель?
3. За якими розрахунковими параметрами здійснюється віднесення об'єктів будівництва до класів наслідків СС1, СС2 та СС3 згідно з ДБН В.1.2-14:2018?
4. Які види будівельної діяльності підлягають обов'язковому державному ліцензуванню в Україні?
5. Які посадові обов'язки та міра відповідальності покладаються на головного інженера проєкту (ГІПа) та інженера технічного нагляду?

Тема 1.2. Нормативна база та цифровізація дозвільних процедур

Нормативна база будівництва в Україні є динамічною системою технічного регулювання, яка забезпечує надійність, безпеку, довговічність та енергоефективність споруджуваних об'єктів. Відповідно до Закону України «Про будівельні норми», регулювання здійснюється через обов'язкові Державні будівельні норми (ДБН) та добровільні (якщо інше не передбачено договором або регламентом) Національні стандарти (ДСТУ).

Стратегічним напрямом реформування нормативної бази є її гармонізація з будівельними **Єврокодами (Eurocodes EN 1990–EN 1999)**, які регламентують принципи розрахунку будівельних конструкцій за методом граничних станів. Впровадження Єврокодів супроводжується розробкою Національних додатків (National Annexes), що враховують вітрові, снігові, ожеледні та сейсмічні характеристики природно-кліматичних зон України.

Ключовим елементом цифровізації галузі є **Єдина державна електронна система у сфері будівництва (ЄДЕССБ)**, створена на виконання Закону

України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо удосконалення порядку надання адміністративних послуг у сфері будівництва та створення Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва» та Постанови КМУ № 681. ЄДЕССБ повністю перевела взаємодію суб'єктів будівництва з державою у безпаперовий цифровий формат.

У системі здійснюється реєстрація містобудівних умов та обмежень (МУО), будівельних паспортів, проектної документації, звітів експертизи, ліцензій підрядних організацій, дозволів на виконання БМР та сертифікатів готовності об'єктів до експлуатації. Всі документи підписуються кваліфікованим електронним підписом (КЕП) та містять верифікований QR-код для швидкої перевірки автентичності.

Таблиця 1.2 — Порівняльна характеристика нормативно-правового забезпечення та модулів ЄДЕССБ

Категорія / Модуль	Нормативний документ / Цифровий інструмент	Сфера практичного застосування	Технологічні вимоги та особливості
Організація виробництва	ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва»	Регулювання підготовки, виконання БМР, розроблення ПОБ і ПВР.	Обов'язковість ведення Загального журналу робіт, складання актів прихованих робіт.
Охорона праці	ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві»	Безпека верхолазних робіт, огороження зон дії монтажних машин.	Розрахунок небезпечних зон кранів, захисні сітки, допуски на процеси підвищеної небезпеки.
Конструктивне проектування	Єврокоди (ДСТУ-Н Б EN 1990 – EN 1999) та національні ДБН	Розрахунок тримальної здатності опорних каркасів та фундаментів.	Розрахунок за граничними станами несучої здатності (ULS) та експлуатаційної придатності (SLS).
Цифровий портал ЄДЕССБ	Постанова КМУ № 681; Публічний реєстр e-construction.gov.ua	Реєстрація МУО, проектів, експертиз, дозволів на БМР, сертифікатів.	Кваліфікований електронний підпис (КЕП), автоматична перевірка параметрів.



Рисунок 1.2 — Архітектура та документообіг ЄДЕССБ при погодженні будівельної документації

Структура нормативної бази та ієрархія вимог.

Регулювання будівництва побудоване як ієрархія, де кожен наступний рівень конкретизує попередній.

Верхній — закони, зокрема Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності», що визначає склад містобудівної документації, вихідні дані, дозвільні процедури та прийняття об'єктів в експлуатацію, і Закон України «Про будівельні норми».

Другий — підзаконні акти Кабінету Міністрів України та центральних органів виконавчої влади.

Третій — обов'язкові державні будівельні норми (ДБН), зокрема ДБН А.2.2-3 і ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва».

Четвертий — національні стандарти (ДСТУ, ДСТУ EN ISO), здебільшого добровільні, але обов'язкові при посиленні на них у нормах чи договорах.

П'ятий — стандарти організацій. Така побудова поєднує правову визначеність із технічною гнучкістю, відповідаючи європейському переходу від приписних до параметричних норм.

Наскрізним класифікаційним інструментом є клас наслідків за ДБН В.1.2-

14 (CC1, CC2, CC3). Його визначають за критеріями можливої кількості осіб у зоні ураження, обсягу економічних збитків, впливу на довкілля й культурну спадщину, припинення функціонування об'єктів життєзабезпечення. Він зумовлює склад проєктної документації, обсяг експертизи, вид дозвільної процедури, вимоги до кваліфікації виконавців, повноту проєкту організації будівництва та режим контролю, тобто є ризик-орієнтованим регулятором глибини втручання держави.

Цифровізація дозвільних процедур і BIM-середовище спільних даних

Цифровізація дозвільної сфери реалізується через Єдину державну електронну систему у сфері будівництва (ЄДЕССБ), що інтегрує реєстри, обробляє заяви й відкриває доступ до відомостей про об'єкти. Вона втілює три принципи електронного урядування: одноразове внесення даних, юридичну значущість документа з кваліфікованим електронним підписом, прозорість реєстрів. Наслідок — подання повідомлень про початок робіт, отримання дозволів і реєстрація прийняття в експлуатацію в електронній формі, диференційовано за класами наслідків. Паралельно триває реформа архітектурно-будівельного контролю з розмежуванням функцій нагляду, контролю й адміністративних послуг задля усунення конфлікту інтересів; статус Державної інспекції архітектури та містобудування (ДІАМ) звіряють із чинним законодавством.

Другий вектор — інформаційне моделювання (BIM, Building Information Modelling) за серією ДСТУ EN ISO 19650. Її ключовий конструкт — середовище спільних даних (CDE, Common Data Environment), єдине джерело інформації, де кожен інформаційний контейнер має ідентифікатор і статус придатності (робочий, спільний, опублікований, архівний). Управління інформацією будується за ланцюгом «вимоги — план — постачання»: замовник формулює інформаційні вимоги, виконавці відповідають планом виконання BIM-проєкту, передача відбувається у точки прийняття рішень. BIM зменшує колізії, підвищує достовірність обсягів робіт, уможливує 4D-планування і 5D-оцінювання

вартості, а для відбудови за механізмами Ukraine Facility та донорських програм є ще й інструментом підзвітності коштів.

Контрольні запитання для самоперевірки до Тем 1.2:

1. Яка структура системи нормативних документів діє у будівельному секторі України?
2. Які практичні цілі та переваги забезпечує гармонізація вітчизняних норм із європейськими будівельними стандартами (Єврокодами)?
3. Які базові функціональні модулі та відкриті реєстри входять до складу системи ЄДЕССБ?
4. Який порядок завантаження та засвідчення проєктної документації персональними підписами (КЕП) встановлено в ЄДЕССБ?
5. Як забезпечується захист від фальсифікації дозвільних документів за допомогою електронного сервісу QR-кодування?

Тема 1.3. Організаційні структури та договірні відносини

Організаційна структура управління будівельного підприємства є сукупністю взаємопов'язаних органів управління, виробничих дільниць, функціональних служб та посадових осіб, яка забезпечує координацію ресурсів для своєчасного та якісного зведення будівельних об'єктів. Вибір моделі структури залежить від масштабу фірми, територіальної розосередженості об'єктів та складності виконуваних робіт:

- **Лінійно-функціональна структура** — традиційна модель, де лінійні керівники (головний інженер, начальники будівельних дільниць, виконроби) спираються на штабні функціональні підрозділи: виробничо-технічний відділ (ВТВ), планово-економічний відділ (ПЕВ), службу головного механіка (СГМ), відділ матеріально-технічного постачання (ВМТП), службу контролю якості;
- **Матрична (проєктна) структура** — сучасна модель, що поєднує

функціональне підпорядкування фахівців із їх прямою підпорядкованістю Керівнику проєкту (Project Manager) на весь період спорудження конкретного об'єкта. Це забезпечує максимальну концентрацію відповідальності за кінцевий термін і кошторис;

- **Дивізіональна структура** — організація компанії за регіональними філіями або спеціалізованими будівельними напрямками (житлове, промислове, мостове будівництво), що дозволяє адаптуватися до специфіки місцевих ринків.

Основою взаємодії учасників є **договірні відносини**. Основним інструментом є *договір будівельного підряду*, в якому визначаються предмет договору, договірна ціна (тверда або динамічна), графік виконання БМР, порядок фінансування, гарантійні зобов'язання, відповідальність за порушення строків та якість. У практиці міжнародних проєктів, фінансованих МФО (Світовий банк, ЄБРР, ЄІБ), обов'язково використовуються міжнародні контракти **FIDIC**: «Червона книга» (традиційне будівництво за проєктом замовника), «Жовта книга» (проєктування та будівництво підрядником), «Срібна книга» (ЕРС — контракти «під ключ» із фіксованою ціною та перенесенням більшості ризиків на підрядника).

Закупівля робіт за публічні кошти відбувається відповідно до Закону України «Про публічні закупівлі» через електронну торгову систему **ProZorro** з дотриманням Особливостей воєнного стану (Постанова КМУ № 1178). Учасники проходять сувору кваліфікаційну перевірку за ст. 16 Закону: документальне підтвердження наявності власної або орендованої будівельної техніки та обладнання; наявність працівників відповідної кваліфікації з досвідом робіт; документально підтверджений досвід виконання аналогічних договорів; фінансова спроможність. Переможець визначається за результатами електронного реверсивного аукціону або за критерієм ціни з урахуванням нецінових показників (строки виконання, умови розрахунків).

**Таблиця 1.3 — Порівняння організаційних структур управління
будівельними організаціями**

Тип структури	Основні переваги	Недоліки та обмеження	Сфера застосування
Лінійно-функціональна	Суворе субординація, висока якість технічної та кошторисної підготовки робіт у функціональних відділах.	Уповільнене прийняття оперативних рішень при виникненні непередбачених ситуацій на майданчику.	Спеціалізовані підрядні та монтажні організації середнього масштабу.
Матрична (проектна)	Швидка реакція на зміни, концентрація ресурсів на цілях конкретного проекту, висока мотивація команди.	Можливі конфлікти через подвійне підпорядкування робітників (керівнику проекту та начальнику відділу).	Великі генпідрядні компанії, девелоперські холдинги, інжинірингові фірми.
Дивізійна	Оперативна самостійність філій у регіонах, гнучке пристосування до місцевих постачальників матеріалів.	Збільшення витрат на утримання регіонального апарату управління, розрив єдиної технічної політики.	Національні і будівельні корпорації, холдинги з розгалуженою мережею філій.

Публічні закупівлі: Будівельний сектор

Поетапна схема торгів у ProZorro



Рисунок 1.3 — Структура взаємозв'язків та документообігу в системі ProZorro при проведенні будівельного тендеру

Організаційні структури управління будівництвом: типологія та критерії вибору

Організаційна структура є способом розподілу повноважень, відповідальності та комунікацій. Лінійна забезпечує єдиноначальність, але перевантажує керівника; функціональна дає фахову якість рішень, проте породжує множинність підпорядкування; лінійно-функціональна, найпоширеніша у вітчизняних підрядників, додає до лінійного керівництва дорадчі служби; матрична утворює подвійне підпорядкування функціональному керівнику й керівнику проекту, потребуючи зрілої управлінської культури; проектна дає автономну команду для складних об'єктів. Критерії вибору: кількість і різноманітність проектів, невизначеність технологій, розосередженість об'єктів, вимога єдиної відповідальності, клас наслідків.

Структурний зріз доповнюється процесним. Ощадливе будівництво (Lean Construction) переносить у галузь цінність з позиції замовника, усунення втрат (очікування, переміщення, запаси) і витягувальне планування. Його інструмент — «Останній планувальник» (Last Planner System, LPS) з ієрархією горизонтів:

генеральний план, планування етапів, look-ahead із очищенням завдань від обмежень, тижневий план зобов'язань. Ключовий показник — відсоток виконаних завдань

$$PPC = \frac{N_{\text{вик}}}{N_{\text{план}}} \cdot 100\%, \quad (1.1)$$

де $N_{\text{вик}}$ — завдання тижневого плану, виконані повністю й у строк, $N_{\text{план}}$ — усі заплановані. Організаційне навчання дає аналіз причин невиконання, що відрізняє зовнішні обмеження від дефектів планування.

Договірні моделі та ринкові механізми підряду

Договори класифікують за обсягом функцій, ціноутворенням і розподілом ризиків. За функціями розрізняють роздільну модель (Design-Bid-Build), «проектування та будівництво» (Design-Build), EPC (Engineering, Procurement, Construction), де підрядник відповідає за проектування, постачання і спорудження та приймає більшість ризиків, і EPCM (Engineering, Procurement, Construction Management), де виконавець лише керуючий, а контракти укладає сам замовник. За ціноутворенням — тверда ціна, одиничні розцінки з обміром обсягів, компенсація витрат із винагородою (cost plus fee), цільова ціна з поділом економії. Еталон типових умов — проформи FIDIC, диференційовані за розподілом ризиків.

Окремий клас — партнерські моделі, насамперед інтегроване виконання проєкту (IPD, Integrated Project Delivery): багатосторонній договір замовника, проєктувальника і виконавців із раннім залученням, спільними рішеннями, ризиком і винагородою. Вони потребують довіри, розвиненого CDE та сумісних із законодавством конструкцій, тому обмежено застосовні у публічному секторі із закупівлями через ProZorro за Законом «Про публічні закупівлі». Теоретична проблема — суперечність між формалізованістю процедур і потребою у гнучких контрактах; розв'язання вбачають у кваліфікаційних критеріях, нецінових показниках і рамкових угодах. Ризики покладають на сторону, здатну ними найкраще управляти; за воєнного стану частина раніше виняткових подій стає

фоновим ризиком, а покриття дають страхування будівельно-монтажних ризиків, гарантії, резерви.

Контрольні запитання для самоперевірки до Тем 1.3:

1. Які ключові фактори впливають на формування організаційної структури будівельного підприємства?
2. У чому полягають специфічні переваги матричної моделі управління при зведенні складних інфраструктурних комплексів?
3. Які істотні умови є обов'язковими для включення в договір будівельного підряду відповідно до ЦКУ та ГКУ?
4. Чим відрізняються контрактні зобов'язання підрядника за «Червоною» та «Срібною» книгами типових умов FIDIC?
5. Які чотири обов'язкові кваліфікаційні критерії перевіряються замовником під час тендеру на БМР у системі ProZorro?

Висновки до модуля 1

Розглянутий матеріал засвідчує, що будівельне виробництво є складною системою, впорядкованість якої забезпечується не окремими технічними рішеннями, а цілісним нормативно-правовим полем. Ієрархія законодавства, будівельних норм, стандартів і відомчих правил формує рамку, у якій визначаються повноваження замовника, проєктувальника, підрядника та органів державного архітектурно-будівельного контролю. Класифікація об'єктів за класами наслідків підпорядковує їй подальші процедури, а договірні відносини перетворюють нормативні вимоги на конкретні зобов'язання учасників.

Узагальнення показує органічний зв'язок організаційних форм будівництва з правовим статусом його учасників: підрядний, господарський і змішаний способи різняться не технологією, а розподілом відповідальності та ризиків. У сучасній практиці це поле дедалі активніше цифровізується — впровадження Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва та стандартів управління інформацією за ДСТУ EN ISO 19650 переводить дозвільні й

контрольні процедури у середовище спільних даних. Саме тому наступний модуль логічно присвячено документації з організації будівництва, у якій нормативні засади набувають конкретного проєктного втілення.

МОДУЛЬ 2. ДОКУМЕНТАЦІЯ З ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА ТА ПІДГОТОВКА ДО ВИКОНАННЯ РОБІТ

Тема 2.1. Етапи та стадійність інженерної підготовки

Інженерна підготовка будівельного виробництва є комплексом взаємопов'язаних організаційних, інженерно-технічних, геодезичних, планово-економічних та матеріально-технічних заходів, які здійснюються до початку та в процесі зведення об'єкта з метою забезпечення планомірного, безперервного та безпечного розгортання будівельно-монтажних робіт. Відповідно до положень ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва», інженерна підготовка поділяється на три взаємопов'язані етапи:

1. **Загальна організаційна підготовка (позамайданчикова)** — здійснюється замовником за участю генерального проєктувальника та підрядника до відкриття фінансування і початку робіт. Вона включає: оформлення прав власності або користування земельною ділянкою; отримання вихідних даних для проєктування (містобудівних умов та обмежень, технічних умов на приєднання до інженерних мереж, завдань на проєктування); проведення комплексних інженерних вишукувань (геодезичних, геологічних, гідрометеорологічних); розробку, експертизу та затвердження проєктно-кошторисної документації; отримання дозволу на виконання будівельних робіт у ДІАМ через систему ЄДЕССБ; укладання договорів підряду;

2. **Підготовка будівельної організації** — комплекс внутрішньофірмових заходів генпідрядника: розробка та погодження Проєкту виконання робіт (ПВР); комплектування будівельних діляниць кваліфікованими інженерно-технічними кадрами та робітничими бригадами; підготовка парку будівельних машин і механізмів; укладання договорів із заводами-виробниками залізобетонних конструкцій, товарного бетону та розчину, металопрокату; узгодження графіків постачання матеріалів;

3. **Підготовка будівельного майданчика (внутрішньомайданчикова)** — створення матеріальної бази безпосередньо на

відведеній території: огороження будівельного майданчика; розчищення території (видалення чагарників, демонтаж старих будівель, корчування пнів); інженерна підготовка рельєфу (зрізання рослинного шару ґрунту завтовшки 15–20 см із переміщенням у відвали для подальшої рекультивації); водовідведення та водозниження поверхневих і ґрунтових вод; побудова геодезичної розбивної основи (ГРО); прокладання тимчасових доріг, монтаж тимчасових мереж електро-, водо- та теплопостачання; встановлення інвентарних мобільних побутових містечок.

Особливе місце в інженерній підготовці займає побудова **геодезичної розбивної основи (ГРО)**. Замовник зобов'язаний не пізніше ніж за 10 днів до початку виконання БМР передати генеральному підряднику технічну документацію та закріплені на місцевості знаки ГРО: пункти будівельної сітки розміром 50×50 м або 100×100 м; червоні лінії забудови; головні та основні розбивні осі будівель (закріплені створними знаками поза зоною земляних робіт); висотні репери (не менше двох реперів для кожного об'єкта).

Завершення підготовчих робіт на майданчику оформлюється **Актом про готовність будівельного майданчика до початку виконання будівельно-монтажних робіт**, який підписується уповноваженими представниками замовника, генерального підрядника, генерального проєктувальника та субпідрядних організацій. Без підписання даного акта розпочинати основні БМР категорично забороняється.

Таблиця 2.1 — Склад і послідовність процесів інженерної підготовки будівельного виробництва

Етап підготовки	Основні інженерно-організаційні заходи	Відповідальний суб'єкт	Підсумковий документ
1. Загальна підготовка (позамайданчикова)	Отримання МУО, ТУ, проведення інженерно-геологічних вишукувань, експертиза проєкту, реєстрація в ЄДЕССБ.	Замовник, Генпроєктувальник	Дозвіл на виконання БМР, затверджена ПСД.
2. Підготовка будівельної	Розроблення ПВР, формування виробничих	Генеральний підрядник	Затверджений ПВР, договори

Етап підготовки	Основні інженерно-організаційні заходи	Відповідальний суб'єкт	Підсумковий документ
організації	бригад, укладання договорів на постачання матеріалів і субпідряд.		матеріально-технічного забезпечення.
3. Підготовка будмайданчика	Огородження, зрізання рослинного ґрунту, побудова ГРО, улаштування тимчасових доріг, мереж і побутових містечок.	Генпідрядник за участю Замовника	Акт передачі ГРО, Акт готовності будівельного майданчика.

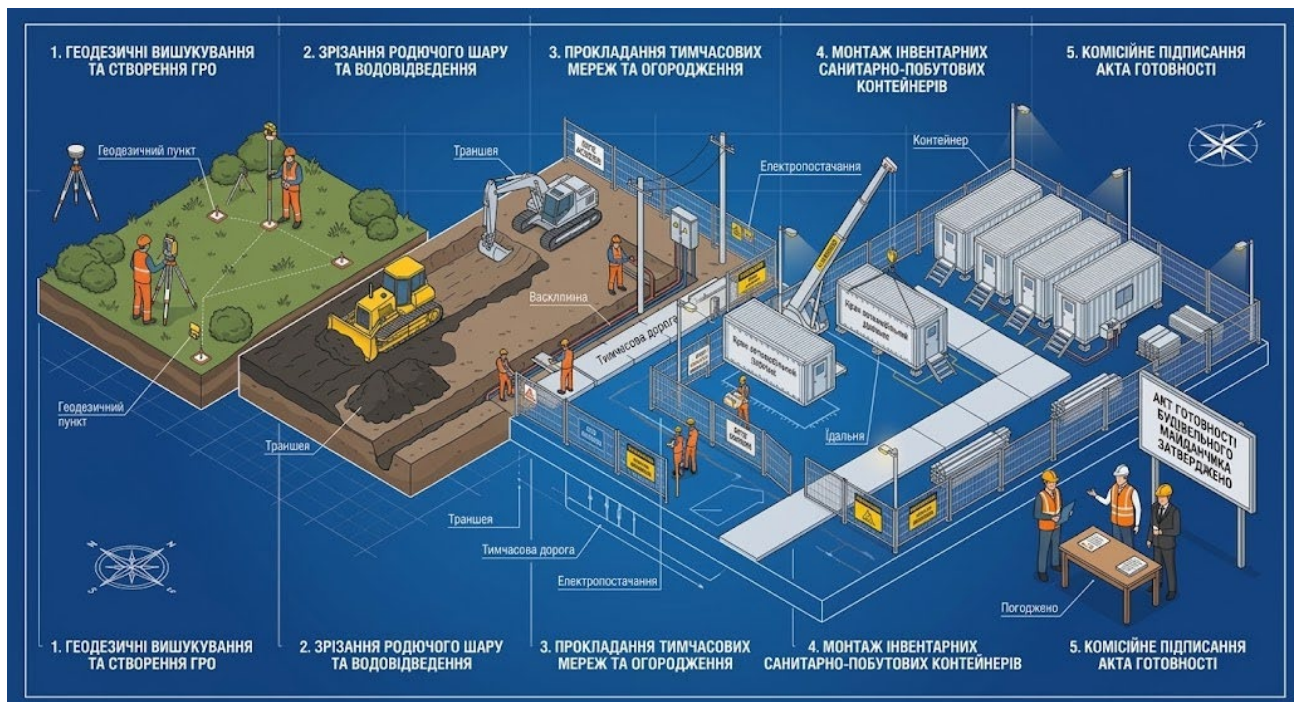


Рисунок 2.1 — Етапність інженерної підготовки будівельного майданчика

Сутність і стадійність інженерної підготовки

Інженерна підготовка будівництва — сукупність організаційних, проєктних, геодезичних, юридичних і будівельних дій, що виконуються до розгортання основних робіт і створюють умови для їх безперервного та безпечного виконання. Теоретично це фаза зниження невизначеності: невідомі інженерно-геологічні умови, ресурсна забезпеченість і стан суміжних мереж поступово замінюються перевіреними даними. Підготовка має власну документальну логіку — від передпроектних досліджень і завдання на проєктування до затвердженої документації, а її недоліки проявляються згодом

як простої, переробки та зростання фактичної собівартості.

Стадії проєктування та організаційна документація

За ДБН А.2.2-3 проєктування виконують в одну або дві стадії залежно від категорії складності об'єкта: для нескладних достатньо робочого проєкту, для складніших передбачають проєктну стадію з подальшою робочою документацією. Стадійність визначає глибину організаційно-технологічних рішень: на ранній стадії формується проєкт організації будівництва (ПОБ) з укрупненими показниками — тривалістю, чергами й пусковими комплексами, потребою в ресурсах; далі розробляється проєкт виконання робіт (ПВР) із деталізацією до процесів і захваток. Загальні вимоги до організації виробництва та підготовчого періоду встановлює ДБН А.3.1-5.

Підготовчі роботи: позамайданчикові та майданчикові

Поділ підготовчих робіт має організаційний зміст — він визначає замовника, джерело фінансування та послідовність. Позамайданчикові роботи охоплюють під'їзні дороги, зовнішні мережі водо-, електропостачання та зв'язку до межі майданчика, бази механізації; майданчикові — геодезичну розбивну основу, розчищення території, знесення й перенесення мереж, вертикальне планування, водовідведення, тимчасові дороги, огорожі, склади та освітлення. Правило послідовності: позамайданчикові роботи, від яких залежить доступ і енергозабезпечення, випереджають майданчикові, а роботи нульового циклу не розпочинають до передавання підряднику акта розбивної основи.

Геодезична основа, цифрові методи та реалії 2024–2026

Замовник створює й передає підряднику пункти планової та висотної основи з каталогом координат, підрядник розвиває внутрішню мережу; точність узгоджують з допусками на монтаж, інакше похибки нагромаджуються. Тахеометричні й супутникові вимірювання доповнюють лазерним скануванням і аерозніманням з дронів: хмара точок дає рельєф, обсяги земляних мас і стан забудови, а порівняння з BIM-моделлю завчасно виявляє розбіжності. Українські умови додали обов'язкове обстеження на вибухонебезпечні предмети та

розмінування, укриття в межах нормативної доступності й облік перерв через тривоги, автономне живлення за дефіциту енергії, кадрів і техніки; вартісні наслідки цих заходів, зокрема кошти на тимчасові споруди та роботу в особливих умовах, обґрунтовують за чинними Настановами кошторисної нормативної бази.

Контрольні запитання для самоперевірки до Тем 2.1:

1. Які три основні етапи інженерної підготовки будівництва виділяють відповідно до ДБН А.3.1-5:2016?
2. Які заходи входять до складу позамайданчикової підготовки, і хто несе за них відповідальність?
3. Що таке геодезична розбивна основа (ГРО), які її елементи та порядок передачі підряднику?
4. Які вимоги висуваються до зняття, складування та збереження родючого шару ґрунту на будівельному майданчику?
5. Яке юридичне та технологічне значення має підписання Акта про готовність будівельного майданчика?

