

5. Управління процесом проєктування операційної системи

Як проєктують операційну систему — від вибору майданчика методом вагових коефіцієнтів і методом центру ваги до планування приміщення, балансування потокової лінії за тактом і нормування праці — і як кожен крок перевірити розрахунком.

🕒 55 хв читання

📅 14 термінів

ПРН

ПРН20

ПРН24

чернетка · оновлено 23.09.2026

Що ви зможете після теми

- ПРН20** Називати етапи й види проєктування операційної системи та їх результати.
- ПРН20** Обґрунтовувати вибір місця розташування об'єкта методом вагових коефіцієнтів і методом центру ваги.
- ПРН24** Балансувати потокову лінію за заданим тактом і оцінювати її ефективність.
- ПРН24** Розраховувати норму часу й норму виробітку за даними спостережень.

Уявіть, що вам доручили побудувати новий сортувальний термінал. Перше рішення — інтуїтивне: «поставимо там, де земля дешевша». Друге рішення — розрахункове: виписати фактори, які справді важливі (близькість до траси, наявність робочої сили,

вартість ділянки), зважити кожен, оцінити майданчики в балах і порівняти суму. Обидва рішення можуть привести до того самого майданчика — але лише друге можна пред'явити інвестору як обґрунтування, а не як здогад. Тема 5 — про це друге рішення, і не лише для розміщення: та сама логіка «розклади на складові, вимірйай, порахуй» працює й тоді, коли треба вирішити, скільки робочих місць поставити на лінії, і тоді, коли треба встановити, скільки часу дійсно йде на одну операцію.

Теми 1–4 пояснили, чим керує операційний менеджмент, яку стратегію він обслуговує і з яких елементів складається операційна система. Тема 5 переходить від опису системи до її розрахункового спорудження: як обрати майданчик, як розмістити на ньому обладнання й людей, як звести окремі операції у збалансовану лінію і як визначити, скільки часу справедливо закласти на одну операцію. Це структурні рішення в тому самому розумінні, що й у темі 1: довгі, дорогі й майже незворотні, — і саме тому кожне з них у цій темі супроводжується формулою, а не інтуїцією.

5.1 Проєктування операційної системи: сутність, цілі та етапи

Проєктування операційної системи — це визначення складу, розміщення й способу взаємодії ресурсів, потрібних для того, щоб операційна система випускала заданий обсяг продукції чи послуг заданої якості. Це не одноразовий крок перед відкриттям підприємства: проєктні рішення повертаються щоразу, коли змінюється продукт, зростає попит понад наявну потужність або з'являється новий майданчик. Відмінність від поточного управління (тема 6) принципова: поточне управління оптимізує роботу вже створеної системи в межах заданих ресурсів, а проєктування створює самі ці межі.

Мета проєктування — сформувати операційну систему, яка дає потрібний обсяг випуску з мінімальними сукупними витратами на всьому життєвому циклі об'єкта, а не лише на етапі будівництва. Із цієї мети розгортається послідовність практичних завдань, які й утворюють структуру теми: обрати місце розташування; спланувати приміщення й розмістити обладнання; звести окремі операції в потокову лінію так, щоб жодна робоча станція не простоювала і жодна не була вузьким місцем; визначити, скільки часу справедливо закладати на кожен операцію. Кожне із цих завдань — окремий розділ цієї теми, і кожне має власний розрахунок.



Рисунок 1. Послідовність проєктних рішень операційної системи. Кожен крок звужує простір рішень для наступного: обрана локація визначає, яке планування приміщення можливе, а планування — яку лінію можна зібрати.

- ① Стратегія продукту й процесу задає вимоги до потужності (тема 2)
- ② Вибір місця розташування — метод вагових коефіцієнтів і метод центру ваги
- ③ Планування приміщення й розміщення обладнання — чотири типи компоновання
- ④ Балансування потокової лінії за тактом
- ⑤ Проєктування робіт і нормування праці

Горизонтальний ланцюжок із п'яти блоків зліва направо: стратегія продукту й процесу, вибір місця розташування, планування приміщення й обладнання, балансування лінії, нормування праці. Стрілки ведуть послідовно зліва направо, третій блок (планування приміщення) виділено карміновим. Під ланцюжком підпис про те, що кожен крок звужує простір рішень для наступного.

Результат проєктування описують не одним показником, а набором рішень: обрана локація, план приміщення з розміщенням обладнання, закріплення операцій за робочими місцями лінії і затверджені норми часу на кожну операцію. Кожне з цих рішень можна виміряти й перевірити — і саме тому операційний менеджмент трактує проєктування не як мистецтво розташування коробок на плані, а як послідовність задач, розв'язних розрахунком.

Підсумок розділу. Проєктування операційної системи визначає склад, розміщення й взаємодію ресурсів під заданий обсяг випуску; на відміну від поточного управління, воно створює самі межі, у яких потім працює менеджер. Послідовність завдань — локація, планування приміщення, балансування лінії, нормування праці — структурує решту теми.

5.2 Види проєктування; сучасний рівень розвитку операційних систем

Проєктування операційної системи буває принципово різних видів залежно від того, що саме є вихідною точкою. Проєктування нового об'єкта «з чистого аркуша» дає найбільшу свободу вибору локації й технології, але й найбільший ризик: жодного досвіду експлуатації, за яким можна перевірити розрахунок. Розширення чи реконструкція наявного об'єкта обмежені тим, що вже побудовано, зате спираються на фактичні дані про роботу системи. Третій вид — перенесення вже спроектованої й перевіреної системи на новий майданчик: тоді завдання зводиться не до пошуку кращого рішення, а до точного відтворення того, що вже довело свою роботоздатність.

Сучасний рівень розвитку операційних систем додає до цього переліку ще одне проєктне рішення — рівень автоматизації. Автоматизувати можна кожен крок процесу, і кожен такий вибір має ціну: вища автоматизація зменшує залежність від кваліфікованої праці, але підвищує капітальні витрати і — це часто недооцінюють — ускладнює переналадження системи, коли продукт чи процес доводиться змінювати швидше, ніж окупається обладнання.

Кейс. Intel «Copy Exactly!»: проєктування як точне відтворення

Кейс за первинною публікацією Intel Technology Journal, Q4 1998 р.

Метод «Copy EXACTLY!» був розроблений компанією для покоління техпроцесу 0,5 мкм і відтоді став ключовою частиною виробничої стратегії компанії — так первинна публікація прямо датує його появу, і поширене твердження про походження методу з 1980-х цьому суперечить. Філософія методу сформульована дослівно: усе, що може вплинути на процес або на порядок його виконання, копіюється до найдрібніших деталей, окрім випадків, коли це фізично неможливо або дає незаперечну конкурентну перевагу для зміни. Зіставлення нового майданчика з еталонним відбувається на чотирьох рівнях — фізичні входи процесу (витрати газів, температури, тиски), вихід кожного кроку, тестові структури модульного рівня і характеристики готового продукту, — і на кожному рівні застосовують формальні статистичні тести.

Ключове правило дисципліни компанія формулює як заборону: коли новий майданчик дає розбіжність, у край важливо уникнути спокуси зробити компенсаційне підлаштування, а натомість знайти й усунути корінну причину розбіжності. Контроль змін запускається ще до трансферу, і будь-яку схвалену зміну впроваджують одночасно на дослідній і виробничій лініях протягом тижня або за узгодженим графіком. Результат, який первинне джерело описує якісно, без чисел: два нові заводи вийшли на ту саму якість виходу придатної продукції, що й батьківська дослідна лінія, і відтоді всі три лінії підвищували якість виходу разом, синхронно впроваджуючи поліпшення.

Чому для трансферу технологічного процесу компанія обрала точне копіювання замість локальної оптимізації на кожному новому майданчику?

Для теми 5 кейс показує третій вид проєктування впритул: перенесення вже спроектованої системи — це не привід «покращити на місці», бо кожна локальна оптимізація руйнує порівнянність двох майданчиків і робить розбіжність нез'ясовною. Межа кейсу: первинне джерело не наводить жодної кількісної метрики приросту якості виходу, і поширене датування методу «з 1980-х» суперечить самому тексту статті — це період покоління 0,5 мкм, а не 1980-ті роки.

Підсумок розділу. Проєктування буває новим («з чистого аркуша»), реконструктивним і трансферним; кожен вид має власну логіку розрахунку. Рівень автоматизації — окреме проєктне рішення сучасних систем із власною ціною: вищі капітальні витрати й нижча гнучкість в обмін на меншу залежність від праці.

5.3 Вибір місця розташування виробничих і сервісних об'єктів

Вибір місця розташування — структурне рішення про те, де саме розмістити виробничий або сервісний об'єкт, ухвалене на основі факторів двох рівнів. Фактори макрорівня стосуються регіону чи країни: розмір і динаміка ринків збуту, джерела

сировини й транспортні витрати на її доставку, кількість і кваліфікація трудових ресурсів, доступність енергії та води, політична стабільність, податкова політика. Фактори мікрорівня стосуються конкретного майданчика: обмежувальні норми забудови, сумісність із сусідніми об'єктами, розмір і конфігурація ділянки, доступність транспорту та енергозабезпечення, близькість житла для працівників, наявність конкурентів поруч. Для багатьох підприємств рішення визначає один-єдиний домінуючий фактор: підприємства зі значною часткою ручної праці тяжіють до дешевої робочої сили, підприємства з важкою чи швидкопливною сировиною — до джерел цієї сировини.

Метод вагових коефіцієнтів формалізує порівняння кількох майданчиків за кількома факторами одразу. Кожному фактору надають вагу залежно від його важливості для конкретного рішення так, щоб сума ваг дорівнювала одиниці; кожен варіант розміщення оцінюють за кожним фактором у балах за обраною шкалою; підсумковий бал варіанта — сума добутків ваги на оцінку. Перевага методу — можливість звести розрізнені за природою фактори (транспортне плече, кваліфікацію кадрів, політичний ризик) до одного порівняльного числа. Головна слабкість — ваги й бали призначає аналітик, тож метод настільки об'єктивний, наскільки чесно призначені саме ці числа.

МЕТОД ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ LOC-01

Бал варіанта = Σ (вага фактора $\times$ оцінка варіанта за фактором)

Ваги факторів у сумі дають одиницю; бали виставляють за єдиною шкалою для всіх варіантів.

