

ЗАТВЕРДЖЕНО
Директор ЗПО «ДПТК» _____ Олександр СТРИЛЕЦЬ
« 28 » серпня 2026 р.
ПОГОДЖЕНО
Заступник директора ЗПО «ДПТК» _____ Сергій ГОРДІЄНКО
« 28 » серпня 2026 р.

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНИХ РОБІТ

«ТЕХНОЛОГІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА»

для здобувачів освіти освітньо-професійного ступеня
«фаховий молодший бакалавр»
спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія»
II курс · 3-4 семестр

Самостійна робота 1. Організаційно-технологічне моделювання будівельних процесів нульового циклу: від інженерної підготовки до влаштування палихвих фундаментів

Мета заняття: Закріпити теоретичні знання щодо класифікації будівельних процесів, алгоритмів інженерної підготовки будівельного майданчика та технологій влаштування палихвих фундаментів. Сформувати навички вибору оптимальних технологічних рішень для земляних і палихвих робіт залежно від гідрогеологічних умов та вимог нормативної документації.

Блок 1. Теоретична дискусія та усне опитування

Обговорення ключових понять та класифікацій, регламентованих нормативно-технічною базою.

- **Класифікація та структура будівельних процесів:** Аналіз робочих процесів за ступенем складності, механізації (ручні, напівмеханізовані, механізовані) та призначенням (основні, допоміжні, заготівельні, транспортні). Визначення відмінностей між провідними та поєднуваними процесами та їхнього впливу на загальні терміни зведення будівлі.
- **Нормування праці та трудові ресурси:** Розбір понять професії, спеціальності та кваліфікації робітника. Порядок розрахунку продуктивності праці через виробіток (кількість продукції за одиницю часу) та трудомісткість (витрати робочого часу на одиницю продукції). Роль технічного нормування у встановленні норм часу та машинного часу.
- **Інженерна підготовка майданчика:** Етапи розчищення території, збереження родючого шару ґрунту без змішування з нижніми шарами, вирубування або пересадження зелених насаджень. Технології відведення поверхневих вод (нагріні канави, обваловування) та ґрунтових вод (відкритий дренаж з укосами 1:2 глибиною до 1,5 м, закритий дренаж із перфорованими трубами).
- **Геодезична розбивна основа:** Принципи побудови будівельної сітки (базові фігури 200...400 м, додаткові 20...40 м). Порядок закріплення осей постійними знаками з плановою точкою та встановлення будівельних реперів (висотна позначка отримується мінімум від двох реперів геодезичної сітки).
- **Технологія палихвих робіт:** Порівняльний аналіз висячих палів та палив-стояків. Аналіз методів влаштування набивних палів: вибуховий спосіб (зі створенням сферичної порожнини від заряду вибухової речовини), застосування обсадних труб із чавунним башмаком, пневматичні трамбовані палі для водонасичених ґрунтів (тиск повітря 0,25...0,3 МПа).
- **Фундаменти глибокого закладання:** Технологічні особливості опускних колодязів, глибоких бурових опор (діаметром до 3 м і глибиною до 60 м), кесонного методу (з використанням стисненого повітря для витіснення ґрунтових вод) та методу «стіна в ґрунті» (розробка траншеї до 45 м під шаром тискотропного розчину з бетонуванням методом ВПТ).

Блок 2. Аналіз виробничих ситуацій (Кейс-стаді)

Студенти об'єднуються у малі робочі підгрупи для вирішення інженерно-технологічних завдань.

Кейс 1. Водопониження та земляні роботи у водонасичених ґрунтах

Вихідні дані: Будівельний майданчик розташований у низині з високим рівнем ґрунтових вод (0,8 м від поверхні). Проєктом передбачено влаштування підземного паркінгу завглибшки 4,5 м. Ґрунти мають високий коефіцієнт фільтрації.

Завдання для групи:

1. Обрати та обґрунтувати метод відведення ґрунтових вод (відкритий водовідлив чи закритий дренаж) на етапі підготовки майданчика.
2. Запропонувати технологію зведення підземних стін, яка дозволить уникнути обвалення ґрунту та постійного відкачування води. Проаналізувати ефективність методу «стіна в ґрунті» із застосуванням тиксотропного глинястого розчину.
3. Скласти алгоритм бетонування траншеї захватками 6...12 м за допомогою бетонолитних труб (метод ВПТ).

Кейс 2. Вибір технології пальових фундаментів в умовах щільної міської забудови

Вихідні дані: Будівництво 16-поверхового житлового будинку ведеться на відстані 12 метрів від існуючих історичних будівель, що мають неглибокі стрічкові фундаменти. Геологічні умови вимагають застосування пальового фундаменту.

Завдання для групи:

1. Оцінити ризики застосування забивних паль (ударний метод) для існуючої прилеглої забудови.
2. Підібрати безпечну технологію влаштування набивних паль. Розглянути доцільність використання частотрамбованих паль або буронабивних паль із вібраційним формуванням.
3. Пояснити процес ущільнення бетону та ґрунту при влаштуванні частотрамбованих паль молотом подвійної дії (удари вгору витягують трубу на 4...5 см, удари вниз осаджують її на 2...3 см).

Кейс 3. Контроль якості та випробування пальового поля

Вихідні дані: Підприємство організації завершило влаштування куців забивних паль у глинистому ґрунті. Замовник вимагає негайно розпочати випробування несучої здатності паль та влаштування монолітного ростверку.

Завдання для групи:

1. Визначити нормативний час «відпочинку» паль для глинистих ґрунтів перед проведенням статичних випробувань (30...35 діб). Обґрунтувати замовнику неможливість негайного початку випробувань.
2. Описати методику статичного випробування (передавання навантаження гідравлічними домкратами ступенями по 0,07...0,1 від граничного розрахункового).

3. Описати технологічний порядок підготовки голів паль до влаштування ростверку (вирівнювання висоти, обрубання бетону за допомогою відбійних молотків або гідродомкратних пуансонів).

Блок 3. Практичне розрахунково-графічне завдання

Виконання індивідуальних завдань з оформленням у робочих зошитах.

1. **Розробка ескізу геодезичної розбивної основи.** Студентам видається спрощений генплан ділянки. Необхідно накреслити будівельну сітку (із кроком базових фігур 200 м та додаткових 20 м), показати місця встановлення постійних знаків (із бетонаних обрізків рейок або труб) та позначити прив'язку будівельних реперів.
2. **Побудова технологічної схеми бетонування методом ВПТ.** Зобразити схематично розріз процесу підводного бетонування глибокої бурової опори або траншеї. Вказати напрямок руху бетонолитної труби, зону витіснення води (або глинястого розчину) бетоною сумішшю та зазначити мінімальну інтенсивність подачі бетону (не менше 4 м за довжиною стовбура на 1 год).

Блок 4. Підбиття підсумків та оцінювання

Оцінювання роботи здобувачів освіти відбувається за накопичувальною 100-бальною шкалою з подальшим внесенням результатів до журналу. Враховується активність у фаховій дискусії, коректність застосування нормативної бази (ДБН) при вирішенні інженерних кейсів, а також графічна точність і акуратність під час виконання ескізів.

Питання на закріплення знань:

1. За якими основними ознаками класифікують будівельні процеси та чим відрізняються провідні процеси від поєднаних під час планування термінів зведення об'єкта?
2. Яким чином забезпечується відведення «своїх» та «чужих» поверхневих і ґрунтових вод на етапі інженерної підготовки будівельного майданчика?
3. У чому полягає принципова відмінність між роботою в ґрунті висячих паль та паль-стояків?
4. Поясніть технологічний принцип влаштування пневматичних трамбованих паль та вкажіть, у яких саме гідрогеологічних умовах їх застосування є найбільш доцільним.
5. Який час «відпочинку» та стабілізації ґрунту витримується для супісків, суглинків і глин перед початком проведення статичних випробувань несучої здатності паль?

Самостійна робота 2. Технологічні основи та методи зведення кам'яних і армокам'яних конструкцій: від правил розрізання до роботи в екстремальних умовах

Мета заняття: Закріпити та поглибити теоретичні знання здобувачів освіти щодо технології виконання кам'яних робіт, систем перев'язування швів та способів укладання цегли. Сформувані інженерні навички з раціональної організації робочого місця муляра, проєктування армованого мурування та прийняття організаційно-технологічних рішень для виконання робіт у зимових умовах або в умовах жаркого клімату.

Блок 1. Теоретична дискусія та усне опитування (Фронтальна робота)

Викладач ініціює обговорення ключових інженерних концепцій, спираючись на нормативну базу та підручники.

- **Елементи мурування та геометрія каменя:** Визначення стандартних розмірів керамічної цегли (звичайної $250 \times 120 \times 65$ мм та модульної $250 \times 120 \times 88$ мм). Аналіз термінології граней (постіль, довжик, поперечник) та рядів мурування (зовнішня і внутрішня версти, забутування, довжиковий і поперечниковий ряди).
- **Фізико-механічна суть правил розрізання:**
 - *Перше правило:* чому мурування має здійснюватися плоскими рядами, перпендикулярними до діючої сили, і чому максимально допустиме відхилення від вертикалі обмежується $15...17^\circ$.
 - *Друге правило:* запобігання наскрізним поздовжнім і поперечним вертикальним швам для уникнення розшарування стіни на окремі стовпчики.
 - *Третє правило:* необхідність зсуву вертикальних швів суміжних рядів та їх перекриття камінням верхнього ряду (перев'язування).
- **Системи перев'язування швів:** Порівняльний техніко-економічний аналіз однорядної (ланцюгової) та багаторядної систем. Обговорення причин вищої трудомісткості ланцюгової системи (необхідність великої кількості тричверток) та економічних переваг багаторядної (забутування зростає з 25% до 42%, використання половинок). Особливості застосування чотирирядної системи для вузьких простінків до 1 м.
- **Способи укладання цегли залежно від розчину:** Розбір технологічних прийомів укладання «вприсик» (для стін «впустошовку»), «впритул» (повне заповнення швів за допомогою кельми) та «вприсик із підрізанням». Динаміка набору міцності розчином: 25% через 3 доби, 50% через 7 діб, 100% через 28 діб за температури 15°C .
- **Організація робочого місця та інструментарій:** Розподіл робочого місця завширшки 2,5...2,6 м на три зони (робоча зона 0,6...0,7 м, зона складування матеріалів 1,0...1,6 м, вільна транспортна зона). Призначення контрольно-вимірювальних пристроїв: порядівки (з поділками через 77 мм) та шнура-причалки.

Блок 2. Аналіз виробничих ситуацій (Інженерні Кейси)

Здобувачі об'єднуються у мікрогрупи (по 3-4 особи) для вирішення практичних дилем, що виникають на реальних будівельних майданчиках.

Кейс 1. Зимове мурування та запобігання аваріям під час весняного відтавання

Вихідні дані: Будівництво 5-поверхового цегляного будинку здійснюється в січні. Середньодобова температура становить -10°C . Проектом організації робіт прийнято «спосіб заморожування» із застосуванням підігрітих розчинів.