Тема 2.2. Проєкт організації будівництва (ПОБ)

Проєкт організації будівництва (ПОБ) є обов'язковим розділом проєктної документації на будівництво об'єкта, який розробляється генеральною проєктною організацією (або спеціалізованою проєктною фірмою на замовлення генпроєктувальника) на стадії «Проєкт» (П) або «Робочий проєкт» (РП). ПОБ регламентує загальну тривалість будівництва, черговість зведення окремих будівель, розподіл капіталовкладень за періодами, потребу в основних будівельних матеріалах, конструкціях, робітничих кадрах і машинах, а також принципові рішення щодо організації будівельного майданчика.

Вихідними даними для розроблення ПОБ слугують: завдання на проєктування; матеріали інженерних вишукувань; архітектурно-будівельні

креслення; відомості обсягів робіт; дані про виробничу базу будівельних організацій регіону; технічні умови на підключення тимчасових мереж; чинні норми тривалості будівництва (ДСТУ Б А.3.1-22:2013).

До складу ПОБ обов'язково входять такі документи:

- **Календарний план будівництва** (або зведений календарний графік), що визначає черговість та строки спорудження всіх будівель комплексу, розподіл інвестицій і БМР за місяцями та кварталами;
- **Будівельний генеральний план (будгенплан)** для підготовчого та основного періодів будівництва в масштабі 1:500 або 1:1000;
- **Відомості потреби** в будівельних матеріалах, виробках, конструкціях та технологічному устаткуванні;
- **Відомості потреби** в основних будівельних машинах і транспортних засобах;
- **Графік потреби** в робітничих кадрах за професіями;
- **Пояснювальна записка** з розрахунками обсягів БМР, тривалості будівництва, тимчасових будівель, мереж водо-, електро- і теплопостачання, техніко-економічних показників та заходів з охорони довкілля.

ПОБ проходить обов'язкову державну або комплексну експертизу у складі проєктної документації відповідно до класу наслідків об'єкта. Ключовими техніко-економічними показниками (ТЕП) ПОБ є: загальна тривалість будівництва (міс.); максимальна і середня чисельність працюючих (осіб); коефіцієнт рівномірності руху робітників $K_{\text{рівн}} = N_{\text{max}}/N_{\text{сер}} \leq 1,5$; питома трудомісткість зведення об'єкта (люд.-год/м² або люд.-год/м³).

Таблиця 2.2 — Склад розділів проєкту організації будівництва (ПОБ) та їх змістовне наповнення

Складова частина ПОБ	Змістовне інженерне наповнення	Нормативна база та орієнтири
Зведений календарний план	Визначає послідовність зведення об'єктів, підготовчий період, нульовий цикл, надземну частину, оздоблення, інженерні мережі, пусконаладження.	ДСТУ Б А.3.1-22:2013 «Визначення тривалості будівництва об'єктів».
Загальномайданчиковий будгенплан	Розміщення постійних та тимчасових споруд, внутрішніх доріг, складів, точок підключення комунікацій, пожежних гідрантів і проїздів.	ДБН А.3.1-5:2016, ДБН Б.2.2-12:2019, протипожежні норми.
Розрахункові відомості ресурсів	Розрахунок потреби в електроенергії, воді, стисненому повітрі, кисні, пально-мастильних матеріалах, тимчасових спорудах.	Розрахункові питомі нормативи, ДБН А.3.2-2-2009.
Пояснювальна записка та ТЕП	Обґрунтування методів робіт, комплексної механізації, заходів цивільного захисту, безпеки праці та охорони навколишнього середовища.	ДБН А.3.1-5:2016, розділ ТЕП проєкту.



Рисунок 2.2 — Алгоритм розроблення та затвердження ПОБ

Призначення, склад і логіка ПОБ

Проект організації будівництва — обов'язкова частина проєктної документації, яку розробляє проєктувальник на замовлення інвестора. Його

призначення — обґрунтувати можливість спорудження об'єкта у заданий строк наявними ресурсами та дати вихідні дані для планування інвестицій, договірної ціни й підготовчого періоду. Склад ПОБ: календарний план з чергами й пусковими комплексами, будженплан основного періоду, відомості обсягів робіт, графіки потреби в ресурсах, машинах і кадрах, схеми транспорту, рішення щодо тимчасових будівель і мереж, заходи з охорони праці та довкілля, пояснювальна записка. Логіка розроблення: аналіз умов, вибір методу організації, розчленування об'єкта, модель часу, ресурсне збалансування, компонування будженплану.

Варіантне проєктування та порівняння варіантів

Теоретичне ядро ПОБ — варіантне проєктування: задачу можна вирішити різними комплектами машин, ступенем збірності, поділом на захватки, послідовним, паралельним чи потоковим методом. Варіанти оцінюють за тривалістю, трудомісткістю, собівартістю, рівнем механізації, питомими капіталовкладеннями та коефіцієнтом нерівномірності руху ресурсів

$$K_n = \frac{N_{\max}}{N_{\text{сеп}}} \quad (2.1)$$

де наближення K_n до одиниці означає рівномірне завантаження й менші витрати на побутові приміщення та мобілізацію. Зведене порівняння виконують за приведеними витратами або багатокритеріальною оцінкою з ваговими коефіцієнтами, коли варіанти незіставні за одним показником.

Критерії якості організаційно-технологічних рішень

Технологічна коректність — дотримання послідовності процесів і технологічних перерв, зокрема набору міцності бетоном, без чого скорочення строків фіктивне. Ресурсна реалістичність вимагає, щоб графіки потреби не перевищували можливостей ринку праці й парку машин, що особливо чутливо в сучасних українських умовах. Просторова узгодженість перевіряється на будженплані: зони дії кранів, транспорт, склади й побутові приміщення не мають конфліктувати між собою та з небезпечними зонами. Додаються економічна

ефективність, керованість і стійкість плану до переривань через тривоги й обмеження енергопостачання, що реалізується резервами часу в некритичних роботах.

Інформаційне моделювання як джерело даних

Модель об'єкта є джерелом достовірних обсягів, бо специфікації формуються автоматично й змінюються синхронно з проєктом, усуваючи похибки ручного підрахунку. Прив'язка елементів до робіт календарного плану утворює 4D-вимір і дозволяє перевіряти послідовність зведення та безпечність суміщення робіт, а додавання вартості формує 5D-модель для оцінки динаміки освоєння коштів. Інформаційний обмін регламентує серія ДСТУ EN ISO 19650 з поняттями інформаційних вимог замовника, плану виконання інформаційного забезпечення та середовища спільних даних із контрольованими статусами. Для української практики додається цифрове передавання документації через ЄДЕССБ.

Контрольні запитання для самоперевірки до Теми 2.2:

1. Хто є розробником ПОБ, на якій стадії проєктування він розробляється і яке його головне призначення?
2. Які вихідні дані необхідні інженеру для складання проєкту організації будівництва?
3. Який склад графічної та текстової частин ПОБ згідно з ДБН А.3.1-5:2016?
4. За якими нормативними документами розраховується нормативна тривалість будівництва об'єктів в Україні?
5. Які основні техніко-економічні показники (ТЕП) розраховуються у складі ПОБ та які критерії їх оптимізації?

Тема 2.3. Проєкт виконання робіт (ПВР) і технологічні карти

Проєкт виконання робіт (ПВР) є основним виконавчим нормативно-технічним документом, що детально регламентує організацію, технологію, методи, строки та безпеку виконання будівельно-монтажних робіт на конкретному об'єкті. Відповідно до ДБН А.3.1-5:2016, виконання робіт на будівельному майданчику без затвердженого ПВР категорично забороняється.

ПВР розробляється генеральною підрядною організацією або спеціалізованою проєктно-технологічною організацією (на замовлення підрядника) за рахунок накладних витрат підрядника. Залежно від складності об'єкта та класу наслідків ПВР розробляється:

- **У повному обсязі** — для об'єктів класів наслідків СС2 та СС3, складних промислових комплексів, зведення будівель у стиснених міських умовах, складних геологічних умов (просадні ґрунти, підроблювані території), об'єктів реконструкції та демонтажу;
- **У неповному (спрощеному) обсязі** — для об'єктів класу СС1 або за погодженням із замовником на окремі нескладні види робіт. Неповний ПВР включає об'єктний будгєнплан, технологічні схеми, графік робіт та заходи з безпеки праці.

Серцевиною ПВР є **технологічні карти (ТК)** — нормативно-інструктивні документи, що регламентують технологію виконання конкретного виду БМР (земляні роботи, монтаж збірного залізобетонного каркаса, мурування стін, влаштування монолітної плити перекриття, покрівельні роботи). Технологічна карта містить **6 обов'язкових розділів**:

1. **Сфера застосування** — опис конкретного процесу, конструктивних елементів, умов виконання робіт (температура, сезонність), типів застосовуваних машин;
2. **Організація і технологія будівельного процесу** — вимоги до готовності попередніх робіт, розбивка будівлі на захватки та яруси, послідовність технологічних операцій, схеми стропування та монтажу

конструкцій, розміщення риштувань;

3. **Вимоги до якості та прийняття робіт** — склад, методи та інструменти вхідного, операційного (схеми СОКЯ) і приймального контролю; перелік прихованих робіт, граничні допустимі відхилення за ДБН;

4. **Калькуляція витрат праці та машинного часу** — розрахунок нормативної трудомісткості процесу, машиномісткості та заробітної плати на основі РЕКН;

5. **Графік виконання робіт** — поопераційний погодинний або позмінний графік із зазначенням складу ланок і бригад, тривалості операцій та завантаження техніки;

6. **Матеріально-технічні ресурси, безпека праці та охорона довкілля** — відомості потреби в матеріалах, інструментах, інвентарі, стропах; інструктивні вказівки з безпеки праці за ДБН А.3.2-2-2009, пожежної та екологічної безпеки.

На складні та трудомісткі ручні операції додатково розробляються *карти трудових процесів (КТП)*, що регламентують організацію робочого місця ланки, раціональні прийоми праці, інструментальне оснащення та нормативи виробітку.

Таблиця 2.3 — Структура та зміст розділів технологічної карти (ТК)

Розділ технологічної карти	Обов'язковий інженерний зміст	Вихідні нормативи
1. Сфера застосування	Номенклатура робіт, конструктивні характеристики будівлі, кліматичні обмеження, характеристики ґрунтів і матеріалів.	Робочі креслення шифру АР, КБ, КМ.
2. Організація і технологія	Схеми розбивки на захватки, яруси, стоянки крана, технологічна послідовність операцій, правила тимчасового закріплення.	ДБН А.3.1-5:2016, монтажні інструкції.
3. Контроль якості (СОКЯ)	Схеми операційного контролю якості, контрольовані параметри, інструменти вимірювання, допуски відхилень за рівнем і площиною.	ДБН В.2.6-98:2009, ДСТУ-Н Б В.2.6-203.
4. Калькуляція витрат	Норми витрат праці робітників (люд.-год), машинного часу (маш.-год), заробітна	РЕКН (Збірники ресурсних норм).

Розділ технологічної карти	Обов'язковий інженерний зміст	Вихідні нормативи
	плата ланки на повний обсяг робіт.	
5. Графік робіт	Календарно-технологічний графік виконання процесу ланками у дві або три зміни.	Методика погодинного планування.
6. Ресурси та охорона праці	Нормокомплект ручного й механізованого інструменту, монтажне оснащення, засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), заходи з ТБ.	ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці».

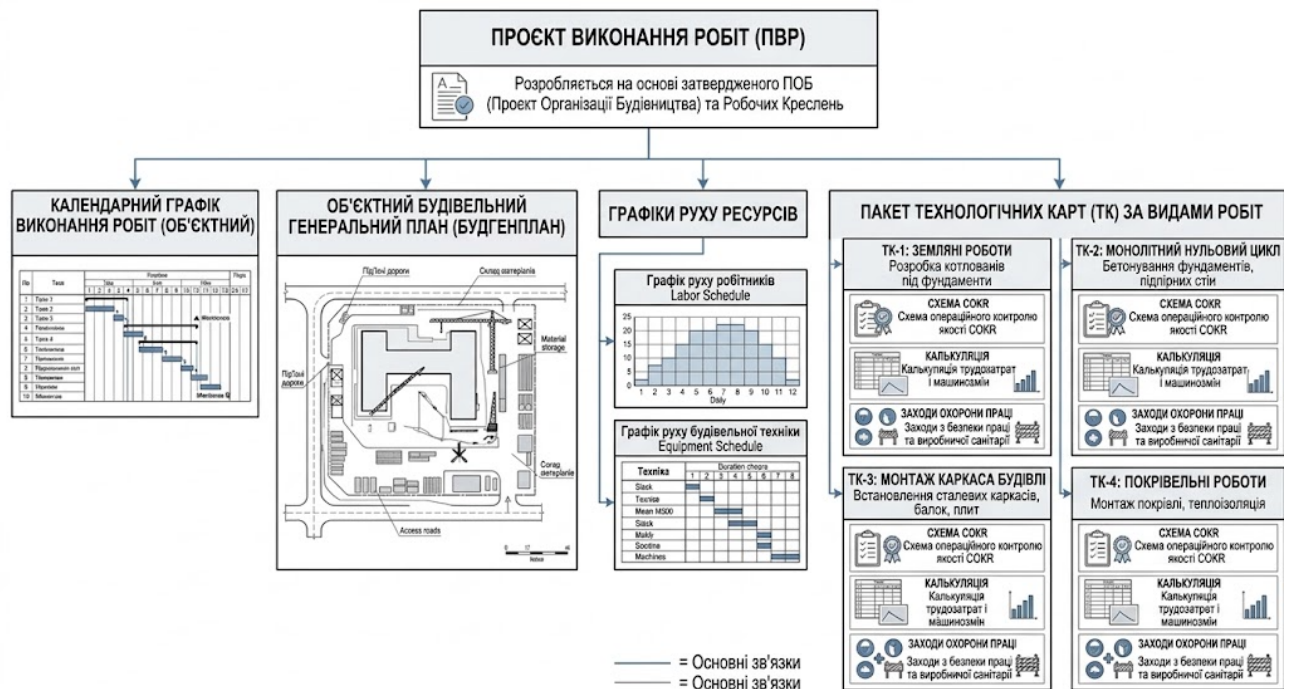


Рисунок 2.3 — Блок-схема розробки та взаємозв'язку комплекту ПВР і технологічних карт

ПВР та зв'язок ПОБ↔ПВР↔ПОД

Проект виконання робіт розробляє підрядна організація, деталізуючи рішення ПОБ до конкретних процесів, бригад, механізмів і змін: якщо ПОБ відповідає, чи можливо збудувати об'єкт у строк, то ПВР — як саме це робитиме виконавець. Склад ПВР: календарний план або мережевий графік, будгенплани на характерні періоди, технологічні карти, графіки надходження конструкцій і руху кадрів та машин, геодезичне забезпечення, тимчасові мережі, заходи з охорони праці, схеми складування й монтажу. Разом ПОБ і ПВР утворюють єдину організаційно-технологічну документацію, до якої на етапі знесення

додається проєкт організації демонтажу зі спорідненою логікою, але протилежною послідовністю станів об'єкта.

Технологічні карти: структура та показники

Технологічна карта встановлює правила виконання окремого процесу; вимоги до неї визначає ДСТУ Б А.3.1-22, а загальні положення — ДБН А.3.1-5. Структура: сфера застосування з умовами й обмеженнями, організація та технологія процесу з поділом на захватки і яруси, вимоги до якості й приймання з контрольними операціями, потреба в ресурсах, калькуляція витрат праці та машинного часу, графік процесу, техніка безпеки й техніко-економічні показники. Основні показники — трудомісткість одиниці продукції та тривалість

$$T = \frac{Q}{n \cdot m \cdot P} \quad (2.2)$$

де Q — трудомісткість, n — чисельність ланки, m — кількість змін, P — коефіцієнт виконання норм. Карти бувають типові, прив'язані та індивідуальні.

Цифрові технологічні карти та DfMA

Цифровізація змінює форму карти, не скасовуючи змісту: карта пов'язується з елементами інформаційної моделі, тож обсяги, специфікації та схеми монтажу оновлюються автоматично, а анімована послідовність операцій краще сприймається на інструктажі. Розміщення карти в середовищі спільних даних гарантує чинну редакцію та усуває роботу за застарілими паперовими примірниками, а фіксація операцій з мобільного пристрою формує базу для контролю якості. Проєктування з урахуванням виготовлення і складання (DfMA) переносить конструкції у заводські умови у вигляді модулів, скорочуючи строки й залежність від погоди та чисельності робітників, але вимагає вищої точності геодезичної основи й узгодження допусків.

Lean-підхід і адаптація ПВР до сучасних умов

Ощадливе будівництво трактує підготовку виробництва як усунення втрат — очікування, зайвих переміщень, надлишкових запасів і переробок. Інструментами є планування з витягуванням, коли роботу починають лише за

наявності всіх передумов, поетапне планування спільно з виконавцями та щотижневе зобов'язальне планування з оцінюванням частки виконаних завдань як метрики надійності плану. Для українських майданчиків це особливо значуще: перерви через тривоги та обмеження живлення роблять безглуздими графіки без буферів, тому резерви закладають свідомо, енергоємні процеси планують на періоди гарантованого живлення, а у складі ПВР передбачають схему укриттів, порядок зупинення небезпечних процесів і рішення на випадок часткової відсутності персоналу.

Контрольні запитання для самоперевірки до Теми 2.3:

1. Хто розробляє та хто затверджує Проєкт виконання робіт (ПВР) згідно з ДБН А.3.1-5:2016?
2. У яких випадках розробляється повний ПВР, а коли допускається складання неповного (спрощеного) ПВР?
3. Назвіть 6 обов'язкових розділів технологічної карти (ТК) та розкрийте їх інженерний зміст.
4. Що таке схема операційного контролю якості (СОКЯ) і які обов'язкові параметри в ній наводяться?
5. Чим карта трудових процесів (КТП) відрізняється від типової технологічної карти?

Висновки до модуля 2

Опрацьований матеріал доводить, що організаційно-технологічна документація виконує функцію передавальної ланки між проєктними рішеннями та реальним виробничим процесом. Проєкт організації будівництва обґрунтовує принципові рішення щодо послідовності зведення, тривалості й ресурсного забезпечення, тоді як проєкт виконання робіт деталізує їх до рівня конкретних процесів, механізмів і робочих місць. Технологічні карти, схеми виконання робіт та рішення з охорони праці забезпечують відтворюваність технології, а вихідні

дані й інженерні вишукування визначають достовірність усіх подальших розрахунків.

Підготовчий період постає не формальною стадією, а самостійним комплексом організаційно-технічних заходів, від повноти якого залежить ритмічність основного періоду. Узагальнення підкреслює зміщення акценту від паперового комплекту документів до інформаційної моделі об'єкта: BIM-середовище дає змогу узгоджувати проєктні, кошторисні й організаційні дані та виявляти колізії до виходу на майданчик. Установлені у модулі принципи розчленування будівництва на процеси й захватки безпосередньо готують перехід до потокової організації виробництва, розглянутої далі.

МОДУЛЬ 3. ПОТОКОВА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Тема 3.1. Наукові засади та параметри будівельних потоків

Потоковий метод організації будівельного виробництва є найбільш прогресивним науковим методом організації праці, що ґрунтується на принципах безперервності, рівномірності, пропорційності та ритмічності виконання процесів. На відміну від *послідовного методу* (де кожна наступна будівля чи захватка починає споруджуватися тільки після повного завершення попередньої, що призводить до надмірної тривалості будівництва за мінімальної потреби в одночасних ресурсах) та *паралельного методу* (де всі об'єкти споруджуються одночасно, що викликає колосальну концентрацію робітників і техніки з наступним простоем), **потоковий метод** поєднує переваги обох підходів: він забезпечує скорочення загальних термінів за рівномірного споживання матеріально-технічних ресурсів і стабільної зайнятості робітників.

Організація будівельного потоку характеризується системою взаємопов'язаних параметрів, які класифікуються на просторові, технологічні та часові:

- **Просторові параметри:**
 - **Захватка (m)** — частина будівлі або споруди, в межах якої розвиваються однакові будівельні процеси та яка виділяється бригаді (ланці) для забезпечення безперервної роботи протягом розрахункового проміжку часу (кроку або кратного йому часу). Розмір захватки повинен забезпечувати достатній фронт робіт для безпечної праці робітників ($l_{\text{фр}} \geq 2 \dots 3$ м на одного робітника);
 - **Ділянка** — частина споруди або комплексу, що характеризується повторюваними об'ємно-планувальними характеристиками (наприклад, секція житлового будинку);
 - **Ярус** — умовний просторовий розподіл споруди за висотою (наприклад, поверх будівлі, ярус цегляної кладки висотою 1,0–1,2 м, ярус

бетонування масивного фундаменту).

- **Технологічні параметри:**

- Кількість процесів (n) — число простих або комплексних будівельних процесів, на які розчленовується загальний виробничий цикл зведення об'єкта;

- Інтенсивність потоку (I) — випуск будівельної продукції в натуральних показниках (m^3 , m^2 , шт.) за одиницю часу;

- Трудомісткість процесів (Q) — нормативні витрати праці робітників (люд.-год або люд.-дні), необхідні для виконання робіт на захватці.

- **Часові параметри:**

- Ритм роботи бригади (t_i) — тривалість виконання процесу спеціалізованою бригадою на одній захватці;

- Крок потоку (K) — проміжок часу, через який на початкову або наступну захватку вступає суміжна спеціалізована бригада (у ритмічному потоці $K = t_i$);

- Період розгортання потоку (T_p) — інтервал часу від початку роботи першої бригади на першій захватці до вступу останньої n -ї бригади на першу захватку ($T_p = (n - 1) \cdot K$);

- Період сталого потоку ($T_{ст}$) — період, протягом якого одночасно працюють усі n спеціалізованих бригад потоку;

- Період згортання потоку (T_3) — період поступового виходу бригад із потоку після завершення робіт на останній захватці ($T_3 = (n - 1) \cdot K$);

- Загальна тривалість потоку (T) — повний час функціонування будівельного потоку від першої операції до здачі завершеної продукції.

Таблиця 3.1 — Класифікація та характеристики основних параметрів будівельного потоку

Група параметрів	Назва параметра та позначення	Одиниця виміру	Інженерна суть та умови визначення
Просторові	Кількість захваток (m)	од., шт.	Число ділянок об'єкта, де працюють бригади; умова неперервності праці: $m \geq n$.
	Фронт робіт (F_p)	м, м ² , м ³	Простір для розміщення ланки робітників, оснащення та матеріалів.
	Кількість ярусів (h)	ярус, поверх	Розбивка будівлі по вертикалі для пошарового виконання робіт.
Технологічні	Кількість процесів (n)	процес, бригада	Склад спеціалізованих потоків (земляний, бетонний, монтажний, оздоблювальний).
	Трудомісткість (Q_{ij})	люд.-год, люд.-дн	Визначається за РЕКН з урахуванням проектних обсягів конструкцій.
Часові	Ритм потоку (t_i)	зміна, день	Тривалість виконання i -ї роботи на захватці: $t_i = Q_i / (N_i \cdot t_{зм})$.
	Крок потоку (K)	зміна, день	Часовий зсув між відкриттям суміжних процесів на одній захватці.
	Загальна тривалість (T)	днів, місяців	Сумарний календарний час від початку розгортання до фінішу робіт.

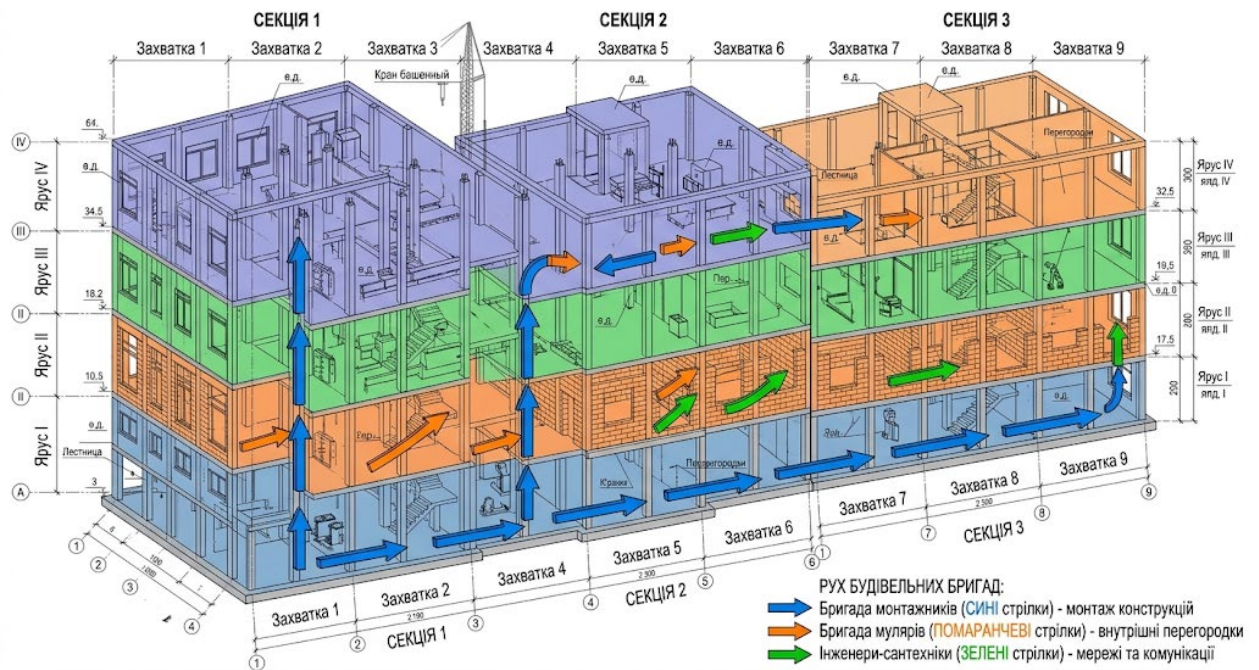


Рисунок 3.1 — Просторове розбиття об'єкта на захватки та яруси при організації монтажного потоку

Методологічні передумови потокової організації

Потокова організація є не прийомом календарного планування, а виробничою філософією, що переносить у будівництво логіку конвеєра з принциповою відмінністю: рухається не предмет праці, а виконавець — бригади переміщуються захватками, тоді як об'єкт нерухомий. Ця інверсія формує три базові принципи потоку: неперервність (відсутність невинуватених перерв у роботі бригади), рівномірність (стабільне споживання ресурсів без пікових коливань) і ритмічність (повторюваність однорідних процесів через сталий інтервал). Вони одночасно знижують собівартість через стабільну зайнятість бригад, скорочують тривалість через суміщення процесів і підвищують якість завдяки досвіду на повторюваних операціях.