Приклад. Вибір майданчика методом вагових коефіцієнтів

LOC-01

Heizer J., Render B., Munson C. Operations Management, 2016, розділ 8 «Location Strategies»

ДАНО

Компанія обирає між двома майданчиками для нового складу. Визначено три фактори з вагами: близькість до постачальників сировини — 0,40; доступність робочої сили — 0,35; якість

транспортної інфраструктури — 0,25. Кожен майданчик оцінено за стобальною шкалою: майданчик А — 80, 70 і 60 балів відповідно; майданчик Б — 60, 85 і 90 балів відповідно.

ФОРМУЛА

Бал = $0,40 \times \text{сировина} + 0,35 \times \text{робоча сила} + 0,25 \times \text{інфраструктура}$
(LOC-01)

РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Майданчик А: $0,40 \cdot 80 + 0,35 \cdot 70 + 0,25 \cdot 60 = 32,0 + 24,5 + 15,0 = 71,5$ бала.
2. Майданчик Б: $0,40 \cdot 60 + 0,35 \cdot 85 + 0,25 \cdot 90 = 24,0 + 29,75 + 22,5 = 76,25$ бала.

ВІДПОВІДЬ

Майданчик Б набирає 76,25 бала проти 71,5 бала майданчика А — за сумою зважених оцінок Б кращий.

ІНТЕРПРЕТАЦІЯ

Майданчик А переважає лише за близькістю до сировини — фактором з найбільшою вагою, — але програє за двома іншими факторами настільки, що сумарний бал усе одно нижчий. Це і є сенс методу: він не дозволяє одному сильному фактору автоматично переважити рішення, якщо його вага цього не виправдовує. Водночас якщо аналітик змінить вагу сировини з 0,40 до 0,55 (переносячи різницю з робочої сили), результат може перевернутися — тому вибір ваг варто обґрунтовувати окремо від самого розрахунку.

Метод центру ваги розв'язує інше завдання: не порівнює готові варіанти, а обчислює географічну точку, яка мінімізує сумарну зважену відстань до вже відомих точок — постачальників, складів чи ринків збуту. Кожна точка входить у розрахунок зі своїми координатами і своєю вагою — зазвичай обсягом вантажопотоку до цієї точки чи від неї. На відміну від методу вагових коефіцієнтів, тут немає суб'єктивних балів: результат повністю визначений вхідними даними, а отже об'єктивний саме в тих межах, у яких коректні самі дані.

МЕТОД ЦЕНТРУ ВАГИ LOC-02

$$x^* = \Sigma(Q_i \cdot x_i) / \Sigma Q_i; y^* = \Sigma(Q_i \cdot y_i) / \Sigma Q_i$$

Координати й обсяги беруться в порівнянних одиницях; результат — точка, а не готовий майданчик: її ще зв'язують із реальною забудованістю території.

Приклад. Розташування розподільчого складу методом центру ваги

LOC-02

Heizer J., Render B., Munson C. Operations Management, 2016, розділ 8 «Location Strategies»

ДАНО

Навчальні дані: три точки постачання й збуту з умовними координатами (км) і річним обсягом перевезень (тис. т): перша — (20; 60), 50 тис. т; друга — (70; 20), 80 тис. т; третя — (40; 90), 30 тис. т.

ФОРМУЛА

$$x^* = \Sigma(Q_i \cdot x_i) / \Sigma Q_i; y^* = \Sigma(Q_i \cdot y_i) / \Sigma Q_i \text{ (LOC-02)}$$

РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Сумарний обсяг: $50 + 80 + 30 = 160$ тис. т.
2. Координата x^* : $(20 \cdot 50 + 70 \cdot 80 + 40 \cdot 30) / 160 = (1\,000 + 5\,600 + 1\,200) / 160 = 7\,800 / 160 = 48,75$.
3. Координата y^* : $(60 \cdot 50 + 20 \cdot 80 + 90 \cdot 30) / 160 = (3\,000 + 1\,600 + 2\,700) / 160 = 7\,300 / 160 = 45,625$.

ВІДПОВІДЬ

Оптимальна точка розміщення — приблизно (48,75; 45,625).

ІНТЕРПРЕТАЦІЯ

Точку притягнула друга точка постачання — вона має найбільшу вагу (80 із 160 тис. т, тобто половину обсягу) і тому «перетягнула» центр ваги ближче до себе за обома координатами, ніж просте середнє арифметичне трьох точок дало б. Результат методу — координати, а не готовий майданчик: далі їх звіряють із реальною картою, наявністю доріг і забудованістю території, і лише тоді підбирають конкретну ділянку поблизу розрахункової точки.

❶ Два методи відповідають на різні питання

Метод вагових коефіцієнтів обирає найкращий із заданого переліку варіантів і враховує якісні фактори — податки, кадри, інфраструктуру. Метод центру ваги обчислює точку, яка мінімізує транспортну відстань, і якісних факторів не бачить узагалі. Правильна послідовність — не «або-або»: методом центру ваги окреслюють область пошуку, а методом вагових коефіцієнтів порівнюють конкретні майданчики всередині цієї області.

Кейс. Укрпошта: нормативна формула розміщення мережі

Кейс за чинним нормативним актом; чинність окремо в реєстрі не звірялася

Згідно з наказом Мінінфраструктури від 28.11.2013 № 959, для національного оператора встановлено не рекомендацію, а норматив: для міст — чисельність населення на одне відділення залежно від групи поселення, від 15 000 осіб на відділення в містах понад 500 тис. мешканців до 6 000 осіб у містах до 10 тис. Для сільської місцевості норматив кількості відділень задано формулою $N = K1 \cdot (S / 62) + K2 \cdot (X / 1300)$, де S — площа сільських населених пунктів області в км², X — чисельність сільського населення області, 62 і 1300 — нормативи обслуговування площею і населенням на одне відділення, а $K1$ і $K2$ — поправочні коефіцієнти питомої ваги області за площею й населенням;

наприклад, для Вінницької області ці коефіцієнти становлять 0,96 і 0,94. Документ окремо розрізняє розрахункову (нормативну) мережу і базову мережу, яку оператор встановлює щороку і яка може бути меншою за розрахункову, якщо доступ забезпечено через точки присутності.

Чим розрахунок за нормативною формулою відрізняється від вибору майданчика методом вагових коефіцієнтів?

Формула нормативної мережі — не метод вагових коефіцієнтів і не метод центру ваги, а третій підхід: розміщення точок обслуговування задає держава через норматив навантаження на одне відділення, а не менеджмент компанії через зважений вибір. Це продовжує лінію теми 1, де ціль операційної системи Укрпошти вже виявлялася заданою ззовні: тут зовнішньою є не лише ціль обслуговування, а й сама щільність мережі, яка цю ціль має забезпечити. Межа кейсу: чинність наказу № 959 у поточній редакції окремо в реєстрі нормативних актів не звірялася, а сторінка оператора подає норматив як чинний без додаткової перевірки.

Кейс. Kernel: локація заводу обмежена поясом вирощування сировини

Кейс за аудованим річним звітом Kernel Holding S.A. за 2025 фінансовий рік

Kernel Holding експлуатує сім олієекстракційних заводів із сумарною потужністю переробки 4,0 млн т насіння соняшнику на рік, що становить 19% потужності переробки в Україні, і за 2025 фінансовий рік ці заводи переробили 3,5 млн т сировини за коефіцієнта використання потужностей 87% — так звітує компанія у своєму аудованому річному звіті. Низька насипна густина соняшникового насіння означає, що дальні перевезення сировини коштують непропорційно дорого порівняно з вагою

корисного продукту, який із неї вийде, тож завод економічно виправданий лише в межах обмеженого радіуса від поля, а не там, де зручніше збувати готову олію.

Чому для олієекстракційного заводу зона збирання сировини важливіша за близькість до великого міста чи порту?

Для теми 5 кейс — приклад локації, у якій домінує один фактор макрорівня: близькість до сировини переважає решту, бо переробна економіка робить довге транспортне плече сировини нерентабельним ще до того, як порахували решту факторів. Такий випадок метод вагових коефіцієнтів звів би до майже нульової ваги решти факторів, а метод центру ваги дав би результат, близький до географічного центру самого поясу вирощування. Межа кейсу: наведений коефіцієнт використання потужностей і обсяг переробки описують компанію в цілому, а не завод, обраний за цим критерієм окремо.

Кейс. Ajax Systems: послідовність рішень про розміщення виробництва

Кейс за корпоративним блогом компанії; кількісні показники — заява приватної компанії без аудованої звітності

У листопаді 2020 року компанія відкрила другий виробничий майданчик у Києві, пояснивши це бізнес-ціллю подвоїти виробництво. У жовтні 2022 року компанія відкрила завод у Туреччині площею 8 300 м² із заявленою потужністю 3,2 млн пристроїв на рік; засновник назвав критерії цього вибору прямо: наявність фахівців у виробничій сфері, інфраструктура, умови вільної економічної зони, рівень оподаткування, якість підрядників і близькість до основних ринків. За підсумками 2025 року, які компанія оприлюднила на початку 2026 року, до мережі додався четвертий завод — у Ханой (В'єтнам), площею також 8 300 м², з понад тисячею робочих місць у перший рік роботи.

Чим критерії другого й третього рішень про розміщення відрізняються від критерію першого?

Перше рішення (Київ) підпорядковане бізнес-цілі напрямку — це тема 1. Друге рішення (Туреччина) — уже класична задача вибору місця розташування з явно названим переліком критеріїв, який відповідає і макрорівню (кадри, інфраструктура, оподаткування), і мікрорівню (умови вільної економічної зони, якість підрядників) із розділу цього уроку. Для третього рішення (В'єтнам) критерії вибору в джерелах не названо, тож порівнювати його з турецьким можна лише за результатом. Межа кейсу: компанія приватна, аудованої звітності не публікує, тож наведені потужності й терміни — її власна заява, а не перевірений факт; сукупна потужність усіх чотирьох заводів на дату перевірки джерел не розкрита.