Завдання для групи:

1. Пояснити фізичний процес твердіння розчину в швах при способі заморожування (розчин замерзає, не набравши міцності, і продовжує процес гідратації лише навесні).
2. Визначити головні ризики для несучих конструкцій під час весняного відтавання (осідання, випучування кладки, втрата стійкості).

3. Розробити перелік обов'язкових протиаварійних заходів для підсилення конструкцій перед початком відлиги. Обґрунтувати необхідність встановлення інвентарних хомутів на стовпи та розвантажувальних стояків із клинами у віконних і дверних прорізах.

Кейс 2. Оптимізація трудомісткості та матеріаломісткості зовнішніх стін

Вихідні дані: Підрядник має звести зовнішні стіни адміністративної будівлі товщиною 51 см (в дві цегли). Вимоги до фасаду — під подальше оштукатурювання. У наявності є значна кількість половняку (уламків цегли), який залишився від розвантаження піддонів.

Завдання для групи:

1. Обрати оптимальну систему перев'язування швів (однорядну чи багаторядну), яка дозволить максимально використати наявний половняк. Довести економічну ефективність багаторядної системи, де внутрішнє забутування становить 42% обсягу і може виконуватися з половинок.
2. Запропонувати найбільш швидкий спосіб укладання цегли для стін, що підлягають оштукатурюванню. Обґрунтувати вибір способу «вприсик» для створення кладки «впустошовку» (незаповнення шва на 1-1,5 см для кращого зчеплення зі штукатуркою).

Кейс 3. Зведення високонавантажених стовпів та полегшених конструкцій

Вихідні дані: Проєкт передбачає зведення внутрішніх несучих цегляних стовпів, які сприймають великі навантаження від перекриттів, та влаштування зовнішніх стін складського приміщення, для яких потрібно зменшити вагу і зекономити матеріал.

Завдання для групи:

1. Сформулювати технологічні вимоги до армованого мурування стовпів. Визначити крок укладання зварних металевих сіток (через 4-5 рядів) та обґрунтувати вимогу до товщини розчинного шва (має перевищувати товщину сітки щонайменше на 4 мм для антикорозійного захисту).
2. Запропонувати конструктивне рішення для полегшеного мурування стіни. Описати технологію зведення двох паралельних стінок товщиною в 0,5 цегли із заповненням порожнини легким бетоном, шлаком або плитним утеплювачем (що дає економію цегли до 30-40%).

Блок 3. Практичне розрахунково-графічне завдання

Кожен здобувач виконує самостійну графічну роботу у зошиті для практичних занять.

1. **Схема робочого місця муляра.** Виконати креслення робочого місця муляра в плані. Позначити стіну, що зводиться, загальну ширину робочого місця (2,5...2,6 м) та чітко розмежувати його на три зони із зазначенням їхніх нормативних розмірів: робочу зону (0,6...0,7 м), зону складування з піддонами та ящиками для розчину (1,0...1,6 м) і вільну транспортну зону.
2. **Графічне зображення правил розрізання та систем перев'язування.**
 - Накреслити схему дії сили на камінь (із максимально допустимим кутом відхилення 15...17°).

- Зобразити фрагмент фасаду цегляної стіни (висотою 6 рядів), виконаний за багаторядною системою перев'язування швів (для звичайної цегли), де показати чергування 5 довжикових рядів та 1 поперечникового.
- Вказати нормативні товщини швів: горизонтального (12 мм) та вертикального (10 мм).

Блок 4. Підбиття підсумків та оцінювання

Викладач підсумовує результати роботи груп. Оцінюється здатність здобувачів аргументовано обирати методи укладання цегли, грамотно застосовувати багаторядну чи ланцюгову системи залежно від техніко-економічних вимог та вміння розробляти протиаварійні заходи для зимового мурування. Бали нараховуються за активну участь у дискусії, правильність вирішення кейсів (з посиланням на норми) та точність виконання графічних схем.

Питання на закріплення знань для самоконтролю:

1. Поясніть фізичний зміст першого та другого правил розрізання кам'яного мурування: чому відхилення від вертикалі обмежується 15-17° і чому не допускаються наскрізні вертикальні шви?
2. У чому полягає різниця між однорядною (ланцюговою) та багаторядною системами перев'язування швів щодо витрати цілої цегли та використання половняка у забутованні?
3. Охарактеризуйте технологічні особливості способів укладання цегли «вприсик» та «впритул»: від чого залежить вибір цих способів і як обробляється фасадний шов у кожному з випадків?
4. Які нормативні вимоги висуваються до армованого цегляного мурування (періодичність закладання сіток, товщина розчинного шва відносно арматури)?
5. Чому спосіб заморожування при зимовому муруванні є потенційно небезпечним у період весняних відлиг і які інвентарні пристосування використовуються для запобігання деформаціям конструкцій?

Самостійна робота 3. Індустріальні методи та спеціальні технології зведення монолітних і залізобетонних конструкцій

Мета заняття: Поглибити та систематизувати теоретичні знання щодо комплексного процесу зведення монолітних і залізобетонних конструкцій. Сформулювати практичні вміння з вибору оптимальних схем транспортування бетонної суміші, розрахунку захисного шару арматури, аналізу напружено-деформованого стану бетону та застосування спеціальних методів укладання суміші в екстремальних гідрогеологічних умовах.

Блок 1. Теоретична дискусія та усне опитування (Фронтальна робота)

Викладач проводить інтерактивне опитування, акцентуючи увагу на взаємозв'язку фізико-механічних властивостей бетону та технології його вкладання.

- **Логістика та транспортування бетонної суміші:** Визначення бетонної суміші як тістоподібного вантажу. Аналіз спеціалізованих транспортних засобів технологічного

призначення: автобетонозмішувачів (приготування в дорозі або на об'єкті), автобетононасосів (транспортування з одночасним укладанням) та автобетоновозів. Обговорення причин категоричної заборони транспортування готового бетону звичайними автосамоскидами (розшарування суміші, втрата цементного молока через негерметичність бортів, шкідливий вплив атмосферних опадів та температур).

- **Конструювання та захисний шар арматури:** Призначення зварних плоских та рулонних сіток для монолітних плит завтовшки 50...100 мм із кроком робочих стрижнів 100...200 мм. Розбір трьох критичних функцій захисного шару бетону: 1) гарантована спільна робота арматури та бетону (передача зусиль зчеплення); 2) надійний антикорозійний захист сталі; 3) забезпечення нормативної вогнестійкості конструкції під час пожежі. Правило конструктивного армування самого захисного шару у попередньо напружених елементах, якщо його товщина перевищує 45 мм.
- **Спеціальні методи бетонування:** Детальний розбір технології підводного бетонування методом вертикально переміщеної труби (ВПТ) для глибоких бурових опор та методу «стіна в ґрунті». Принцип дії пневматичних трамбованих паль, де бетон подається через шлюзову камеру під постійним тиском стисненого повітря 0,25...0,3 МПа. Використання молота подвійної дії для влаштування частотрамбованих паль із вібраційним ущільненням (осідання конуса бетону 8...10 см).
- **Фізико-механічні процеси в моноліті:** Аналіз явища нелінійної повзучості бетону, яке різко інтенсифікується при перевищенні напружень у 0,45 від середньої міцності на стиск (поріг мікротріщиноутворення). Вплив багатовісного напруженого стану: збільшення міцності бетону при двовісному стиску за рахунок ефекту «обойми», що стримує поперечні деформації.

Блок 2. Аналіз виробничих ситуацій (Інженерні Кейси)

Здобувачі об'єднуються у робочі підгрупи для вирішення комплексних технологічних задач, що імітують реальні проблеми на будівельному майданчику.

Кейс 1. Вибір транспортно-технологічної схеми доставки бетону

Вихідні дані: Будівельний майданчик розташований за 25 км від стаціонарного бетонного заводу. Замовник наполягає на здешевленні логістики шляхом використання наявного парку автосамоскидів замість оренди спеціалізованих автобетонозмішувачів.

Завдання для групи:

1. Спираючись на норми, аргументовано довести замовнику неможливість використання автосамоскидів для транспортування тістоподібних вантажів.
2. Пояснити механіку процесу розшарування бетонної суміші від вібрації під час тривалого транспортування та наслідки втрати цементного молока для марочної міцності майбутньої конструкції.
3. Запропонувати економічно обґрунтовану схему: доставка сухих компонентів автосамоскидами з наступним приготуванням бетону на приоб'єктному бетонному вузлі, АБО використання автобетонозмішувачів, що гарантують збереження однорідності суміші.

Кейс 2. Бетонування фундаментів у зоні високих ґрунтових вод

Вихідні дані: Проектом передбачено влаштування глибоких бурових опор під мостовий перехід. Роботи ведуться у водонасичених ґрунтах. Відкачування води зі свердловин неможливе через небезпеку суфозії (розмивання ґрунту навколо свердловини).

Завдання для групи:

1. Розробити технологічну карту укладання бетону методом ВПТ (вертикально переміщеної труби).
2. Пояснити фізику процесу: яким чином бетонна суміш, що подається на дно під тиском власної ваги в трубі, витісняє ґрунтову воду вгору, не перемішуючись із нею та не втрачаючи цементне в'язуче.
3. Визначити вимоги до інтенсивності бетонування (забезпечення безперервності підйому рівня бетону).

Кейс 3. Забезпечення довговічності залізобетонного каркаса

Вихідні дані: Під час армування колон підвального поверху (де очікується висока вологість) арматурники встановили просторові каркаси так, що відстань від робочих стрижнів (діаметром 20 мм) до країв опалубки становить лише 5-7 мм.

Завдання для групи:

1. Спираючись на три головні функції захисного шару, проаналізувати наслідки такого порушення технології. Акцентувати увагу на неминучій корозії сталі у вологому середовищі та різкому зниженні межі вогнестійкості колон.
2. Вказати технологічні методи виправлення ситуації до початку бетонування (використання пластикових фіксаторів типу «зірочка» або «стілчик» для забезпечення проектного захисного шару).
3. Пояснити, як в умовах експлуатації двовісний напружений стан бетону всередині колони (завдяки поперечній арматурі, що створює ефект «обойми») підвищить загальну стійкість конструкції.

Блок 3. Практичне розрахунково-графічне завдання

Виконання графічних побудов у робочих зошитах для розвитку просторового інженерного мислення.

1. **Схема підводного бетонування (ВПТ).** Здобувачі мають накреслити розріз свердловини. На схемі необхідно позначити: бурову опору, заповнену водою; бетонолитну трубу, опущену до дна; приймальний бункер; рівень укладеної бетонної суміші. Стрілками обов'язково вказати напрямок руху бетону з труби вгору та напрямок витіснення води.
2. **Переріз залізобетонного елемента.** Накреслити поперечний переріз колони або балки. Чітко показати поздовжню робочу арматуру (діаметром не менше 16 мм для колон), поперечну арматуру (хомути) та нанести розмірні лінії, що позначають захисний шар бетону (відстань від зовнішньої грані бетону до найближчої поверхні арматурного стрижня).