Математичне порівняння методів організації робіт

Перевагу потоку доводять формальним порівнянням трьох способів виконання m захваток, кожна з яких потребує n процесів. За послідовного методу $T_{\text{посл}} = m \cdot \sum_{i=1}^n t_i = m \cdot n \cdot t$. Паралельний метод дає мінімальну

тривалість $T_{\text{пар}} = n \cdot t$, але вимагає m комплектів бригад і механізмів, тобто інтенсивність ресурсів зростає у m разів і зазвичай перевищує можливості підрядника. Потоковий метод є компромісом: бригади вводяться з інтервалом, рівним кроку потоку k , і за ритмічного потоку $T_{\text{пот}} = (n + m - 1) \cdot k$. Потік дає тривалість, близьку до паралельного методу, за інтенсивності ресурсів, близької до послідовного, і саме ця подвійна властивість робить його домінуючою організаційною формою.

Система параметрів будівельного потоку

Опис потоку потребує чотирьох груп параметрів. Просторові визначають членування об'єкта: ділянка, захватка, ярус, фронт робіт; захватка — мінімальна одиниця, на якій бригада незмінного складу виконує процес протягом кроку потоку, і її розмір є ключовим проєктним рішенням. Часові — крок потоку k , тривалості t_i , технологічні та організаційні перерви. Технологічні описують склад, послідовність і трудомісткість процесів. Організаційні — кількість бригад, їхній склад, змінність, потужність механізмів. Період розгортання $T_{\text{розг}} = (n - 1) \cdot k$ і період усталеного потоку $T_{\text{уст}} = (m - n + 1) \cdot k$ мають самостійне значення, бо проєктна продуктивність досягається саме в усталеному періоді.

Інтенсивність потоку та ефект навчання

Потужність потоку характеризує інтенсивність $I = \frac{V}{T}$, де V — сумарний обсяг робіт. Збільшення захватки за незмінного складу бригади подовжує крок і знижує інтенсивність, подрібнення захваток підвищує темп, але посилює втрати на перебазування; оптимум лежить там, де сумарні втрати від перебазувань і від простоїв фронту мінімальні. Окремим чинником є ефект навчання: трудомісткість повторення знижується з номером захватки за степеневою залежністю $t_j = t_1 \cdot j^{-b}$, де j — номер повторення, b — показник навчання. Отже навіть номінально ритмічний потік фактично прискорюється, і в календарному плані доцільно передбачати керований ритм із поступовим ущільненням.

Контрольні запитання для самоперевірки до Тем 3.1:

1. У чому полягають принципові переваги потокового методу порівняно з послідовним і паралельним методами будівництва?
2. Що таке захватка, ярус та ділянка, і якими правилами керуються інженери при їх призначенні?
3. Чому для забезпечення безперервної роботи бригад обов'язково повинна виконуватися умова $m \geq n$?
4. Дайте визначення ритму бригади, кроку потоку та періоду розгортання будівельного потоку.
5. Які фактори визначають необхідну величину фронту робіт для однієї будівельної ланки?

Тема 3.2. Класифікація та розрахунок потоків

Залежно від характеру часових параметрів, ступеня складності та співвідношення ритмів окремих бригад будівельні потоки класифікуються на три основні категорії:

1. Ритмічні (одноритмічні) потоки — потоки, в яких ритми роботи всіх спеціалізованих бригад на всіх захватках однакові між собою та дорівнюють кроку потоку: $t_1 = t_2 = \dots = t_n = K = \text{const}$;
2. Різноритмічні (кратноритмічні) потоки — потоки, в яких окремі бригади мають різну тривалість роботи на захватці ($t_i \neq t_j$), але ритми є постійними для кожної бригади окремо і кратними мінімальному кроку ($t_i = c_i \cdot K_{\min}$);
3. Неритмічні (гетерогенні) потоки — найбільш поширений на практиці тип потоків, де тривалість виконання процесів на окремих захватках змінюється через неоднорідність конструктивних обсягів та трудомісткості ($t_{ij} \neq \text{const}$).

Для аналітичного розрахунку загальної тривалості функціонування **одноритмічного будівельного потоку** застосовується класична **формула М. С. Буднікова**:

$$T = (m + n - 1) \cdot K + \sum t_{\text{орг}} + \sum t_{\text{техн}} \quad (3.1)$$

де: m — кількість захваток на об'єкті;

n — кількість спеціалізованих потоків (процесів);

K — крок будівельного потоку (днів, змін);

$\sum t_{\text{техн}}$ — сумарна тривалість необхідних технологічних перерв (наприклад, набір міцності монолітним бетоном, сушіння штукатурки перед фарбуванням);

$\sum t_{\text{орг}}$ — сумарна тривалість організаційних перерв між процесами.

При розрахунку різноритмічних потоків для усунення розривів і простоїв застосовують метод кратного збільшення кількості однорідних бригад на трудомістких процесах ($p_i = t_i / K_{\min}$), що трансформує різноритмічний потік у синхронізований еквівалентно-одноритмічний потік.

У неритмічних потоках розрахунок полягає у визначенні зон критичного зближення суміжних робіт на конкретних захватках ($m_{\text{кр}}$), де часовий інтервал між закінченням попереднього процесу і початком наступного є мінімально допустимим ($S_{j,j+1} = 0$), що виключає порушення технологічної послідовності та взаємні затримки бригад.

Якість організації потоку оцінюється за коефіцієнтом нерівномірності руху робітників ($K_{\text{нерв}}$):

$$K_{\text{нерв}} = \frac{N_{\max}}{N_{\text{сер}}} \leq 1,5 \quad (3.2)$$

де $N_{\max}$ — максимальна чисельність робітників на об'єкті в певний день;
 $N_{\text{сер}}$ — середня чисельність робітників за весь розрахунковий період будівництва: $N_{\text{сер}} = \frac{\sum (N_i \cdot t_i)}{T}$. Якщо $K_{\text{нерв}} > 1,5$, потік потребує оптимізації шляхом зсуву строків некритичних процесів.

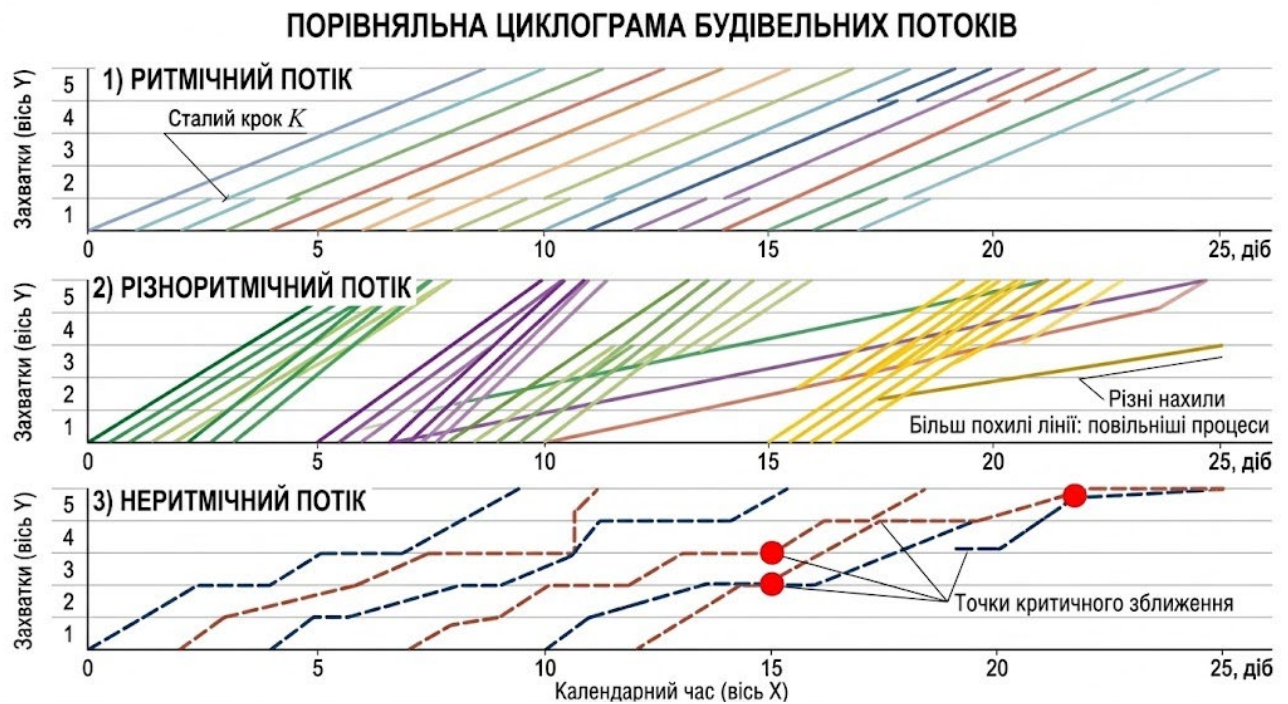


Рисунок 3.2 — Графічне зіставлення ритмічного, різноритмічного та неритмічного потоків

Класифікація будівельних потоків

Класифікація будується за кількома ознаками, перетин яких визначає метод розрахунку. За структурою продукції розрізняють часткові потоки (один процес однієї бригади), спеціалізовані (закінчений конструктивний елемент), об'єктні (готова будівля) і комплексні (черга будівництва). За характером ритму — ритмічні (крок сталий для всіх процесів), різноритмічні (кожен процес має власний сталий ритм) і неритмічні (тривалості змінюються від захватки до захватки). За тривалістю дії — короточасні, довгочасні й безперервні. Найпоширенішими є неритмічні потоки, бо реальні захватки рідко однорідні за обсягами, тому методи їх розрахунку є ядром теорії потоку.

Матриця тривалостей і розрахунок неритмічного потоку

Універсальною формою вихідних даних є матриця тривалостей $\{t_{ij}\}$ розміром $n \times m$, де рядок — процес (бригада), стовпець — захватка. Розрахунок визначає моменти початку b_{ij} і закінчення c_{ij} за двома обмеженнями: бригада не почне роботу на наступній захватці раніше завершення попередньої, а робота не

почнеться раніше звільнення захватки попереднім процесом: $b_{ij} = \max(c_{i,j-1}, c_{i-1,j})$, $c_{ij} = b_{ij} + t_{ij}$. Це реалізує умову нерозривності роботи бригад: затримки переносяться на фронт, який тимчасово простоює. Альтернативою є умова нерозривності фронту, коли безперервно завантажуються захватка, а простоюють бригади. Одночасно виконати обидві умови неможливо, тож вибір критерію є управлінським рішенням: за дефіциту кадрів пріоритет мають бригади, за дорогого замороженого капіталу — фронт.

Метод критичного зближення та алгоритми зсуву

Способом розрахунку без повної сітки є метод критичного зближення: для пари суміжних бригад визначають мінімально допустимий зсув $\Delta_i = \max_{1 \leq p \leq m} (\sum_{j=1}^p t_{i-1,j} - \sum_{j=1}^{p-1} t_{i,j})$. Захватка, на якій досягається максимум, є точкою критичного зближення — там бригади стикаються, і вона визначає графік. Загальна тривалість дорівнює $T = \sum_{i=2}^n \Delta_i + \sum_{j=1}^m t_{n,j}$. Алгоритми зсуву обчислювально економні й легко реалізуються в табличних процесорах. Наслідком є те, що зміна порядку захопок змінює Δ_i , тобто маємо задачу впорядкування, споріднену з задачею теорії розкладів flow shop.

Показники ефективності потокової організації

Якість потоку оцінюють безрозмірними коефіцієнтами. Коефіцієнт рівномірності ресурсів $K_p = \frac{R_{\text{сеп}}}{R_{\text{max}}}$ — чим ближче до одиниці, тим стабільніше завантаження й менші витрати на набір кадрів. Коефіцієнт суміщення робіт $K_c = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{T}$ вимірює вигоду від паралельності. Коефіцієнт використання фронту — частка часу, протягом якого захватки зайняті роботою, коефіцієнт нерозривності бригад — відношення чистого часу роботи до періоду перебування на об'єкті. Теоретичною надбудовою є зв'язок із теорією масового обслуговування, де захватки є вимогами, а бригади — каналами обслуговування, і з теорією розкладів, звідки походять алгоритми впорядкування типу правила Джонсона.

Контрольні запитання для самоперевірки до Теми 3.2:

1. Які принципові ознаки визначають поділ будівельних потоків на ритмічні, різноритмічні та неритмічні?
2. Запишіть та розкрийте фізичний зміст усіх членів формули М. С. Буднікова для розрахунку одноритмічного потоку.
3. Яким методом можна трансформувати різноритмічний потік у синхронізований еквівалентно-ритмічний потік?
4. Що таке точка критичного зближення робіт у неритмічному потоці, і як вона впливає на строк розгортання наступного процесу?
5. Як обчислюється коефіцієнт нерівномірності руху робочих кадрів ($K_{\text{нерв}}$), і яке його нормативне граничне значення?

Тема 3.3. Циклограми будівельних процесів

Графічне моделювання будівельних потоків є найважливішим інструментом інженерного планування. Основними формами візуалізації є *лінійні графіки Ганта* та **циклограми (похило-лінійні графіки)**. Графік Ганта відображає роботу окремих бригад горизонтальними відрізками в часі, проте не дає наочного уявлення про просторове переміщення робітників з однієї захватки на іншу.

Циклограма є спеціалізованою просторово-часовою моделлю, де по осі ординат відкладаються просторові елементи об'єкта (яруси, поверхи, захватки), а по осі абсцис — календарний час (дні, зміни). Рух кожної спеціалізованої бригади зображується похилою лінією. Тангенс кута нахилу лінії до осі часу ($lpha$) характеризує просторову швидкість розгортання будівельного процесу ($v = m/t$): чим крутіша лінія циклограми, тим вища швидкість виконання робіт і менший ритм на захватці.

Розрахунок складних неритмічних потоків здійснюється на основі

матричного алгоритму. Вихідними даними є матриця тривалостей виконання n процесів на m захватках (t_{ij}):

$$M = [t_{ij}], \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, n \quad (3.3)$$

Алгоритм розрахунку матричним методом включає такі кроки:

1. Для першого процесу ($j = 1$) ранній початок на першій захватці приймається за нуль: $t_{1,1}^n = 0$; закінчення на першій захватці: $t_{1,1}^3 = t_{1,1}$. На кожній наступній захватці i : $t_{i,1}^n = t_{i-1,1}^3$, а $t_{i,1}^3 = t_{i,1}^n + t_{i,1}$;

2. Для визначення моменту початку другого процесу ($j = 2$) визначаються розрахункові інтервали зближення між процесами на кожній i -й захватці за умовою збереження неперервності роботи бригади:

$$S_i = t_{i,j}^3 - \sum_{k=1}^{i-1} t_{k,j+1} \quad (3.4)$$

3. Критичний інтервал початку другого процесу на першій захватці дорівнює максимальному значенню серед усіх розрахованих інтервалів:

$$t_{1,j+1}^n = \max_{1 \leq i \leq m} (S_i) \quad (3.5)$$

4. Аналогічно розраховуються строки виконання для всіх наступних суміжних процесів ($j = 3, \dots, n$), що дозволяє визначити загальну мінімальну тривалість будівельного комплексу без технологічних зривів і простоїв техніки.

Циклограма як модель потокового виробництва

Циклограма — графічна модель, де по горизонталі відкладають час, по вертикалі — простір (захватки, поверхи, секції, пікети), а процес зображують похилою лінією, нахил якої відповідає темпу робіт. На відміну від графіка Ганта й сітьової моделі, де просторова координата відсутня або прихована в залежностях, циклограма подає обидві одночасно, роблячи видимими простої бригад (горизонтальні розриви) та фронту (вертикальні). Перетин ліній означає конфлікт: дві бригади претендують на захватку. Тому циклограма ритмічного потоку є пучком паралельних прямих, зсунутих на крок, а неритмічного — лініями змінного нахилу, що дотикаються в точках критичного зближення.

Такт-планування, LBMS і лінійні графіки

Сучасним продовженням школи потоку є два підходи. Тактове планування (takt-time planning) у Lean Construction виходить з часу такту $T_{\text{такт}} = \frac{T_{\text{доступний}}}{N_{\text{зон}}}$, під який вирівнюють потужність бригад: ритм задається наперед і стає керуючим параметром, під нього добирають склад ланок. Location-Based Management System (LBMS) розвиває циклограму в лінійний графік (flowline, line of balance) з оцінкою ризику перетину ліній і контролем факту за нахилом. Обидва спираються на Last Planner System, де тиждневє планування ведуть самі виконавці, а надійність вимірюють відсотком виконаних завдань. Програмно реалізовані у Vico Office, Tilos, Spider Project, частково — у Primavera P6 та MS Project.

Буферизація, стохастичність і 4D BIM

Класична теорія потоку детермінована, тоді як реальні тривалості випадкові, тому вводять буфери трьох типів: часові (запас між бригадами), потужнісні (резерв продуктивності ланки) і просторові (резервні захватки). Буфер є платою за надійність: він знижує ризик втручання бригад, але подовжує тривалість, тож існує оптимум. Основний інструмент — моделювання Монте-Карло: тривалості t_{ij} задають розподілами (трикутним або бета), багаторазово розігрують графік і отримують розподіл T , звідки беруть дату з заданою ймовірністю. Інтеграція з 4D BIM додає візуальну перевірку: захватки прив'язують до елементів моделі, виявляючи конфлікти бригад завчасно.

Особливості потокової організації в Україні 2024–2026

Українська практика 2024–2026 років ставить перед теорією потоку специфічні вимоги. Нерівномірність постачання ресурсів робить детермінований ритм нереалістичним, тож базовим інструментом стає неритмічний потік із часовими буферами й запасом матеріалів на песимістичну оцінку постачання. Обмеження робочого часу через повітряні тривоги зменшують фонд часу зміни, що враховують коефіцієнтом використання робочого часу: він знижує темп і подовжує крок. Кадрові обмеження змушують зменшувати кількість діючих бригад n , компенсуючи це подовженням усталеного періоду. Натомість типова

відбудова із серійними об'єктами дає ідеальні умови для потоку: повторюваність рішень забезпечує однорідні захватки, максимальний ефект навчання і зможу вести тактове планування. Розмір захватки доцільно приймати меншим, ніж до війни: це скорочує втрати від вимушеної перерви.

Контрольні запитання для самоперевірки до Теми 3.3:

1. У чому полягають головні відмінності та переваги циклограм порівняно з лінійними графіками Ганта?
2. Що відображає кут нахилу прямої лінії циклограми відносно горизонтальної осі часу?
3. Які вихідні дані необхідні для побудови розрахункової матриці тривалостей робіт у неритмічному потоці?
4. Який математичний критерій використовується в матричному алгоритмі для знаходження точки критичного зближення двох суміжних потоків?
5. Як впливає наявність технологічної перерви (наприклад, твердіння бетону) на побудову ліній циклограми?

Висновки до модуля 3

Викладене дає підстави розглядати потоковий метод як найбільш досконалу форму організації будівельного виробництва, що поєднує переваги послідовного та паралельного методів і водночас усуває властиві їм недоліки — надмірну тривалість і пікове споживання ресурсів. Розчленування об'єкта на захватки й ділянки, закріплення однорідних процесів за спеціалізованими бригадами та узгодження їхніх ритмів забезпечують безперервність робіт і рівномірність потреби у трудових і матеріальних ресурсах. Класифікація потоків та розрахунок їх параметрів формують кількісний апарат оцінювання організаційних рішень.

Узагальнення показує, що ефективність потоку визначається не самим

фактом його побудови, а обґрунтованістю кроку, ритму й організаційно-технологічних перерв, оскільки саме вони визначають фактичний час розгортання й згортання. Ідеї безперервності та усунення втрат, покладені в основу потокового методу, концептуально споріднені з Lean Construction і методом Last Planner, що поширюються в українській практиці. Оскільки реальні об'єкти рідко допускають ідеальну ритмічність, подальший розгляд закономірно переходить до сітьового моделювання, здатного описувати складні непотокові залежності.

МОДУЛЬ 4. СІТЬОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

Тема 4.1. Елементи та правила побудови сітьових графіків

Сітьове моделювання є фундаментальним науковим методом теорії розкладів та дослідження операцій, що забезпечує графічне та математичне відображення логіко-технологічних зв'язків між усіма елементами складного будівельного комплексу. Сітьовий графік являє собою орієнтований граф без контурів, елементи якого моделюють виконання окремих виробничих операцій, їх взаємозалежність та кінцеві цілі будівництва.

У будівельному проектуванні використовуються три базові поняття елементів сітьової моделі:

- **Дійсна робота** — виробничий процес, що вимагає витрат часу та матеріально-технічних ресурсів (наприклад, розробка котловану екскаватором, монтаж колон, укладання бетону). На графіку зображується суцільною стрілкою;
- **Очікування (технологічна перерва)** — процес, що вимагає витрат тільки часу без залучення трудових ресурсів і техніки (наприклад, твердіння монолітного залізобетону, сушіння штукатурки). Зображується суцільною стрілкою з зазначенням тривалості;
- **Фіктивна залежність (фіктивна робота)** — логічний зв'язок між подіями, що не вимагає ні часу, ні ресурсів, а лише фіксує технологічну неможливість початку певної роботи до завершення іншої ($t = 0$). Зображується пунктирною стрілкою;
- **Подія** — факт завершення однієї або кількох робіт, необхідний і достатній для початку наступних операцій. Подія не має тривалості в часі і зображується геометричною фігурою (колом, квадратом). Розрізняють: *початкову подію* (вихідний пункт графіка, що не має вхідних робіт), *кінцеву (завершальну) подію* (фіксація завершення об'єкта) та *проміжні події*.

При побудові сітьових графіків необхідно неухильно дотримуватися обов'язкових **топологічних правил**:

1. У сітці не повинно бути замкнених циклів (контурів), тобто послідовностей робіт, які повертаються у вихідну подію;
2. У моделі повинна бути лише одна початкова і лише одна завершальна подія;
3. Забороняється наявність «тупиків» (проміжних подій, з яких не виходить жодна робота) та «хвостів» (проміжних подій, у які не входить жодна робота);
4. Дві суміжні події можуть з'єднуватися лише однією роботою (стрілкою). Якщо кілька робіт виконуються паралельно між тими самими подіями, вводяться додаткові проміжні події та фіктивні залежності;
5. Нумерація подій здійснюється відповідно до орієнтації робіт зліва направо так, щоб номер початкової події кожної роботи був строго меншим за номер кінцевої події ($i < j$).

У сучасній практиці розрізняють два типи моделей: «**вершини-події**» (стрілчасті графіки CPM/PERT) та «**вершини-роботи**» (прецедентні графіки PDM, де роботи позначаються прямокутниками, а стрілки фіксують типи зв'язків: «фініш — старт» (FS), «старт — старт» (SS), «фініш — фініш» (FF), «старт — фініш» (SF)).

Таблиця 4.1 — Типи зв'язків та елементів у сітьових моделях будівельного виробництва

Елемент / Тип зв'язку	Графічне позначення	Параметри витрат	Приклад у будівельному виробництві
Дійсна робота	Суцільна лінія зі стрілкою →	Вимагає часу ($t > 0$) і ресурсів (робітники, машини)	Монтаж збірних залізобетонних панелей перекриття поверху.
Технологічне очікування	Суцільна лінія зі стрілкою →	Вимагає часу ($t > 0$), не вимагає ресурсів	Природний набір міцності бетоном фундаментної плити (7 діб).
Фіктивна робота	Пунктирна стрілка — →	$t = 0$, ресурсні витрати відсутні	Залежність монтажу другого ярусу від закінчення мурування стін першого.
Зв'язок Фініш-	Стрілка	Затримка $extLag \geq$	Улаштування покрівлі

Елемент / Тип зв'язку	Графічне позначення	Параметри витрат	Приклад у будівельному виробництві
Старт (FS)	зв'язку PDM	0	розпочинається після закінчення монтажу парпетів.
Зв'язок Старт-Старт (SS)	Стрілка зв'язку PDM	Зсув $extLag > 0$	Штукатурні роботи розпочинаються через 3 дні після початку електромонтажу.

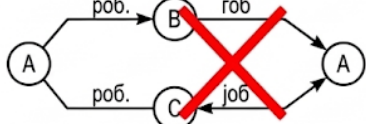
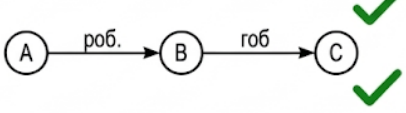
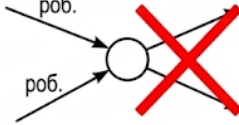
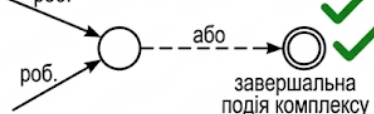
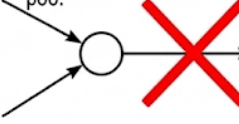
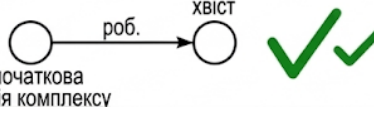
ПОРІВНЯЛЬНА МАТРИЦЯ ТОПОЛОГІЧНИХ ПОМИЛОК ТА ЇХ ПРАВИЛЬНОГО ІНЖЕНЕРНОГО ВИПРАВЛЕННЯ			
ТОПОЛОГІЧНІ ПОМИЛКИ (ЧЕРВОНІЙ ХРЕСТ)		ПРАВИЛЬНА ТОПОЛОГІЯ МЕРЕЖІ (ЗЕЛЕНА ГАЛОЧКА)	
			
			
			
			

Рисунок 4.1 — Правила коректного та помилкового зображення елементів сітьового графіка

Дві канонічні форми сітьової моделі

Сітьова модель є орієнтованим ациклічним графом, що формалізує технологічну послідовність робіт і дає змогу перейти від інтуїтивного календарного планування до розрахункового. Модель «вершина-подія» (Activity-on-Arrow, AOA) зображує роботу дугою, а вершиною — подію, тобто момент завершення всіх попередніх і можливості початку наступних робіт; кожна робота ідентифікується парою кодів подій, що зручно для ручних розрахунків і табличних форм вітчизняної школи. Платою є фіктивні роботи нульової тривалості — логічні зв'язки, що не споживають часу й ресурсів, але

потрібні для відображення часткових залежностей. АOA не описує перекриття робіт безпосередньо: щоб мурування стін почалося після частини монтажу перекриття, роботи доводиться штучно членувати, збільшуючи розмірність моделі, і саме ця обмеженість зумовила поступове витіснення АOA із виробничої практики.