Кейс. Zara / Inditex: розміщення за транспортним плечем, а не вартістю праці

Кейс за пресрелізом FY2025 і недатованою сторінкою «Frequent Questions» Inditex

Половина фінальних виробників, з якими працює компанія, розташована поруч зі штаб-квартирою в Артейхо — переважно в Іспанії, Португалії, Туреччині й Марокко, — за даними недатованої сторінки компанії з відповідями на часті питання; там само зазначено, що розподіл товару відбувається двічі на тиждень і завжди включає нові моделі в кожній партії. У річних результатах за 2025 фінансовий рік (завершився 31 січня 2026 року) компанія окремо називає суму інвестицій у логістичну потужність: 900 млн євро на рік упродовж кожного з 2024 і 2025 фінансових років спрямовано саме на нарощування логістичних потужностей.

Чому компанія тримає половину фінальних виробників у дорожчих країнах, а не там, де праця дешевша?

Це приклад локації, у якій фактором номер один свідомо обрано не вартість праці, а транспортне плече до штаб-квартири й розподільчих центрів: близькість скорочує час реакції на зміну попиту, а модель швидкої моди платить за цю швидкість вищою вартістю виробництва. У термінах методу вагових коефіцієнтів це означає високу вагу фактора «час доставки» відносно ваги фактора «вартість одиниці праці» — свідомий компроміс операційних пріоритетів, який тема 2 вже називала. Межа кейсу: сторінка з даними про постачальників не датована, тому цифру «50%» не можна впевнено віднести до конкретного фінансового року.

Підсумок розділу. Вибір місця розташування спирається на фактори макро- і мікрорівня. Метод вагових коефіцієнтів порівнює задані варіанти за зваженою сумою балів; метод центру ваги обчислює точку, що мінімізує транспортну відстань до відомих постачальників чи ринків. Методи доповнюють один одного: об'єктивний розрахунок відстані окреслює область пошуку, зважена оцінка обирає конкретний майданчик усередині неї.

5.4 Розміщення обладнання та планування приміщення; планування офісу

Коли майданчик обрано, наступне завдання — розмістити обладнання, робочі місця й проходи всередині наявної площі так, щоб предмет праці, персонал і матеріали рухалися з найменшими втратами часу й відстані. Компонування приміщення обирають з чотирьох базових типів, і вибір залежить передусім від характеру виробничого процесу, а не від смаку проєктувальника.

Технологічне планування групує обладнання за спільністю виконуваної функції: усі токарні верстати в одній дільниці, усі фрезерні — в іншій. Такий тип підходить для дрібносерійного й одиничного виробництва з широкою номенклатурою, бо дає високу гнучкість — та ж дільниця обробляє різні деталі, — але платить за це довгими й заплутаними маршрутами предмета праці між дільницями.

Предметне планування, навпаки, розставляє обладнання в тій самій послідовності, у якій виконуються операції над конкретним виробом, — це і є потокова лінія. Маршрут стає прямим і коротким, час проходження скорочується, але гнучкість падає:

переналагодження лінії під інший виріб коштує дорого, тому предметне планування виправдане лише за високого й стабільного обсягу випуску одного продукту чи вузької родини продуктів.

Комірчасте планування — компроміс між двома попередніми: обладнання групують у комірки під родину подібних деталей, а всередині комірки розміщують у технологічній послідовності, як у предметному плануванні. Це дає частину гнучкості технологічного планування (кілька схожих виробів у межах родини) і частину швидкості предметного (короткий маршрут усередині комірки).

Планування з фіксованою позицією застосовують, коли сам виріб надто великий або важкий, щоб рухати його між дільницями: корабель, літак, будівля, велика турбіна. Тоді нерухомим лишається виріб, а до нього по черзі підвозять матеріали, обладнання й бригади — логіка компоновки перевертається на протилежну.

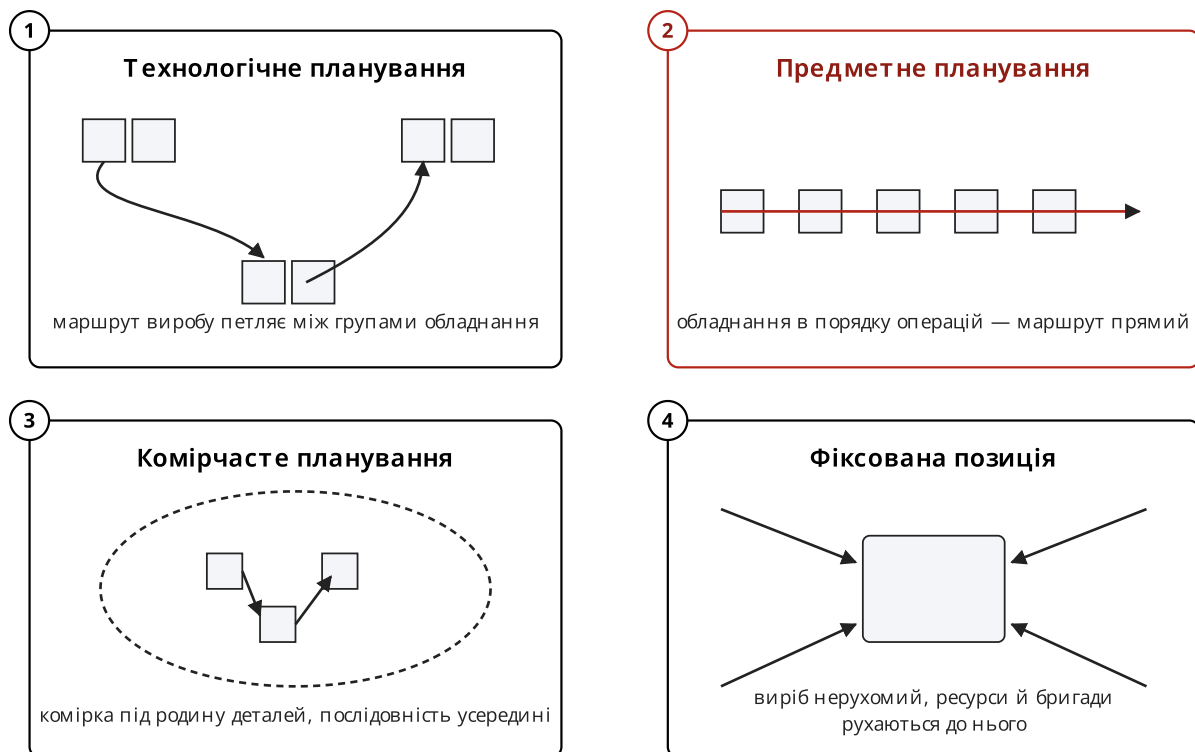


Рисунок 2. Чотири типи компонування приміщення відрізняються тим, що саме рухається — предмет праці чи обладнання й бригади.

- ① Технологічне: обладнання групують за функцією, маршрут виробу довгий і гнучкий
- ② Предметне: обладнання йде в порядку операцій виробу — потокова лінія
- ③ Комірчасте: комірка під родину деталей, компроміс гнучкості й швидкості
- ④ Фіксована позиція: виріб нерухомий, до нього підвозять ресурси

Чотири квадранти. Перший — технологічне планування: групи однотипних верстатів, стрілка маршруту виробу петляє між ними. Другий, виділений карміновим, — предметне планування: обладнання в один ряд у порядку операцій, пряма стрілка виробу. Третій — комірчасте планування: невелика комірка з кількома верстатами в технологічній послідовності всередині. Четвертий — фіксована позиція: великий нерухомий виріб у центрі, стрілки ресурсів і бригад ведуть до нього з усіх боків.

Планування офісу підпорядковане іншій логіці, ніж цеху: там рухається не фізичний предмет праці, а інформація й людська взаємодія, тому основний критерій — мінімізація витрат часу на комунікацію між підрозділами, що найчастіше взаємодіють, а не мінімізація фізичної відстані для транспортування вантажу.

Кейс. Нова Пошта: компонування сортувального терміналу

Кейс за екскурсійними матеріалами компанії для преси; показники потужності — позиція компанії, незалежного аудиту немає

Під час екскурсії журналістів Forbes.ua Київським інноваційним сортувальним терміналом компанія заявила пропускну здатність до 50 000 посилок на годину на площі 24 000 м², інвестиції в термінал — близько 30 млн євро, а компонування описала як трирівневу конвеєрну систему. На операції сканування штрихкоду сканери зчитують код із шести боків коробки на швидкості 3 посилки за секунду, а час перебування окремої посилки в терміналі, за тими самими даними, не перевищує 2 хв; два термінали разом обробляють до 850 вантажівок на добу на прийманні й відправленні.

Що саме в описі терміналу є рішенням про компонування приміщення, а що — нормою праці на окремій операції?

Трирівнева конвеєрна система — саме рішення про компонування приміщення: воно визначає, як фізично рухається посилка від приймання до відправлення, і належить до цього розділу теми. А час 3 посилки за секунду й ліміт 2 хв у терміналі — це вже норми виконання окремих операцій, приклад того, про що піде мова в останньому розділі теми. Межа кейсу: усі числа отримані під час організованої компанією екскурсії для преси, незалежного вимірювання пропускну здатності немає, а сторінка «Nova Post сьогодні» без дати актуальності розходиться з іншими релізами компанії за складом мережі.

Підсумок розділу. Чотири типи компонування — технологічне, предметне, комірчасте, фіксованої позиції — відрізняються тим, що рухається: предмет праці чи ресурси й бригади. Вибір типу визначає характер виробничого процесу: широка номенклатура тягне до технологічного планування, вузька й стабільна — до предметного.

5.5 Особливості розміщення приміщень і обладнання сервісних підрозділів

Планування сервісних об'єктів успадковує логіку теми 3 про особливості послуг: клієнт перебуває всередині процесу перетворення, а отже, сам стає частиною системи, яку проєктують. У роздрібній торгівлі компонування підпорядковане не мінімізації маршруту товару, а максимізації контакту клієнта з асортиментом; в офісі — швидкості комунікації між підрозділами; на складі — балансу між щільністю зберігання і швидкістю комплектації замовлення. Спільний знаменник сервісного проєктування — параметр часу обслуговування одного клієнта чи однієї одиниці обладнання, бо саме він, а не фізична відстань, найчастіше визначає пропускну здатність усієї системи.