Блок 4. Підбиття підсумків та оцінювання

Викладач підбиває підсумки роботи. Оцінюється рівень володіння технічною термінологією, глибина розуміння фізико-механічних процесів (повзучість, гідратація, корозія) та аргументованість під час вирішення логістичних і технологічних кейсів. Здобувачі, які продемонстрували здатність інтегрувати знання з будівельного матеріалознавства, механіки та технології виробництва, отримують максимальні бали.

Питання на закріплення знань для самоконтролю:

1. Назвіть спеціалізовані транспортні засоби для перевезення бетонної суміші та обґрунтуйте, чому використання автосамоскидів для цієї мети вважається грубим порушенням технології.
2. Сформулюйте три основні експлуатаційні функції, які виконує захисний шар бетону в залізобетонних конструкціях.
3. Опишіть технологічну сутність методу вертикально переміщуваної труби (ВПТ). У яких саме умовах будівельного майданчика він є безальтернативним?
4. Які інструменти та механізми використовуються для забезпечення високого ступеня ущільнення бетонної суміші при влаштуванні частотрамбованих та пневматичних трамбованих паль?
5. Поясніть фізичну суть поняття «нелінійна повзучість бетону». При яких значеннях внутрішніх напружень (відносно міцності на стиск) цей процес починає різко прогресувати?

Самостійна робота 4. Технологія та організація монтажу будівельних конструкцій: від приоб'єктного складування до суміщеного монтажу

Мета заняття: Закріпити теоретичні знання щодо індустріальних методів монтажу промислових і цивільних будівель, правил складування збірних залізобетонних елементів та специфіки великоблокового й великопанельного будівництва. Сформувати практичні вміння з організації безпечного робочого простору монтажників та вибору раціональних схем суміщеного монтажу конструкцій і технологічного устаткування.

Блок 1. Теоретична дискусія та усне опитування (Фронтальна робота)

Викладач ініціює обговорення організаційно-технологічних вимог до монтажних процесів, спираючись на діючі норми та стандарти.

- **Організація приоб'єктного складу:** Вимоги до інженерної підготовки майданчика складування: ущільнення ґрунту, влаштування твердої основи (підсипання гравію/щебеню), забезпечення нахилу для відведення поверхневих вод від доріг та підкранових колій. Обов'язкове очищення від снігу й льоду в зимовий період.
- **Правила штабелювання залізобетонних елементів:** Аналіз просторового розміщення конструкцій. Чому стінні блоки, панелі та перегородки необхідно зберігати виключно у вертикальному положенні в спеціальних металевих касетах. Нормативи висоти штабелів: для плит перекриття — не більше 2,5 м, для колон і ригелів (на ребро) — не більше 2 м. Правила укладання сходових маршів (сходишками догори у 5-6 рядів).

- **Вимоги до підкладок і прокладок:** Розміри нижніх підкладок (150x150 мм) та міжрядних прокладок (80x80 мм). Обов'язкова умова розміщення прокладок суворо на одній вертикальній лінії та виступ їхніх кінців за краї штабеля мінімум на 50 мм. Організація проходів: 70...100 см через кожні два штабелі у поздовжньому напрямі.
- **Суміщений монтаж промислових будівель:** Економічна та соціальна доцільність суміщення монтажу каркаса з установленням технологічного обладнання для прискореного введення потужностей. Розбір горизонтальної та вертикальної схем розвитку спеціалізованих потоків. Причини заборони застосування простої вертикальної схеми (одночасна робота на різних поверхах в одній зоні) за участю кранів через порушення правил охорони праці.
- **Монтаж цивільних великорозмірних будівель:** Порівняння великоблокового (шлакобетонні, керамзитобетонні, цегляні блоки) та великопанельного зведення. Переваги дворядного розрізування блокових стін порівняно з чотирирядним (зменшення кількості монтажних одиниць). Відсутність перев'язування швів у панельних будівлях та забезпечення їхньої стійкості через надійне зварне кріплення заставних деталей. Технологічна послідовність монтажу панелі: подача, тимчасове кріплення підкосами, вивірення по вертикалі рейкою-схилом, підштопування розчину, розстропування.

Блок 2. Аналіз виробничих ситуацій (Інженерні Кейси)

Здобувачі об'єднуються у робочі підгрупи для розв'язання практичних дилем, виявляючи порушення технології та пропонуючи нормативні рішення.

Кейс 1. Порушення логістики та правил приоб'єктного складування

Вихідні дані: Під час перевірки будівельного майданчика інспектор з охорони праці виявив наступне: зовнішні стінові панелі складені горизонтально у штабелі висотою 3 метри; дерев'яні прокладки між плитами перекриття зміщені одна відносно іншої на 20-30 см; відсутні проходи між сусідніми штабелями фундаментних блоків.

Завдання для групи:

1. Спираючись на нормативи, пояснити, чому горизонтальне складування стінових панелей призведе до їхнього руйнування (виникнення непередбачених згинальних напружень, панелі мають зберігатися вертикально в касетах).
2. Обґрунтувати вимогу щодо розміщення прокладок на одній вертикальній лінії та пояснити ризик зрізу або зламу плит при зміщенні опорних точок.
3. Вказати допустиму нормативну висоту штабеля для плит перекриття (до 2,5 м) та нормативну ширину безпечних проходів (70...100 см).

Кейс 2. Організація суміщеного потоку на багатоповерховому промисловому об'єкті

Вихідні дані: Проєктний менеджер пропонує прискорити будівництво 3-поверхового цеху шляхом організації робіт за вертикальною схемою: поки на третьому поверсі баштовий кран монтує перекриття, на першому поверсі інша бригада за допомогою мостового крана монтує важке технологічне обладнання.

Завдання для групи:

1. Оцінити запропоновану схему з точки зору правил охорони праці. Довести неприпустимість виконання робіт по одній вертикалі при суміщеному монтажі із застосуванням кранів через ризик падіння вантажів або інструменту на нижніх працівників.
2. Запропонувати безпечну альтернативу: поділ на два послідовні спеціалізовані потоки (перший — монтаж будівельних конструкцій та подача устаткування в зону монтажу, другий — безпосередній монтаж устаткування).
3. Пояснити, чому використання двох різних комплектів кранів для цих потоків може викликати значні організаційні перерви (до 25% тривалості).

Кейс 3. Технологічна послідовність монтажу зовнішньої стінової панелі

Вихідні дані: Монтажна ланка працює за такою схемою: кран подає стінову панель на перекриття, монтажники приймають її, одразу ж виконують зварювання заставних деталей із конструкціями каркаса, після чого відчіпляють гак крана. Вивірення панелі по вертикалі не здійснюється через «брак часу».

Завдання для групи:

1. Вказати на грубі порушення технологічної послідовності монтажу. Пояснити, чому зварювання конструкцій до остаточного вивірення (рейкою-схилом) є недопустимим.
2. Описати правильний алгоритм: установлення панелі за ризиками, застосування тимчасових кріплень (підкосів), точне вивірення, і лише після цього — розстропування крана, щоб не затримувати його роботу.
3. Зазначити необхідність підштопування розчину у горизонтальний шов для забезпечення герметичності та теплоізоляції стику.

Блок 3. Практичне розрахунково-графічне завдання

Виконання самостійної графічної роботи у зошитах (аудиторний ескіз).

1. **Схема штабелювання залізобетонних плит перекриття.** Накреслити фронтальний розріз штабеля плит. Показати тверду основу, нижні підкладки (перерізом 150x150 мм), плити (укладені горизонтально), міжрядні прокладки (80x80 мм), розміщені суворо на одній вертикалі. Вказати монтажні петлі, зорієнтовані догори, та позначити гранично допустиму висоту штабеля (не більше 2,5 м).
2. **Схема дворядного розрізування великоблокової стіни.** Накреслити фрагмент фасаду будівлі (один поверх, одне вікно). Показати розбиття стіни на великорозмірні блоки за дворядною системою: виділити простінкові блоки (на всю висоту вікна) та підвіконні/надоконні блоки (перемичкові), демонструючи мінімальну кількість монтажних одиниць.

Блок 4. Підбиття підсумків та оцінювання

Викладач систематизує результати роботи малих груп. Оцінюється здатність здобувачів виявляти порушення технологічних карт на основі реальних нормативів (ДБН, СНИП щодо техніки безпеки). Високими балами відзначаються студенти, які успішно аргументували неможливість вертикальної схеми монтажу з кранами та безпомилково відтворили графічні схеми складування вантажів.

Питання на закріплення знань для самоконтролю:

1. Які вимоги висуваються до інженерної підготовки майданчика (основи) приоб'єктного складу перед початком приймання будівельних вантажів?
2. Чому зовнішні стінові панелі та перегородки категорично заборонено складувати в горизонтальних штабелях і яке обладнання використовується для їх зберігання?
3. Поясніть правило розміщення дерев'яних прокладок у штабелях багатопустотних плит перекриття: якими мають бути їхні розміри та просторове розташування?
4. У чому полягає економічна суть суміщеного монтажу будівельних конструкцій і технологічного обладнання при зведенні промислових будівель?
5. Назвіть чітку технологічну послідовність операцій, які повинна виконати ланка монтажників при встановленні великорозмірної стінової панелі (від прийому до розстропування крана).

МОДУЛЬ 2. Організація і планування будівельного виробництва

Самостійна робота 5. Організаційно-економічні моделі капітального будівництва та основи проєктування будівельних потоків

Мета заняття: Засвоїти організаційні форми взаємодії учасників інвестиційно-будівельного процесу. Сформувати практичні навички порівняльного аналізу методів організації робіт (послідовного, паралельного, потокового) та оволодіти принципами структурування будівельних потоків за видами продукції і характером ритмічності.

Блок 1. Теоретична дискусія та усне опитування (Фронтальна робота)

Викладач скеровує дискусію на розуміння управлінських моделей та базових принципів просторово-часового планування.

- **Організаційні форми будівництва:** Аналіз сутності господарського способу (виконання робіт власними силами підприємства-забудовника) та підрядного способу (залучення спеціалізованих будівельних організацій за договором). Обговорення переваг методу «під ключ» для інвестора (передача всіх функцій генпідряднику) та механізму проведення відкритих і закритих торгів (тендерів).
- **Корпоративні структури в будівництві:** Розбір форм об'єднання будівельних підприємств: асоціації (координація), корпорації, консорціуми (тимчасове об'єднання промислового та банківського капіталу), концерни та холдинги.
- **Методи організації виробництва:** Порівняльний аналіз трьох базових методів зведення m однакових об'єктів. Оцінка послідовного методу (мінімальне споживання ресурсів, але максимальна тривалість і простої бригад). Оцінка паралельного методу (мінімальний час, але критичне одноразове перевантаження логістики та фінансів). Синтез переваг у потоковому методі (планомірний випуск продукції, рівномірне навантаження).

- **Принципи проєктування потоку:** Розчленування процесу на складові, поділ фронту робіт на захватки, синхронізація процесів, закріплення незмінного складу бригад та їх рівномірне пересування.
- **Класифікація потоків:** Ієрархія за обсягом (приватні, спеціалізовані, об'єктні, комплексні потоки). Класифікація за ритмічністю: рівноритмічні (усі бригади мають однаковий ритм $t=k$), кратноритмічні (ритми кратні між собою) та різноритмічні. Класифікація за напрямком: горизонтальна, вертикально висхідна, вертикально спадна схеми.