Модель «вершина-робота» та зв'язки з лагами

Модель «вершина-робота» (Activity-on-Node, AON, precedence diagramming method) оперує вершинами-роботами та дугами-залежностями і є основою сучасних програмних засобів планування. Вона не потребує фіктивних робіт і підтримує чотири типи зв'язків: «фініш — старт» (FS), «старт — старт» (SS) для паралельного розгортання зі зсувом, «фініш — фініш» (FF) для синхронізації завершень і рідкісний «старт — фініш» (SF), застосовний при передаванні змін та заміні тимчасових систем життєзабезпечення постійними. Кожен зв'язок може мати лаг або випередження (від'ємний лаг), що компактно моделює технологічні перерви — витримування бетону, висихання стяжки, набирання міцності. Обмеження SS-зв'язку з лагом L_{ij} має вигляд $S_j \geq S_i + L_{ij}$, де S_i , S_j — моменти початку робіт. Саме поєднання SS- і FF-зв'язків із лагами відтворює ритмічний потік без дроблення захваток.

Правила побудови, деталізація, обмеження

Граф має бути ациклічним: контур означає, що робота передує сама собі, і жоден прохід не завершиться. У АOA-моделі потрібні єдина вихідна та єдина завершальна події, а «тупики» й «хвости» свідчать про пропущені зв'язки; нумерація виконується за рангами так, щоб номер початкової події був меншим за номер кінцевої. Типові помилки — надлишкові транзитивні зв'язки, підміна технологічної залежності ресурсною та надмірна деталізація, за якої модель втрачає керованість. Ступінь деталізації визначається горизонтом управління: для проєкту організації будівництва достатньо конструктивних комплексів, для проєкту виконання робіт позиція має бути співмірною з тижневим завданням бригади. Зовнішні обмеження — передавання майданчика, дозволи, постачання

обладнання, сезонні заборони — задаються датними констрейнтами та віхами; зловживання жорсткими датами позбавляє модель прогнозної здатності. Раціональним є ієрархічне подання: укрупнена модель об'єкта та деталізовані фрагменти за розділами робіт, узгоджені через контрольні події, що зберігає керуваність і водночас забезпечує потрібну для оперативного управління докладність.

Контрольні запитання для самоперевірки до Тем 4.1:

1. Які базові елементи утворюють стрілчастий сітьовий графік («вершини-події»)?
2. Чим технологічне очікування відрізняється від дійсної роботи та фіктивної залежності?
3. Сформулюйте 5 обов'язкових топологічних правил побудови сітьових моделей.
4. Як усунути топологічну помилку у випадку, коли дві роботи мають спільні початкову і кінцеву події?
5. У чому полягає перевага прецедентних сітьових діаграм типу «вершини-роботи» (PDM) у сучасному календарному плануванні?
- 6.

Тема 4.2. Розрахунок часових параметрів сітьових моделей

Метою аналітичного розрахунку сітьової моделі є визначення критичних термінів виконання всього комплексу БМР, ранніх і пізніх строків настання подій і виконання робіт, а також обчислення резервів часу. Розрахунок здійснюється табличним, секторним (безпосередньо на графіку) або матричним методом.

Для кожної роботи (i, j) тривалістю $t(i, j)$ визначаються такі часові параметри:

1. Ранній початок роботи ($T_{\text{рп}}(i, j)$) — найбільш ранній можливий термін початку даної роботи, який визначається раннім строком звершення її

початкової події i :

$$T_{\text{рп}}(i, j) = T_{\text{р}}(i) = \max[T_{\text{р}}(h) + t(h, i)] \quad (4.1)$$

2. Раннє закінчення роботи ($T_{\text{рз}}(i, j)$):

$$T_{\text{рз}}(i, j) = T_{\text{рп}}(i, j) + t(i, j) \quad (4.2)$$

3. Пізнє закінчення роботи ($T_{\text{пз}}(i, j)$) — гранично допустимий строк завершення роботи, за якого загальний кінцевий термін будівництва не зривається:

$$T_{\text{пз}}(i, j) = T_{\text{п}}(j) = \min[T_{\text{п}}(k) - t(j, k)] \quad (4.3)$$

4. Пізній початок роботи ($T_{\text{пш}}(i, j)$):

$$T_{\text{пш}}(i, j) = T_{\text{пз}}(i, j) - t(i, j) \quad (4.4)$$

5. Повний резерв часу ($R_{\text{п}}(i, j)$) — максимальний запас часу, на який можна збільшити тривалість даної роботи або перенести її початок без збільшення загальної тривалості будівництва:

$$R_{\text{п}}(i, j) = T_{\text{пз}}(i, j) - T_{\text{рз}}(i, j) = T_{\text{пш}}(i, j) - T_{\text{рп}}(i, j) = T_{\text{п}}(j) - T_{\text{р}}(i) - t(i, j) \quad (4.5)$$

6. Вільний (частковий) резерв часу ($R_{\text{в}}(i, j)$) — запас часу, на який можна збільшити тривалість або перенести початок роботи, не змінюючи ранніх початків усіх наступних робіт:

$$R_{\text{в}}(i, j) = T_{\text{р}}(j) - T_{\text{рз}}(i, j) = T_{\text{р}}(j) - T_{\text{р}}(i) - t(i, j) \quad (4.6)$$

Критичний шлях ($L_{\text{кр}}$) — це неперервний технологічний ланцюг робіт від початкової до кінцевої події сітки, що має найбільшу сумарну тривалість. Роботи, що лежать на критичному шляху, називаються критичними, і їх повний і вільний резерви часу строго дорівнюють нулю ($R_{\text{п}} = R_{\text{в}} = 0$). Будь-яке затримання критичної роботи автоматично призводить до зриву кінцевого строку введення об'єкта в експлуатацію.

Таблиця 4.2 — Таблична форма розрахунку часових параметрів сітьового графіка

Код роботи (i, j)	Найменування будівельного процесу	Тривалість, $t(i, j)$ (дні)	Ранній початок, $T_{рп}$	Раннє закінч., $T_{рз}$	Пізній початок, $T_{пп}$	Пізнє закінч., $T_{пз}$	Повний резерв, $R_{п}$	Вільний резерв, $R_{в}$
1 – 2	Розробка ґрунту котловану екскаватором	5	0	5	0	5	0	0
1 – 3	Улаштування тимчасового водопроводу	3	0	3	6	9	6	6
2 – 4	Бетонування монолітної фундаментної плити	8	5	13	5	13	0	0
3 – 4	Фіктивна залежність (підключення насоса)	0	3	3	13	13	10	10
4 – 5	Монтаж збірних колон підвального ярусу	6	13	19	13	19	0	0

Прямий і зворотний проходи

Часові параметри розраховують двома проходами за топологічно впорядкованою множиною робіт. Прямий прохід визначає ранні строки: ранній початок дорівнює максимуму ранніх закінчень попередників з урахуванням лагів, а ранній фініш — сумі раннього початку і тривалості, $ES_j = \max_{i \in P(j)} (EF_i + L_{ij})$, $EF_j = ES_j + t_j$, де $P(j)$ — множина попередників, t_j — тривалість. Раннє закінчення завершальної роботи є мінімально можливою тривалістю проєкту за необмежених ресурсів. Зворотний прохід дає пізні строки: пізній фініш дорівнює мінімуму пізніх початків наступників з урахуванням лагів, $LF_i = \min_{j \in S(i)} (LS_j - L_{ij})$, $LS_i = LF_i - t_i$. Якщо прохід стартує від коротшого директивного строку, частина резервів стає від'ємною — сигнал про потребу скоротити тривалості або переглянути логіку.

Резерви часу та критичний шлях

Повний резерв $R_i^{\Pi} = LS_i - ES_i = LF_i - EF_i$ показує допустиму затримку роботи без зсуву кінцевого строку, але за рахунок резервів наступників. Вільний резерв — різниця між мінімальним раннім початком наступників і раннім фінішем роботи; він не зачіпає ранніх строків інших робіт і є безпечним ресурсом маневру виконроба. Незалежний резерв обчислюють у припущенні найпізнішого завершення попередників і найранішого початку наступників, за від'ємного значення приймаючи нульовим; частковий резерв характеризує запас відносно пізніх строків попередників. Роботи з нульовим повним резервом утворюють критичний шлях, довжина якого дорівнює тривалості проєкту. Контролю підлягає не один ланцюг, а зона критичності, бо субкритичні шляхи з малим резервом за реальної мінливості тривалостей стають критичними.

Імовірнісні моделі та подання результатів

Метод PERT подає тривалість як випадкову величину з бета-розподілом за оптимістичною a , найімовірнішою m і песимістичною b оцінками: $t_{\neq} = \frac{a+4m+b}{6}$, $\sigma^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2$. Тривалість критичного шляху вважають наближено нормальною із сумарними середнім і дисперсією, а ймовірність дотримання директивного строку T_d оцінюють через $z = \frac{T_d - \sum t_e}{\sqrt{\sum \sigma^2}}$. Метод систематично оптимістичний, бо ігнорує субкритичні шляхи. Метод GERT допускає стохастичну логіку — імовірнісний вибір вітки, умовні переходи й цикли повернення після негативних випробувань чи зауважень технагляду. Результати подають сітьовим графіком у масштабі часу або діаграмою Ганта зі зв'язками та епюрами ресурсів; діагностичними ознаками є частка робіт з нульовим резервом, аномально великі резерви (пропущені зв'язки) і від'ємні резерви, що означають недосяжність директивного строку за поточної логіки. Саме такий аналіз, а не сам факт побудови графіка, відрізняє сітьове планування як метод управління від формального його застосування задля комплектності документації.

Контрольні запитання для самоперевірки до Теми 4.2:

1. Який алгоритм визначення раннього терміну здійснення подій при русі сіткою від початкової події до кінцевої?
2. Чим відрізняється повний резерв часу ($R_{\text{п}}$) від вільного резерву часу ($R_{\text{в}}$)?
3. Чому дорівнюють резерви часу на роботах критичного шляху?
4. У чому полягає суть чотирисекторного методу запису часових параметрів безпосередньо у вершинах сітьового графіка?
5. Як затримка некритичної роботи в межах її повного резерву впливає на терміни виконання наступних технологічних операцій?

Тема 4.3. Оптимізація сітьових графіків

Початковий варіант розрахованого сітьового графіка рідко задовольняє всім нормативним, договірним та виробничим обмеженням. **Оптимізація сітьового графіка** — це науково обґрунтований процес послідовного поліпшення моделі з метою досягнення заданого терміну будівництва або найбільш раціонального використання матеріально-технічних і трудових ресурсів.

Залежно від поставлених цілей виділяють такі напрями оптимізації:

1. Оптимізація за критерієм «час — вартість» (time-cost tradeoff) — скорочення загальної тривалості критичного шляху $T_{\text{кр}}$ до директивного терміну $T_{\text{дир}}$ за мінімального приросту собівартості будівництва. Скороченню підлягають виключно роботи, які лежать на критичному шляху. Для кожної критичної роботи визначається коефіцієнт зростання прямих витрат на скорочення одиниці часу:

$$\Delta C_{ij} = \frac{C_{\text{терм}} - C_{\text{норм}}}{t_{\text{норм}} - t_{\text{терм}}} \quad (4.7)$$

де $C_{\text{норм}}$, $C_{\text{терм}}$ — собівартість роботи при нормальній і форсованій

тривалості; $t_{\text{норм}}, t_{\text{терм}}$ — нормальна і технологічно гранична мінімальна тривалість. Першочергово скорочують ті критичні роботи, які мають мінімальний коефіцієнт ΔC_{ij} (найдешевші для форсування, наприклад, введення двозмінної роботи чи залучення додаткового крана);

2. Оптимізація за критерієм завантаження ресурсів (вирівнювання ресурсних епюр) — усунення різких піків і спадів на графіку споживання робочої сили чи будівельних машин. Досягається шляхом маневрування строками початку некритичних робіт у межах їх вільних і повних резервів часу без збільшення кінцевої тривалості будівництва. Критерієм якості є мінімізація середньоквадратичного відхилення чисельності робітників від середнього значення та наближення коефіцієнта нерівномірності руху кадрів до одиниці ($K_{\text{рівн}} \rightarrow 1,0$).

Ресурсні обмеження та вирівнювання

Класичний розрахунок припускає необмежені ресурси, тоді як майданчик обмежений бригадами, кранами й фінансуванням. Формалізацією є задача календарного планування з обмеженими ресурсами (RCPSp): мінімізувати тривалість за дотримання передування та наявності кожного відновлюваного ресурсу. Задача NP-важка, тому практично застосовують послідовні евристичні з пріоритетними правилами — мінімального резерву, найранішого пізнього початку, найбільшої тривалості чи ресурсоспоживання — доповнені метаевристичками генетичного й мурашиного типу. Задача вирівнювання ресурсів фіксує строк і мінімізує нерівномірність споживання, $\min \sum_{k=1}^T (r_k - \bar{r})^2$, де r_k — потреба у період k ; вона розв'язується зсувом некритичних робіт у межах резервів і не подовжує проєкт, тоді як планування за дефіциту ресурсів його подовжує.

Оптимізація «час — вартість» і ризик-аналіз

Скорочення тривалості (crashing) спирається на зростання прямих витрат

при інтенсифікації та зменшення умовно-постійних непрямих витрат майданчика. Питомий приріст витрат $k_i = \frac{c_i^{\min} - c_i^H}{t_i^H - t_i^{\min}}$ визначає роботу критичного шляху для чергового скорочення, після якого розрахунок повторюють, бо критичним може стати інший ланцюг. Метод Фалка та еквівалентні постановки лінійного програмування дають точний розв'язок за кусково-лінійних функцій витрат, мінімізуючи суму прямих і непрямих витрат; оптимум відповідає мінімуму загальних витрат, а не мінімальному строку. Надійність плану оцінюють імітаційним моделюванням Монте-Карло: тривалості задають розподілами з урахуванням кореляцій, і результатом є функція розподілу строку завершення та індекс критичності кожної роботи — частка прогонів, у яких вона потрапила на критичний шлях.

Сучасні методики та українські реалії

Метод критичного ланцюга (CCPM, Е. Голдратт) виходить із того, що приховані у тривалостях індивідуальні резерви марнуються через синдром студента і закон Паркінсона, тому їх вилючають і збирають у проєктний, живильні та ресурсні буфери, керуючи темпом їх споживання. Виконання контролюють методом освоєного обсягу (EVM), зіставляючи PV , EV і AC : $SPI = \frac{EV}{PV}$, $CPI = \frac{EV}{AC}$, $EAC = \frac{BAC}{CPI}$. Оскільки SPI хибно прямує до одиниці наприкінці, застосовують Earned Schedule з вимірюванням відхилення в одиницях часу. Моделі інтегрують із 4D BIM і Last Planner, розраховують у Primavera P6, MS Project, Spider Project, Synchro, а тривалості дедалі частіше прогнозують машинним навчанням за архівами проєктів. В Україні 2024–2026 років тривоги, перебої енергопостачання та ускладнена логістика роблять імовірнісний підхід нормою: строк подають розподілом із рівнем довіри й обґрунтованими буферами, а донорські програми вимагають базового графіка, оновлень із фіксацією базової лінії, звітності за EVM і реєстру ризиків із кількісною оцінкою впливу на строк та бюджет.

Контрольні запитання для самоперевірки до Тем 4.3:

1. Які дві основні задачі вирішуються під час інженерної оптимізації будівельних сітьових графіків?
2. Чому скорочення некритичних робіт не веде до зменшення загальної тривалості будівництва об'єкта?
3. Як визначається коефіцієнт приросту витрат (ΔC_{ij}) на одиницю скорочення тривалості будівельного процесу?
4. Яким чином резерви часу некритичних робіт (R_{π} і R_{ν}) використовуються для вирівнювання епюри трудомісткості?
5. Які організаційні заходи (змінність, механізація) застосовують інженери для форсування робіт критичного шляху?

Висновки до модуля 4

Матеріал модуля обґрунтовує сітьову модель як універсальний інструмент формалізації складних комплексів робіт, у якому технологічні та організаційні залежності подано у вигляді впорядкованого графа. Розрахунок ранніх і пізніх строків, резервів часу та критичного шляху дає змогу виокремити роботи, що визначають загальну тривалість будівництва, і зосередити управлінську увагу саме на них. Побудова моделей у термінах робіт і подій, а також їх укрупнення й деталізація забезпечують узгодження документів різних рівнів управління.

Особливе значення має оптимізація сітьових моделей за часом, ресурсами та вартістю, яка перетворює модель з описового засобу на інструмент прийняття рішень і дає змогу оцінювати наслідки перерозподілу виконавців чи прискорення окремих процесів. У сучасній практиці розрахунок мережі виконується засобами спеціалізованого програмного забезпечення та інтегрується з інформаційною моделлю об'єкта, формуючи 4D- і 5D-моделювання з візуалізацією ходу зведення. Здобутий апарат становить розрахункову основу календарного планування, якому присвячено наступний модуль.

МОДУЛЬ 5. КАЛЕНДАРНЕ ПЛАНУВАННЯ БУДІВНИЦТВА ОБ'ЄКТІВ І КОМПЛЕКСІВ

Тема 5.1. Методологія розроблення календарних планів

Календарний план є основним регулюючим документом будівельного виробництва, який визначає технологічну послідовність, взаємну узгодженість, строки початку та завершення зведення кожного конструктивного елемента, а також обсяги необхідних трудових, матеріальних і технічних ресурсів. Методологія складання календарного плану базується на системному інженерному розрахунку і складається з таких послідовних кроків:

1. **Складання номенклатури будівельно-монтажних робіт** — групування всіх операцій за технологічними етапами у суворій хронологічній послідовності (підготовчий період, земляні роботи, фундаменти, несучий каркас, стіни, покрівля, фасади, віконні та дверні блоки, санітарно-технічні, електромонтажні та оздоблювальні роботи);
2. **Підрахунок обсягів робіт** — визначення фізичних обсягів (m^3 , m^2 , т, шт.) за специфікаціями та кресленнями робочого проєкту (АР, КБ, КМ, ОВ, ВК);
3. **Визначення нормативної трудомісткості та витрат машинного часу** — обчислення витрат праці робітників (Q_p , люд.-год або люд.-дні) та часу роботи машин (Q_m , маш.-год) на основі Ресурсних елементних кошторисних норм (РЕКН) та правил визначення тривалості згідно з ДСТУ Б А.3.1-22:2013 «Визначення тривалості будівництва об'єктів»;
4. **Комплектування бригад і ланок** — призначення чисельного та професійно-кваліфікаційного складу робітників (N) з урахуванням раціонального поєднання професій (наприклад, монтажники залізобетонних конструкцій, електрозварники, стропальники);
5. **Розрахунок тривалості виконання кожного процесу (t) у робочих днях або змінах:**

$$t = \frac{Q_p}{N \cdot n_{3M} \cdot t_{3M}} \quad (5.1)$$

де: Q_p — нормативна трудомісткість роботи (люд.-год); N — кількість робітників у ланці (осіб); $n_{зм}$ — змінність роботи (1, 2 або 3 зміни на добу); $t_{зм}$ — тривалість однієї робочої зміни (8 годин). Для процесів, що виконуються провідними машинами (наприклад, розробка ґрунту екскаватором, монтаж краном), тривалість визначається за продуктивністю техніки: $t = Q_m / (m_{маш} \cdot n_{зм} \cdot t_{зм})$.

Для інтенсифікації робіт призначають коефіцієнт змінності ($K_{зм}$):

$$K_{зм} = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{N_{\max}} \quad (5.2)$$

де N_1, N_2, N_3 — кількість робітників, зайнятих відповідно в першу, другу та третю зміни; $N_{\max}$ — чисельність робітників у найбільш заповненій зміні (зазвичай першій). Для будівельних робіт нормативне значення коефіцієнта змінності становить 1,5 ... 1,8.

Таблиця 5.1 — Форма відомості обсягів робіт, витрат праці, машинного часу та календарного плану виконання робіт (згідно з ДБН А.3.1-5:2016 і ДСТУ Б А.3.1-22:2013)

№ з/п	Найменування робіт і процесів	Обсяг робіт	Од. ви м.	Трудомісткість, люд.-дн.	Машинність, маш.-зм.	Кільк. робітн. у змін	Кільк. змін	Тривалість, днів	Графік робіт за днями/місяцями
1	Розробка ґрунту в котловані екскаватором	1450	м³	18	9	2	1	9	
2	Улаштування щебеневої та піщаної підготовки	320	м²	24	4	6	1	4	
3	Армування та бетонування монолітної плити	210	м³	84	14	6	2	7	
4	Монтаж колон та ригелів типового поверху	48	шт.	40	8	5	1	8	

Ієрархія календарних планів

Календарне планування є ієрархією моделей часу, де кожен рівень деталізує попередній. Верхній рівень — план будівництва комплексу чи черги, що оперує укрупненими об'єктами й задає директивні строки введення потужностей. Середній рівень — об'єктний план, одиницею якого є технологічний процес, прив'язаний до конструктивного елемента або захватки. Нижній рівень становлять місячні, тижнево-добові графіки та змінні завдання. Ключова вимога — узгодженість: тривалість робіт нижнього рівня не виходить за межі вікна верхнього, а відхилення піднімаються вгору як скоригований прогноз. Тому ієрархію проєктують згори вниз як єдину систему кодування робіт; інакше зведений графік лишається декоративним.

Обґрунтування тривалості та технологічна послідовність

Обґрунтування тривалості спирається на нормативний підхід за нормами й об'єктами-аналогами, розрахунково-ресурсний та ймовірнісний. Ресурсний розрахунок є базовим: $t = \frac{Q}{n \cdot m \cdot k_v}$, де Q — трудомісткість, люд.-змін; n — чисельність робітників у зміні; m — змінність; k_v — коефіцієнт виконання норм виробітку. Величину округлюють до цілої кількості змін і перевіряють на фронт робіт та технологічні перерви. Послідовність задають жорсткі залежності з фізики процесу, зокрема набору міцності бетону, і м'які залежності організаційного походження — резерв оптимізації. Суміщення робіт є головним інструментом скорочення тривалості, але його межу визначають безпека й якість: заборонено суміщення на одній вертикалі без захисних настилів.

Ресурсні графіки та критерії оптимальності

План супроводжують графіки руху робочої сили, роботи машин і постачання конструкцій та матеріалів. Вони похідні від плану й будуються підсумовуванням потреб по днях, після чого виявлені піки змушують зміщувати некритичні роботи в межах резервів. Рівномірність споживання трудових

ресурсів оцінюють коефіцієнтом нерівномірності $k_n = \frac{N_{\max}}{N_{\text{сер}}}$, $N_{\text{сер}} = \frac{\sum Q_i}{T}$,

прагнучи значень, близьких до одиниці, бо коливання чисельності означають простої або авральне залучення персоналу. Оптимальність плану багатокритеріальна: тривалість, рівномірність ресурсів, приведені витрати, незавершене виробництво. Критерії конфліктні, тому порівнюють кілька варіантів за сукупністю показників.

Скорочення тривалості та сезонність

Тривалість скорочують переведенням робіт у паралель, підвищенням змінності, індустріалізацією технології, розукрупненням захваток і залученням субпідрядників. Кожен спосіб має ціну: ущільнення фронту підвищує ризик перешкод, додаткові зміни знижують продуктивність, субпідряд додає витрат на координацію, тому їх застосовують вибірково до критичного шляху. Сезонність враховують явно: бетонні процеси взимку потребують прогріву та протиморозних заходів, земляні роботи — врахування промерзання ґрунтів і весняного розкисання. Раціональна структура плану переносить нульовий цикл на теплий сезон, залишаючи на зиму роботи в замкненому тепловому контурі, що знижує вартість і ризик зриву директивних дат.

Контрольні запитання для самоперевірки до Теми 5.1:

1. Яка вихідна проєктна та нормативна документація використовується під час розроблення календарних планів будівництва?
2. За якими формулами визначається тривалість механізованих та ручних будівельно-монтажних процесів?
3. Який інженерний зміст має коефіцієнт змінності ($K_{\text{зм}}$), і чому на будівельних майданчиках прагнуть до двозмінної роботи?
4. Які вимоги стандарту ДСТУ Б А.3.1-22:2013 враховуються при призначенні тривалості зведення окремих комплексів?
5. Як здійснюється групування суміжних операцій при формуванні номенклатури робіт об'єктного календарного графіка?

Тема 5.2. Календарні плани у складі ПОБ і ПВР

Календарні плани будівництва мають сувору стадійну диференціацію залежно від фази проєктування та суб'єкта розроблення:

- **Зведений календарний план у складі ПОБ** — розробляється генеральним проєктувальником на стадії «П» (Проєкт) для замовника та інвестора. Він охоплює весь комплекс споруд (промислове підприємство, мікрорайон, лікарняне містечко) та регламентує черговість введення окремих пускових комплексів, технологічних ліній і житлових корпусів, тривалість підготовчого та основного періодів, розподіл річних і квартальних обсягів капіталовкладень і БМР;

- **Об'єктний календарний план у складі ПВР** — розробляється генпідрядником на стадії «Р» (Робоча документація) безпосередньо для виконавців робіт на будмайданчику (виконробів, майстрів, бригадирів). Графік охоплює зведення конкретної окремої будівлі з потижневою або поденною розбивкою БМР за захватками та ярусами;

- **Робочі календарні графіки (тижнево-добові плани)** — інструменти оперативного управління виробництвом, що розробляються диспетчерською службою генпідрядника на кожен тиждень із погодинною деталізацією монтажних робіт і завезення будівельних вантажів.

Об'єктний календарний план обов'язково синхронізується з відомостями потреби в ресурсах, графіком надходження будівельних матеріалів і конструкцій на приоб'єктний склад та графіком завантаження і перебазування будівельних машин і баштових кранів.