Кейс. Southwest Airlines: час розвороту як проєктний параметр

Кейс за формою 10-К за 2025 фінансовий рік; точний час розвороту в первинному документі не розкрито

У формі 10-К компанія прямо пояснює логіку своєї мережі: обслуговування за схемою «точка — точка», а не «хаб і спиці», разом з уніфікованим парком літаків Boeing 737 дає змогу планувати рейси так, щоб мінімізувати час перебування літака на землі, а це, своєю чергою, скорочує потрібну кількість літаків і гейтів і підвищує продуктивність персоналу. Серед досягнень 2025 року компанія прямо називає скорочення часу розвороту способом підвищити утилізацію повітряного судна — проте жодної конкретної цифри часу розвороту в хвилинах документ не наводить.

Чому скорочення часу на землі — проєктне рішення про сервісну систему, а не лише операційна ефективність окремого рейсу?

Час розвороту в гейті — це параметр проєктування сервісної системи в тому самому сенсі, що й такт лінії: чим коротший розворот, тим більше рейсів дає той самий літак і той самий гейт за добу, тобто вища пропускна здатність системи без додаткових фізичних ресурсів. Межа кейсу: поширені в галузевих матеріалах цифри на кшталт « ≈ 49 хв фактично, ціль ≈ 44 хв» походять із вторинного висвітлення дня інвестора, а не з форми 10-K, тому в розрахункових задачах курсу як перевірене число не використовуються — лише як ілюстрація наряду рішення.

Підсумок розділу. Сервісне проєктування успадковує присутність клієнта в процесі: критерій компонування — не відстань предмета праці, а час обслуговування й контакту з клієнтом. Параметр часу на землі чи в черзі відіграє в сервісній системі ту саму роль, що такт лінії у виробничій.

5.6 Балансування потокової лінії: такт, кількість робочих місць, ефективність

Балансування потокової лінії — розподіл операцій процесу між робочими станціями так, щоб час роботи кожної станції був якомога ближчим до заданого темпу випуску, а сумарний простій лінії — мінімальним. Відправна точка балансування — такт лінії: час, який лінія має витратити на кожну одиницю продукції, щоб точно встигати за попитом.

ЧАС ТАКТУ CAP-05

Такт = Доступний час виробництва / Попит за період

Доступний час виробництва і попит беруться за той самий період.

Знаючи такт, розраховують мінімальну кількість робочих станцій, потрібну, щоб узагалі встигнути виконати всі операції в межах такту, — це нижня межа, якої в реальному закріпленні операцій не завжди вдається досягти через технологічну послідовність. Фактична кількість станцій дає ефективність балансування і втрати на простій, які доповнює абсолютний час простою лінії за один цикл. Закріплюють операції за станціями за одним із простих правил пріоритету — правилом найбільшої

кількості наступних завдань (LB-05): першою призначають ту з доступних операцій, за якою в технологічній послідовності йде найбільше інших операцій. Як розв'язувати нічию, правило не визначає: для цього поєднують його з іншим правилом, і вибір потрібно оголосити заздалегідь.

МІНІМАЛЬНА КІЛЬКІСТЬ РОБОЧИХ СТАНЦІЙ LB-01

$$N_{\min} = \lceil \sum t_i / C \rceil$$

Округлення завжди вгору: дробова станція не існує.

Приклад. Балансування лінії з восьми операцій

LB-01

Гевко І. Операційний менеджмент, 2017, тема 4 «Стратегія процесів», п. 4.5, с. 48

ДАНО

Лінія складання з восьми послідовних операцій із часом (с): 40, 35, 25, 45, 30, 20, 38, 27. Доступний час зміни — 450 хв, попит — 450 виробів за зміну.

ФОРМУЛА

Такт = Доступний час / Попит (CAP-05); $N_{\min} = \lceil \sum t_i / C \rceil$ (LB-01)

РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Такт: $450 \text{ хв} \cdot 60 \text{ с} / 450 \text{ виробів} = 27\,000 \text{ с} / 450 = 60 \text{ с на виріб}$.
2. Сума часу операцій: $40+35+25+45+30+20+38+27 = 260 \text{ с}$.
3. Мінімальна кількість станцій: $\lceil 260 / 60 \rceil = \lceil 4,33 \rceil = 5 \text{ станцій}$.
4. Закріплення за правилом найбільшої кількості наступних завдань у технологічному порядку без перевищення такту дає: станція 1 — операція 1 (40 с, простій 20 с); станція 2 — операції 2 і 3 ($35+25=60 \text{ с}$, простій 0); станція 3 — операція 4 (45 с, простій 15 с); станція 4 — операції 5 і 6 ($30+20=50 \text{ с}$, простій 10 с); станція 5 — операція 7 (38 с, простій 22 с); станція 6 — операція 8 (27 с, простій 33 с).

ВІДПОВІДЬ

Фактично лінію зібрано із шести станцій — на одну більше за теоретичний мінімум, бо технологічна послідовність не дозволяє скласти станції щільніше: операція 4 (45 с) не поєднується з жодною сусідньою, а операції 7 і 8 разом ($38 + 27 = 65$ с) перевищують такт 60 с.

ІНТЕРПРЕТАЦІЯ

Розбіжність між мінімумом (5) і фактом (6) — типовий результат балансування: теоретичний мінімум ігнорує послідовність операцій, а реальне закріплення її зобов'язане дотримати. Операція 4 (45 с) не є вузьким місцем — такт лінії задає станція 2, завантажена рівно на 60 с, — але жодна сусідня операція не вміщається з нею в один такт, тому вона стоїть на власній станції з простоем 15 с; так само не поєднуються операції 7 і 8. Це стандартний висновок практичного заняття: збільшення числа станцій понад теоретичний мінімум спричиняють довгі операції, які не поєднуються із сусідніми, а не помилка розрахунку.

ЕФЕКТИВНІСТЬ БАЛАНСУВАННЯ ЛІНІЇ LB-02

$$\text{Ефективність} = \Sigma t_i / (N \cdot C) \times 100\%$$

N — фактична кількість станцій після закріплення операцій.

ВТРАТИ НА ПРОСТІЙ ЛІНІЇ LB-03

$$\text{Простій (\%)} = 100\% - \text{Ефективність}$$

Доповнює ефективність до 100%.

ЧАС ПРОСТОЮ ЛІНІЇ ЗА ЦИКЛ LB-04

$$T_{\text{простою}} = N \cdot C - \Sigma t_i$$

Абсолютний, а не відсотковий вимір того самого простою.

Приклад. Ефективність зібраної лінії

LB-02

Гевко І. Операційний менеджмент, 2017, тема 4 «Стратегія процесів», п. 4.5, с. 48

ДАНО

Продовження попереднього прикладу: $N = 6$ станцій, такт $C = 60$ с, сума часу операцій $\Sigma t_i = 260$ с.

ФОРМУЛА

Ефективність = $\Sigma t_i / (N \cdot C) \cdot 100\%$ (LB-02); Простій = $100\% -$
Ефективність (LB-03); Простою = $N \cdot C - \Sigma t_i$ (LB-04)

РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Ефективність: $260 / (6 \cdot 60) \cdot 100\% = 260 / 360 \cdot 100\% \approx 72,2\%$.
2. Втрати на простій: $100\% - 72,2\% = 27,8\%$.
3. Абсолютний час простою за цикл: $6 \cdot 60 - 260 = 360 - 260 = 100$ с.

ВІДПОВІДЬ

Ефективність лінії — приблизно 72,2%, втрати на простій — 27,8%, або 100 с сумарного простою всіх станцій за один цикл у 60 с.

ІНТЕРПРЕТАЦІЯ

Три показники описують той самий факт по-різному: відсоткова ефективність зручна для порівняння ліній різної довжини такту, абсолютний час простою (100 с) — для розрахунку, скільки саме секунд можна виграти, якщо додати лінії ще одну операцію чи об'єднати станції. Інший варіант закріплення (наприклад, за іншої послідовності операцій або з паралельною станцією) дав би інший розподіл простою й інше значення ефективності, і саме порівняння варіантів закріплення, а не сам факт балансування, є задачею самостійної роботи цієї теми.

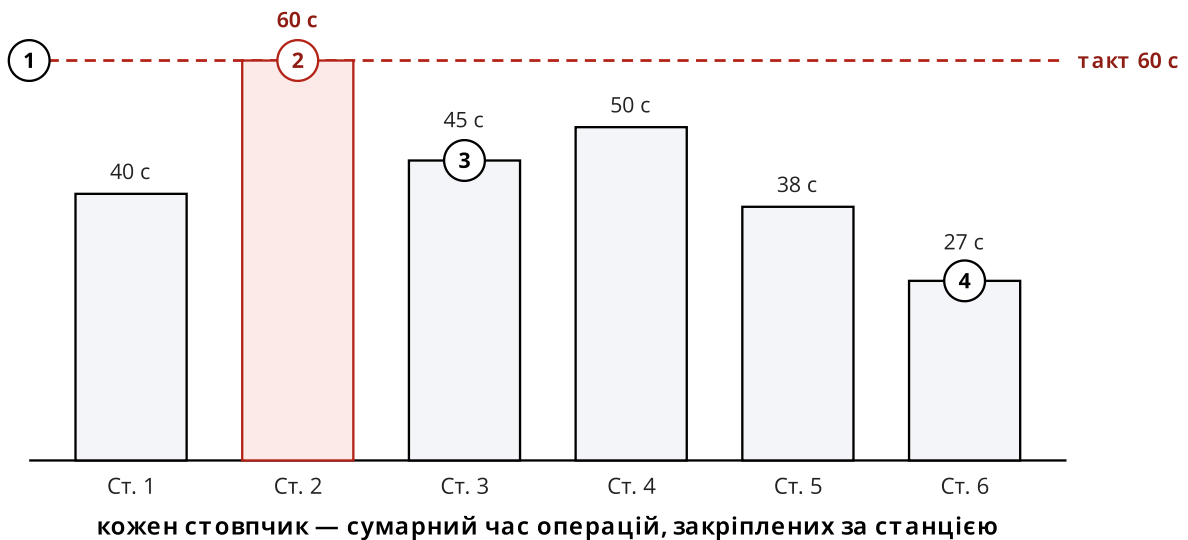


Рисунок 3. Баланс лінії з восьми операцій під такт 60 с: шість станцій із різним простоем; станція 2 сягає такту точно, без жодної втраченої секунди.