Блок 2. Аналіз виробничих ситуацій (Інженерні та управлінські Кейси)

Здобувачі працюють у малих групах як проєктні менеджери, вирішуючи стратегічні та логістичні завдання.

Кейс 1. Вибір організаційної форми (способу) капітального будівництва

Вихідні дані: Велике машинобудівне підприємство планує реконструкцію одного з цехів та прибудову нового складського комплексу. Підприємство має власну ремонтну службу, але не має парку важких баштових кранів.

Завдання для групи:

1. Спираючись на теорію, оцінити доцільність виконання робіт господарським способом (власними силами).
2. Обґрунтувати необхідність переходу на підрядний або змішаний спосіб, враховуючи потребу у спеціалізованій техніці та кваліфікованих кадрах.
3. Запропонувати умови тендеру для вибору генпідрядної організації на умовах будівництва «під ключ».

Кейс 2. Оптимізація використання ресурсів при масовій забудові

Вихідні дані: Муніципалітет замовив будівництво п'яти типових дитячих садків. Технологічний цикл поділяється на три стадії (підземна частина, надземна частина, оздоблення). Фінансування надходить рівномірно щомісяця. Генпідрядник пропонує будувати всі п'ять садків паралельно, щоб здати їх до виборів.

Завдання для групи:

1. Проаналізувати недоліки паралельного методу організації будівництва в умовах рівномірного, але лімітованого фінансування (колосальна концентрація матеріалів, пікова потреба в механізмах).
2. Довести, що потоковий метод є єдиною правильним рішенням: як він дозволить уникнути простоїв спеціалізованих бригад (бетонярів, мулярів, штукатурів) та зберегти ритмічність фінансування.

Кейс 3. Структуризація будівельних потоків на об'єкті

Вихідні дані: Починається будівництво мікрорайону (5 багатоповерхових будинків). Заплановано виконання таких робіт: риття котловану, улаштування фундаментів, цегляне мурування стін 1-го поверху, монтаж плит перекриття.

Завдання для групи:

1. Ідентифікувати приватні потоки у цьому переліку (наприклад, потік із риття котловану).
2. Визначити, які приватні потоки об'єднуються у спеціалізований потік нульового циклу.
3. Пояснити, як спеціалізовані потоки формують об'єктний потік (один будинок), а сукупність об'єктних — комплексний потік (мікрорайон).
4. Встановити напрямок розвитку потоків (для фундаментів — горизонтальна схема, для стін багатоповерхівки — вертикально висхідна).

Блок 3. Практичне розрахунково-графічне завдання

Виконання графічних побудов у робочих зошитах для візуалізації організаційних методів.

1. **Графічне порівняння методів організації будівництва.** Студентам необхідно побудувати три спрощені лінійні графіки (осі координат: по вертикалі — об'єкти від 1 до 3, по горизонталі — час у місяцях). Кожен об'єкт будується 3 місяці (по 1 місяцю на кожен із трьох етапів).
 - *Схема 1 (Послідовний метод):* відобразити зведення об'єктів один за одним (загальна тривалість 9 місяців).
 - *Схема 2 (Паралельний метод):* відобразити одночасний початок робіт на всіх об'єктах (загальна тривалість 3 місяці).
 - *Схема 3 (Потоковий метод):* зобразити ступінчасте включення в роботу бригад із кроком в 1 місяць (загальна тривалість 5 місяців).
2. **Діаграма використання ресурсів.** Під кожним із трьох побудованих графіків намалювати епюру (гістограму) щоденної потреби у робітниках (припустимо, 1 етап вимагає 10 робітників). Показати, що при паралельному методі пік становитиме 30 робітників одночасно, а при послідовному та потоковому — ресурсоспоживання буде стабільнішим і меншим.

Блок 4. Підбиття підсумків та оцінювання

Викладач перевіряє правильність складених лінійних графіків та ресурсних епюр. Здобувачі повинні аргументовано захистити вибрані організаційні рішення. Бали нараховуються за правильну класифікацію потоків (приватний, спеціалізований тощо), вільне володіння термінологією (ритм, крок, захватка) та логічність обґрунтування недоліків паралельного методу.

Питання на закріплення знань для самоконтролю:

1. Охарактеризуйте відмінності між господарським, підрядним способами будівництва та будівництвом об'єктів «під ключ».
2. Які головні недоліки притаманні послідовному та паралельному методам організації будівельних робіт і як потоковий метод вирішує ці проблеми?
3. Дайте визначення приватному, спеціалізованому, об'єктному та комплексному будівельним потокам, навівши приклади для кожного з них.

4. Назвіть п'ять базових принципів, на основі яких здійснюється проєктування та розрахунок параметрів будівельного потоку.
5. За яким принципом будівельні потоки поділяються на горизонтальні, вертикально висхідні та вертикально спадні?

Самостійна робота 6. Математичне та графічне моделювання будівельних потоків: розрахунок ритмічних, різноритмічних та неритмічних процесів

(Примітка: нумерація семінарів продовжується послідовно відповідно до тем лекцій)

Мета заняття: Засвоїти методику розрахунку просторових, тимчасових та технологічних параметрів будівельних потоків. Сформувані інженерні навички проєктування циклограм для ритмічних і кратноритмічних потоків, а також оволодіти матричним алгоритмом розрахунку неритмічних потоків із визначенням точок критичного зближення бригад.

Блок 1. Теоретична дискусія та усне опитування (Фронтальна робота)

Викладач здійснює опитування здобувачів для перевірки розуміння базового математичного і логічного апарату потокового будівництва.

- **Система параметрів будівельного потоку:**
 - *Просторові:* чітке розмежування понять «захватка» (ділянка для роботи однієї бригади), «фронт робіт», «ділянка» (повторюваний комплекс робіт) та «ярус» (поділ по вертикалі).
 - *Тимчасові:* визначення загальної тривалості (T), періоду розгортання (T_1) та періоду випуску продукції (T_2). Аналіз фізичного змісту кроку потоку (t) та ритму роботи бригади (k). Роль технологічних (t_{mex}) та організаційних ($t_{орг}$) перерв.
 - *Технологічні:* кількість спеціалізованих потоків (n) та інтенсивність (потужність) потоку в натуральних показниках.
- **Основи розрахунку ритмічних потоків:** Математичне обґрунтування базової формули $T = (m + n - 1)t + \sum t_{mex} + \sum t_{орг}$, де m — кількість захваток, n — кількість бригад. Визначення умов, за яких потік вважається суворо ритмічним (усі бригади працюють з однаковим ритмом $t=k$ на всіх захватках).
- **Закономірності різноритмічних потоків:** Розбір двох фундаментальних правил технологічного зв'язування. Чому, якщо ритм наступної бригади більший за попередній, вона починає роботу одразу після звільнення першої захватки? І чому, якщо її ритм менший (швидша бригада), її старт штучно затримують до моменту, коли попередня наблизиться до останньої захватки?
- **Матричний метод для неритмічних потоків:** Обговорення сфер застосування неритмічних потоків (об'єкти складної конфігурації з нерівномірним розподілом обсягів). Поняття матриці (стовпці — бригади, рядки — захватки). Сутність методу «критичного зближення» суміжних бригад для запобігання накладання робіт на одній захватці.

Блок 2. Аналіз виробничих ситуацій (Інженерні Кейси)

Здобувачі об'єднуються у розрахункові групи для вирішення оптимізаційних задач.

Кейс 1. Управління різноритмічним потоком та уникнення простоїв

Вихідні дані: На будівництві житлового будинку (поділеного на 4 захватки) працюють дві бригади: 1-ша виконує цегляне мурування з ритмом 4 дні на захватку, 2-га монтує плити перекриття з ритмом 2 дні на захватку.

Завдання для групи:

1. Визначити тип потоку (різноритмічний, оскільки ритми постійні, але $4 \neq 2$).
2. Визначити правило зв'язування: ритм наступної бригади (2 дні) менший за ритм попередньої (4 дні). Отже, друга бригада працює швидше і може «наздогнати» мулярів.
3. Розрахувати час штучної затримки початку роботи другої бригади, щоб критичне зближення відбулося лише на останній (4-й) захватці, уникнувши простою монтажників в очікуванні фронту робіт.
4. Запропонувати заходи для перетворення цього потоку у кратноритмічний (залучити дві паралельні бригади мулярів, які працюватимуть на парних і непарних захватках відповідно, що вирівняє загальний ритм до 2 днів).

Кейс 2. Планування графіків за наявності технологічних перерв

Вихідні дані: Зводиться монолітний каркас. Потік складається з 3 процесів ($n=3$): армування, бетонування, розпалублення. Кількість захваток $m=5$. Ритм $t=2$ дні. За нормами (ДБН), між бетонуванням і розпалубленням бетон має набирати міцність протягом 4 днів (технологічна перерва $t_{tex} = 4$).

Завдання для групи:

1. Розрахувати загальну тривалість виконання робіт T за базовою формулою ритмічного потоку з урахуванням перерви.
2. Пояснити вплив цієї перерви на зміщення початку роботи бригади розпалубників на всіх захватках.

Кейс 3. Стратегія розрахунку матриці для об'єкта зі складною архітектурою

Вихідні дані: Підрядник зводить громадський центр із нерівномірною площею поверхів (через тераси та атріуми). Розбити будівлю на рівні за трудомісткістю захватки неможливо. Роботи носять суто неритмічний характер.

Завдання для групи:

1. Обґрунтувати застосування матричного методу.
2. Проаналізувати правило розрахунку: чому, якщо загальна тривалість робіт наступної бригади на всіх захватках більша, розрахунок у матриці ведуть згори вниз, а якщо менша — знизу вгору (штучно відсуваючи старт, щоб не виникло накладання на останніх захватках).

Блок 3. Практичне розрахунково-графічне завдання

Кожен здобувач виконує індивідуальні математичні та графічні побудови.

1. **Побудова циклограми М.С. Буднікова.** На міліметровому папері (або в зошиті в клітинку) побудувати циклограму ритмічного потоку для $m=4$, $n=3$, $t=3$ дні.
 - По вертикальній осі відкласти 4 захватки.
 - По горизонтальній осі — час у днях.
 - Намалювати 3 похилі лінії (потоки бригад), які паралельно рухаються крізь захватки із кроком у 3 дні. Впевнитися, що графічна тривалість T збігається з аналітичним розрахунком за формулою $T = (4+3-1) \cdot 3 = 18$ днів.
2. **Матричний розрахунок неритмічного потоку.** Студентам видається порожня матриця розміром 3×3 (3 захватки, 3 бригади). Задані випадкові неритмічні тривалості робіт у клітинках (наприклад, 2, 4, 3 дні для першої бригади тощо).
 - Виконати алгоритм: знайти загальну тривалість для кожного стовпця.
 - Визначити точку критичного зближення для 1-ї та 2-ї бригад.
 - Заповнити верхні ліві (початок) та нижні праві (закінчення) кути кожної клітинки.
 - Знайти загальний термін будівництва (число у нижньому правому куті останньої клітинки).