Календарний план у складі ПОБ

Проєкт організації будівництва містить план верхнього рівня для обґрунтування тривалості, потреби в ресурсах і черговості введення об'єктів; його одиниця — об'єкт або комплекс робіт, дискретність — квартал чи місяць. План є інвестиційним інструментом: на його основі формують графік

фінансування, потребу в машинах і кадрах, склад тимчасового будівельного господарства. Принципове значення має пусковий комплекс — мінімальна сукупність об'єктів і мереж, введення якої дає завершений технологічний результат. Це прискорює повернення інвестицій, знижує незавершене виробництво, а для об'єктів відбудови дозволяє повернути мешканців раніше завершення робіт. Черговість визначають технологічний взаємозв'язок виробництв, послідовність прокладання магістральних мереж і можливості фінансування.

Календарний план у складі ПВР

Проект виконання робіт містить план виробництва робіт, деталізований до процесів, захваток і ярусів, з прив'язкою до бригад, механізмів та змін. Це інструмент лінійного персоналу, тому дискретність становить добу, а форма подання поєднує графік Ганта, циклограму для потокових процесів і сітьову модель за складної логіки залежностей. План доповнюють графіками потреби в матеріалах з прив'язкою до дат монтажу, що дозволяє перейти від складського накопичення до монтажу з коліс. Для потокової організації додатково фіксують розміри захваток, ритм потоку та кроки переходу бригад, завдяки чому графік стає перевірюваним розрахунково.

Оперативне планування та контроль виконання

Оперативний рівень утворюють місячно-добові й тижнево-добові графіки, які переглядають щотижня за фактом. Сучасним його оформленням є Last Planner System, де тижневий план формується не директивно згори, а зобов'язаннями виконавців щодо робіт, для яких усунено перешкоди — матеріали, фронт, документація, дозволи. Якість планування вимірюють відсотком виконаних зобов'язань $PPC = \frac{n_{\text{вик}}}{n_{\text{зап}}} \cdot 100 \%$, а аналіз причин невиконання перетворює графік на інструмент навчання організації. Контроль ведуть методом освоєного обсягу за плановим обсягом PV , освоєним EV і фактичними витратами AC ; індекси SPI та CPI , менші за одиницю, сигналізують про відставання чи перевитрату й дають прогноз строку та вартості завершення.

Планування в умовах воєнного часу

Українські умови 2024–2026 років додають чинники, які закладають у графік явно, а не приховують у загальному запасі. Втрати робочого часу через повітряні тривоги враховують зниженням розрахункового фонду часу зміни за фактичною статистикою тривог у регіоні. Обмеження енергопостачання вимагають планувати енергоємні процеси у вікна гарантованої подачі або передбачати автономні джерела живлення. Подовжені логістичні плечі змушують збільшувати страхові запаси критичних матеріалів і строки випередження замовлення. Вимоги донорів щодо прозорості звітності роблять обов'язковою верифіковану фіксацію прогресу, а типові проекти відбудови скорочують проєктну фазу. Резерв часу на ці чинники виділяють окремим рядком графіка як видимий предмет управління.

Контрольні запитання для самоперевірки до Теми 5.2:

1. У чому полягають відмінності за ступенем деталізації та призначенням між календарним планом у складі ПОБ та об'єктним планом у ПВР?
2. Що таке пусковий комплекс, і як формується черговість його введення в зведеному календарному плані?
3. Яка структура типового об'єктного графіка зведення багатоповерхової каркасної будівлі?
4. Яким чином календарний план ПВР ув'язується з графіками постачання збірних конструкцій?
5. Як функціонує система оперативного тижнево-добового планування на сучасному будівельному майданчику?

Тема 5.3. Застосування сучасного програмного забезпечення (BIM 4D)

Цифрова трансформація будівельної індустрії перевела процеси календарного планування на якісно новий рівень — **4D-BIM (Building**

Information Modeling), що об'єднує просторову тривимірну параметричну геометрію об'єкта (3D) із фактором часу та календарем робіт (Time).

У сучасній будівельній практиці провідне місце посідають такі спеціалізовані програмні комплекси:

- **Oracle Primavera P6** — потужна корпоративна система для управління масштабними портфелями інфраструктурних проєктів, що підтримує багатокористувацьку роботу, ресурсний аналіз за методом критичного шляху та управління ризиками;
- **Microsoft Project** — універсальний інструмент календарного планування, побудови діаграм Ганта, відстеження витрат і розрахунку критичного шляху на рівні окремих підрядних фірм;
- **Bentley Synchro 4D** — спеціалізована платформа 4D-моделювання, яка дозволяє напряду зв'язувати елементи WBS (Work Breakdown Structure) з геометричними елементами 3D-моделі у форматі IFC (Industry Foundation Classes), візуалізувати процес спорудження об'єкта в часі та керувати рухом монтажних машин і автотранспорту на віртуальному будгенплані;
- **Autodesk Navisworks (TimeLiner)** — модуль для анімації будівельних процесів, виявлення просторових та технологічних колізій (clash detection) між монтажними операціями та інженерними мережами до їх фізичного початку на майданчику.

Застосування 4D-BIM технологій дозволяє здійснювати *план-фактний моніторинг*: на будь-яку дату порівнювати фактично зведені конструкції з плановою віртуальною моделлю, автоматично перераховувати залишок термінів і прогнозувати дату завершення об'єкта.

Технології 4D та 5D BIM

Технологія 4D BIM зв'язує елементи інформаційної моделі об'єкта з роботами календарного плану, надаючи графіку просторового змісту. Зв'язок реалізують через відповідність класифікаційних атрибутів елементів кодам

робіт, що вимагає узгодження двох структур: декомпозиції робіт WBS, яка відповідає на питання що робиться, і декомпозиції за розташуванням LBS, яка відповідає на питання де робиться. Їх перетин утворює елементарну одиницю планування — вид робіт на конкретній захватці з однозначно прив'язаною множиною елементів моделі. Вартісний вимір перетворює модель на 5D і дає автоматичну побудову графіка освоєння коштів та S-подібної кривої. Якість моделі прямо залежить від дисципліни атрибутування, тому вимоги до інформації задають заздалегідь.

Програмні середовища та середовище спільних даних

Практична цінність 4D — у перевірках, недоступних лінійному графіку: виявленні часових колізій, коли два процеси претендують на один простір в один період, контролі доступності монтажних зон для кранів, перевірці фізичної можливості послідовності. Візуалізацію й аналіз виконують у Synchro та Navisworks з модулем TimeLiner, розрахунок графіка — у Primavera P6, MS Project, Spider Project. Стандарт ДСТУ EN ISO 19650 закріплює середовище спільних даних як єдине джерело достовірної інформації, де кожен інформаційний контейнер має унікальний ідентифікатор, статус придатності та історію версій. Графік є таким самим контейнером, як і геометрична модель, що усуває розсилання файлів поштою та роботу з різними версіями плану.

Цифрові двійники та моніторинг прогресу

Концепція цифрового двійника передбачає постійне оновлення моделі даними з майданчика. Фактичний прогрес фіксують аерофотозніманням з безпілотників із фотограмметричною обробкою, наземним лазерним скануванням з отриманням хмари точок та алгоритмами комп'ютерного зору, які розпізнають наявність і стан конструктивних елементів. Порівняння фактичного стану з моделлю на дату дає об'єктивну оцінку виконаних обсягів, незалежну від суб'єктивних оцінок виконавців, і живить систему освоєного обсягу перевіреними даними, що є вагомим аргументом у донорському контролі. Керування, засноване на даних, реалізують регулярним циклом: фіксація факту,

оновлення моделі, перерахунок прогнозу, коригувальна дія.

Ймовірнісне планування та межі цифрових інструментів

Цифрові засоби дають перехід від детермінованого до ймовірнісного планування, що доречно за високої невизначеності воєнного часу. Імітаційне моделювання методом Монте-Карло формує розподіл можливих строків завершення, а трипараметрична оцінка тривалості роботи використовує співвідношення $t_{оч} = \frac{a+4m+b}{6}$, де a , m , b — оптимістична, найімовірніша та песимістична оцінки. Результатом є не одна дата, а крива ймовірності, з якої замовник обирає рівень надійності зобов'язання, що дисциплінує обговорення резервів. Водночас жодна модель не компенсує неякісні вихідні дані, а надмірна деталізація створює ілюзію контролю: деталізація має бути пропорційною горизонту планування.

Контрольні запитання для самоперевірки до Теми 5.3:

1. Що означає концепція 4D-BIM, і які додаткові дані інтегруються до тривимірної геометричної моделі будівлі?
2. Які переваги надає застосування Oracle Primavera P6 у порівнянні з класичним Microsoft Project?
3. Як у середовищі Bentley Synchro 4D здійснюється прив'язка календарних завдань до об'ємних компонентів IFC-моделі?
4. Що таке виявлення колізій (clash detection), і які види просторово-часових конфліктів усуваються за допомогою 4D-моделювання?
5. Як здійснюється план-фактний контроль виконання БМР з використанням мобільних цифрових пристроїв та BIM-платформ?

Висновки до модуля 5

Узагальнення матеріалу засвідчує, що календарний план є синтезувальним документом організації будівництва: у ньому поєднуються технологічна послідовність процесів, розрахункові строки, потреба в ресурсах та умови

фінансування. Побудова плану спирається на попередньо визначені обсяги робіт, трудомісткість і склад бригад, а його якість оцінюється не лише загальною тривалістю, а й рівномірністю графіків руху робочої сили, машин і постачання матеріалів. Коефіцієнти нерівномірності та суміщення робіт виконують роль критеріїв обґрунтованості прийнятих рішень.

Розмежування календарних планів окремого об'єкта, комплексу та річної програми організації демонструє багаторівневість планування, за якої рішення вищого рівня задають обмеження для нижчого. У сучасних умовах календарний план дедалі частіше існує як динамічний компонент інформаційної моделі, що дозволяє оперативно перераховувати строки за зміни умов фінансування чи постачання — обставина, особливо істотна для українських проєктів відбудови. Оскільки реалізація будь-якого графіка потребує організованого простору виконання робіт, наступний модуль розглядає будівельний майданчик і будгенплани.

МОДУЛЬ 6. ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОГО МАЙДАНЧИКА ТА ПРОЕКТУВАННЯ БУДГЕНПЛАНІВ

Тема 6.1. Принципи проектування будівельних генеральних планів

Будівельний генеральний план (будгенплан) є складовою частиною проєктної документації (ПОБ і ПВР), що фіксує просторове розміщення постійних будівель, що зводяться, та елементів тимчасової виробничо-технологічної бази будмайданчика на період підготовчого або основного етапу будівництва.

Розрізняють два типи будівельних генеральних планів:

- **Загальномайданчиковий будгенплан** — розробляється у складі ПОБ генеральним проєктувальником у масштабі 1:1000 або 1:2000 на весь будівельний комплекс або житловий масив. Він відображає межі будівельного майданчика, розміщення постійних та тимчасових споруд, основні внутрішньомайданчикові та під'їзні автодороги, точки підключення до міських інженерних мереж (водопроводу, каналізації, електропостачання, газу), магістральні тимчасові мережі, інвентарні побутові містечка, розвантажувальні залізничні тупики;

- **Об'єктний будгенплан** — розробляється у складі ПВР генпідрядною організацією в масштабі 1:500 або 1:200 безпосередньо для зони зведення конкретної будівлі. Він містить детальну прив'язку підкранових колій або стоянок самохідних кранів, схеми відкритих складів будівельних матеріалів із зазначенням марок елементів, розвантажувальні майданчики, тимчасові дороги, розведення мереж електроенергії (до силових шаф і прожекторних щогл), тимчасовий водопровід із пожежними гідрантами, знаки безпеки, зони обмеження дії кранів.

При проектуванні будгенплану обов'язково забезпечуються вимоги **пожежної безпеки** відповідно до ДБН Б.2.2-12:2019 та правил безпеки:

- Влаштування наскрізних або кільцевих під'їздів пожежних автодрабин і насосних автомобілів до кожної будівлі. Ширина смуги проїзду

повинна становити не менше 3,5 м (за одностороннього руху) та 6,0 м (за двостороннього);

- Протипожежні розриви між тимчасовими мобільними контейнерами та споруджуваними будівлями встановлюються залежно від їх ступеня вогнестійкості (не менше 10–15 м);
- Групування інвентарних контейнерів допускається блоками не більше ніж по 10 одиниць загальною площею до 300 м² із протипожежними розривами між блоками не менше 15 м;
- Встановлення пожежних гідрантів на тимчасовому або постійному кільцевому водопроводі на відстані не більше 150 м один від одного та не ближче 5 м до стін будівель.

Види будівельних генеральних планів і принципи їх компонування

Будгенплан — модель організації простору майданчика, на якій показано проєктовані будівлі, механізми, тимчасові споруди, дороги, склади, мережі та огороження на певний період будівництва. Загальномайданчиковий будгенплан розробляють у складі проєкту організації будівництва: він визначає схему освоєння території, під'їзди та приєднання до постійних мереж. Об'єктний будгенплан входить до проєкту виконання робіт і уточнює розташування кранів, шляхів їх переміщення, приоб'єктних складів, побутових приміщень і небезпечних зон, причому окремі схеми складають на підготовчий період, нульовий цикл, монтаж надземної частини та оздоблення.

Принципи компонування: мінімізація тимчасового будівництва, коли все замінне достроково введеними постійними спорудами чи інвентарними виробами не споруджують капітально; мінімізація внутрішньомайданчикових транспортних робіт через наближення складів до зон монтажу та монтаж «з коліс»; раціональне зонування; безпечність і керованість з перевіркою габаритів наближення, евакуаційних шляхів і протипожежних проїздів. Мірою якості є коефіцієнт використання площі та питомі витрати на тимчасове господарство.

Зонування території та проектування тимчасових доріг

Робоча зона охоплює простір, де перебувають працівники; монтажна зона — контур будівлі, збільшений на можливу відстань падіння конструкції з монтажного горизонту; небезпечна зона роботи крана враховує падіння вантажу при розгойдуванні або втраті:

$$R_{\text{н}} = R_{\text{max}} + \frac{l_{\text{в}}}{2} + l_{\text{с}} + S_{\text{в}} \quad (6.1)$$

де R_{max} — максимальний робочий виліт, $l_{\text{в}}$ і $l_{\text{с}}$ — розміри вантажу, $S_{\text{в}}$ — нормативний відліт при падінні за чинними нормами. У небезпечній зоні не розміщують побутові приміщення та шляхи постійного проходу; інакше застосовують захисні галереї, екрани й примусове обмеження зони крана.

Тимчасові дороги проектують за кільцевою схемою; тупики допускаються лише з розворотними майданчиками. Ширину проїзної частини призначають за габаритами транспорту, радіуси заокруглення — з урахуванням панелевозів, покриття — інвентарне, бажано суміщене з трасою постійного проїзду. Дороги трасують поза небезпечними зонами або з ділянками, де рух дозволено лише при перерві в роботі крана.

Цифрові будгенплани та моделювання логістики майданчика

Site logistics modelling переводить будгенплан у цифрову модель, інтегровану з BIM: об'єкти тимчасової інфраструктури отримують атрибути часу існування, прив'язуються до графіка й дають 4D-візуалізацію зон. Перевірка колізій стає автоматичною — перетини стріл, накладання небезпечних зон на шляхи евакуації, недостатні габарити проїзду; симуляція логістики оцінює пропускну здатність в'їзду й обґрунтовує постачання «точно вчасно». Телематика і GPS-трекінг машин дають дані про простої та паливо для оцінки вуглецевого сліду, датчики вітру, обмежувачі вантажопідйомності й антиколізія блокують небезпечні рухи, IoT-датчики та відеоаналітика фіксують порушення. Так будгенплан стає керованою моделлю, що змінюється разом із майданчиком.

Контрольні запитання для самоперевірки до Теми 6.1:

1. Чим відрізняється загальномайданчиковий будгенплан у складі ПОБ

від об'єктного будгенплану у складі ПВР?

2. Які вихідні документи необхідні для інженерного проєктування будівельного генерального плану?
3. Які обов'язкові вимоги висуваються до забезпечення пожежних проїздів на будівельному майданчику?
4. Які нормативи протипожежних розривів встановлено для тимчасових інвентарних містечок?
5. Яким чином на будгенплані узгоджуються місця в'їзду та виїзду будівельного транспорту з міською вуличною мережею?

Тема 6.2. Розміщення монтажних кранів і машин

Вибір типу та марки монтажного крана здійснюється на основі трьох визначальних технологічних параметрів: необхідної вантажопідйомності ($Q_{кр}$), вильоту стріли ($L_{кр}$) та висоти підйому гака ($H_{кр}$). Розрахунок ведеться для найбільш важкого або найбільш віддаленого монтажного елемента.

Після підбору крана виконується його просторова прив'язка до споруджуваного об'єкта та нанесення зон впливу відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві». На будівельному генеральному плані виділяють 4 взаємопов'язані зони дії крана:

1. **Монтажна зона** — простір, де здійснюється безпосередній монтаж елементів конструкцій будівлі. Її межа визначається зовнішнім контуром будівлі, збільшеним на 7 м (при висоті будівлі до 20 м) або на 10 м (при висоті понад 20 м). У цій зоні дозволяється перебувати лише монтажникам за нарядом-допуском;
2. Зона обслуговування краном (робоча зона, $R_{роб}$) — простір, який перекривається крюком крана при максимальному робочому вильоті стріли $R_{роб} = L_{max}$;
3. Зона переміщення вантажу ($R_{перем}$) — простір, у межах якого переміщується вантаж з урахуванням його горизонтальних габаритів:

$$R_{перем} = R_{роб} + 0,5l_v \quad (6.2)$$

де l_b — найбільший геометричний габаритний розмір переміщуваного елемента (наприклад, довжина плити чи колони);

4. Межа небезпечної зони дії крана ($R_{неб}$) — простір, у межах якого можливе падіння вантажу або предметів з висоти будівлі, що зводиться:

$$R_{неб} = R_{перем} + S_{відл} \quad (6.3)$$

де $S_{відл}$ — нормативна розрахункова відстань можливого відлітання вантажу (предмета) при його падінні з висоти, яка визначається залежно від висоти підйому h згідно з обов'язковим додатком до ДБН А.3.2-2-2009.

Таблиця 6.2 — Відстань можливого відлітання вантажу (предмета) $S_{відл}$ при падінні з висоти згідно з додатком ДБН А.3.2-2-2009

Висота можливого падіння вантажу, h (м)	Відстань відлітання вантажу при падінні з крана, $S_{відл}$ (м)	Відстань відлітання предметів від стіни будівлі (м)
До 10	4,0	3,5
Понад 10 до 20	7,0	5,0
Понад 20 до 70	10,0	7,0
Понад 70 до 120	15,0	10,0
Понад 120 до 200	20,0	15,0



Рисунок 6.1 — Графічне визначення зон крана на будівельному генеральному плані: робочої, переміщення вантажу та небезпечної

Вибір монтажних кранів за технічними параметрами

Для найважливого та найвіддаленішого елемента визначають три параметри: вантажопідйомність, робочий виліт і висоту підйому гака. Потрібна вантажопідйомність $Q_{\text{п}}$ є сумою маси конструкції, стропів чи траверси та додаткових пристроїв, а висоту підйому гака визначають за схемою монтажного горизонту:

$$H_{\Gamma} = h_0 + h_3 + h_e + h_c \quad (6.4)$$

де h_0 — перевищення опори елемента над рівнем стоянки, h_3 — запас на безпечне переміщення, h_e — висота елемента, h_c — висота стропування. Кран придатний, якщо точка з координатами потрібного вильоту й висоти лежить під його вантажно-висотною характеристикою.

Виліт для стрілових кранів визначають з геометрії стріли із зазором до змонтованих конструкцій, для баштових — з прив'язки колії. Із придатних варіантів обирають за приведеними витратами з урахуванням одноразових витрат на монтаж, демонтаж і перебазування:

$$C_{\text{пр}} = \frac{C_{\text{м-г}} \cdot T + C_{\text{од}}}{V} \quad (6.5)$$

де $C_{\text{м-г}}$ — вартість машино-години, T — тривалість роботи, $C_{\text{од}}$ — одноразові витрати, V — обсяг змонтованих конструкцій.

Прив'язка кранів і обмеження зон їх роботи

Поперечна прив'язка визначає відстань від осі рейкового шляху або осі обертання крана до найближчої виступної частини будівлі:

$$B = \frac{d_{\text{п}}}{2} + l_{\text{без}} \quad (6.6)$$

де $d_{\text{п}}$ — габарит поворотної частини, $l_{\text{без}}$ — нормативний зазор за чинними нормами безпеки, збільшений за наявності риштувань, укосів котловану чи комунікацій. Поздовжня прив'язка визначає довжину колії або положення стоянок: для кожної встановлюють зону обслуговування, а довжину колії округлюють до кратної довжині ланки з додаванням гальмівного шляху й

тупикових упорів.

У стиснених умовах міської забудови, характерних для реконструкції українських міст, небезпечна зона виходить за межі майданчика. Тоді застосовують секторне обмеження повороту стріли, обмеження вильоту й висоти підйому, програмне блокування переміщення вантажу над сусідніми будівлями, що реалізується координатним захистом і фіксується в проєкті виконання робіт разом із компенсаційними заходами. Обов'язкова перевірка залишкової зони обслуговування.

Робота кількох кранів і цифрові засоби контролю

Зони кранів можуть не перетинатися, перетинатися при рознесенні за висотою або на одному рівні; в останньому випадку потрібні почергова робота за графіком, виділення секторів, радіозв'язок і відповідальний за координацію. Рекомендованим є рознесення за висотою з нормованим зазором між стрілою вищого крана та найвищою точкою нижчого з вантажем. Технічною основою безпеки є системи антиколізії, що в реальному часі отримують координати стріли, вильоту й висоти кожного крана та автоматично зупиняють механізми при загрозі перетину, інтегруючись з обмежувачами вантажного моменту, анемометрами й датчиками нахилу. Телематичні модулі з GPS фіксують відхилення від передбаченої будгенпланом схеми, а зіставлення з 4D-моделлю виявляє розбіжності проєктної та фактичної організації монтажу.

Контрольні запитання для самоперевірки до Теми 6.2:

1. За якими технічними характеристиками підбирається монтажний кран для зведення багатоповерхової будівлі?
2. Як визначається поперечна прив'язка підкранових колій баштового крана до зовнішньої стіни будівлі або брівки котловану?
3. У чому різниця між зоною обслуговування краном ($R_{роб}$) та зоною переміщення вантажу ($R_{перем}$)?
4. Запишіть формулу розрахунку радіуса небезпечної зони дії крана ($R_{неб}$) та вкажіть норми визначення $S_{відп}$ за ДБН А.3.2-2-2009.
5. Які інженерні заходи вживаються на будгенплані, якщо небезпечна зона крана виходить за межі майданчика на проїжджу частину чи житлову забудову?

Тема 6.3. Тимчасове господарство будівельного майданчика

Тимчасове господарство будівельного майданчика забезпечує матеріально-технічні та побутові умови життєдіяльності будівельного комплексу. Воно включає внутрішньомайданчикові тимчасові дороги, склади матеріалів, мобільні побутові та адміністративні приміщення, а також мережі тимчасового водо- та електропостачання.

Тимчасові автодороги проєктуються з урахуванням руху великовагового будівельного транспорту (автобетонозмішувачів, панелевозів, самоскидів вантажопідйомністю до 25 т). Основні нормативи:

- Ширина односмугової проїжджої частини — 3,5 м; двосмугової — 6,0 м;
- На односмугових тупикових дорогах влаштовуються роз'їзні кишені завширшки 6,0 м і завдовжки 12–18 м через кожні 100 м, а в тупиках — розворотні майданчики розміром не менше 12×12 м або 15×15 м;
- Радіуси закруглення доріг на перехрестях — не менше 12–15 м;
- Конструкція дорожнього одягу — збірні залізобетонні дорожні плити (ПДН, 1П, 2П) по шару піщаної або щебеневої підготовки, що забезпечує

їх повторне багаторазове використання.

Приоб'єктні склади поділяються на *відкриті* (для важких конструкцій: фундаментних блоків, плит перекриття, цегли, піску), *напівзакриті (навіси)* (для покрівельних рулонних матеріалів, столярних виробів) та *закриті* (для цементу, фарб, електричного обладнання). Відкриті склади розташовують у зоні дії монтажного крана.

Тимчасове водопостачання забезпечує виробничі потреби (бетонування, зволоження), господарсько-побутові потреби та зовнішнє пожежогасіння. Розрахункова секундна витрата води ($Q_{\text{сек}}$, л/с) визначається як:

$$Q_{\text{сек}} = Q_{\text{пож}} \quad (\text{якщо } Q_{\text{пож}} > Q_{\text{вир}} + Q_{\text{поб}}) \quad (6.7)$$

Оскільки протипожежна витрата для будмайданчика становить не менше 10–15 л/с, саме вона є визначальною. Внутрішній діаметр труб тимчасового водопроводу (d , мм) обчислюється за формулою гідравліки:

$$d = \sqrt{\frac{4Q_{\text{сек}}}{\pi \cdot v \cdot 1000}} \cdot 1000 = \sqrt{\frac{4 \cdot 15}{3,1416 \cdot 1,5 \cdot 1000}} \cdot 1000 \approx 113 \text{ мм} \rightarrow$$

приймається $\varnothing 100 \dots 150 \text{ мм}$ (6.8)

де v — швидкість руху води в напірному трубопроводі (приймається $v = 1,2 \dots 1,8 \text{ м/с}$).

Тимчасове електропостачання забезпечує живлення електроприймачів: силових машин (кранів, розчинонасосів), технологічних процесів (електропрогріву бетону, зварювання), внутрішнього та зовнішнього освітлення. Загальна необхідна трансформаторна потужність підстанції ($P_{\text{тр}}$, кВА) визначається за формулою:

$$P_{\text{тр}} = \alpha \left(\sum \frac{P_{\text{сил}} \cdot k_1}{\cos \phi_1} + \sum \frac{P_{\text{тех}} \cdot k_2}{\cos \phi_2} + \sum P_{\text{осв.вн}} \cdot k_3 + \sum P_{\text{осв.зовн}} \cdot k_4 \right) \quad (6.9)$$

де: $lpha = 1,05 \dots 1,1$ — коефіцієнт втрат потужності в мережах; k_1, k_2, k_3, k_4 — коефіцієнти попиту споживачів (приймаються за нормативними таблицями, див. Додаток В); $\cos \phi_1, \cos \phi_2$ — коефіцієнти потужності електродвигунів і зварювальних апаратів (0,7 ... 0,8). За розрахованою потужністю підбирають тип комплектної трансформаторної підстанції (КТП).