- ① Горизонтальна лінія такту — межа 60 с, яку жодна станція не повинна перевищувати
- ② Станція 2 (операції 2 і 3, 60 с) — точно на лінії такту, простій нульовий
- ③ Станція 3 (операція 4, 45 с) — операція не поєднується із сусідньою без перевищення такту
- ④ Станції 1, 5, 6 — по одній операції, найбільший простій серед станцій

Стовпчикова діаграма шести станцій. Над стовпчиками — горизонтальна пунктирна лінія такту на позначці 60 секунд. Стовпчик другої станції сягає лінії такту точно і виділений карміновим як станція з нульовим простоем. Решта стовпчиків нижчі за лінію такту, різниця між стовпчиком і лінією такту підписана як простій станції.

Кейс. Інтерпайп Сталь: такт печі проти циклів суміжних переділів

Кейс за паспортними параметрами сайту заводу; виробництво зупинено з 22.09.2026 після удару по підприємству, кейс подано в минулому часі

Електродугова піч комплексу мала місткість 186 т, випуск 160 т і тривалість плавки 53 хв, що на добу давало 27 плавок.

Двопозиційна установка піч-ківш працювала циклом 30–50 хв

залежно від марки сталі — коротшим за такт печі, — а вакууматор мав цикл вакуумування 40–50 хв, теж коротший за 53 хв. Дві машини безперервного лиття заготовки доповнювали ланцюг продуктивністю 770 тис. т і 550 тис. т на рік відповідно, а їхня сума — 1 320 тис. т на рік — точно збігалася із заявленою проєктною потужністю всього заводу в 1,32 млн т заготовки на рік.

Чому цикл піч-ківш коротший за такт печі, а установка все одно потребувала двох позицій?

Такт печі (53 хв) був найповільнішою ланкою ланцюга — саме він, а не швидші піч-ківш чи вакууматор, визначав пропускну здатність усього переділу, так само як найзавантаженіша станція визначає фактичний цикл складальної лінії. Чому ж установка піч-ківш двопозиційна, якщо її цикл коротший за такт? Сайт заводу цього прямо не пояснює; правдоподібна відповідь — у варіативності циклу за марками сталі (верхня межа 50 хв майже дорівнює такту 53 хв) і в послідовному обслуговуванні ковша, тобто друга позиція працює як резерв, що згладжує коливання циклу, — та сама логіка паралельної станції з балансування лінії. Межа кейсу: усі паспортні параметри взято із сайту заводу без дати публікації, незалежного технічного підтвердження немає, а виробництво зупинилося після балістичного удару по підприємству в ніч на 22.09.2026 року, і строків відновлення на момент перевірки компанія не називала.

Кейс. Tesla, Model 3: додаткова лінія як спосіб розширити вузьке місце

Кейс за первинними розкриттями Tesla до SEC (форма 8-K, Exhibit 99.1)

Випуск Model 3 зростав по кварталах від 260 автомобілів у 3 кв. 2017 р. до 2 425 у 4 кв. 2017 р., 9 766 у 1 кв. 2018 р., 28 578 у 2 кв. 2018 р., 53 239 у 3 кв. 2018 р. і 61 394 у 4 кв. 2018 р. — так компанія звітує в щоквартальних розкриттях перед SEC. У листі акціонерам за 1 кв. 2018 р. компанія прямо визнала: «ми зробили помилку,

додавши забагато автоматизації занадто швидко», і тимчасово повернула частину лінії батарейних модулів і два кроки загального складання до напіваавтоматичного й ручного режиму. В останній тиждень 2 кв. 2018 р. компанія виробила 5 031 Model 3, і нова лінія загального складання GA4 забезпечила приблизно 20% цього тижневого випуску, і компанія зазначила, що якість з цієї лінії була не гіршою, ніж з наявної лінії GA3.

Чим запуск лінії GA4 як рішення відрізняється від простого «працювати швидше» на наявній лінії GA3?

GA4 — це рішення додати паралельну станцію (у масштабі цілої лінії) там, де наявна лінія GA3 і була вузьким місцем нарощування, — той самий принцип, що в балансуванні лінії: розшити вузьке місце можна не прискоренням наявної станції, а паралельним ресурсом поруч. Визнана «надмірна автоматизація» — приклад іншого проєктного рішення з попереднього розділу теми (рівень автоматизації), яке довелося відкотити назад, коли воно виявилось вузьким місцем само по собі. Межа кейсу: 5 031 автомобіль в останній тиждень кварталу — це піковий тижневий показник, а не середній темп кварталу, який становив приблизно 28 578 поділити на 13 тижнів, тобто близько 2 200 на тиждень.

Підсумок розділу. Такт задає темп, під який балансують лінію; мінімальна кількість станцій — теоретична нижня межа, яку технологічна послідовність часто не дозволяє досягти. Ефективність, втрати на простій і абсолютний час простою — три погляди на той самий результат закріплення операцій за станціями.

5.7 Планування і нормування праці: норма часу, норма виробітку, штучний час

Останній крок проєктування операційної системи — визначити, скільки часу справедливо закладати на виконання кожної операції вже закріпленими за станціями працівниками. Нормування праці — вид управлінської діяльності, спрямований на оцінку та встановлення раціональних співвідношень витрат і результатів праці на

конкретній операції за заданих організаційно-технічних умов. Без нормування баланс лінії із попереднього розділу лишається розрахунком на папері: такт визначає, скільки часу є на операцію, а нормування — скільки часу ця операція справді забирає в людини.

Робочий час операції розкладають на категорії, кожна з яких має власне призначення. Підготовчо-завершальний час витрачають один раз на всю партію — на підготовку робочого місця й здачу роботи після партії, а не на кожен виріб окремо. Оперативний час — це власне виконання операції: основний (технологічний) час, коли предмет праці безпосередньо змінюється, і допоміжний час на завантаження, розвантаження, керування обладнанням. Час обслуговування робочого місця йде на підтримання його готовності до роботи; час на відпочинок і особисті потреби — регламентована частина зміни, без якої норма буде фізично невиконуваною.

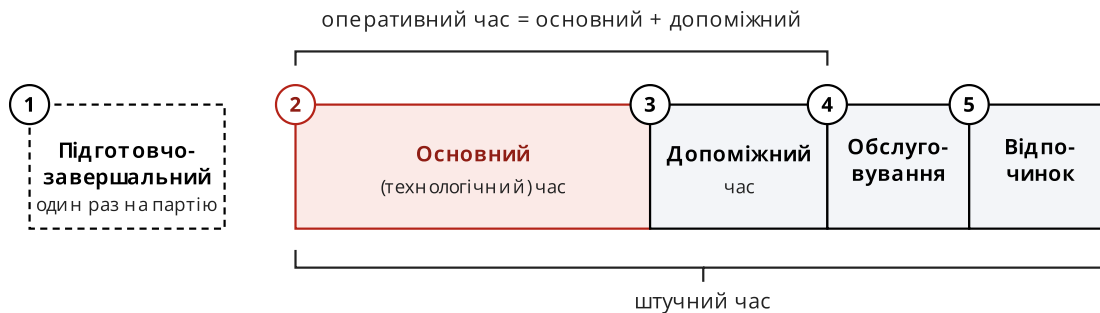


Рисунок 4. Склад робочого часу операції: підготовчо-завершальний час — один раз на партію, решта категорій — у розрахунку на кожен одиницю продукції.

- ① Підготовчо-завершальний час — один раз на партію, не на одиницю
- ② Основний (технологічний) час — предмет праці безпосередньо змінюється
- ③ Допоміжний час — завантаження, розвантаження, керування обладнанням
- ④ Час обслуговування робочого місця
- ⑤ Час на відпочинок і особисті потреби

Горизонтальна смуга, поділена на пронумеровані відрізки. Ліворуч окремим блоком — підготовчо-завершальний час, підписаний «один раз на партію». Праворуч — оперативний час, поділений на основний (виділений карміновим) і допоміжний, а за ним — блоки часу обслуговування робочого місця й часу на відпочинок і особисті потреби. Під смугою фігурна дужка від оперативного часу до кінця смуги підписана «штучний час».

Норма часу — загальний регламентований час на виконання одиниці роботи в заданих організаційно-технічних умовах; вона складається з категорій, показаних на рисунку. У масовому й великосерійному виробництві, де партія практично не обмежена, норму часу на одиницю ототожнюють зі штучним часом — сумою оперативного часу, часу обслуговування робочого місця й часу на відпочинок та особисті потреби, без частки підготовчо-завершального часу.

ОПЕРАТИВНИЙ ЧАС ОПЕРАЦІЇ WM-01

$$T_{оп} = T_o + T_d$$

Основний час залежить від технології, допоміжний — від організації робочого місця.

ШТУЧНИЙ ЧАС WM-02

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обсл} + T_{відп}$$

Категорії часу обслуговування й відпочинку зазвичай задають частками від оперативного часу.

У дрібносерійному виробництві, де партія обмежена і підготовчо-завершальний час треба розподілити на кожен виріб партії, використовують ширшу норму — штучно-калькуляційний час, який додає до штучного часу частку підготовчо-завершального часу, поділену на розмір партії. Норма часу на всю партію дорівнює штучно-калькуляційному часу, помноженому на розмір партії.

ШТУЧНО-КАЛЬКУЛЯЦІЙНИЙ ЧАС WM-03

$$T_{шт.к} = T_{шт} + T_{пз} / n$$

Що більша партія, то менша частка підготовчо-завершального часу припадає на одиницю.

Норма виробітку — кількість одиниць продукції визначеного виду, яку працівник чи бригада мають виготовити за заданий проміжок часу; вона обернено пропорційна нормі часу й розраховується діленням змінного фонду робочого часу на норму часу одиниці — штучно-калькуляційний час; у масовому виробництві, де частка $T_{пз}/n$ практично зникає, він збігається зі штучним часом.

НОРМА ВИРОБІТКУ WM-04

Нвир = Тзм / Тшт.к

Час на обслуговування, відпочинок і підготовчо-завершальні роботи вже закладено в штучно-калькуляційний час, тому від змінного фонду їх окремо не віднімають.