Блок 4. Підбиття підсумків та оцінювання

Викладач проводить перевірку матричних розрахунків, оскільки це вимагає суворої математичної логіки. Оцінюється здатність швидко та безпомилково визначати точки критичного зближення в неритмічних потоках. Високі бали ставляться за бездоганно оформлену графічну частину (циклограми), розуміння фізичного змісту формул та вміння оптимізувати різноритмічні потоки.

Питання на закріплення знань для самоконтролю:

1. Напишіть і детально розшифруйте базову математичну формулу для визначення загальної тривалості (T) суворо ритмічного будівельного потоку.
2. Яким чином у розрахунках і на графіках-циклограмах відображаються технологічні та організаційні перерви між роботою суміжних бригад?
3. Сформулюйте два правила технологічного зв'язування різноритмічних потоків (коли ритм наступної бригади менший, і коли — більший за попередню).
4. За допомогою яких організаційних рішень різноритмічний потік на будівельному майданчику можна оптимізувати та перетворити на кратноритмічний?
5. Опишіть алгоритм визначення місця (номера захватки) критичного зближення двох суміжних бригад під час матричного розрахунку неритмічного потоку.

Самостійна робота 7. Сітьове моделювання в управлінні будівельними проєктами: оптимізація та метод критичного шляху (CPM)

Мета заняття: Засвоїти методологію сітьового планування та управління (СПУ) як ключового інструменту координації будівельного виробництва. Сформувати практичні навички з побудови сітьових графіків (типів «вершини-роботи» та «вершини-події»), розрахунку їхніх тимчасових параметрів (ранніх і пізніх строків, резервів часу), виявлення критичного шляху та оптимізації моделі за критерієм часу.

Блок 1. Теоретична дискусія та усне опитування (Фронтальна робота)

Викладач ініціює глибоке теоретичне обговорення, перевіряючи розуміння здобувачами логіки побудови графівів та фізичного змісту часових параметрів.

- **Еволюція та призначення сітьового моделювання:** Історичний контекст методу (теорія графівів Л. Ейлера). Аналіз першого застосування методу критичного шляху (CPM) корпорацією «Дюпон» (1956 р.) та системи PERT для програми «Поларіс» (1957–1958 рр.), що дозволило координувати тисячі субпідрядників. Переваги сітьових моделей над лінійними графіками Ганта при управлінні складними комплексами (відображення чіткої технологічної залежності).
- **Класифікація та структурні елементи моделей:** Розбір елементів графіка типу «вершини-події»: *робота* (процес із витратами часу та ресурсів, позначається суцільною стрілкою), *очікування* (технологічна перерва, потребує лише часу), *подія* (факт закінчення робіт, позначається колом, не має тривалості), *залежність / фіктивна робота* (позначається пунктирною стрілкою, визначає логічний зв'язок без витрат часу і праці).
- **Правила побудови сітьових графіків:** Аналіз топологічних заборон: неприпустимість замкнутих контурів (циклів), коли стрілки повертаються у висхідну подію. Правило введення додаткової події та фіктивної роботи при паралельному виконанні кількох процесів, що починаються і закінчуються одночасно.
- **Тимчасові параметри та критичний шлях:** Визначення повного шляху від висхідної до завершальної події. Поняття *критичного шляху* ($T_{кр}$) як найдовшого ланцюга робіт, що не має резервів часу і визначає загальний строк будівництва об'єкта.
- **Система строків та резервів:** Фізичний зміст ранніх ($t^{рп}$, $t^{рз}$) та пізніх ($t^{пп}$, $t^{пз}$) строків виконання робіт. Різниця між *повним резервом часу* (R) — максимальним часом затримки без впливу на загальний строк будівництва, та *вільним резервом часу* (r) — затримкою, яка не зсуває ранній початок наступних робіт.

Блок 2. Аналіз виробничих ситуацій (Інженерні та управлінські Кейси)

Здобувачі працюють у мікрогрупах (по 3-4 особи), аналізуючи управлінські дилеми та шукаючи шляхи оптимізації проєктів.

Кейс 1. Топологічна помилка: паралельні роботи в графіку «вершини-події»

Вихідні дані: Інженер-початківець склав сітьовий графік зведення промислової естакади. Робота А (монтаж лівої гілки опор) і Робота Б (монтаж правої гілки опор) починаються після події 1 (завершення фундаментів) і повинні завершитися до події 2 (початок монтажу прогонових будов). Інженер зобразив дві суцільні стрілки, що виходять з кола 1 і входять у коло 2.

Завдання для групи:

1. Пояснити, чому таке графічне зображення є помилковим і порушує базові правила СПУ (дві різні роботи не можуть мати однаковий код початкової та кінцевої події 1-2, це унеможливило б комп'ютерний розрахунок).
2. Запропонувати правильне графічне рішення. (Ввести проміжну додаткову подію 1' для однієї з гілок та з'єднати її з подією 2 пунктирною стрілкою — фіктивною роботою з нульовою тривалістю).

Кейс 2. Зрив постачання та управління резервами часу

Вихідні дані: На будівництві торговельного центру виникла форс-мажорна ситуація. Завод-виробник затримує постачання металевих ферм покриття на 5 днів. Монтаж ферм лежить на критичному шляху. Одночасно субпідрядник затримує початок внутрішнього цегляного мурування перегородок на 4 дні (ця робота має повний резерв часу $R = 7$ днів).

Завдання для групи:

1. Оцінити вплив кожної із затримок на загальну тривалість будівництва. (Затримка монтажу ферм збільшить загальний термін об'єкта рівно на 5 днів, оскільки резерв дорівнює нулю; затримка мурування на 4 дні не вплине на загальний термін, оскільки $4 < 7$).
2. Запропонувати управлінське рішення директору з будівництва для компенсації відставання по критичному шляху. (Розглянути можливість перекидання частини робітників або механізмів з некритичних робіт, які мають значні резерви часу, на роботи критичного шляху для прискорення монтажу після прибуття конструкцій).

Кейс 3. Цифровізація управління: перехід на MS Project

Вихідні дані: Будівельна компанія переходить на автоматизоване управління проєктами (системи Primavera або MS Project). У старому архіві всі графіки зберігаються у форматі «вершини-події».

Завдання для групи:

1. Пояснити логіку побудови графіка типу «вершини-роботи», який використовується в сучасному ПЗ (роботи зображуються прямокутниками, а технологічні зв'язки — суцільними стрілками між ними).
2. Обґрунтувати, чому цей метод зручніший для цифровізації (відсутність необхідності вводити фіктивні роботи та події, легкість зміни топології мережі при додаванні нових процесів).

Блок 3. Практичне розрахунково-графічне завдання

Виконання самостійного інженерного розрахунку на роздавальних бланках.

1. **Побудова та розрахунок сітьового графіка методом «хреста» (безпосередньо на графіку).**

Студентам видається перелік із 6 взаємопов'язаних робіт із заданою тривалістю.

- *Крок 1:* Накреслити логічну структуру графіка типу «вершини-події», використовуючи кола (події) та стрілки (роботи).

- *Крок 2:* Розділити кожне коло події на чотири сектори (хрестом). У верхній сектор вписати номер події.
- *Крок 3:* Розрахувати ранні строки (прямий хід зліва направо). У лівий сектор вписувати суму попереднього раннього строку та тривалості роботи; при злитті кількох стрілок — обирати *максимальне* значення.
- *Крок 4:* Розрахувати пізні строки (зворотний хід справа наліво). У правий сектор вписувати різницю між пізнім строком наступної події та тривалістю; при розгалуженні — обирати *мінімальне* значення.
- *Крок 5:* Визначити події, де ранні й пізні строки збігаються (лівий сектор дорівнює правому). З'єднати їх потовщеною лінією — це і є **критичний шлях** (Т_{кр}).

2. **Розрахунок резервів.** Для двох некритичних робіт (на вибір викладача) розрахувати за формулами повний резерв ($R = t^{пз} - t^{рз}$) та вільний резерв (r).

Блок 4. Підбиття підсумків та оцінювання

Викладач здійснює фронтальну перевірку правильності розрахунку сітьових графіків. Оцінюються логічна правильність побудови топології мережі, відсутність топологічних помилок (циклів, дублювання шифрів робіт) та математична точність прямого і зворотного ходу при визначенні критичного шляху. Здобувачі, які запропонували найбільш раціональні управлінські рішення у Кейсі 2, отримують додаткові заохочувальні бали.

Питання на закріплення знань для самоконтролю:

1. Охарактеризуйте структурні відмінності між сітьовими моделями типу «вершини-роботи» та «вершини-події»: як у них позначаються виробничі процеси та технологічні зв'язки?
2. Яку роль у сітьовому графіку відіграють фіктивні роботи, якими графічними символами вони позначаються і чи потребують вони витрат часу або ресурсів?
3. Дайте визначення критичного шляху сітьового графіка. Чому будь-яка затримка виконання роботи, що лежить на критичному шляху, неминуче призводить до зриву загальних строків будівництва?
4. Сформулюйте фізичний зміст та різницю між повним (R) і вільним (r) резервами часу.
5. Опишіть алгоритм визначення ранніх строків виконання робіт при розрахунку сітьового графіка безпосередньо у вузлах (метод прямого ходу зліва направо).

Самостійна робота 8. Системне календарне планування будівельного виробництва: від комплексних програм до оперативного управління

Мета заняття: Засвоїти методологію просторово-часового моделювання будівельних процесів на різних стадіях проєктування (ПОБ і ПВР). Сформулювати практичні вміння з розробки лінійних графіків Ганта, оптимізації потреби у ресурсах, визначення черговості забудови житлових мікрорайонів і промислових комплексів, а також планування робіт підготовчого періоду.

Блок 1. Теоретична дискусія та усне опитування (Фронтальна робота) Викладач проводить розширене опитування, спрямоване на перевірку розуміння студентами взаємозв'язку між тривалістю будівництва, технологією та економічною ефективністю.

- **Функції та нормативна база календарного планування:** Визначення календарного плану як розкладу робіт, що гарантує своєчасне введення об'єкта в експлуатацію. Обговорення ролі нормативних документів (зокрема СНіП 1.04.03-85 «Норми тривалості будівництва») у встановленні граничних термінів зведення залежно від складності об'єкта. Аналіз умов, за яких допускається відхилення від нормативної тривалості (стислі терміни за вимогами інвестора або складні природно-кліматичні умови).
- **Форми календарного планування:** Порівняння спрощених форм (переліки робіт із термінами, плани у грошовому вираженні для фінансування) та графічних форм. Розбір п'яти етапів розробки лінійного графіка Ганта: від складання номенклатури робіт і підрахунку трудомісткості до оптимізації графіка за критерієм рівномірності споживання ресурсів.
- **Ієрархія календарних планів за стадіями проєктування:**
 - *Зведений календарний план* (у складі Проєкту організації будівництва – ПОБ): призначення черговості, розбивка на пускові комплекси, затвердження головним інженером та замовником.
 - *Об'єктний календарний графік* (у складі Проєкту виконання робіт – ПВР): подетальна розбивка на місяці/дні, складається генпідрядником.
 - *Робочі та годинні графіки:* інструменти оперативного управління виробничо-технічного відділу (ВТВ) та складові технологічних карт для монтажу «з коліс».
- **Особливості планування великих комплексів:** Різниця між «пусковим комплексом» (замкнутий цикл виробництва, що може видавати продукцію) та «чергою будівництва» промислового підприємства. Принципи виділення містобудівних комплексів у житловій забудові (житло + інфраструктура + благоустрій). П'ять ключових факторів визначення першої черги забудови мікрорайону (рельєф, інженерні мережі, підготовка території, зручність мешканців, мінімальні питомі витрати на 1 кв. м).
- **Підготовчий період:** Перелік обов'язкових робіт (геодезична розбивка, знесення будівель, прокладання магістральних мереж, влаштування тимчасових доріг і побутівок), які мають бути завершені до початку основних будівельно-монтажних робіт на першочерговому комплексі.