Тимчасові будівлі, склади та розрахунок їх площ

Тимчасове господарство охоплює адміністративні, санітарно-побутові та виробничі будівлі, склади, мережі, огороження й освітлення; сучасним рішенням є модульні інвентарні містечка з блок-контейнерів заводської готовності. Потребу в побутових приміщеннях визначають як добуток чисельності працівників у найзавантаженішу зміну, коефіцієнта частки категорії персоналу та нормативної площі S_n за чинними нормами; містечко розміщують поза небезпечними зонами, поблизу входу.

Площу складів обчислюють за запасом матеріалів, визначеним із середньодобової витрати:

$$F_{\text{скл}} = \frac{Q_{\text{зап}}}{q} \cdot \frac{1}{k_{\text{в}}} \quad (6.10)$$

де $Q_{\text{зап}}$ — розрахунковий запас, q — норма складування на одиницю площі, $k_{\text{в}}$ — коефіцієнт використання площі. Відкриті майданчики для збірних конструкцій розміщують у зоні дії крана з розкладанням у порядку монтажу, закриті склади — біля в'їзду під охороною; постачання за графіком скорочує запаси, площу й вартість господарства.

Тимчасове інженерне забезпечення й енергетична автономність

Потребу у воді визначають для виробничих, побутових і протипожежних потреб, після чого обчислюють діаметр водогону:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{заг}}}{\pi \cdot v}} \quad (6.11)$$

де $Q_{\text{заг}}$ — секундна витрата, v — прийнята швидкість течії; протипожежна витрата зазвичай є визначальною й приймається за нормами. Розрахункову електричну потужність визначають з урахуванням коефіцієнтів попиту та потужності:

$$P_{\text{р}} = \sum \frac{P_i \cdot k_{\text{пi}}}{\cos \varphi_i} \quad (6.12)$$

за нею підбирають трансформаторну підстанцію або генератор.

Теплопостачання проєктують на зимовий період — обігрів побутових, прогрів бетону, оздоблювальні роботи.

Дефіцит потужності та відключення 2024–2026 років роблять автономне енергозабезпечення обов'язковим: резервування дизель-генераторами на критичні споживачі (крани, водовідлив, освітлення евакуаційних шляхів, оповіщення), накопичувачі для згладжування піків, мобільні сонячні генератори й автономні світлодіодні щогли, облік енергоспоживання для оцінки вуглецевого сліду.

Безпека, охорона та особливі вимоги воєнного часу

Огородження виконують суцільним по периметру із захисними козирками, окремими воротами й хвіртками; небезпечні зони позначають знаками, шляхи людей і транспорту розділяють. Освітлення поділяють на загальне, локалізоване, аварійне та охоронне з перевіркою відсутності осліплення кранівників; обов'язкові протипожежні проїзди, засоби пожежогасіння та сортування відходів. В умовах воєнного стану передбачають укриття — заглиблені споруди, пристосовані підвали або мобільні модульні — з розміщенням, що забезпечує нормований час переміщення від найвіддаленішого робочого місця, що стає додатковим критерієм зонування. Обов'язкові оповіщення про тривогу з автономним живленням, регламент зупинення кранів і опускання вантажу, вільні від небезпечних зон маршрути евакуації, обстеження території на вибухонебезпечні предмети уповноваженими підрозділами, посилена охорона, маскування освітлення та дотримання чинних ДБН щодо мобільних і захисних споруд.

Контрольні запитання для самоперевірки до Теми 6.3:

1. Які вимоги висуваються до ширини, радіусів заокруглення та конструкції тимчасових доріг на будмайданчику?
2. Як класифікуються приоб'єктні склади за ступенем захисту матеріалів від атмосферних опадів?

3. Яка складова витрат води є визначальною при розрахунку діаметра труб тимчасового водопроводу?
4. Запишіть формулу гідравлічного розрахунку діаметра водопроводу та поясніть вплив швидкості течії води.
5. Які групи споживачів електроенергії враховуються при підборі потужності комплектної трансформаторної підстанції (КТП)?

Висновки до модуля 6

Розглянутий матеріал підтверджує, що будівельний генеральний план є просторовим відображенням прийнятої організаційно-технологічної схеми: розміщення монтажних механізмів, тимчасових будівель, складів, доріг і мереж підпорядковується послідовності робіт і потокам ресурсів, а не довільним компоновальним міркуванням. Розмежування загальномайданчикowego та об'єктного будгенпланів відповідає різним стадіям деталізації, а розрахунки площ складування, потреби у воді, електроенергії та тимчасових спорудах надають компонованню кількісного обґрунтування.

Істотним є висновок про пріоритет вимог безпеки й ефективності: зони дії кранів, небезпечні зони, схеми руху транспорту та організація огороження визначають допустимий простір рішень, у межах якого мінімізуються переміщення та проміжне складування. Сучасна практика доповнює це моделюванням майданчика у BIM-середовищі з перевіркою колізій і прив'язкою до календарного графіка, що дає змогу відображати зміни компоновання за етапами. Логічним продовженням є перехід до модуля, присвяченого управлінню ресурсами, логістиці та експлуатації будівельних машин.

МОДУЛЬ 7. УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ, ЛОГІСТИКА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИН

Тема 7.1. Матеріально-технічне забезпечення та логістика

Матеріально-технічне забезпечення (МТЗ) у будівництві є системою планування, закупівлі, доставки, складування, переробки та розподілу сировини, напівфабрикатів, деталей, виробів, будівельних матеріалів та устаткування. На будівельні матеріали припадає від 55% до 70% загальної вартості об'єкта, тому оптимізація логістичних ланцюгів має вирішальне значення для рентабельності будівельного виробництва.

У сучасній будівельній практиці застосовуються такі прогресивні логістичні підходи:

- **Концепція «Точно в строк» (Just-in-Time — JIT)** — синхронізація графіка доставки матеріалів із добово-годинним графіком монтажних робіт. Це мінімізує потребу у приоб'єктних складах, зменшує ризик псування матеріалів та заморожування обігових коштів;
- **Монтаж будівельних конструкцій безпосередньо «з коліс»** — технологічний метод, за якого збірні залізобетонні чи металеві елементи (колони, ферми, плити) подаються автотранспортом безпосередньо в монтажну зону і піднімаються краном із кузова транспортного засобу без розвантаження на проміжний приоб'єктний склад. Вимагає жорсткої диспетчеризації автоколони (похибка прибуття не більше 5–10 хвилин);
- **Виробничо-технологічна комплектація (ВТК)** — централізоване постачання матеріалів на будівельний об'єкт комплектними партіями на окрему захватку або поверх відповідно до технологічного графіка;
- **Лімітно-забірні карти (ЛЗК)** — первинний фінансово-виробничий документ, що встановлює ліміт відпуску матеріалів матеріально відповідальній особі (виконробу) строго в межах нормативної потреби на запроєктований фізичний обсяг БМР.

Таблиця 7.1 — Порівняльний аналіз способів монтажу: «зі складу» та «з коліс»

Параметр порівняння	Монтаж «зі складу» (традиційний)	Монтаж «з коліс» (прогресивний ЛІТ)
Потреба в площі майданчика	Велика (потрібні приоб'єктні відкриті склади).	Мінімальна (лише розвантажувальна стоянка автотранспорту).
Кількість кранових операцій	Подвійна (розвантаження на склад + подача в монтаж).	Одинарна (підйом безпосередньо з напівпричепа в проєктне положення).
Ризик пошкодження виробів	Підвищений через повторні стропування та кантування.	Мінімальний.
Вимоги до організації руху	Помірні (допускаються відхилення в доставці).	Надзвичайно суворі (погодинний графік руху машин за GPS-маяками).
Економічний ефект	Базовий рівень витрат.	Зниження вартості механізації на 15–20%, скорочення циклу на 12–15%.

НАСКРІЗНИЙ ПОТІК МАТЕРІАЛЬНИХ РЕСУРСІВ (JUST-IN-TIME DELIVERY FLOW)



Рисунок 7.1 — Логістична схема постачання матеріалів за концепцією Just-in-Time

Системи матеріально-технічного забезпечення та виробничо-технологічна комплектація

Матеріально-технічне забезпечення доводить матеріали, конструкції та обладнання до робочого місця в потрібній номенклатурі, кількості, якості й у строк, узгоджений із календарним планом. Історично склалися дві форми: транзитна, за якої матеріали надходять від виробника прямо на об'єкт, і складська, за якої вони проходять через бази постачання. Вищою організаційною формою є виробничо-технологічна комплектація, за якої одиницею постачання стає не окремий матеріал, а технологічний комплект — сукупність усіх ресурсів для виконання конструктивно відокремленої частини робіт на захватці. Комплектація усуває типову причину простоїв, коли бригада має більшість ресурсів, але не може почати роботу через відсутність частини номенклатури.

Нормування витрат матеріалів та управління запасами

Виробничі норми визначають витрату на одиницю продукції з урахуванням технологічно неминучих втрат, кошторисні додатково враховують втрати під час транспортування і зберігання. Запас є водночас захистом від невизначеності й формою зв'язування обігових коштів. Економічний розмір замовлення мінімізує суму витрат на оформлення поставок і зберігання: $Q_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot C_3}{C_{36}}}$, де D — річна потреба; C_3 — витрати на розміщення замовлення; C_{36} — витрати зберігання одиниці за рік. Момент подання замовлення визначає точка замовлення $ROP = d_{\text{сер}} \cdot L + Z_{\text{стр}}$, де $d_{\text{сер}}$ — середньодобове споживання; L — тривалість циклу поставки; $Z_{\text{стр}} = k \cdot \sigma_L$ — страховий запас за прийнятим рівнем обслуговування, σ_L — стандартне відхилення споживання за час поставки. Політику диференціює поєднання ABC-аналізу за вартістю з XYZ-аналізом за стабільністю попиту: позиції AX постачають часто дрібними партіями, для CZ тримають підвищений страховий запас.

Монтаж з коліс, транспортні задачі та розрахунок потреби в транспорті

Монтаж зі складу дає незалежність від збоїв транспорту, але потребує площ, повторного перевантаження та підвищує ризик пошкодження виробів. Монтаж з коліс подає конструкцію прямо в проєктне положення за погодинним графіком, виключаючи складування, проте вимагає надійності перевізника й диспетчеризації в реальному часі. Прикріплення постачальників до споживачів формалізують транспортною задачею $L = \sum_i \sum_j c_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min$ за умов повного вивезення з джерел і задоволення потреби споживачів; добову маршрутизацію вирішують як задачу маршрутів з урахуванням вантажопідйомності й часових вікон. Потребу в транспорті визначають як $N_{\text{тр}} = \frac{Q_{\text{доб}} \cdot T_{\text{ц}}}{q \cdot k_{\text{в}} \cdot T_{\text{зм}} \cdot m}$, де $T_{\text{ц}}$ — тривалість рейсу; q — вантажопідйомність; $k_{\text{в}}$ — коефіцієнт її використання; $T_{\text{зм}}$ — тривалість зміни; m — змінність, після чого результат перевіряють на узгодженість із продуктивністю крана.

Цифрова логістика та ланцюги постачання в будівництві

Логістика розвивається як управління ланцюгом постачання — наскрізна координація учасників від виробника до робочого місця. Just-in-Time і ощадливе постачання переносять акцент із накопичення запасів на ритмічність, розглядаючи надлишковий запас як приховану втрату. Цифрове маркування RFID-мітками та QR-кодами забезпечує простежуваність від заводу до монтажу й зв'язок виробу з цифровим двійником. BIM-5D дає змогу формувати відомості обсягів і потреби в матеріалах безпосередньо з моделі та прив'язувати заявки на закупівлю до дат календарного плану. Цифрові платформи закупівель автоматизують збір пропозицій і контроль договорів, а безпілотники з фотограмметричним обчисленням об'єму штабелів дають документовану інвентаризацію відкритих складів. Аналітика даних переводить управління запасами в передбачувальний режим.

Логістика будівництва в українських умовах 2024–2026 років

Пошкодження виробничих потужностей і зміна географії перевезень подовжили транспортні плечі, підвищили частку імпорту та залежність від західних переходів. Зростання дисперсії строків поставки вимагає збільшення страхових запасів за критичною номенклатурою. Обмеження енергопостачання впливають на роботу заводів залізобетонних виробів, тому графіки поставок узгоджують із вікнами гарантованого живлення. Публічні закупівлі відбудови здійснюються через ProZorro, і тривалість процедур та ризик оскарження мають бути закладені в графік випередження замовлення. Суттєвою статтею стало страхування воєнних ризиків вантажів і запасів та розосереджене зберігання. Відповідями є диверсифікація постачальників, рамкові угоди з фіксацією цін і документальна простежуваність матеріалів, обов'язкова для звітності перед донорами.

Контрольні запитання для самоперевірки до Тем 7.1:

1. У чому полягає сутність концепції Just-in-Time у будівельній логістиці?
2. Які технологічні та економічні переваги забезпечує монтаж збірних конструкцій «з коліс»?
3. Які вимоги до диспетчеризації та точності руху транспорту висуваються при монтажі «з коліс»?
4. Що таке виробничо-технологічна комплектація (ВТК), і як формуються комплектувальні партії матеріалів?
5. Яку роль відіграє лімітно-забірна карта (ЛЗК) у запобіганні перевитратам матеріалів на об'єкті?

Тема 7.2. Організація роботи парку будівельних машин і автотранспорту

Комплексна механізація будівельного виробництва передбачає виконання всіх процесів основного виробничого циклу за допомогою системи взаємопов'язаних машин і механізмів, параметри яких технологічно узгоджені між собою. У будь-якому комплексі виділяють **провідну (ведучу) машину**, яка виконує основний, найбільш трудомісткий обсяг БМР (наприклад, екскаватор на земляних роботах, монтажний кран на зведенні каркаса), та **допоміжні (комплектуючі) машини**, що обслуговують провідну машину (автосамоскиди, розчинонасоси, бульдозери).

Найважливішим завданням диспетчеризації є розрахунок необхідної кількості транспортних одиниць для безперебійного обслуговування провідної землерийної або вантажопідйомної машини. Кількість автосамоскидів ($N_{\text{авт}}$, шт.) для вивезення ґрунту від екскаватора визначається за формулою:

$$N_{\text{авт}} = \frac{T_{\text{об}}}{t_{\text{нав}}} \quad (7.1)$$

де: $t_{\text{нав}}$ — тривалість завантаження одного автомобіля екскаватором (хв); $T_{\text{об}}$ — тривалість повного кругового рейсу автомобіля (хв):

$$T_{\text{об}} = t_{\text{нав}} + 2 \cdot \frac{L \cdot 60}{v_{\text{сер}}} + t_{\text{розв}} + t_{\text{ман}} \quad (7.2)$$

де: L — відстань перевезення вантажу (км); $v_{\text{сер}}$ — середня технічна швидкість руху автомобіля (з урахуванням завантаженого та порожнього рейсів, міських умов, приймається $v_{\text{сер}} = 20 \dots 35$ км/год); $t_{\text{розв}}$ — час розвантаження самоскида у відвалі (1–2 хв); $t_{\text{ман}}$ — час маневрування перед навантаженням і розвантаженням (1–2 хв). Час навантаження обчислюється як: $t_{\text{нав}} = \frac{q_{\text{авт}}}{q_{\text{ковш}} \cdot K_{\text{н}}} \cdot t_{\text{цикл}}$, де $q_{\text{авт}}$ — вантажопідйомність авто; $q_{\text{ковш}}$ — місткість ковша екскаватора; $K_{\text{н}}$ — коефіцієнт наповнення ковша; $t_{\text{цикл}}$ — тривалість одного робочого циклу екскавації.

Сучасне управління парком техніки базується на цифровій **GPS/ГЛОНАСС-телематиці**. На всю будівельну техніку встановлюються

трекери та датчики рівня пального, що дозволяє диспетчерській службі в режимі онлайн відстежувати геопозицію, маршрути руху, мотогодини активної роботи під навантаженням та холостий хід, запобігаючи нецільовому використанню техніки та несанкціонованому зливанню палива.

Згідно з вимогами законодавства України, обов'язковим є перехід на **електронні товарно-транспортні накладні (е-ТТН)**, що реєструються в єдиній центральній базі даних. Це забезпечує юридичну достовірність обліку перевезень будівельних матеріалів (бетону, асфальтобетону, піску, щебеню), миттєвий обмін даними між вантажовідправником, перевізником і генпідрядником, а також унеможливорює приховування втрат і недовозів вантажів.

Форми забезпечення будівництва машинами

Вибір форми забезпечення машинами є фінансово-організаційним рішенням. Власний парк дає контроль над готовністю техніки, але вимагає капіталовкладень і ремонтної бази та несе ризик низького завантаження. Оренда переносить ризики утримання й ремонту на власника і раціональна для машин епізодичного використання, проте питома вартість машино-години вища; лізинг дає машину без одноразового вилучення коштів, із поступовим викупом. Раціональним є комбінований підхід: у власності утримують машини високої завантаженості, спеціалізовану орендують; точку беззбитковості визначає річний фонд машино-годин, за якого власна експлуатація дешевша за оренду.

Продуктивність будівельних машин

Конструктивна продуктивність відповідає безперервній роботі з розрахунковими параметрами, технічна враховує реальні умови циклу, експлуатаційна — організаційні втрати часу. Технічну продуктивність машин циклічної дії обчислюють як $P_{\text{tex}} = \frac{3600}{t_{\text{ц}}} \cdot q \cdot k_{\text{н}} \cdot \frac{1}{k_{\text{р}}}$, де $t_{\text{ц}}$ — тривалість циклу, с; q — місткість робочого органу; $k_{\text{н}}$ і $k_{\text{р}}$ — коефіцієнти наповнення та розпушення

грунту. Змінну експлуатаційну продуктивність визначають як $P_{\text{експ}} = P_{\text{тех}} \cdot T_{\text{зм}} \cdot k_{\text{в}}$, де $k_{\text{в}}$ — коефіцієнт використання за часом. Розрив між ними залежить від диспетчеризації, підготовки фронту робіт і узгодженості комплекту, для якого діє правило ведучої машини: решту машин добирають із перевищенням продуктивності.

Показники використання парку та планово-запобіжні ремонти

Коефіцієнт технічної готовності визначає частку придатних до роботи машин: $k_{\text{т.г}} = \frac{T_{\text{прац}}}{T_{\text{прац}} + T_{\text{рем}}}$, де $T_{\text{рем}}$ — час перебування в ремонті й обслуговуванні.

Коефіцієнт використання парку показує частку справних машин у роботі, а коефіцієнт змінності $k_{\text{зм}} = \frac{\sum M_{\text{зм}}}{N_{\text{м}} \cdot D_{\text{роб}}}$ характеризує інтенсивність експлуатації; низька змінність за високої готовності свідчить про організаційні втрати. Готовність підтримує система планово-запобіжного ремонту: періодичне обслуговування та поточні й капітальні ремонти за напрацюванням. Запобіжна стратегія переважає аварійну, бо планова зупинка дешевша за раптову відмову; доповненням є обслуговування за фактичним станом.

Собівартість машино-години та економіка експлуатації

Основою ціноутворення є калькуляція собівартості машино-години: $C_{\text{м-год}} = \frac{A+P+Z}{T_{\text{р}}} + C_{\text{пал}} + C_{\text{зм}} + C_{\text{опл}}$, де A — амортизація; P — річні витрати на ремонти й обслуговування; Z — зберігання, страхування та адміністрування; $T_{\text{р}}$ — річний фонд роботи; $C_{\text{пал}}$, $C_{\text{зм}}$, $C_{\text{опл}}$ — погодинні витрати на паливо, мастила й оплату праці оператора. Постійна частина розподіляється на фактичне напрацювання, тому кожна година простою підвищує собівартість решти годин, що робить завантаження парку управлінським пріоритетом.

Цифровізація експлуатації машин і сучасні тенденції

Управління парком спирається на телематику: бортові пристрої передають дані про напрацювання, витрату палива, холостий хід і коди несправностей, а системи fleet management агрегують їх, обчислюючи коефіцієнти використання

та виявляючи приховані прості. На цій основі будується предиктивна діагностика: аналіз вібрацій, температур і проб мастил виявляє деградацію вузлів до відмови й дозволяє планувати втручання. Електрифікація та гібридизація техніки знижують викиди й шум, а моніторинг палива стає основою обліку вуглецевого сліду. Автоматизація керування, від позиційного контролю робочого органу за моделлю до дистанційно керованих машин, підвищує точність і виводить оператора із зони небезпеки.

Експлуатація парку в українських умовах відбудови

Оновлення парку відбувається переважно за рахунок імпорту техніки, зокрема донорської, що робить його різномірним за марками й ускладнює уніфікацію запчастин. Дефіцит запчастин і подовжені строки постачання роблять важливими підвищений запас, відновлення вузлів власними силами й кооперацію сервісних підприємств. Дефіцит машиністів і механіків змушує розвивати прискорену підготовку операторів на тренажерах. Обмеження електропостачання впливають на ремонтні бази й зарядку електротехніки, тому автономні джерела живлення стають елементом інфраструктури. Додаються страхування воєнних ризиків, захищене розосереджене зберігання та мінна небезпека, що вимагає розмінування ділянки до введення машин. Телематичний облік напруження стає вимогою звітності перед донорами.

Контрольні запитання для самоперевірки до Теми 7.2:

1. Який принцип покладено в основу підбору комплекту машин при комплексній механізації БМР?
2. Запишіть формулу розрахунку кількості транспортних засобів ($N_{\text{авт}}$) для забезпечення безперебійної роботи ведучої машини.
3. Які складові утворюють загальний час кругового рейсу автомобіля-самоскида ($T_{\text{об}}$)?
4. Які параметри експлуатації будівельної техніки контролюються за допомогою супутникової GPS-телематики?

5. Які переваги надає впровадження системи електронних товарно-транспортних накладних (е-ТТН) на будівельному об'єкті?

Висновки до модуля 7

Опрацьований матеріал розкриває ресурсне забезпечення як самостійну підсистему управління будівництвом, що охоплює трудові, матеріально-технічні, машинні та фінансові ресурси у їх взаємозв'язку. Обґрунтований вибір комплектів машин за технічними й економічними показниками, розрахунок їх продуктивності та потреби, а також організація технічного обслуговування й ремонту визначають реальну можливість дотримання календарних строків. Форми забезпечення технікою — від власного парку до оренди та лізингу — розглядаються як управлінське рішення з відповідним розподілом ризиків.

Узагальнення показує, що логістика будівництва не зводиться до постачання, а полягає в узгодженні строків, партій і місць складування з графіком виконання робіт, чим досягається зменшення запасів і невиробничих втрат. Такий підхід відповідає принципам Lean Construction і поставкам «точно вчасно», актуальним для українських умов з огляду на нестабільність логістичних ланцюгів і вартості ресурсів. Оскільки раціональне використання ресурсів має підтверджуватися відповідністю результату встановленим вимогам, наступний модуль присвячено контролю якості, безпеці праці та здачі об'єктів.

МОДУЛЬ 8. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ, БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ЗДАЧА ОБ'ЄКТІВ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Тема 8.1. Система управління якістю будівельної продукції

Якість будівельної продукції — це сукупність її властивостей, що зумовлюють здатність задовольняти встановлені нормативні, проєктні та споживчі вимоги щодо надійності, довговічності, безпеки та комфорту експлуатації. Система управління якістю в будівництві регламентується ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» та міжнародними стандартами серії ISO 9001. Вона ґрунтується на трирівневому виробничому контролі:

1. **Вхідний контроль** — перевірка відповідності будівельних матеріалів, напівфабрикатів, деталей і конструкцій, що надходять на будмайданчик, вимогам робочого проєкту, ДБН та ДСТУ. Включає: зовнішній огляд і перевірку маркування; перевірку супровідної документації (паспортів, сертифікатів відповідності, декларацій показників будівельної продукції); лабораторний відбір проб і випробування (визначення міцності бетону на контрольних зразках-кубиках 100×100×100 мм або 150×150×150 мм, випробування арматурної сталі на розтяг і згин, перевірка рухливості розчинів конусом);

2. **Операційний контроль** — систематична перевірка якості виконання технологічних операцій безпосередньо під час їх виконання робітниками або одразу після їх завершення (до початку наступного процесу). Здійснюється майстрами та виконробами за *схемами операційного контролю якості (СОКЯ)*, що входять до складу технологічних карт. Контролюються: геометричні розміри, товщина шарів, прямолінійність, вертикальність і горизонтальність поверхонь, якість зварних швів, температура укладеного бетону;

3. **Приймальний контроль** — оцінка якості завершених конструктивних елементів, ділянок або будівлі в цілому. Поділяється на:

- *Проміжне прийняття відповідальних конструкцій* (фундаментів, колон, перекриттів, несучих металевих ферм);
- *Огляд і актування прихованих робіт* — робіт, результати яких закриваються наступними конструкціями або шарами матеріалів (гідроізоляція, армування монолітних залізобетонних конструкцій до бетонування, утеплення фасадів, антикорозійний та вогнезахисний захист). Оформлюється спеціальним двостороннім Актом; виконання наступних робіт без підписання акта на приховані роботи суворо забороняється.

Основним виконавчим документом оперативного контролю на будмайданчику є **Загальний журнал робіт**, форма якого встановлена Додатком А до ДБН А.3.1-5:2016. Журнал ведеться щоденно уповноваженою особою генпідрядника (головним інженером або виконробом), має наскрізну нумерацію сторінок, прошнуровується, скріплюється печаткою та реєструється замовником. На об'єкті також ведуться спеціальні журнали робіт: журнал бетонних робіт, журнал зварювальних робіт, журнал антикорозійного захисту зварних з'єднань, журнал монтажу будівельних конструкцій.