Приклад. Норма часу й норма виробітку за хронометражними даними

WM-04

Капінос Г.І., Бабій І.В. Операційний менеджмент, 2013, розділ 10, п. 10.10 «Хронометраж», с. 306; п. 6.3.5, с. 198–199

ДАНО

За хронометражем операції: основний час $T_o = 3,2$ хв, допоміжний час $T_d = 0,6$ хв. Час обслуговування робочого місця становить 4% оперативного часу, час на відпочинок і особисті потреби — 6% оперативного часу. Підготовчо-завершальний час на партію $T_{пз} = 18$ хв, розмір партії $n = 40$ шт. Змінний фонд робочого часу $T_{зм} = 480$ хв.

ФОРМУЛА

$T_{оп} = T_o + T_d$ (WM-01); $T_{шт} = T_{оп} + T_{обсл} + T_{відп}$ (WM-02); $T_{шт.к} = T_{шт} + T_{пз}/n$ (WM-03); $Нвир = T_{зм} / T_{шт.к}$ (WM-04)

РОЗВ'ЯЗАННЯ

1. Оперативний час: $T_{оп} = 3,2 + 0,6 = 3,8$ хв.
2. Час обслуговування: $3,8 \cdot 0,04 = 0,152$ хв. Час на відпочинок: $3,8 \cdot 0,06 = 0,228$ хв.
3. Штучний час: $T_{шт} = 3,8 + 0,152 + 0,228 = 4,18$ хв.
4. Штучно-калькуляційний час: $T_{шт.к} = 4,18 + 18 / 40 = 4,18 + 0,45 = 4,63$ хв; норма часу на всю партію — $4,63 \cdot 40 = 185,2$ хв.
5. Норма виробітку за зміну: $Нвир = 480 / 4,63 \approx 103,7$, округлено до 103 придатних виробів.

ВІДПОВІДЬ

Штучний час — 4,18 хв, штучно-калькуляційний час за партії з 40 виробів — 4,63 хв, норма виробітку — 103 вироби за зміну.

ІНТЕРПРЕТАЦІЯ

Округлення норми виробітку вниз, а не до найближчого цілого, — свідоме рішення: 0,7 виробу наприкінці зміни не існує як придатна одиниця. Різниця між штучним часом (4,18 хв) і штучно-калькуляційним (4,63 хв) — це рівно та частка підготовчо-завершального часу, яку виріб «успадковує» від сусідів по партії; чим більша партія n , тим менша ця частка і тим ближче штучно-калькуляційний час до самого штучного. Якби норму виробітку порахували за штучним часом ($480 / 4,18 \approx 114$), вона не лишила б у зміні часу на підготовчо-завершальні роботи й була б завищеною.

 Норму часу не можна визначити на око

Норма часу, отримана «за досвідом» без хронометражу, найчастіше або занижена, і тоді працівник її системно не виконує, або завищена, і тоді лінія простоює в очікуванні станції, для якої норму порахували з запасом. Обидві помилки з'являються в тому самому балансі лінії з попереднього розділу: недооцінена операція стає прихованим вузьким місцем, а переоцінена — джерелом невинновданого простою станції.

Підсумок розділу. Норма часу складається з підготовчо-завершального, оперативного (основного й допоміжного), часу обслуговування робочого місця й часу на відпочинок. Штучний час — норма часу на одиницю без частки підготовчо-завершального; штучно-калькуляційний час додає цю частку явно. Норма виробітку обернено пропорційна штучно-калькуляційному часу і замикає розрахунок: від такту лінії до конкретного числа виробів на зміну.

5.8 Підсумок теми

Проектування операційної системи — структурне рішення, яке визначає склад, розміщення й взаємодію ресурсів під заданий обсяг випуску; воно буває новим, реконструктивним і трансферним, і в кожному виді рівень автоматизації є окремим свідомим вибором зі своєю ціною.

Вибір місця розташування спирається на фактори макро- і мікрорівня і має два взаємодоповнювальні розрахункові інструменти: метод вагових коефіцієнтів порівнює задані варіанти за зваженою сумою балів, а метод центру ваги обчислює точку, що мінімізує транспортну відстань до відомих постачальників чи ринків збуту.

Компонування приміщення — технологічне, предметне, комірчасте або з фіксованою позицією — відповідає на питання, що саме рухається: предмет праці чи ресурси навколо нерухомого виробу; сервісне проєктування додає до цього присутність клієнта всередині процесу.

Балансування потокової лінії зводить такт, мінімальну й фактичну кількість станцій, ефективність і простій в один узгоджений розрахунок: теоретичний мінімум станцій — нижня межа, яку технологічна послідовність операцій найчастіше не дозволяє досягти повністю.

Нормування праці завершує проєктування конкретним числом: штучний і штучно-калькуляційний час і норма виробітку перетворюють такт лінії й закріплення операцій на норму, яку можна поставити перед конкретним робочим місцем і перевірити хронометражем.

Самоперевірка

Питання без балів — лише щоб переконатися, що прочитане склалося в картину. Повний тренувальний тест — після теми.

Чим проєктування операційної системи відрізняється від поточного управління нею (тема 6)?

- А** Проєктування створює межі ресурсів, а поточне управління оптимізує роботу вже в цих межах

Так. Структурні рішення (локація, планування, лінія, норми) задають рамку, усередині якої потім працює оперативне планування.

- Б** Проєктування стосується лише нових підприємств, а поточне управління — вже наявних

Проектні рішення повертаються і для наявних підприємств — при розширенні, реконструкції чи трансфері системи на новий майданчик.

- В** Проєктування не має власних розрахункових методів, на відміну від поточного управління

Навпаки: саме проєктування дає розрахункові методи цієї теми — вагові коефіцієнти, центр ваги, баланс лінії, норми часу.

Майданчик А набрав більше балів за одним фактором із найбільшою вагою, але менше за сумою всіх факторів, ніж майданчик Б. Який варіант обрати методом вагових коефіцієнтів?

- А** Майданчик А, бо перемога за найважливішим фактором завжди має вирішальне значення для остаточного вибору майданчика

Метод підсумовує зважені оцінки всіх факторів одразу; один сильний фактор автоматично не переважає рішення, якщо сума все одно нижча.

- Б** Майданчик Б, бо метод підсумовує зважені оцінки всіх факторів, а не лише один

Так. Саме в цьому сенс методу: він не дає одному фактору, хай навіть найважливішому, автоматично визначати результат.

- В** Жоден з двох, доки додатково не застосовано метод центру ваги

Метод центру ваги розв'язує інше завдання — знаходить точку за координатами й вагами, а не обирає із заданого переліку варіантів.

У методі центру ваги одна з трьох точок постачання має вдвічі більший обсяг перевезень за інші дві разом узяті. Як це вплине на розрахункову точку?

- А** Розрахункова точка збіжиться із простим середнім арифметичним координат трьох точок

Просте середнє ігнорувало б ваги; метод центру ваги саме тому й зважає координати обсягом, а не рахує їх порівну.

- Б** Обсяг перевезень на розрахункову точку не впливає, впливають лише самі координати

Впливає саме обсяг: він стоїть множником у чисельнику формули, тож точка з більшим Q_i має більшу вагу в результаті.

- В** Розрахункова точка зміститься ближче до точки з найбільшим обсягом перевезень до неї

Так. Вага Q_i у чисельнику «притягує» центр ваги до точки з найбільшим обсягом — це видно в розрахунку прикладу цього розділу.

Лінію зібрано з більшої кількості станцій, ніж дає теоретичний мінімум $N_{\min}$. Що це найімовірніше означає?

- А** Технологічна послідовність заважає об'єднати довгу операцію з сусідньою в межах такту

Так. Найчастіша причина — операція, час якої близький до такту чи перевищує половину такту, і яка тому не вміщається в станцію разом з іншою.

- Б** У розрахунку такту або суми часу операцій допущено обчислювальну помилку

Розбіжність мінімуму й факту — не ознака помилки: N_{min} ігнорує технологічну послідовність, яку фактичне закріплення зобов'язане дотримати.

- В** Лінію свідомо спроектовано з додатковим резервом потужності про запас на майбутнє зростання попиту й номенклатури

Резерв потужності — окреме проєктне рішення, а не типова причина розбіжності N_{min} і фактичної кількості станцій у звичайному балансуванні.

Чому штучний і штучно-калькуляційний час дають різні числа для тієї самої операції?

- А** Штучний час не враховує основний (технологічний) час операції

Основний час — обов'язкова складова оперативного часу, а отже й штучного часу: без нього норма не описувала б саму роботу.

- Б** Штучно-калькуляційний час додає частку підготовчо-завершального часу, поділену на розмір партії

Так. Штучний час — це оперативний час плюс обслуговування й відпочинок, без підготовчо-завершального; штучно-калькуляційний час додає цю частку явно.

- В** Штучно-калькуляційний час завжди менший за штучний, бо частину часу економить масштаб

Навпаки: штучно-калькуляційний час завжди більший за штучний або дорівнює йому, бо додає, а не віднімає підготовчо-завершальний час.

Партію збільшили вдвічі, а підготовчо-завершальний час і штучний час операції лишилися незмінними. Що станеться зі штучно-калькуляційним часом?

- А** Він зросте, бо підготовчо-завершальний час тепер розподіляється на більшу кількість виробів

Навпаки: та сама сума ділиться на більше n , тож частка на одиницю зменшується, а не зростає.

- Б** Він не зміниться, бо штучно-калькуляційний час залежить лише від самого штучного часу, а не від розміру партії

Штучно-калькуляційний час прямо залежить і від розміру партії n через доданок $T_{пз}/n$ — інакше формула WM-03 не мала б сенсу.

- В** Він наблизиться до штучного часу, бо частка підготовчо-завершального часу на одиницю зменшиться

Так. $T_{пз}/n$ зменшується зі зростанням n , тож штучно-калькуляційний час $(T_{шт} + T_{пз}/n)$ наближається до самого штучного часу.

5.9 Самостійна робота

- СРС 5.1** Прочитайте лонгрід теми 5 і пройдіть самоперевірку. До кожного з семи розділів выпишіть одне речення, яке вважаєте

головним, — цей перелік знадобиться для повторення перед модульним тестом (4 год).