Блок 2. Аналіз виробничих ситуацій (Інженерні та управлінські Кейси) Здобувачі працюють у мікрогрупах, вирішуючи завдання з оптимізації календарних планів в умовах обмежених ресурсів.

Кейс 1. Оптимізація лінійного графіка (графіка Ганта) за трудовими ресурсами *Вихідні дані:* Складено чорновий варіант об'єктного графіка Ганта для будівництва ангара. У другий місяць будівництва заплановано одночасне виконання земляних робіт, влаштування монолітних фундаментів, монтажу колон і прокладання зовнішніх мереж. Побудована епюра потреби в робітниках показує різкий пік — 120 осіб на день. Однак тимчасове побутове містечко (розраховане в будгєнплані) здатне прийняти максимум 70 осіб. *Завдання для групи:*

1. Охарактеризувати наслідки збереження такого графіка (порушення санітарно-побутових умов, тіснота на фронті робіт, зниження продуктивності праці, порушення охорони праці).
2. Запропонувати метод оптимізації графіка. (Провести зсув у часі тих робіт, які не лежать на критичному шляху і мають резерви часу — наприклад, прокладання зовнішніх мереж перенести на третій місяць).
3. Описати, як зміниться форма ресурсної епюри після оптимізації (вона стане більш згладженою, без різких піків і западин, що свідчить про рівномірне споживання трудових ресурсів).

Кейс 2. Вибір першої черги забудови житлового мікрорайону *Вихідні дані:* Будівельна компанія виграла тендер на будову мікрорайону, який поділено на три ділянки (містобудівні комплекси). Ділянка А: знаходиться в низині (потребує масштабного планування та відведення вод), далеко від існуючих доріг. Ділянка Б: розташована поруч із точкою врізання в міські магістральні мережі водопроводу та каналізації, рельєф рівний, є старі гаражі під знесення. Ділянка В: вільна від забудови, але потребує будівництва нової трансформаторної підстанції та тягне за собою найвищі витрати на інженерне обладнання в розрахунку на 1 кв. м. *Завдання для групи:*

1. Спираючись на п'ять факторів черговості забудови, проаналізувати кожен ділянку.
2. Обґрунтувати вибір Ділянки Б як першої черги (близькість до магістралей здешевлює підключення, попри необхідність знесення гаражів).
3. Пояснити, чому Ділянку А економічно доцільно залишити на наступні черги (залучення додаткової техніки для земляних робіт у низині на старті проєкту призведе до перевитрат).

Кейс 3. Конфлікт інтересів щодо підготовчого періоду *Вихідні дані:* Інвестор вимагає від генпідрядника розпочати риття котловану наступного дня після підписання договору, щоб «показати бурхливу діяльність». Проєктом організації будівництва (ПОБ) передбачено підготовчий період тривалістю 1,5 місяці. *Завдання для групи:*

1. Сформулювати аргументовану відмову інвестору з технічної точки зору, перелічивши роботи, без яких неможливо розпочати нульовий цикл (створення геодезичної розбивної основи, зрізання та збереження рослинного ґрунту, облаштування тимчасових під'їздів для екскаваторів і самоскидів).
2. Пояснити фінансові ризики початку основних робіт без підготовчого періоду (техніка застрягне у багнюці без інвентарних доріг, відсутність водо- та енергопостачання зупинить бетонування, штрафи за порушення екологічних норм через знищення родючого шару ґрунту).

Блок 3. Практичне розрахунково-графічне завдання Кожен здобувач освіти виконує комплексне моделювання у робочому зошиті або на міліметровому папері.

1. **Розробка об'єктного графіка Ганта для нульового циклу.** Задано номенклатуру робіт і тривалість:
 - Розробка ґрунту екскаватором (4 дні, 4 робітники).

- Доопрацювання ґрунту вручну (2 дні, 6 робітників). Починається після 1-го дня роботи екскаватора.
 - Влаштування бетонної підготовки (3 дні, 5 робітників). Починається після завершення ручного доопрацювання.
 - Монтаж фундаментних блоків ФБС (5 днів, 4 монтажники, 1 машиніст). Починається через 1 день після старту бетонування.
 - Гідроізоляція фундаментів (3 дні, 3 ізолювальники). Починається після завершення монтажу.
 - Зворотне засипання ґрунту (3 дні, 2 робітники, 1 машиніст). Починається через 1 день після завершення гідроізоляції. *Завдання:* Накреслити таблицю (зліва — перелік робіт і кількість робітників, справа — календарна сітка у днях). Зобразити виконання робіт горизонтальними лініями-відрізками з дотриманням заданих технологічних залежностей та накладань.
2. **Побудова ресурсної епюри (діаграми робочої сили).** *Завдання:* Строго під розробленим графіком Ганта побудувати епюру щоденної потреби у робітниках. Для кожного дня підсумувати кількість працівників, задіяних у всіх паралельних роботах, і зобразити це у вигляді стовпчикової діаграми (гістограми). Визначити день із максимальним піковим навантаженням.

Блок 4. Підбиття підсумків та оцінювання Викладач здійснює перевірку побудованих графіків Ганта та ресурсних епюр. Ключовим критерієм оцінки є дотримання технологічної логіки (наприклад, неможливість монтажу фундаментів до улаштування бетонної підготовки). Бали нараховуються за вміння системно мислити при вирішенні кейсів містобудівного масштабу та аргументовано доводити необхідність повноцінного підготовчого періоду.

Питання на закріплення знань для самоконтролю:

1. Охарактеризуйте п'ять основних етапів розробки лінійного календарного графіка (графіка Ганта) для будівництва об'єкта.
2. Яка принципова різниця в призначенні, рівні деталізації та виконавцях між зведеним календарним планом (у ПОБ) та об'єктним календарним графіком (у ПВР)?
3. Перелічіть п'ять містобудівних та економічних факторів, які впливають на визначення першої черги забудови під час зведення великих житлових мікрорайонів.
4. Дайте визначення поняттям «пусковий комплекс» та «черга будівництва». У чому полягає їхнє економічне значення для промислового підприємства?
5. Який комплекс інженерно-технічних та організаційних робіт обов'язково виконується протягом підготовчого періоду до початку зведення основних конструкцій?

МОДУЛЬ 3. Проєктування будівельних генпланів та управління виробництвом

Самостійна робота 9. Проєктування будівельних генеральних планів: просторова організація майданчика та безпечна експлуатація механізмів

Мета заняття: Поглибити теоретичні знання щодо принципів просторового моделювання будівельного майданчика. Сформувані практичні інженерні навички з розробки загальномайданчикових та об'єктних будівельних генеральних планів, раціонального розміщення тимчасової інфраструктури, прив'язки вантажопідйомних кранів та визначення небезпечних монтажних зон із суворим дотриманням норм охорони праці.

Блок 1. Теоретична дискусія та усне опитування (Фронтальна робота)

Викладач ініціює обговорення організаційно-технологічних принципів, акцентуючи увагу на тому, що будгенплан є основним документом, який регламентує безпеку та логістику на майданчику.

- **Сутність та принципи проєктування будгенпланів:** Визначення будівельного генерального плану як просторової моделі, що відображає існуючі, запроєктовані та тимчасові об'єкти. Обговорення базових принципів: мінімізація витрат на тимчасові споруди (завдяки використанню існуючих будівель), раціональна організація вантажопотоків (мінімізація перевантажень), комплексне задоволення санітарно-побутових потреб персоналу та суворе дотримання екологічних і пожежних норм.
- **Класифікація будгенпланів за стадіями проєктування:**
 - *Загальномайданчиковий будгенплан:* Розробляється у складі Проєкту організації будівництва (ПОБ) на весь комплекс. Масштаб 1:1000 або 1:2000. Послідовність розробки: від розрахунку ресурсів і визначення меж до розміщення доріг та побутових містечок. Поняття ситуаційного плану (1:5000 – 1:25000) для масштабних територій.
 - *Об'єктний будгенплан:* Розробляється генпідрядником у складі Проєкту виконання робіт (ПВР) для конкретної будівлі. Масштаб 1:200 або 1:500. Деталізація рішень загальномайданчикового плану.
- **Особливості проєктування об'єктного будгенплану:** Чому розробка завжди починається з вибору та прив'язки вантажопідйомного крана? Логічний ланцюжок: параметри будівлі $\rightarrow$ вибір крана $\rightarrow$ визначення колій та зон його дії $\rightarrow$ розміщення складів у зоні дії стріли $\rightarrow$ прокладання доріг $\rightarrow$ розміщення побутових зон поза небезпечними зонами.
- **Габарити наближення та правила безпеки:** Детальний розбір нормативних відстаней. Кран має піднімати вантаж мінімум на 500 мм вище за перешкоди. Горизонтальна відстань між вантажем і будівлею — не менше 1,0 м. Відстань від виступаючих частин рейкового крана до штабелів: на висоті до 2,0 м — не менше 700 мм, на висоті понад 2,0 м — не менше 400 мм. Безпечна відстань під консоллю противаги — не менше 2,0 м.
- **Робота поблизу ліній електропередачі (ЛЕП):** Регламент роботи стрілових кранів на відстані ближче ніж 30 м від ЛЕП (понад 36 В) виключно за нарядом-допуском. Заборона встановлення кранів на свіжоонасипаному ґрунті.

Блок 2. Аналіз виробничих ситуацій (Інженерні Кейси)

Здобувачі об'єднуються у проєктні групи для аудиту запропонованих рішень будгенплану та виявлення порушень технології і безпеки.

Кейс 1. Економічна оптимізація тимчасового господарства

Вихідні дані: Підрядна організація розпочинає зведення нового цеху на території діючого заводу. Виконроб подав заявку на закупівлю матеріалів для зведення тимчасової цегляної будівлі контори, прокладання нової тимчасової асфальтованої дороги від траси та встановлення стаціонарного паркану. Поруч із плямою забудови є стара складська будівля, що підлягає знесенню в другу чергу, та існуюча заводська бетонована дорога.