Таблиця 8.1 — Види, методи та відповідальні суб'єкти контролю якості в будівництві

Вид будівельного контролю	Об'єкт та параметри перевірки	Методи та інструменти вимірювання	Відповідальні особи / Оформлюваний документ
Вхідний контроль	Матеріали, суміші, збірні елементи, арматура, паспорти якості, сертифікати.	Візуальний огляд, вимірювальні інструменти, лабораторні преси, ультразвук.	Інженер ВТВ, лабораторія / Журнал вхідного обліку та лабораторних випробувань.
Операційний контроль (СОКЯ)	Товщина шарів, вертикальність, зварні стики, пошарове вібрування бетонної суміші.	Нівеліри, теодоліти, тахеометри, лазерні рівні, будівельні рейки, щупи.	Виконроб, майстер / Схеми СОКЯ, щоденні записи в Загальному журналі робіт.
Приймальний контроль прихованих	Арматурні каркаси до бетонування, обклеювальна	Інструментальний вимір діаметрів арматури, захисного	Комісія (генпідрядник, замовник,

Вид будівельного контролю	Об'єкт та параметри перевірки	Методи та інструменти вимірювання	Відповідальні особи / Оформлюваний документ
робіт	гідроізоляція, грунтування.	шару, суцільності шару.	авторський нагляд) / Акт огляду прихованих робіт.
Технічний нагляд замовника	Відповідність робіт затвердженому проєкту, кошторису, фізичним обсягам.	Контрольні геодезичні вимірювання, перевірка виконавчих схем і журналів.	Сертифікований інженер технагляду / Зауваження та підпис актів КБ-2в.

Види та методи контролю якості будівельної продукції

Якість формується безперервно, а не на етапі приймання, тому розрізняють чотири види контролю. Вхідний контроль перевіряє матеріали й конструкції на відповідність супровідним документам і паспортам; результати фіксують у журналі, а забраковану продукцію ізолюють. Операційний контроль виконується під час робіт і є найдієвішим, бо виявляє відхилення до того, як їх усунення потребує демонтажу; він спирається на схеми з контрольованими параметрами, засобами вимірювання й періодичністю. Приймальний контроль здійснюють після завершення етапу з оформленням акта, а інспекційний є вибіркоким і перевіряє дієвість самої системи контролю.

Технічний і авторський нагляд, суб'єкти забезпечення якості

Незалежність оцінювання забезпечує розмежування відповідальності. Технічний нагляд замовника здійснюють сертифіковані інженери, які перевіряють відповідність робіт проєкту й нормам, підписують акти приймання та акти на приховані роботи і можуть зупиняти роботи у разі загрози надійності конструкцій. Авторський нагляд веде проєктувальник, контролюючи дотримання проєктних рішень; його записи в журналі обов'язкові для підрядника. Внутрішній контроль здійснюють виконроби та служба якості підрядника, незалежну складову формують акредитовані лабораторії, наглядову функцію держави — державний архітектурно-будівельний контроль. Так

утворюється система стримувань, де жоден учасник не оцінює власну роботу.

Системи управління якістю, статистичні методи та витрати на якість

Системний підхід формалізує ДСТУ ISO 9001 з процесним підходом, ризик-орієнтованим мисленням і циклом PDCA, що означає політику якості, внутрішні аудити та коригувальні дії. Аналітичний інструментарій становлять статистичні методи: контрольні карти відрізняють випадкову варіацію від систематичного зсуву, вибірковий контроль обґрунтовує обсяг перевірок, діаграма Парето виявляє нечисленні причини більшості дефектів, діаграма Ісікави структурує чинники за групами матеріалів, обладнання, методів і персоналу. Витрати на якість подають як

$$C_{\text{я}} = C_{\text{зап}} + C_{\text{оц}} + C_{\text{вн}} + C_{\text{зовн}}, \quad (8.1)$$

причому зростання витрат на запобігання й оцінювання зменшує втрати від невідповідностей, тому оптимум досягається за раціонального рівня контролю. Дефекти реєструють, аналізують причину, виправляють і перевіряють повторно.

Виконавча документація, неруйнівний контроль і цифрові інструменти

Доказову базу формують журнали робіт, акти прихованих робіт і проміжного приймання конструкцій, виконавчі геодезичні схеми та протоколи випробувань. Для недоступних згодом конструкцій застосовують неруйнівний контроль: ультразвукову дефектоскопію, склерометрію бетону, радіографію, пошук арматури, тепловізійне обстеження. Сучасна практика — цифрова виконавча документація через ЄДЕССБ, застосунки чек-листів і фотофіксації дефектів, лазерне сканування з порівнянням хмари точок із моделлю, зйомка дронами, датчики зрілості бетону, модель «як збудовано». У відбудові України цифрова доказовість якості є вимогою донорів і предметом незалежного аудиту.

Контрольні запитання для самоперевірки до Теми 8.1:

1. Які три рівні виробничого контролю якості діють у будівельних організаціях відповідно до ДБН А.3.1-5:2016?

2. Які фізико-механічні випробування обов'язково проводяться під час вхідного контролю бетонної суміші та арматурної сталі?
3. Що являє собою схема операційного контролю якості (СОКЯ), і які допуски в ній фіксуються?
4. Які види будівельно-монтажних робіт відносяться до прихованих, і який юридичний порядок їх актування?
5. Яка структура розділів Загального журналу робіт (Додаток А до ДБН А.3.1-5:2016), і хто несе персональну відповідальність за його ведення?

Тема 8.2. Охорона праці, пожежна безпека та захист довкілля

Будівельне виробництво характеризується високим рівнем виробничого травматизму та шкідливих чинників, тому організація безпеки праці регламентується суворими нормами **ДБН А.3.2-2-2009** «Охорона праці і промислова безпека у будівництві».

Ключові вимоги безпеки на будівельному майданчику включають:

- **Безпека виконання робіт на висоті:** робітники допускаються до висотних робіт за наявності відповідного навчання та медичного огляду; обов'язкове застосування лямкових запобіжних поясів із міцними карабінами, закріпленими за надійні конструктивні елементи чи страхувальні канати; влаштування суцільних захисних огорожень робочих місць на перекриттях заввишки не менше 1,1 м; монтаж *захисно-уловлювальних сіток (ЗУС)* по периметру будівлі нижче монтажного горизонту на 1–2 поверхи для запобігання падінню людей і предметів;
- **Організація робіт підвищеної небезпеки:** верхолазні роботи, розробка глибоких виїмок і траншей із кріпленням стінок, роботи в колодязях, поблизу ліній електропередач (ЛЕП) виконуються строго за спеціальним документом — *нарядом-допуском*;
- **Облаштування споруд цивільного захисту в умовах воєнного стану:** відповідно до чинних вимог **ДБН В.2.2-5:2023** «Захисні споруди

цивільного захисту», на території будівельного майданчика або в нормативній зоні пішохідної доступності (до 500 м) повинні бути забезпечені укриття для максимальної зміни працюючих. Застосовуються мобільні залізобетонні швидкоспоруджувані модульні укриття цивільного захисту, заглиблені в ґрунт або обсіпані ґрунтом, оснащені аварійним виходом, автономним освітленням, вентиляцією та запасом питної води;

- **Екологічний менеджмент будмайданчика:** будівельне виробництво не повинно забруднювати довкілля та прилеглі міські території. Обов'язковим є встановлення на виїздах із майданчика *автоматизованих постів мийки коліс автотранспорту* із замкненим циклом циркуляції та очищення води (з відстійниками нафтовловлювачів); облаштування шумозахисних екранів при роботі поблизу житлової забудови; сортування будівельних відходів на майданчику та відправлення бетонного бою і цегли на вторинну переробку (рециклінг).

Таблиця 8.2 — Вимоги до охорони праці та заходів цивільного захисту на будівельному майданчику

Напрямок безпеки	Нормативні вимоги та інженерні заходи	Нормативний документ
Роботи на висоті	Інвентарні огороження $\geq 1,1$ м із бортовою дошкою ≥ 15 см, запобіжні лямкові пояси, захисно-уловлювальні сітки (ЗУС).	ДБН А.3.2-2-2009, НПАОП 0.00-1.15-07.
Земляні роботи	Влаштування укосів крутизною за таблицями ДБН або інвентарних щитових кріплень стінок при глибині траншеї понад 1,0–1,25 м.	ДБН А.3.2-2-2009.
Цивільний захист	Наявність захисних споруд модульного або стаціонарного типу для робочої зміни з місткістю за піковою чисельністю робітників.	ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту».
Екологічний захист	Пункти мийки коліс з оборотним водопостачанням, придушення пилу при демонтажі, роздільне збирання небезпечних відходів.	ДБН А.3.1-5:2016, природоохоронні акти.

Система управління охороною праці та керування ризиками

Модель охорони праці переходить від реагування на нещасні випадки до керування ризиками за ДСТУ ISO 45001, елементами якого є зобов'язання керівництва, участь працівників, ідентифікація небезпек, оцінювання ризиків, готовність до аварій і постійне поліпшення. Небезпеки визначають для кожного процесу з урахуванням робіт на висоті, земляних робіт, вантажопідіймальних операцій, електробезпеки та вогневих робіт. Рівень ризику оцінюють як

$$R = P \cdot S, \quad (8.2)$$

де враховано ймовірність події та тяжкість наслідків, що дозволяє ранжувати небезпеки й зосередити ресурси на неприйнятних. Результати оформлюють реєстром ризиків, що переглядається при зміні технології чи умов майданчика; консультування працівників обов'язкове, бо виконавці найточніше знають реальні відхилення.

Ієрархія заходів контролю, засоби захисту та пожежна безпека

Заходи застосовують в ієрархії: усунення небезпеки, заміна процесу менш небезпечним, інженерно-технічні рішення, адміністративні заходи і лише наостанок засоби індивідуального захисту. Практично це означає огороження, настили й анкерні лінії замість інструктажу про обережність. Засоби колективного захисту — огороження, сітки, заземлення й захисне вимкнення, вентиляція; індивідуальні — каски, захисне взуття, окуляри, засоби захисту слуху й дихання, сигнальний одяг, прив'язі з амортизаторами. Пожежна безпека забезпечується протипожежним режимом, нарядами-допусками на вогневі роботи, засобами пожежогасіння, розривами й проїздами, планами евакуації та навчанням персоналу.

Екологічний менеджмент і поводження з будівельними відходами

Екологічну складову реалізує система за ДСТУ ISO 14001: визначення аспектів, оцінювання впливу, цілі та контроль результативності. Значущі аспекти майданчика — запиленість, шум, викиди техніки, забруднення ґрунтів і вод,

утворення відходів. Поводження з будівельними відходами будують за ієрархією: запобігання, підготовка до повторного використання, перероблення, інше відновлення, видалення. Практичні інструменти — роздільне збирання фракцій, дроблення бетонного брухту на вторинний заповнювач, повернення металу, модульні рішення. Це основа циркулярної економіки, а результати оцінюють у межах ESG-звітності та сертифікації LEED, BREEAM, DGNB.

Цифрові технології безпеки та специфіка воєнних ризиків в Україні

Комп'ютерний зір виявляє відсутність каски чи жилета та перебування людини в зоні роботи крана, носимі пристрої фіксують падіння й небезпечні гази, а дрони дозволяють оглядати покрівлі й фасади без підйому працівника. Проте техніка не замінює культуру безпеки, яку формують поведінкові аудити та необвинувальне повідомлення про небезпечні ситуації. В умовах України 2024–2026 років додаються ризики воєнного характеру: організація укриттів і алгоритм припинення робіт за сигналом тривоги, ймовірна наявність вибухонебезпечних предметів у деокупованих районах, що потребує обстеження території до земляних робіт, а також робота з уламками руйнувань, які можуть містити азбест і вимагають контрольованого сортування та вивезення.

Контрольні запитання для самоперевірки до Тем 8.2:

1. Які засоби індивідуального та колективного захисту є обов'язковими під час виконання монтажних робіт на висоті?
2. Що являє собою наряд-допуск на виконання робіт підвищеної небезпеки, і які відомості в ньому зазначаються?
3. Які вимоги стандарту ДБН В.2.2-5:2023 висуваються до захисних споруд цивільного захисту (укриттів) для працівників будівельного майданчика?
4. Які параметри та принципи роботи мають пости мийки коліс автотранспорту на виїзді з будівельного майданчика?
5. Як організується збирання, складування та передача на переробку (рециклінг) твердих будівельних відходів?

Тема 8.3. Прийняття закінчених будівництвом об'єктів в експлуатацію

Завершальним юридичним та організаційним етапом інвестиційно-будівельного циклу є прийняття закінченого будівництвом об'єкта в експлуатацію. Процедура регулюється статтею 39 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» та Порядком, затвердженим Постановою КМУ від 13 квітня 2011 р. № 461. Порядок введення в експлуатацію диференціюється залежно від класу наслідків (відповідальності) об'єкта:

- **Об'єкти класу наслідків СС1:** прийняття здійснюється шляхом реєстрації органом державного архітектурно-будівельного контролю (ДІАМ або виконавчими органами місцевого самоврядування) **Декларації про готовність об'єкта до експлуатації**. Декларація подається замовником через електронний кабінет у системі ЄДЕССБ та реєструється безоплатно протягом 10 робочих днів;
- **Об'єкти класів наслідків СС2 та СС3:** прийняття здійснюється Державною інспекцією архітектури та містобудування України (ДІАМ) шляхом видачі **Сертифіката готовності об'єкта до експлуатації** на підставі підписаного *Акта готовності об'єкта до експлуатації*.

Процедура отримання Сертифіката для об'єктів СС2 і СС3 включає такі дії:

1. Замовник скликає робочу комісію за участю генерального підрядника, генерального проєктувальника, страхової компанії (якщо об'єкт застраховано) та інженера технічного нагляду, яка підписує Акт готовності об'єкта до експлуатації;
2. До електронної системи ЄДЕССБ завантажується повний комплект виконавчої документації: виконавчі геодезичні схеми інженерних мереж та посадки будівлі, акти прихованих робіт, паспорти енергетичної ефективності, протоколи випробувань ліфтів, систем пожежогасіння та димовидалення, технічний паспорт за результатами інвентаризації;
3. Інспектори ДІАМ проводять документальну перевірку відомостей у ЄДЕССБ та здійснюють обов'язковий виїзний огляд об'єкта будівництва з

фотофіксацією для перевірки відповідності фактично зведеного об'єкта проєктній документації та будівельним нормам (включаючи вимоги безбар'єрності для маломобільних груп населення за ДБН В.2.2-40:2018);

4. За відсутності порушень ДІАМ формує електронний Сертифікат готовності з внесенням до Реєстру будівельної діяльності та генерацією QR-коду. Об'єкт вважається введеним в експлуатацію з дня реєстрації Сертифіката.

ФІНАЛЬНИЙ ЕТАП: ПОСЛІДОВНІСТЬ ВВЕДЕННЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ



Рисунок 8.1 — Алгоритм введення об'єкта будівництва в експлуатацію через електронну систему ЄДЕССБ

Порядок прийняття закінчених будівництвом об'єктів в експлуатацію

Прийняття в експлуатацію засвідчує відповідність об'єкта проєкту, нормам і умовам безпечної експлуатації, а процедура диференційована за класом наслідків, який визначають на стадії проєктування з урахуванням небезпеки для людей, збитків і впливу на довкілля. Для об'єктів з незначними наслідками класу СС1 діє спрощений порядок на підставі декларації про готовність, за достовірність відомостей у якій відповідає замовник. Для класів СС2 і СС3 видається сертифікат, чому передують перевірка органом державного архітектурно-будівельного контролю відповідності об'єкта проєкту та вимогам надійності.

Документи подають в електронній формі через ЄДЕССБ, а зареєстровані відомості вносять до реєстру будівельної діяльності.

Робота приймальної комісії, склад документації та випробування

Готовність підтверджується завершенням робіт, випробуваннями інженерних систем, благоустроєм території та укомплектуванням виконавчої документації. У прийманні беруть участь представники замовника, генпідрядника й субпідрядників, проектувальник авторського нагляду, інженер технічного нагляду, за потреби експлуатуючі служби. Розгляд включає натурний огляд, перевірку комплектності документації, аналіз випробувань систем і протипожежного захисту, звірення показників енергоефективності з проектними. Недоліки фіксують переліком зауважень із термінами й відповідальними; об'єкт із дефектами, що впливають на безпеку, не приймається до їх усунення.

Гарантійні зобов'язання та експлуатація об'єкта

Після прийняття відповідальність підрядника не припиняється: договір встановлює гарантійні строки на виконані роботи, а для прихованих дефектів і несучих конструкцій діють триваліші строки. Гарантійний період потребує порядку приймання звернень експлуатуючої організації, огляду дефектів за участю сторін і оформлення актів. Економічним стимулом до усунення недоліків слугує гарантійне утримання частини договірної ціни або банківська гарантія. Замовникові важливо отримати повний пакет експлуатаційної документації: інструкції на обладнання, схеми мереж, регламенти обслуговування та модель «як збудовано» для локалізації прихованих комунікацій. Витрати на експлуатацію перевищують вартість будівництва, тому якість переданої інформації визначає сукупну вартість володіння.

Особливості приймання об'єктів відбудови в Україні

У відновленні пошкодженої війною забудови прийманню передують технічне обстеження конструкцій із визначенням категорії технічного стану, фактичної міцності матеріалів і залишкової несучої здатності, оскільки роботи часто є не

новим будівництвом, а відновленням чи підсиленням. Це підвищує роль неруйнівних методів, випробувань зразків і документування прихованих робіт з підсилення. Обов'язковим є підтвердження проектних показників енергетичної ефективності за вимогами ДБН, зокрема тепловізійним обстеженням і випробуванням повітропроникності. Оскільки багато проектів фінансує міжнародна допомога, процедури доповнюють фотофіксацією з геоприв'язкою, незалежним аудитом і публічністю звітності, що формує культуру доказової якості.

Контрольні запитання для самоперевірки до Тем 8.3:

1. Який нормативний документ регулює порядок прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів в Україні?
2. У чому полягає принципова різниця в процедурі введення в експлуатацію об'єктів класу СС1 та об'єктів класів СС2–СС3?
3. Які суб'єкти будівництва підписують Акт готовності об'єкта до експлуатації?
4. Які обов'язкові параметри та системи будівлі підлягають натурній перевірці інспекторами ДІАМ під час виїзного огляду?
5. З якого моменту виникає юридичне право власності на новозбудований або реконструйований об'єкт нерухомості?
- 6.

Висновки до модуля 8

Матеріал модуля обґрунтовує розуміння якості як керованої характеристики, що формується на всіх стадіях — від вихідних даних і проектних рішень до операційного контролю та приймання. Поєднання вхідного, операційного й приймального контролю з авторським і технічним наглядом утворює багаторівневу систему, у якій виконавча документація та акти на приховані роботи виконують функцію доказової бази. Системи управління якістю надають цим процедурам процесного характеру, зміщуючи акцент від

виявлення дефектів до запобігання їх виникненню.

Охорона праці й безпека виробництва постають невіддільною складовою організації робіт, оскільки організаційні рішення щодо суміщення процесів, зон дії механізмів і режимів праці безпосередньо визначають рівень ризику. Завершальний етап — приймання об'єкта та введення його в експлуатацію — потребує повноти й достовірності документального супроводу, що нині забезпечується електронною взаємодією учасників у державних інформаційних системах. Установлені загальні правила створюють основу для розгляду специфічних умов будівництва, яким присвячено завершальний модуль.

МОДУЛЬ 9. ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ БУДІВНИЦТВА В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ ТА ПРИ ВІДБУДОВІ

Тема 9.1. Організація робіт в умовах щільної міської забудови та стиснених майданчиків

Будівництво та реконструкція в умовах сформованої міської забудови характеризується низкою специфічних факторів, що ускладнюють будівельне виробництво: вкрай обмежені просторові розміри майданчика, близькість існуючих житлових і громадських будівель, насиченість території підземними комунікаціями, інтенсивний рух міського транспорту та пішоходів.

Організація робіт на стиснених майданчиках вимагає застосування спеціальних інженерно-технологічних заходів:

- **Обмеження зон дії монтажних кранів:** за неможливості вільного обертання стріли крана без виходу небезпечної зони на сусідні будівлі або вулиці обов'язково застосовуються системи примусового апаратного обмеження зон обслуговування (кінцеві вимикачі повороту стріли, пересування вантажного візка та ходу крана). Сучасні баштові крани оснащуються інтелектуальними системами антиколізії (Anti-Collision Systems), які в режимі реального часу за допомогою радіомодемів узгоджують рух кількох кранів або забороняють рух гака над забороненими секторами;
- **Захист пішохідних потоків:** вздовж меж будмайданчика, що виходять на тротуари та проїжджі частини, влаштовуються суцільні захисні огорожі заввишки не менше 2,0 м із *критими захисними пішохідними галереями*. Навіс галереї повинен мати нахил 20° у бік майданчика та витримувати динамічне навантаження від падіння окремих предметів масою не менше 200 кг;
- **Мінімізація складських площ:** перехід на випереджальний монтаж конструкцій безпосередньо з транспортних засобів («з коліс») або організація буферних перевантажувальних майданчиків за межами міського центру;
- **Організація геотехнічного моніторингу:** відповідно до вимог ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд», зведення нового

об'єкта не повинно спричиняти неприпустимих додаткових деформацій та осідань існуючих прилеглих будівель (максимально допустиме додаткове осідання становить 5–10 мм залежно від категорії історичної забудови). Для цього влаштовують огороження котлованів у вигляді шпунтових стінок (шпунт Ларсена), буросічних або буродотичних паль, «стіни в ґрунті», а на навколишніх будівлях встановлюють осадочні реперні марки, тензометричні датчики та проводять регулярні високоточні геодезичні вимірювання.

Обмеження стиснених майданчиків і вплив на сусідню забудову

Щільна міська забудова робить будівельний майданчик елементом уже сформованого середовища, а не автономною виробничою системою. Стисненість проявляється просторово (немає території для складування, тимчасових будівель, розвороту транспорту), у часі (обмеження годин шумних робіт, погодження перекриття вулиць) та правово (охоронні зони мереж, пам'яткоохоронні обмеження, зобов'язання перед власниками суміжних будівель). Проект організації будівництва обґрунтовує межі небезпечних зон, схеми обмеження зон обслуговування кранів, тимчасове вилучення частини проїзної частини. Наслідком є перехід від складського до транспортного принципу постачання: матеріали подають «з коліс» за погодинним графіком, замість відкритих складів застосовують контейнерні модулі та накопичувачі всередині вже зведеного каркаса. Ступінь стисненості оцінюють кількісно:

$$k_c = \frac{S_{\phi}}{S_n}, \quad (9.1)$$

де S_{ϕ} — фактична площа майданчика, S_n — потрібна за типовою схемою; $k_c < 1$ означає потребу в спеціальних організаційно-технологічних рішеннях.

Геотехнічний моніторинг, захист довкілля та організація транспорту

Котловани поблизу існуючих фундаментів спричиняють додаткові осідання, крени й розкриття тріщин, тому обов'язковим є геотехнічний моніторинг: нульовий цикл спостережень до земляних робіт, геодезичні марки,

інклінометри, п'єзометри, деформаційні маяки, а також попереджувальний, обмежувальний та аварійний рівні реагування, кожному з яких відповідає визначений захід аж до зупинення робіт. Осідання поверхні попередньо оцінюють через переміщення огородження:

$$s_{max} = k \cdot u_{h,max}, \quad (9.2)$$

де s_{max} — максимальне осідання поверхні, $u_{h,max}$ — максимальне горизонтальне переміщення огородження, k — коефіцієнт, залежний від ґрунту та жорсткості кріплення. Шумо- і пилозахист забезпечують інвентарними екранами, сітками, зволоженням зон різання й дроблення, мийками коліс. Транспорт обслуговують за схемою одностороннього руху з розворотним майданчиком, а за його неможливості — реверсивним рухом із сигнальниками.

Безкранові та малогабаритні технології, послідовність робіт при реконструкції

Неможливість розмістити баштовий кран зумовлює застосування щоглових підйомників, автокранів малої бази, міні-екскаваторів і навантажувачів зі змінним обладнанням, систем гідравлічного домкратування, ручного монтажу полегшених модулів. Ефективним є укрупнення елементів поза майданчиком з доставлянням готових модулів. Реконструкція має іншу послідовність, ніж нове будівництво: обстеження й підсилення несучих конструкцій, розбирання неносних елементів «згори вниз», влаштування нових комунікацій і лише потім опорядження. Календарний план будують за принципом малих захваток із високим суміщенням робіт, бо фронт обмежений, а частина будівлі часто експлуатується. Узгодження виконують 4D-моделлю в середовищі BIM, що дає змогу перевіряти колізії руху техніки, зони дії кранів і черговість зайняття фронту ще до виходу на майданчик.

Контрольні запитання для самоперевірки до Тем 9.1:

1. Які основні фактори ускладнюють організацію будівельно-монтажних робіт в умовах щільної міської забудови?

2. Які технічні засоби застосовуються для примусового обмеження небезпечних зон дії баштових кранів?
3. Які конструктивні вимоги висуваються до захисних пішохідних галерей уздовж будівельного майданчика?
4. Яка роль та обов'язковий склад геотехнічного моніторингу за ДБН В.2.1-10:2018 при влаштуванні глибоких котлованів?
5. Які типи огорожувальних конструкцій застосовують для запобігання деформаціям ґрунтового масиву під сусідніми спорудами?

Тема 9.2. Організація робіт з демонтажу пошкоджених конструкцій і відновлення об'єктів

В умовах повномасштабної війни та масштабної повоєнної відбудови України пріоритетним завданням будівельного комплексу є ліквідація наслідків руйнувань, інструментальне обстеження та відновлення будівель і споруд. Організаційно-правовий порядок виконання цих робіт врегульовано **Постановою Кабінету Міністрів України від 19 квітня 2022 р. № 473** «Про затвердження Порядку виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії Російської Федерації, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд».

За результатами візуального та інструментального обстеження будівлям присвоюється одна з чотирьох **категорій пошкоджень**:

- **I категорія** — незначні пошкодження несучих конструкцій, збереження загальної стійкості, пошкодження окремих вікон, дверей чи оздоблення (поточний ремонт або дрібне відновлення);
- **II категорія** — пошкодження окремих другорядних або локальних несучих елементів (перегородок, окремих плит перекриття) без загрози стійкості будівлі (виконання капітального ремонту або реконструкції);
- **III категорія** — значні пошкодження несучих капітальних конструкцій (стін, колон, балок), локальні руйнування перекриттів або секцій, але відновлення є технічно можливим та економічно обґрунтованим (проведення

повномасштабної реконструкції з підсиленням);

- **IV категорія** — катастрофічні руйнування або повна втрата несучої здатності опорного каркаса, аварійний стан із ризиком прогресуючого обвалення; відновлення економічно не вигідне або неможливе (об'єкт підлягає повному демонтажу).