- СРС 5.2** Оберіть майданчик для нового складу методом вагових коефіцієнтів: визначте щонайменше три фактори з вагами, оцініть два варіанти в балах, а тоді перевірте результат методом центру ваги за координатами трьох умовних точок постачання чи збуту. Письмово поясніть, чому результати двох методів можуть розходитися (4 год).
- СРС 5.3** У тренажері збалансуйте потокову лінію з восьми операцій під заданий такт: розрахуйте мінімальну кількість станцій, закріпіть операції за станціями двома різними способами й порівняйте ефективність і простіть кожного варіанта (4 год).
- СРС 5.4** За заданими хронометражними даними розрахуйте оперативний, штучний і штучно-калькуляційний час та норму виробітку за зміну; поясніть письмово, з яких категорій складається штучний час і чому підготовчо-завершальний час до нього не входить (2 год).
- СРС 5.5** Пройдіть тренувальний тест теми 5. До кожного питання, на яке відповіли неправильно, знайдіть у лонгріді абзац, що пояснює правильну відповідь, і выпишіть із нього одне речення (2 год).

Джерела

1. 1. Heizer J., Render B., Munson C.. Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management. Pearson, 2016. Джерело методу вагових коефіцієнтів і методу центру ваги (розділ 8 «Location Strategies», LOC-01, LOC-02) та розширень балансування лінії (розділ 9 «Layout Strategies», підрозділ «Assembly-Line Balancing», LB-04, LB-05) (звірено лише за змістом видавця, без сторінки).
[openlibrary.org](https://openlibrary.org/isbn/9780134163512)  (<https://openlibrary.org/isbn/9780134163512>)
перевірено 23.09.2026
2. 2. Гевко І. Б.. Операційний (виробничий) менеджмент: конспект лекцій. ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. Джерело часу такту (CAP-05) і базового балансування лінії — мінімальної кількості станцій та ефективності лінії (LB-01,

LB-02): тема 4 «Стратегія процесів», п. 4.5, с. 48.

elartu.tntu.edu.ua  (<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/21300>)

перевірено 23.09.2026

3. 3. Stevenson W. J.. Operations Management. McGraw-Hill Education, 2020. Джерело показника втрат на простій лінії (balance delay, LB-03): розділ 6 «Process Selection and Facility Layout», балансування лінії.

openlibrary.org  (<https://openlibrary.org/isbn/9781260575712>)

перевірено 23.09.2026

4. 4. Капінос Г. І., Бабій І. В.. Операційний менеджмент: навчальний посібник. Центр учбової літератури, 2013. Джерело нормування праці: класифікація затрат робочого часу, оперативний, штучний і штучно-калькуляційний час — розділ 6.3, п. 6.3.5 «Класифікація затрат часу», с. 198–199 (WM-01...WM-03); норма виробітку — п. 6.3.2, с. 194, і розділ 10, п. 10.10 «Хронометраж», с. 306 (WM-04).

duikt.edu.ua  (https://duikt.edu.ua/uploads/l_1479_22227234.pdf)

перевірено 23.09.2026

5. 5. Кушнірук В. С.. Операційний менеджмент: опорний конспект лекцій. МНАУ, 2017. Розділ «Виробничі потужності, їх розташування та процес проєктування підприємства»: фактори макро- і мікрорівня вибору місця розташування, етапи проєктування підприємства.

dSPACE.mnau.edu.ua  (<https://dSPACE.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/2078>)

перевірено 22.09.2026

6. 6. Нормативи розвитку та розміщення у містах і сільській місцевості мережі об'єктів поштового зв'язку та поштових скриньок національного оператора (наказ Мінінфраструктури від 28.11.2013 № 959). Міністерство інфраструктури України, 2013. Нормативна формула розміщення відділень у сільській місцевості й нормативи чисельності населення на відділення в містах; чинність поточної редакції окремо в реєстрі не звірялася.

[ukrposhta.ua](https://www.ukrposhta.ua)  (<https://www.ukrposhta.ua/ua/roz-mishchennia-merezhi-obiektiv-poshtovoh-o-zv'iazku-natsionalnoho-operatora>)

перевірено 22.09.2026

7. 7. Термінал «Нової пошти» сортує до 50 000 посилок на годину. Forbes.ua, 2021. Екскурсійні матеріали для преси: компонування сортувального терміналу (трирівнева конвеєрна система), площа, інвестиції, норма операції сканування. Позиція компанії, без незалежного аудиту.

forbes.ua  (<https://forbes.ua/company/nova-poshta-terminal-16042021-1387>)

перевірено 22.09.2026

8. 8. Kernel Holding S.A. Annual Report and Accounts for the year ended 30 June 2025. Kernel Holding S.A., 2025. Аудований річний звіт — потужність переробки, фактичний обсяг переробки й коефіцієнт використання потужностей

олієекстракційних заводів.

[kernel.ua](https://www.kernel.ua/wp-content/uploads/2025/10/FY2025_Kernel_Annual_Report.pdf)  (https://www.kernel.ua/wp-content/uploads/2025/10/FY2025_Kernel_Annual_Report.pdf)

перевірено 22.09.2026

9. 9. Ajax Systems відкрили другий завод у Києві. Ajax Systems, 2020. Корпоративний блог: перше рішення про розміщення другого майданчика, підпорядковане бізнес-цілі. Заява приватної компанії без аудованої звітності.
[ajax.systems](https://ajax.systems/blog/second-plant-in-kyiv/)  (<https://ajax.systems/blog/second-plant-in-kyiv/>)

перевірено 22.09.2026

10. 10. Ajax plant in Turkey. Ajax Systems, 2023. Корпоративний блог: критерії вибору локації в Туреччині, названі засновником, площа й заявлена потужність заводу. Заява приватної компанії без аудованої звітності.
[ajax.systems](https://ajax.systems/blog/ajax-plant-in-turkey/)  (<https://ajax.systems/blog/ajax-plant-in-turkey/>)

перевірено 22.09.2026

11. 11. Як Ajax Systems у 2025 році масштабувала безпеку на глобальному рівні. Digitalstate.gov.ua, 2026. Вторинний переказ підсумків 2025 року за річним звітом компанії — четвертий завод (В'єтнам) і кількість робочих місць у перший рік.
[digitalstate.gov.ua](https://digitalstate.gov.ua/news/tech/iak-ajax-systems-2025-rotsi-ma-sstabuvala-bezpeku-na-hlobalnomu-rivni)  (<https://digitalstate.gov.ua/news/tech/iak-ajax-systems-2025-rotsi-ma-sstabuvala-bezpeku-na-hlobalnomu-rivni>)

перевірено 22.09.2026

12. 12. FY2025 Results. Inditex, 2026. Офіційний пресреліз за фінансовий рік, що завершився 31.01.2026 — інвестиція 900 млн євро на рік у логістичні потужності.
[inditex.com](https://www.inditex.com/itxcomweb/gp/en/press/news-detail/b870d5ec-6b7e-491d-b38e-340cd69036df/fy2025-results)  (<https://www.inditex.com/itxcomweb/gp/en/press/news-detail/b870d5ec-6b7e-491d-b38e-340cd69036df/fy2025-results>)

перевірено 22.09.2026

13. 13. Frequent Questions. Inditex. Недатована офіційна сторінка: частка фінальних виробників поруч зі штаб-квартирою, частота розподілу товару. Дату, до якої належать цифри, точно встановити не можна.
[inditex.com](https://www.inditex.com/itxcomweb/es/en/press/frequent-questions)  (<https://www.inditex.com/itxcomweb/es/en/press/frequent-questions>)

перевірено 22.09.2026

14. 14. Про завод; Електродугова піч; Двопозиційна установка піч-ківш; Вакууматор; Машина безперервного лиття заготовки. ІНТЕРПАЙП СТАЛЬ. Паспортні параметри комплексу з власного сайту заводу, сторінки без дати публікації; незалежного технічного підтвердження немає.
[interpipesteel.biz](https://interpipesteel.biz/about/pro-zavod)  (<https://interpipesteel.biz/about/pro-zavod>)

перевірено 22.09.2026

15. 15. Підприємство «Інтерпайп» у Дніпрі зазнало балістичної атаки. GMK Center, 2026. Зупинка виробництва після удару в ніч на 22.09.2026 р.; термінів відновлення компанія на дату перевірки не називала.
[gmk.center](https://gmk.center/ua/news/pidpriemstvo-interpajp-v-dnipri-zaznalo-balistic-hnoi-ataki/) ↗ (https://gmk.center/ua/news/pidpriemstvo-interpajp-v-dnipri-zaznalo-balistic-hnoi-ataki/)
перевірено 22.09.2026
16. 16. Q1 2018 Update (лист акціонерам). Tesla, Inc., 2018. Форма 8-K, Exhibit 99.1 (2018-05-02): визнання «надмірної автоматизації» і тимчасове повернення частини лінії до напівавтоматичного режиму.
[sec.gov](https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1318605/000156459018010306/tsla-ex991_7.htm) ↗ (https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1318605/000156459018010306/tsla-ex991_7.htm)
перевірено 22.09.2026
17. 17. Q2 2018 Vehicle Production and Deliveries. Tesla, Inc., 2018. Форма 8-K, Exhibit 99.1: запуск лінії GA4 і її частка у випуску Model 3, а також квартальні обсяги виробництва 2017–2018 рр.
[sec.gov](https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/0001318605/000156459018016465/tsla-ex991_6.htm) ↗ (https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/0001318605/000156459018016465/tsla-ex991_6.htm)
перевірено 22.09.2026
18. 18. Form 10-K за 2025 фінансовий рік. Southwest Airlines Co., 2026. Point-to-point проти hub-and-spoke, уніфікований парк Boeing 737, скорочення часу розвороту як ініціатива 2025 р.; точного часу розвороту в хвилинах документ не наводить.
[sec.gov](https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/92380/000009238026000004/luv-20251231.htm) ↗ (https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/92380/000009238026000004/luv-20251231.htm)
перевірено 22.09.2026
19. 19. McDonald C.J.. The Evolution of Intel's Copy EXACTLY! Technology Transfer Method (Intel Technology Journal, Vol. 2, Issue 4, Q4 1998). Intel Corporation, 1998. Первинна публікація методу Copy EXACTLY!; чотирирівневе зіставлення майданчиків і заборона компенсаційних підлаштувань.
[intel.com](https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/research/1998-vol02-iss-4-intel-technology-journal.pdf) ↗ (https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/research/1998-vol02-iss-4-intel-technology-journal.pdf)
перевірено 22.09.2026

Джерела

1. 1. Heizer J., Render B., Munson C.. Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management. Pearson, 2016. Джерело методу вагових коефіцієнтів і методу центру ваги (розділ 8 «Location Strategies», LOC-01, LOC-02) та розширень балансування лінії (розділ 9 «Layout Strategies», підрозділ

«Assembly-Line Balancing», LB-04, LB-05) (звірено лише за змістом видавця, без сторінки).