Завдання для групи:

1. Спираючись на принципи проєктування будгенпланів, розкритикувати рішення виконроба як економічно недоцільне (капітальні витрати на тимчасові споруди мають бути мінімальними).
2. Запропонувати альтернативне рішення: використання старої складської будівлі під контору та побутівки на період першої черги, використання існуючої заводської дороги замість будівництва нової, а для огорожі — застосування інвентарних збірно-розбірних щитів.

Кейс 2. Безпека експлуатації стрілового крана

Вихідні дані: На об'єктному будгенплані стріловий самохідний кран на пневмоколісному ходу розміщено на ділянці, де вчора було виконано зворотнє засипання ґрунту (без ущільнення). Робоча зона крана знаходиться за 15 метрів від діючої повітряної ЛЕП 10 кВ. Побутове містечко розташоване за 5 метрів від радіуса дії стріли, але в межах зони можливого падіння вантажу.

Завдання для групи:

1. Ідентифікувати три грубі порушення правил охорони праці.
2. Пояснити наслідки: встановлення крана на неущільненому свіжонасипаному ґрунті призведе до перекидання механізму.
3. Вказати нормативну процедуру для роботи поблизу ЛЕП (відстань менше 30 м вимагає оформлення наряду-допуску, проведення інструктажу та присутності особи, відповідальної за безпечне переміщення вантажів).
4. Запропонувати зміну розташування побутового містечка (винести його за межі небезпечної зони падіння вантажу).

Кейс 3. Габарити наближення баштового крана

Вихідні дані: Монтажник керує укладанням фундаментних блоків ФБС. Баштовий кран рухається по рейкових коліях. Штабель із блоками розміщено на відстані 400 мм від нижньої частини крана (на висоті 1,5 м від землі). Під час переміщення чергового блоку над зведеною стіною зазор між низом блоку та верхом стіни становить 200 мм.

Завдання для групи:

1. Звірити описані габарити з нормативами ДБН та СНиП.
2. Визначити порушення №1: на висоті до 2,0 м відстань від виступаючих частин крана до штабеля має бути не менше 700 мм (а не 400 мм, що загрожує затисканням стропальника між краном і штабелем).

3. Визначити порушення №2: кран має піднімати вантаж мінімум на 500 мм вище за будь-які перешкоди на шляху переміщення (а не 200 мм, що загрожує ударом по конструкції).

Блок 3. Практичне розрахунково-графічне завдання

Кожен здобувач виконує графічне моделювання елементів будгенплану на форматі А4 або в робочому зошиті.

1. Схема прив'язки баштового крана та визначення зон.

Завдання: Накреслити в плані (вид зверху) контур будівлі прямокутної форми. Паралельно найдовшій осі зобразити підкранову колію. Позначити стоянку крана.

- Накреслити радіус максимального вильоту стріли ($R_{\max}$) — це межа **робочої зони** крана.
- Всередині робочої зони крана (між колією та будівлею) прямокутниками позначити майданчики приоб'єктного складу.
- Додати до робочої зони додаткову відстань (яка дорівнює габариту найбільшого вантажу плюс можливий відліт вантажу при падінні) і накреслити зовнішній контур — **небезпечну зону**.
- За межами небезпечної зони позначити тимчасову дорогу та санітарно-побутові приміщення.

2. Розріз габаритів наближення.

Завдання: Накреслити вертикальний переріз, що ілюструє роботу крана. Зобразити будівлю, штабель матеріалів та кран. Нанести розмірні лінії та вписати нормативні значення:

- Горизонталь між вантажем і будівлею (1,0 м).
- Вертикаль між вантажем і штабелем (500 мм).
- Горизонталь від крана до штабеля на рівні людського зросту (700 мм).
- Безпечна відстань під консоллю противаги (2,0 м).

Блок 4. Підбиття підсумків та оцінювання

Викладач здійснює аудит розроблених графічних схем. Оцінюється здатність студентів трансформувати текстові нормативи з охорони праці у просторові креслення. Найвищі бали отримують здобувачі, які у процесі вирішення кейсів змогли аргументовано захистити економічну доцільність своїх рішень (використання існуючої інфраструктури замість тимчасової) та безпомилково ідентифікували порушення техніки безпеки при роботі вантажопідійомних машин.

Питання на закріплення знань для самоконтролю:

1. Охарактеризуйте різницю між загальномайданчиковим та об'єктним будівельними генеральними планами за масштабом, рівнем деталізації та складом проєктної документації, до якої вони входять.
2. Перелічіть базові принципи проєктування будгенпланів, які забезпечують мінімізацію витрат на організацію будівельного господарства.

3. Поясніть логічну послідовність проектування об'єктного будгенплану: чому розташування тимчасових доріг і складів проектується лише після визначення місця встановлення монтажного крана?
4. Назвіть нормативні безпечні габарити (відстані) між виступаючими частинами рейкового крана та штабелями вантажів на висоті до 2 метрів і понад 2 метри від землі.
5. За яких умов і на якій мінімальній відстані від крайнього проводу лінії електропередачі (напругою понад 36 В) дозволяється експлуатація стрілового самохідного крана?

Самостійна робота 10. Розрахунок і проектування тимчасового господарства: склади, побутові містечка та інженерні мережі

Мета заняття: Засвоїти інженерну методологію розрахунку потреб будівельного майданчика у складських площах, тимчасових адміністративно-побутових приміщеннях та ресурсах (вода, електроенергія, тепло). Сформувати практичні вміння з визначення діаметрів тимчасових мереж, вибору оптимальних параметрів під'їзних шляхів та просторового розміщення інфраструктури з дотриманням будівельних, санітарних і пожежних норм.

Блок 1. Теоретична дискусія та усне опитування (Фронтальна робота)

Викладач скеровує дискусію на перевірку розуміння логіки проектування ресурсного забезпечення будівельного виробництва.

- **Проектування складського господарства:** Аналіз різниці підходів на стадіях ПОБ (укрупнені показники на 1 млн. грн. річного обсягу) та ПВР (детальний розрахунок за фактичними обсягами). Обговорення фізичного змісту коефіцієнта k_n (переходу від корисної площі до загальної), який враховує проходи та проїзди (для відкритого зберігання $k_n = 1,15-1,25$, для універсальних складів $k_n = 1,5-1,7$).
- **Розрахунок санітарно-побутових приміщень:** Методика визначення розрахункової чисельності персоналу (N_p) з урахуванням коефіцієнтів нерівномірності руху кадрів (K_1) та відпусток/хвороб (K_2). Розподіл персоналу за категоріями: робітники (83%), ІТП (8–13%), службовці, МОП та охорона. Нормативи площ на одну особу.
- **Правила просторового розміщення тимчасових споруд:** Жорсткі санітарно-пожежні обмеження. Розміщення побуток не ближче 50 м від джерел пилу (розчинних вузлів) з підвітряного боку. Відстань до пожежних гідрантів — не більше 25 м. Радіуси доступності: приміщення для обігріву (до 150 м), їдальні (до 500 м), туалети (100-200 м).
- **Тимчасове водопостачання:** Три складові сумарної витрати води (Q_p): виробнича (бетонування, миття техніки), господарсько-побутова (душові, їдальні) та протипожежна. Особлива увага на розрахунок протипожежної витрати (не менше 10 л/с для малих майданчиків і 20 л/с для великих). Принципи вибору діаметра труб.
- **Енергозабезпечення та тимчасові дороги:** Вибір місця для трансформаторної підстанції (ТП) — у центрі електричних навантажень (радіус 400-500 м). Вимоги до параметрів тимчасових доріг: ширина 3,5 м (односторонній рух) та 6 м (двосторонній), мінімальні радіуси заокруглення (12 м), облаштування майданчиків для роз'їзду через кожні 100 м.

Блок 2. Аналіз виробничих ситуацій (Інженерні Кейси)

Здобувачі працюють у мікрогрупах над вирішенням комплексних інженерних задач, що вимагають аналізу та оптимізації.

Кейс 1. Оптимізація складського господарства для цегляного мурування

Вихідні дані: Для зведення цегляної будівлі на майданчик завозять 200 піддонів із цеглою та 50 тонн цементу в мішках. Виконроб розпорядився скласти цемент просто неба на дерев'яні щити, накривши брезентом, а піддони з цеглою розмістити впритул один до одного (без проходів), щоб зекономити місце біля крана.

Завдання для групи:

1. Оцінити правильність вибору способу зберігання. Довести, що цемент вимагає закритого зберігання (в інвентарних сухих складах або силосах), оскільки брезент не захистить від вологи та втрати в'язучих властивостей.
2. Спираючись на коефіцієнт k_n , обґрунтувати помилковість розміщення піддонів впритул. Для відкритого зберігання у штабелях $k_n = 1,2-1,3$, що обов'язково передбачає наявність технологічних проходів (70-100 см) для роботи стропальників.

Кейс 2. Криза водопостачання на будівельному майданчику

Вихідні дані: Під час проєктування об'єктного бюджету молодий інженер розрахував діаметр тимчасового водопроводу, врахувавши лише витрати на приготування бетону ($Q_{\text{вир}}$) та потреби побутового містечка ($Q_{\text{госп}}$). Проєкт завернули на стадії експертизи через порушення норм пожежної безпеки.

Завдання для групи:

1. Пояснити головну помилку інженера. (Не враховано протипожежну витрату води $Q_{\text{пож}}$, яка є найбільшою і визначальною — 10 або 20 л/с).
2. Описати наслідки: підібраний малий діаметр труби не забезпечить достатнього тиску води у пожежному гідранті в разі загоряння побутових або складів паливно-мастильних матеріалів.
3. Назвати нормативне правило розміщення пожежних гідрантів на тимчасовій мережі (не більше 150 м один від одного, не далі 2,5 м від краю дороги).

Кейс 3. Зимове забезпечення об'єкта та логістика

Вихідні дані: Будівництво монолітного каркаса здійснюється у грудні. Затверджено метод електропрогрівання бетону. Трансформаторну підстанцію розміщено за 800 метрів від об'єкта біля головних воріт. Тимчасова дорога має ширину 3,5 м, довжину 400 м без жодного розширення.

Завдання для групи:

1. Проаналізувати рішення щодо розміщення трансформатора. (Радіус дії ТП становить 400-500 м. Розміщення за 800 м призведе до катастрофічних втрат напруги в кабелях, електропрогрівання бетону буде неефективним).

2. Виявити логістичну помилку на тимчасовій дорозі. (При односторонньому русі на ділянці 400 м необхідно облаштувати мінімум три роз'їзні кишені розміром 6х12 м або 6х18 м через кожні 100 метрів, інакше зустрічні бетоновози заблокують рух).

Блок 3. Практичне розрахунково-графічне завдання

Кожен здобувач виконує індивідуальні інженерні розрахунки та ескізи в робочому зошиті.

1. Розрахунок потреби у воді та діаметра труб.

Умова: За розрахунками виробнича потреба ($Q_{\text{вир}}$) становить 1,5 л/с, господарсько-побутова потреба ($Q_{\text{госп}}$) — 0,8 л/с. Площа майданчика — 5 га. Швидкість руху води у трубах (v) приймаємо 1,2 м/с.

Крок 1: Визначити $Q_{\text{пож}}$ для майданчика до 10 га (10 л/с).