Розбирання аварійних будівель здійснюється виключно за спеціальним проєктом документом — **Проєктом виконання робіт з демонтажу (ПВР.Д)**. Головним інженерним правилом є демонтаж «зверху вниз» — у зворотній послідовності до зведення споруди. Роботи виконуються по окремих захватках і ярусах із попереднім розвантаженням і тимчасовим розкріпленням нестійких елементів інвентарними металевими стійками та розкосами для виключення прогресуючого лавиноподібного обвалення.

У сучасній практиці застосовуються високоефективні засоби безвибухового механізованого демонтажу:

- **Дистанційно керовані роботи-руйнівники (типу Brokk)** — гусеничні малогабаритні машини, оснащені гідравлічними молотами та ножицями, оператор яких перебуває на безпечній відстані поза межами можливого обвалення;

- **Алмазне канатне та дискове різання** — забезпечує прецизійне розчленування масивних монолітних залізобетонних елементів на окремі транспортабельні блоки без вібраційного навантаження на збережені частини споруди;

- **Рециклінг будівельних відходів:** переробка бетонного бою та цегли безпосередньо на майданчику або на мобільних дробильно-сортувальних станціях з магнітною сепарацією арматури для отримання вторинного фракціонованого щебеню для дорожніх основ та підготовчих шарів;

- **Композитне підсилення конструкцій:** при відновленні пошкоджених колон, балок та ригелів широко застосовуються вуглецеві композитні матеріали — **вуглепластикові стрічки та сітки (CFRP — Carbon Fiber Reinforced Polymer)**, що наклеюються епоксидними компаундами на

поверхню залізобетону, збільшуючи несучу здатність на 30–60% без збільшення власної маси конструкцій.

Таблиця 9.1 — Категорії пошкоджень будівель та організаційно-технічні заходи з демонтажу й відновлення згідно з Постановою КМУ № 473

Категорія пошкодження	Характер деградації конструкцій	Необхідна документація	Організаційно-технологічні заходи
I категорія	Порушення скління, покрівельного покриття, фасадного шару, легких перегородок.	Дефектний акт, кошторисний розрахунок.	Швидке відновлення огорожувальних контурів до настання холодів.
II категорія	Тріщини в окремих стінах, зміщення плит перекриття, пошкодження внутрішніх мереж.	Звіт технічного обстеження, робочий проєкт капремонту.	Локальне ін'єктування тріщин, заміна окремих перемичок і плит.
III категорія	Зруйновано окремі несучі стіни, прольоти, виникли прогини ригелів, стійкість порушена.	Комплексне інструментальне обстеження, проєкт реконструкції, ПВР.	Встановлення опорних розвантажувальних веж, посилення CFRP-стрічками, монтаж металевих обойм.
IV категорія	Незворотне руйнування понад 50% каркаса, ризик прогресуючого колапсу, критичний стан.	Акт обстеження з висновком про ліквідацію, спеціальний ПВР.Д.	Повний демонтаж конструкцій «зверху вниз» роботами Brokk, подрібнення і рециклінг бетону.

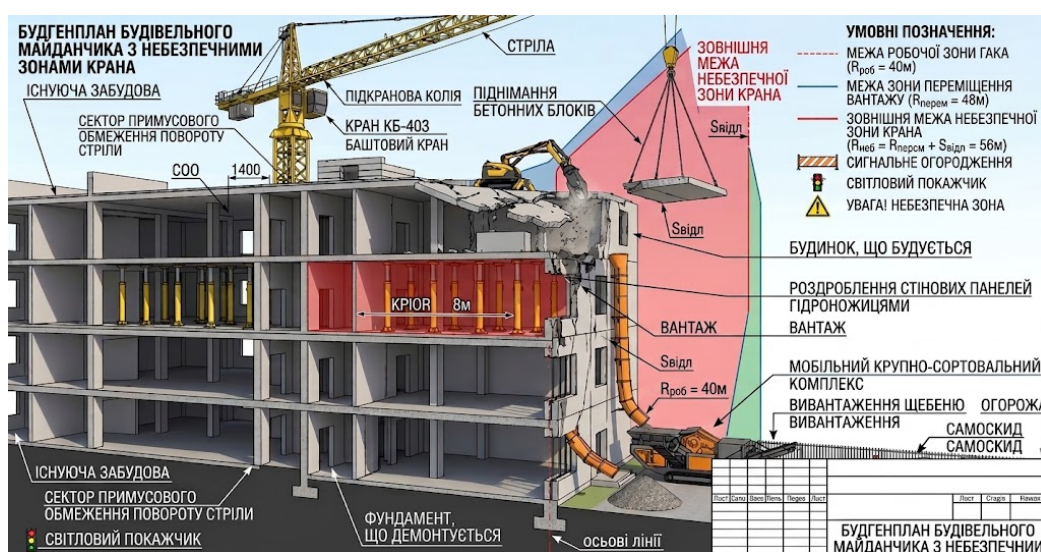


Рисунок 9.1 — Технологічна послідовність демонтажу пошкодженої секції
будівлі зверху-вниз за ПВР.Д

Класифікація пошкоджень, обстеження та цифрова фіксація стану

Відбудова починається з визначення технічного стану конструкцій за категоріями — від нормального (I) через задовільний (II) і непридатний до нормальної експлуатації (III) до аварійного (IV). Методичною основою є настанова ДСТУ-Н Б В.1.2-18 щодо обстеження будівель і споруд та комплекс ДБН груп В.3.1 і В.3.2 з укріплення, ремонту й реконструкції. Для об'єктів, пошкоджених воєнними діями, обстеження ускладнене поєднанням ударної хвилі, осколкового ураження, пожежі та прогресуючого обвалення. Сучасна практика передбачає цифрове обстеження: аерофотознімання дронами з фотограмметричною обробкою, наземне лазерне сканування з хмарою точок і scan-to-BIM — створення as-built моделі пошкодженого об'єкта з атрибутивною прив'язкою дефектів. Це дає безпечну фіксацію без входження людей у зону обвалення та доказову базу оцінювання збитків, зокрема через державні цифрові сервіси.

Методи демонтажу, тимчасове підсилення та безпека робіт

Метод демонтажу обирають за категорією стану, щільністю забудови, доступом техніки й потребою зберегти частину об'єкта. Механізований демонтаж екскаваторами з гідромолотом і гідроножицями застосовують на відкритих ділянках; ручний поелементний — у стиснених умовах; вибуховий потребує спеціальних дозволів і в щільній забудові майже не застосовується; алмазне канатне різання забезпечує точне відокремлення фрагментів без динамічних впливів; гідророзбирання струменем високого тиску видаляє пошкоджений бетон, зберігаючи арматуру для підсилення. Обов'язковим є проєкт виконання робіт із розрахунком стійкості на кожній проміжній стадії та схемами тимчасового розкріплення підкосами й стійками:

$$M_{\text{стійк}} \geq \gamma_n \cdot M_{\text{перек}}, \quad (9.3)$$

де $M_{\text{стійк}}$ — момент утримувальних сил, $M_{\text{перек}}$ — перекидальних впливів, γ_n — коефіцієнт надійності за відповідальністю. В українських умовах 2024—

2026 років демонтажу передують обстеження на вибухонебезпечні предмети та розмінування уповноваженими операторами, а роботи виконують за черговістю: невідкладні протиаварійні, першочергові відновлювальні, капітальні.

Поводження з уламками, рециклінг і принципи «Build Back Better»

Поводження з уламками є самостійною логістичною задачею. Раціональна схема — сортування на майданчику з виділенням залізобетону, цегли, металу, деревини та окремим накопиченням небезпечних складників (азбест, залишки боєприпасів). Бетонний лом після дроблення й магнітної сепарації арматури використовують як вторинний заповнювач для основ доріг, засипок і бетонів низьких класів, що відповідає циркулярній економіці. Ефективність оцінюють часткою повторного використання:

$$k_r = \frac{V_{\text{повт}}}{V_{\text{заг}}}, \quad (9.4)$$

де $V_{\text{повт}}$ — обсяг перероблених відходів, $V_{\text{заг}}$ — загальний обсяг. Дистанційно керовані та роботизовані демонтажні платформи дають змогу працювати в зонах ризику обвалення без присутності людини. Відбудову ведуть за принципом «Build Back Better»: об'єкт має перевищувати доаварійний рівень за стійкістю, енергоефективністю, інклюзивністю й безбар'єрністю, чому сприяють модульні та швидкозбірні рішення, типові проекти й енергомодернізація, а фінансування спирається на Ukraine Facility, донорські програми та державні цифрові компенсаційні сервіси.

Контрольні запитання для самоперевірки до Тем 9.2:

1. Який порядок обстеження та категоризації пошкоджених споруд регламентує Постанова КМУ № 473?
2. Чим відрізняються наслідки та організаційні рішення для будівель III та IV категорій пошкодження?
3. Які обов'язкові інженерні вимоги закладаються до спеціального Проекту виконання робіт з демонтажу (ПВР.Д)?

4. Чому демонтаж будівель повинен виконуватися суворо за принципом «зверху вниз», і як запобігти прогресуючому обваленню?

5. Які технологічні переваги надає застосування дистанційно керованих роботів (Brokk) та вуглепластикових композитів (CFRP) при відновленні?

Тема 9.3. Організаційно-технологічні заходи під час виконання робіт у зимовий та літній періоди

Будівельне виробництво підлягає значному впливу сезонних кліматичних факторів. Виконання бетонних, кам'яних, покрівельних та оздоблювальних робіт при екстремально низьких (зима) або екстремально високих (літо) температурах вимагає спеціальних організаційно-технологічних заходів.

Особливості зимового бетонування:

За температури навколишнього середовища нижче $+5^{\circ}\text{C}$ процеси гідратації мінералів цементу різко сповільнюються, а при замерзанні води (0°C і нижче) гідратація повністю припиняється. Вода, замерзаючи в порах свіжоукладеного бетону, збільшується в об'ємі приблизно на 9%, руйнуючи незміцнілу кристалічну структуру цементного каменю та порушуючи зчеплення з арматурою. Головним критерієм надійності є досягнення бетоном **критичної міцності** до моменту його можливого замерзання. Згідно з будівельними нормами, величина критичної міцності становить:

- 50% від проектної міцності — для бетонів класів до B15;
- 40% від проектної міцності — для бетонів класів B20–B30;
- 30% від проектної міцності — для бетонів класів B35 і вище;
- 70% від проектної міцності — для попередньо напружених залізобетонних конструкцій.

Основними технологічними методами зимового витримування бетону є:

1. Метод «термоса» — заснований на укладанні бетонної суміші з початковою температурою $+25...+35^{\circ}\text{C}$ в утеплену опалубку з мінераловатним або пінополістирольним утеплювачем. Твердіння відбувається за рахунок

збереженого початкового тепла та екзотермічного саморозігріву цементу; застосовується для масивних конструкцій із модулем поверхні $M_{\Pi} \leq 3 \dots 5 \text{ м}^{-1}$;

2. *Метод термоса з протиморозними добавками* — введення хімічних модифікаторів (форміату натрію, нітриту натрію, поташу), які знижують точку замерзання води замішування до -15°C та прискорюють гідратацію;

3. *Електропрогрів дротом ПНСВ* — закладання в об'єм конструкції сталевого нагрівального дроту з вініловою ізоляцією (ПНСВ діаметром 1,2–1,4 мм) і підключення до спеціальних понижувальних трансформаторів (СПБ-80, КТПТО-80). Швидкість підйому температури не повинна перевищувати 8–10 $^{\circ}\text{C}/\text{год}$, а температура ізотермічного прогріву — не вище $+60\dots+70^{\circ}\text{C}$;

4. *Влаштування повітроопорних тепляків з підігрівом* теплогенераторами на дизельному паливі чи газі.

Особливості літнього бетонування:

При температурі повітря понад $+25^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості менше 50% виникає загроза інтенсивного випаровування вологи з відкритої поверхні свіжоукладеного бетону, що призводить до неповної гідратації цементу, значного пилоутворення та утворення пластичних усадочних тріщин. До обов'язкових заходів захисту бетону влітку належать:

- Покриття відкритих поверхонь бетону вологоємними матеріалами (дорнітом, мішковиною, шаром тирси) не пізніше ніж через 1–2 години після укладання;
- Регулярне зволоження водою кожні 2–3 години протягом перших трьох діб;
- Нанесення *плівкоутворюючих пароізоляційних складів (кюринг-мембран)*, які утворюють на поверхні полімерну мікроплівку, що блокує випаровування до 95% вологи;
- Застосування в рецептурі бетонної суміші добавок-сповільнювачів тужавіння цементу та високоактивних пластифікаторів, що запобігають втраті легкоукладальності суміші під час транспортування в автобетонозмішувачах.

Організаційно-технологічні особливості зимового періоду

Зимовим вважають період стійкого зниження середньодобової температури нижче встановленої межі за від'ємних мінімальних добових значень; із цього моменту діють заходи, передбачені окремим розділом проєкту виконання робіт. Знижені температури змінюють властивості матеріалів, продуктивність праці й безпеку процесів. Земляні роботи ускладнює промерзання ґрунту, що потребує утеплення, розпушення чи розморожування; мурування ведуть на розчинах з протиморозними добавками; опорядження потребує тимчасового опалення й контролю вологості. Ключовою є проблема твердіння бетону: біля нуля гідратація практично припиняється, а замерзання води у свіжоукладеній суміші руйнує структуру цементного каменю, тому нормується критична міцність, якої бетон має набути до можливого замерзання, у відсотках від проєктної залежно від класу бетону й умов експлуатації.

Методи зимового бетонування та контроль зрілості

Основні методи — термос, штучний прогрів і протиморозні добавки, які часто комбінують. Термос використовує тепловий запас підігрітої суміші та екзотермію цементу за надійного утеплення опалубки й відкритих поверхонь. Штучний прогрів реалізують електродним прогрівом, гріючими проводами, термоактивною опалубкою, інфрачервоними та індукційними установками, тепляками. Протиморозні добавки знижують температуру замерзання рідкої фази, але потребують контролю сумісності з арматурою. Раціональність методу визначає модуль поверхні:

$$M_{\Pi} = \frac{F}{V}, \quad (9.5)$$

де F — площа поверхонь охолодження, V — об'єм конструкції: за малих M_{Π} доцільний термос, за великих — прогрів. Набирання міцності контролюють за зрілістю бетону:

$$M = \sum (T_i - T_0) \Delta t_i, \quad (9.6)$$

де T_i — середня температура за інтервал Δt_i , T_0 — базова температура.

Сучасним рішенням є IoT-моніторинг твердіння: бездротові сенсори в тілі конструкції передають дані у хмарний сервіс, який у реальному часі обчислює зрілість і прогнозує момент досягнення розпалубної та критичної міцності, скорочуючи терміни без ризику для якості.

Робота при високих температурах і кліматичні обмеження монтажу

Літній період створює власні обмеження. Висока температура й сонячна радіація прискорюють випаровування води із суміші, спричиняючи пластичну усадку, тріщини та зниження міцності, тому застосовують охолодження заповнювачів і води замішування, укладання в нічні години, негайне вкриття плівкою чи вологими матами, плівкоутворювальні склади для догляду. Для працівників установлюють режим праці й відпочинку з перервами, тіньовими укриттями, питним режимом і контролем ознак теплового виснаження. Окрему групу становлять вітрові обмеження: монтаж на висоті припиняють у разі перевищення нормованої швидкості вітру, а для конструкцій із великою парусністю межу встановлюють нижчою й уточнюють у проєкті виконання робіт; підставою для зупинення є також ожеледиця, гроза, погана видимість. У календарному плануванні кліматичні чинники враховують коефіцієнтами зниження продуктивності та резервом на метеорологічні простої, а дані автоматичних метеостанцій майданчика, інтегровані з BIM-графіком, дають змогу керувати послідовністю процесів за фактичними умовами.

Контрольні запитання для самоперевірки до Теми 9.3:

1. Які деструктивні фізико-хімічні процеси відбуваються у свіжому бетоні при його замерзанні?
2. Що таке критична міцність бетону, і від чого залежить її нормативне значення?
3. За яких умов та для яких конструкцій доцільно застосовувати метод «термоса» при зимовому бетонуванні?
4. Які технологічні режими встановлюються для електропрогріву

бетону нагрівальними проводами ПНСВ?

5. Які негативні явища викликає суха спекотна погода при догляді за бетоном, і як працюють плівкоутворюючі кюринг-мембрани?

Висновки до модуля 9

Узагальнення засвідчує, що особливі умови — зимовий період, сейсмічність, просідні та слабкі ґрунти, реконструкція діючих підприємств і щільна міська забудова — не скасовують загальних принципів організації, а вимагають їх адаптації через додаткові технологічні заходи, зміну послідовності робіт і посилення контролю. Характерним є зростання частки підготовчих і захисних заходів, скорочення фронту робіт та ускладнення узгодження з чинним виробництвом або міським середовищем, що безпосередньо відображається в календарних планах і бюджетних планах.

Особливого значення в українських умовах набуває організація відбудови: обстеження пошкоджених будівель, оцінювання технічного стану, розбирання конструкцій та поводження з будівельними відходами формують специфічний підготовчий цикл, а безпекові обмеження впливають на режим робіт. Ефективність таких проєктів підвищується завдяки цифровим інструментам — інформаційному моделюванню, цифровим двійникам і електронному документообігу, які забезпечують прозорість і керованість. Здобуті у курсі знання утворюють цілісну систему, придатну для застосування у проєктній і виробничій діяльності бакалавра з будівництва.

ДОДАТКИ ТА ДОВІДКОВИЙ МАТЕРІАЛ

Додаток А. Типові форми акта на закриття прихованих робіт та структура Загального журналу робіт (за ДБН А.3.1-5:2016)

А.1. Типова форма Акта огляду прихованих робіт

АКТ НА ЗАКРИТТЯ ПРИХОВАНИХ РОБІТ	
<i>(найменування робіт)</i>	
виконаних в	
	<i>(найменування і місце розташування об'єкта будівництва)</i>
	"__" "__" 20__ р.
Представник будівельної організації	
	<i>(прізвище, ініціали, посада)</i>
Представник технічного нагляду замовника	
	<i>(прізвище, ініціали, посада, номер та серія сертифіката)</i>
Представник проектної організації (згідно з договором про здійснення авторського нагляду)	
	<i>(прізвище, ініціали, посада, номер та серія сертифіката)</i>
провели огляд робіт, виконаних	
	<i>(найменування будівельної організації)</i>
і склали цей акт про наступне:	
1. До закриття пред'явлені такі роботи:	
	<i>(найменування прихованих робіт)</i>
2. Роботи виконані за проектною документацією	
	<i>(найменування проектної організації, номер креслень і дата їх складання)</i>
3. При виконанні робіт застосовані	
	<i>(найменування матеріалів, конструкцій з посиланням на сертифікати або інші документи)</i>
4. При виконанні робіт відсутні (або допущені) відхилення від проектної документації	
	<i>(за наявності відхилень вказується, з ким і як погоджені, номер креслень і дата погодження)</i>
5. Дата: початку робіт	
закінчення робіт	

А.2. Структура та правила ведення Загального журналу робіт (Додаток А до ДБН А.3.1-5:2016)

Загальний журнал робіт є обов'язковим первинним виробничим документом, що відбиває весь технологічний процес будівництва об'єкта. Він складається з таких 5 обов'язкових розділів:

1. **Розділ 1. Список інженерно-технічного персоналу**, зайнятого на будівництві об'єкта (П.І.Б., посада, найменування організації, дата призначення наказом, підпис про ознайомлення з ПВР);

2. **Розділ 2. Перелік проміжних приймачь відповідальних конструкцій та оглядів прихованих робіт** (номер за порядком, назва конструкції, дата складання та номер акта, сторінка журналу);

3. **Розділ 3. Щоденна відомість виконання робіт** — основна частина журналу, де керівник робіт (виконроб або майстер) щоденно вносить дані про: найменування виконуваних процесів, їх фізичні обсяги, захватки, поверхи, позначки, температуру повітря та погодні умови, час роботи кранів, простої та їх причини;

4. **Розділ 4. Документи операційного контролю якості (СОКЯ)** — перелік проведених вимірювань, результати випробувань бетонних зразків, дані геодезичної перевірки геометричних параметрів;

5. **Розділ 5. Зауваження контролюючих органів** — записи представників авторського нагляду, інженера технічного нагляду замовника, інспекторів ДІАМ із фіксацією термінів усунення виявлених дефектів та відміток про їх фактичне усунення.

**Додаток Б. Нормативні коефіцієнти для інженерних розрахунків
тимчасового господарства**

Таблиця Б.1 — Питомі площі інвентарних санітарно-побутових та адміністративних будівель на 1 працюючого

№ з/п	Призначення інвентарної мобільної будівлі	Нормативна площа на 1 робітника, м ²	Розрахунковий контингент робітників
1	Гардеробна для зберігання вуличного та робочого одягу	0,7 – 0,9	Загальна кількість робітників ($N_{\max}$)
2	Приміщення для обігріву робітників та сушіння спецодягу	0,15 – 0,2	Кількість робітників у найбільш заповнену зміну (N_1)
3	Приміщення для приймання їжі (їдальня / буфет)	0,8 – 1,0	Кількість робітників у зміну (N_1)
4	Душові кімнати (з переддушовими)	0,4 – 0,54 (на 1 душову сітку на 15 робітників)	Робітники, зайняті на брудних роботах ($N_{\text{бруд}}$)
5	Умивальні приміщення	0,06 – 0,08 (на 1 кран на 20 робітників)	Чисельність у зміну (N_1)
6	Вбиральні (туалети каналізовані або біотуалети)	0,07 (1 унітаз на 15 жінок / на 30 чоловіків)	Чисельність у зміну (N_1)
7	Контора виконроба (прорабська)	4,0 (на 1 ІТП)	Кількість інженерно-технічних працівників

Таблиця Б.2 — Норми витрат води на побутові, виробничі та протипожежні потреби

№ з/п	Вид водоспоживання на будівельному майданчику	Норма витрати води	Коефіцієнт нерівномірності, k
1	Господарсько-питні потреби робітників (з каналізацією)	20 – 25 л/добу на 1 робітника	$k_{\text{поб}} = 1,5$
2	Приймання гігієнічного душу одним робітником	30 – 40 л на 1 людину	Тривалість душу 45 хв після зміни
3	Приготування та укладання бетону (догляд, зволоження)	200 – 300 л на 1 м ³ бетону	$k_{\text{вир}} = 1,25$
4	Змочування цегли та блоків перед муруванням	100 – 150 л на 1000 шт. цегли	$k_{\text{вир}} = 1,25$
5	Миття коліс автотранспорту на автоматизованому пості	300 – 500 л на 1 автомобіль	Оборотна система з рециркуляцією 85%
6	Зовнішнє пожежогасіння (площа майданчика до 10 га)	10 – 15 л/с (одночасна робота 2 гідрантів)	Розрахунковий час гасіння — 3 години

Таблиця Б.3 — Коефіцієнти попиту та коефіцієнти потужності електроприймачів будмайданчика

Найменування групи електроприймачів	Коефіцієнт попиту, k	Коефіцієнт потужності, $\cos\phi$
Баштові та стрілові монтажні крани (до 3 шт.)	0,6 – 0,7	0,7
Баштові та стрілові монтажні крани (понад 3 шт.)	0,4 – 0,5	0,65
Розчинонасоси, бетононасоси, штукатурні станції	0,7	0,75
Зварювальні трансформатори (постові, однопостові)	0,6	0,5
Установки для електропрогріву бетону (СПБ, КТПТО)	0,9	0,95
Внутрішнє освітлення інвентарних приміщень	0,8	1,0
Зовнішнє прожекторне освітлення будмайданчика	0,9 – 1,0	1,0

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про регулювання містобудівної діяльності : Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI (зі змінами та доповненнями). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17>
2. Про будівельні норми : Закон України від 05.11.2009 № 1704-VI (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1704-17>
3. Про публічні закупівлі : Закон України від 25.12.2015 № 922-VIII (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/922-19>
4. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-XII (зі змінами). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
5. Про затвердження Порядку виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії Російської Федерації, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд : Постанова Кабінету Міністрів України від 19.04.2022 № 473. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/473-2022-%D0%BF>
6. Деякі питання виконання підготовчих і будівельних робіт : Постанова Кабінету Міністрів України від 13.04.2011 № 466. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/466-2011-%D0%BF>
7. Питання прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів : Постанова Кабінету Міністрів України від 13.04.2011 № 461. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/461-2011-%D0%BF>
8. Деякі питання забезпечення функціонування Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва : Постанова Кабінету Міністрів України від 23.06.2021 № 681. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/681-2021-%D0%BF>
9. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ : Мінрегіон України, 2016. 54 с.
10. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 112 с.

11. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. Київ : Мінрегіон України, 2018. 38 с.
12. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту. Київ : Мінінфраструктури України, 2023. 85 с.
13. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. Київ : Мінрегіон України, 2018. 110 с.
14. ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Визначення тривалості будівництва об'єктів. Київ : Мінрегіон України, 2014. 42 с.
15. Організація та управління будівництвом : підручник / О. А. Тугай, В. В. Титок, О. М. Ємельянова, Є. Р. Зельцер та ін. Київ : Видавництво Ліра-К, 2024. 400 с.
16. Лізунков О. В., Дарієнко В. В., Скриннік І. О. Організація будівництва. Спецкурс : навч. посіб. для здобувачів вищ. освіти першого (бакалавр.) рівня спец. G19 «Будівництво та цивільна інженерія» / Центральноукр. нац. техн. ун-т. Кропивницький : ЦНТУ, 2026. 385 с.
17. Ушацький С. А., Шейко Ю. П., Тригер Г. М. Організація будівництва : підручник / за ред. С. А. Ушацького. Київ : Кондор, 2007. 521 с.
18. Черненко В. К., Ярмоленко М. Г., Батура Г. М. та ін. Технологія будівельного виробництва : підручник / за ред. В. К. Черненка. Київ : Вища школа, 2002. 430 с.
19. Настанова з визначення вартості будівництва : затв. наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 01.11.2021 № 281. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0281914-21>
20. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. Київ : Мінрегіон України, 2016. 45 с.