[openlibrary.org](https://openlibrary.org/isbn/9780134163512)  (<https://openlibrary.org/isbn/9780134163512>)

перевірено 23.09.2026

2. 2. Гевко І. Б.. Операційний (виробничий) менеджмент: конспект лекцій. ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. Джерело часу такту (CAP-05) і базового балансування лінії — мінімальної кількості станцій та ефективності лінії (LB-01, LB-02): тема 4 «Стратегія процесів», п. 4.5, с. 48.

[elartu.tntu.edu.ua](https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/21300)  (<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/21300>)

перевірено 23.09.2026

3. 3. Stevenson W. J.. Operations Management. McGraw-Hill Education, 2020. Джерело показника втрат на простій лінії (balance delay, LB-03): розділ 6 «Process Selection and Facility Layout», балансування лінії.

[openlibrary.org](https://openlibrary.org/isbn/9781260575712)  (<https://openlibrary.org/isbn/9781260575712>)

перевірено 23.09.2026

4. 4. Капінос Г. І., Бабій І. В.. Операційний менеджмент: навчальний посібник. Центр учбової літератури, 2013. Джерело нормування праці: класифікація затрат робочого часу, оперативний, штучний і штучно-калькуляційний час — розділ 6.3, п. 6.3.5 «Класифікація затрат часу», с. 198–199 (WM-01...WM-03); норма виробітку — п. 6.3.2, с. 194, і розділ 10, п. 10.10 «Хронометраж», с. 306 (WM-04).

[duikt.edu.ua](https://duikt.edu.ua/uploads/l_1479_22227234.pdf)  (https://duikt.edu.ua/uploads/l_1479_22227234.pdf)

перевірено 23.09.2026

5. 5. Кушнірук В. С.. Операційний менеджмент: опорний конспект лекцій. МНАУ, 2017. Розділ «Виробничі потужності, їх розташування та процес проєктування підприємства»: фактори макро- і мікрорівня вибору місця розташування, етапи проєктування підприємства.

[dspace.mnau.edu.ua](https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/2078)  (<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/2078>)

перевірено 22.09.2026

6. 6. Нормативи розвитку та розміщення у містах і сільській місцевості мережі об'єктів поштового зв'язку та поштових скриньок національного оператора (наказ Мінінфраструктури від 28.11.2013 № 959). Міністерство інфраструктури України, 2013. Нормативна формула розміщення відділень у сільській місцевості й нормативи чисельності населення на відділення в містах; чинність поточної редакції окремо в реєстрі не звірялася.

[ukrposhta.ua](https://www.ukrposhta.ua/ua/rozmishchennia-merezhi-objektiv-poshtovoh-o-zv'iazku-natsionalnoho-operatora)  (<https://www.ukrposhta.ua/ua/rozmishchennia-merezhi-objektiv-poshtovoh-o-zv'iazku-natsionalnoho-operatora>)

перевірено 22.09.2026

7. 7. Термінал «Нової пошти» сортує до 50 000 посилок на годину. Forbes.ua, 2021. Екскурсійні матеріали для преси: компонування сортувального терміналу (трирівнева конвеєрна система), площа, інвестиції, норма операції сканування. Позиція компанії, без незалежного аудиту.
[forbes.ua](https://forbes.ua/company/nova-poshta-terminal-16042021-1387)  (<https://forbes.ua/company/nova-poshta-terminal-16042021-1387>)
перевірено 22.09.2026
8. 8. Kernel Holding S.A. Annual Report and Accounts for the year ended 30 June 2025. Kernel Holding S.A., 2025. Аудований річний звіт — потужність переробки, фактичний обсяг переробки й коефіцієнт використання потужностей олієекстракційних заводів.
[kernel.ua](https://www.kernel.ua/wp-content/uploads/2025/10/FY2025_Kernel_Annual_Report.pdf)  (https://www.kernel.ua/wp-content/uploads/2025/10/FY2025_Kernel_Annual_Report.pdf)
перевірено 22.09.2026
9. 9. Ajax Systems відкрили другий завод у Києві. Ajax Systems, 2020. Корпоративний блог: перше рішення про розміщення другого майданчика, підпорядковане бізнес-цілі. Заява приватної компанії без аудованої звітності.
[ajax.systems](https://ajax.systems/blog/second-plant-in-kyiv/)  (<https://ajax.systems/blog/second-plant-in-kyiv/>)
перевірено 22.09.2026
10. 10. Ajax plant in Turkey. Ajax Systems, 2023. Корпоративний блог: критерії вибору локації в Туреччині, названі засновником, площа й заявлена потужність заводу. Заява приватної компанії без аудованої звітності.
[ajax.systems](https://ajax.systems/blog/ajax-plant-in-turkey/)  (<https://ajax.systems/blog/ajax-plant-in-turkey/>)
перевірено 22.09.2026
11. 11. Як Ajax Systems у 2025 році масштабувала безпеку на глобальному рівні. Digitalstate.gov.ua, 2026. Вторинний переказ підсумків 2025 року за річним звітом компанії — четвертий завод (В'єтнам) і кількість робочих місць у перший рік.
[digitalstate.gov.ua](https://digitalstate.gov.ua/news/tech/iak-ajax-systems-2025-rotsi-ma-sstatabuvala-bezpeku-na-hlobalnomu-rivni)  (<https://digitalstate.gov.ua/news/tech/iak-ajax-systems-2025-rotsi-ma-sstatabuvala-bezpeku-na-hlobalnomu-rivni>)
перевірено 22.09.2026
12. 12. FY2025 Results. Inditex, 2026. Офіційний пресреліз за фінансовий рік, що завершився 31.01.2026 — інвестиція 900 млн євро на рік у логістичні потужності.
[inditex.com](https://www.inditex.com/itxcomweb/gp/en/press/news-detail/b870d5ec-6b7e-491d-b38e-340cd69036df/fy2025-results)  (<https://www.inditex.com/itxcomweb/gp/en/press/news-detail/b870d5ec-6b7e-491d-b38e-340cd69036df/fy2025-results>)
перевірено 22.09.2026
13. 13. Frequent Questions. Inditex. Недатована офіційна сторінка: частка фінальних виробників поруч зі штаб-квартирою, частота розподілу товару. Дату, до якої належать цифри, точно встановити не можна.

[inditex.com](https://www.inditex.com/itxcomweb/es/en/press/frequent-questions)  (<https://www.inditex.com/itxcomweb/es/en/press/frequent-questions>)

перевірено 22.09.2026

14. 14. Про завод; Електродугова піч; Двопозиційна установка піч-ківш; Вакууматор; Машини безперервного лиття заготовки. ІНТЕРПАЙП СТАЛЬ. Паспортні параметри комплексу з власного сайту заводу, сторінки без дати публікації; незалежного технічного підтвердження немає.

[interpipesteel.biz](https://interpipesteel.biz/about/pro-zavod)  (<https://interpipesteel.biz/about/pro-zavod>)

перевірено 22.09.2026

15. 15. Підприємство «Інтерпайп» у Дніпрі зазнало балістичної атаки. GMK Center, 2026. Зупинка виробництва після удару в ніч на 22.09.2026 р.; термінів відновлення компанія на дату перевірки не називала.

[gmcenter](https://gmcenter.ua/news/pidpriemstvo-interpajp-v-dnipro-zaznalo-balistic-hnoi-ataki/)  (<https://gmcenter.ua/news/pidpriemstvo-interpajp-v-dnipro-zaznalo-balistic-hnoi-ataki/>)

перевірено 22.09.2026

16. 16. Q1 2018 Update (лист акціонерам). Tesla, Inc., 2018. Форма 8-K, Exhibit 99.1 (2018-05-02): визнання «надмірної автоматизації» і тимчасове повернення частини лінії до напівавтоматичного режиму.

[sec.gov](https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1318605/000156459018010306/tsla-ex991_7.htm)  (https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1318605/000156459018010306/tsla-ex991_7.htm)

перевірено 22.09.2026

17. 17. Q2 2018 Vehicle Production and Deliveries. Tesla, Inc., 2018. Форма 8-K, Exhibit 99.1: запуск лінії GA4 і її частка у випуску Model 3, а також квартальні обсяги виробництва 2017–2018 рр.

[sec.gov](https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/0001318605/000156459018016465/tsla-ex991_6.htm)  (https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/0001318605/000156459018016465/tsla-ex991_6.htm)

перевірено 22.09.2026

18. 18. Form 10-K за 2025 фінансовий рік. Southwest Airlines Co., 2026. Point-to-point проти hub-and-spoke, уніфікований парк Boeing 737, скорочення часу розвороту як ініціатива 2025 р.; точного часу розвороту в хвилинах документ не наводить.

[sec.gov](https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/92380/000009238026000004/luv-20251231.htm)  (<https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/92380/000009238026000004/luv-20251231.htm>)

перевірено 22.09.2026

19. 19. McDonald C.J.. The Evolution of Intel's Copy EXACTLY! Technology Transfer Method (Intel Technology Journal, Vol. 2, Issue 4, Q4 1998). Intel Corporation, 1998. Первинна публікація методу Copy EXACTLY!; чотирирівневе зіставлення майданчиків і заборона компенсаційних підлаштувань.

[intel.com](https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/research/1998-vol02-iss-4-intel-technology-journal.pdf)  (<https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/research/1998-vol02-iss-4-intel-technology-journal.pdf>)

перевірено 22.09.2026