Крок 2: Розрахувати загальну розрахункову витрату води $Q_p = Q_{\text{вир}} + Q_{\text{госп}} + Q_{\text{пож}}$.

Крок 3: Розрахувати теоретичний діаметр тимчасового водопроводу за формулою: $D = \sqrt[4]{Q_p \cdot 1000 / (3,14 \cdot v)}$.

2. Розробка ескізу тимчасової дорожньої мережі.

Завдання: Накреслити план ділянки (вид зверху). Прокласти тимчасову ґрунтову дорогу для двостороннього руху (вказати ширину 6 м). Зобразити поворот на 90 градусів і показати обов'язкове розширення проїзної частини на заокругленні (мінімальний внутрішній радіус 12 м). Поруч із дорогою (на відстані не менше 2,0 м) пунктиром позначити лінію тимчасового водопроводу та розмістити один пожежний гідрант (ПГ).

Блок 4. Підбиття підсумків та оцінювання

Викладач підбиває підсумки роботи, здійснює експрес-перевірку математичних розрахунків діаметрів труб. Оцінюється здатність здобувачів логічно аргументувати вибір місця для трансформаторної підстанції, застосовувати коефіцієнти для проїздів у складських приміщеннях та виявляти небезпечні ділянки на генеральних планах. Високі бали виставляються за математичну точність і охайне виконання розрахунково-графічного блоку.

Питання на закріплення знань для самоконтролю:

1. Поясніть фізичний зміст коефіцієнта k_n у формулі розрахунку загальної площі приоб'єктного складу ($S_{\text{заг}} = \sum k_n \cdot S_p$) та назвіть його значення для відкритих і універсальних складів.
2. Яким чином розраховується нормативна чисельність працівників на будівельному майданчику у складі ПВР (залежно від трудомісткості) та як цей показник впливає на площу санітарно-побутових приміщень?
3. З яких трьох основних складових формується загальна розрахункова потреба у воді (Q_p) та яка з них, як правило, є найбільшою для об'єктів цивільного будівництва?
4. Які нормативні радіуси доступності встановлено для тимчасових приміщень обігріву робітників, санітарно-побутових кімнат та місць харчування?

5. Якими є вимоги до мінімальної ширини, радіусів заокруглення та влаштування роз'їзних майданчиків для тимчасових внутрішньобудівельних доріг з одностороннім рухом транспорту?

Самостійна робота 11. Системи оперативного управління та комплексного контролю якості будівельного виробництва

Мета заняття: Засвоїти організаційні принципи оперативно-диспетчерського управління будівельними проєктами. Сформувані практичні компетенції з реалізації багаторівневої системи контролю якості (від вхідного до приймального), розуміння функцій технічного та авторського нагляду, а також правового алгоритму документального оформлення прихованих робіт та значущих будівельних конструкцій.

Блок 1. Теоретична дискусія та усне опитування (Фронтальна робота)

Викладач скеровує увагу здобувачів на управлінські та юридичні аспекти будівельного виробництва, де будь-яка технологічна помилка має фінансові та правові наслідки.

- **Функції оперативно-диспетчерського управління:** Розбір диспетчерської служби як «нервової системи» будівельного майданчика. Аналіз її щоденних завдань: збір оперативної інформації, моніторинг дотримання графіків (календарних і сітьових), координація роботи субпідрядників, регулювання постачання ресурсів та механізмів. Особливості створення **з'єднаних диспетчерських служб** при реконструкції діючих підприємств (для розмежування потоків будівельного та експлуатаційного персоналу).
- **Багаторівнева система контролю якості:**
 - *Вхідний контроль документації:* перевірка робочих креслень на комплектність та технологічність до початку робіт.
 - *Вхідний контроль ресурсів:* перевірка сертифікатів, паспортів якості та фізичного стану будівельних матеріалів, що прибувають на майданчик.
 - *Операційний контроль:* найважливіший етап, що виконується лінійним персоналом (майстрами, виконробами) безпосередньо під час технологічних процесів (наприклад, перевірка вертикальності цегляної стіни). Усі дефекти мають усуватися до переходу на наступний етап.
 - *Приймальний контроль:* кінцева перевірка готових конструкцій.
- **Класифікація параметрів контролю:** За обсягом (суцільний або вибірковий). За періодичністю (безперервний, періодичний, епізодичний). За інструментарієм (візуальний, інструментальний з використанням нівелірів/теодолітів/лабораторного обладнання, реєстраційний — перевірка журналів і актів).
- **Технічний нагляд (Інжиніринг замовника):** Визначення ролі інженера з технічного нагляду як представника інвестора. Його головна функція — не просто фіксація браку, а превентивне запобігання погіршенню якості. Повноваження: зупинка робіт, перевірка геодезії, візування актів виконаних робіт (що є підставою для їх оплати), контроль за виконавчою документацією.

- **Документування прихованих робіт:** Чому армування фундаментів, гідроізоляція, улаштування дренажів та теплоізоляція називаються «прихованими роботами»? Жорстке правило: категорично заборонено закривати ці роботи наступними процесами (наприклад, заливати арматуру бетоном) без підписання **Акта на огляд прихованих робіт** комісією за участю технагляду та авторського нагляду.

Блок 2. Аналіз виробничих ситуацій (Управлінські та юридичні Кейси)

Здобувачі об'єднуються у комісії (імітуючи представників підрядника, замовника та проєктувальника) для вирішення конфліктних ситуацій на майданчику.

Кейс 1. Зрив операційного контролю та приховування браку

Вихідні дані: Бригада монолітників виконала армування перекриття. Виконроб, поспішаючи виконати місячний план, дав команду розпочати подачу бетону бетононасосом. Інженер з технічного нагляду замовника прибув на об'єкт, коли третина перекриття вже була залита бетоном. Жодних актів на армування він не підписував.

Завдання для групи:

1. Кваліфікувати дії виконроба (грубе порушення ДБН — виконання робіт, що закривають попередні, без складання Акта на огляд прихованих робіт).
2. Визначити дії інженера з технагляду (негайна видача припису на призупинення бетонування, запис про порушення у Загальний журнал робіт).
3. Запропонувати шляхи виходу з ситуації для підрядника (проведення інструментального неруйнівного контролю залитого бетону магнітними сканерами для підтвердження кроку і діаметра арматури, або, в гіршому випадку, демонтаж залитої ділянки за рахунок підрядника).

Кейс 2. Вхідний контроль матеріалів та юридична відповідальність

Вихідні дані: На будівництво багатоповерхівки прибули три довгоміри з керамічною лицьовою цеглою. Водій надав товарно-транспортні накладні, але паспорти якості від заводу-виробника відсутні. Комірник і майстер прийняли рішення розвантажити цеглу і пустити її в роботу, оскільки «візуально вона виглядає нормально», а кран простоє.

Завдання для групи:

1. Вказати, який саме етап контролю було провалено (реєстраційний та інструментальний вхідний контроль матеріалів).
2. Пояснити ризики такого рішення (цегла може мати марку міцності або морозостійкості нижчу за проєкtnу, мати приховані тріщини або високий радіаційний фон).
3. Описати нормативний алгоритм дій майстра: розвантажити цеглу в карантинну зону (на окремий штабель), заборонити її використання у конструкцію до отримання офіційних сертифікатів від постачальника або до проведення незалежних лабораторних випробувань (на стиск і згин).

Кейс 3. Диспетчеризація під час реконструкції підприємства

Вихідні дані: Будівельна компанія проводить реконструкцію цеху на діючому металургійному заводі. На одній і тій самій дорозі постійно виникають затори: автобетонозмішувачі підрядника

блокують рух вантажівок, що вивозять готову продукцію заводу. Крім того, будівельникам періодично не вистачає потужності в електромережі, коли завод вмикає прокатні стани.

Завдання для групи:

1. Обґрунтувати організаційну помилку на етапі підготовки до будівництва (відсутність координації між будівельниками та керівництвом заводу).
2. Запропонувати управлінське рішення: створення з'єднаної диспетчерської служби (з представників генпідрядника та дирекції заводу).
3. Розробити першочергові заходи для цієї служби (складання погодинного графіка руху будівельного транспорту виключно у «вікна» між логістичними циклами заводу; узгодження графіка енергоємних будівельних робіт — наприклад, зварювання чи прогріву бетону — із графіком роботи прокатних станів).

Блок 3. Практичне розрахунково-графічне та документальне завдання

Кожен здобувач виконує аналітично-документальну роботу в зошиті, формуючи навички роботи з виконавчою документацією.

1. Блок-схема системи контролю якості.

Завдання: Побудувати структурну логічну схему (алгоритм) виробничого контролю якості будівельно-монтажних робіт на прикладі влаштування монолітного фундаменту.

- *Блок 1 (Вхідний):* Перевірка робочого проєкту → Перевірка паспортів на арматуру і бетон.
- *Блок 2 (Операційний):* Геодезична розбивка → Контроль опалубки → Контроль в'язання арматурних каркасів → Вимірювання захисного шару бетону → Контроль укладання та вібрування суміші.
- *Блок 3 (Приймальний):* Складання акта на приховані роботи (до заливки) → Розпалубка → Акт проміжного приймання фундаменту (після набору міцності).

2. Структура «Акта на огляд прихованих робіт».

Завдання: Скласти макет (шаблон) бланка акта. Вказати обов'язкові реквізити:

- Назва об'єкта та дата складання.
- Склад комісії: Представник підрядника (виконроб), Представник замовника (технагляд), Представник проєктувальника (авторський нагляд).
- Перелік виконаних робіт, що пред'являються до приймання (наприклад, улаштування арматурного каркаса перекриття в осях А-В/1-3).
- Номери проєктних креслень, за якими виконані роботи.
- Висновок комісії (роботи виконано згідно з проєктом та ДБН, дозволяється виконання наступних робіт).

Блок 4. Підбиття підсумків та оцінювання

Викладач проводить розбір результатів складання актів та блок-схем. Головний критерій успішності — розуміння здобувачами юридичної відповідальності лінійного ІТП (інженерно-

технічного персоналу) за якість робіт. Найвищі бали отримують ті, хто аргументовано спирався на повноваження технічного нагляду при вирішенні конфліктів у кейсах та чітко засвоїв правило неможливості продовження будівництва без закриття прихованих робіт документально.

Питання на закріплення знань для самоконтролю:

1. Охарактеризуйте чотири основні етапи виробничого контролю якості, який здійснює безпосередньо підрядна будівельна організація.
2. Які існують види контролю параметрів будівельної продукції за обсягом, періодичністю проведення та застосовуваними засобами (інструментарієм)?
3. Назвіть головні повноваження та обов'язки інженера служби технічного нагляду замовника на будівельному майданчику. Які документи він зобов'язаний перевіряти?
4. Що таке «значущі будівельні конструкції» та «приховані роботи»? Наведіть не менше трьох прикладів прихованих робіт нульового циклу.
5. Опишіть наслідки (технологічні та юридичні) виконання будівельно-монтажних робіт, які приховують попередні процеси, без попереднього комісійного підписання Акта на огляд прихованих робіт.