

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

**Методичні вказівки до практичних занять, самостійної та
дистанційної роботи здобувачів бакалаврського ступеня
галузі знань 07 «Управління та адміністрування»
спеціальності 073 «Менеджмент»
усіх форм навчання**

ЗАТВЕРДЖЕНО:
на засіданні кафедри менеджменту
та державної служби
Протокол № 5 від 12.10.2018 р.

Організація виробництва. Методичні вказівки до практичних занять, самостійної та дистанційної роботи здобувачів бакалаврського ступеня галузі знань 07 «Управління та адміністрування» спеціальності 073 «Менеджмент» усіх форм навчання / укладачі: Оліфіренко Л. Д., Попело О. В., Самійленко Г. М. – Чернігів: ЧНТУ, 2018. – 62 с.

Укладачі: ОЛІФІРЕНКО ЛІЛІЯ ДМИТРІВНА,
доктор наук з державного управління, професор

ПОПЕЛО ОЛЬГА ВОЛОДИМИРІВНА,
кандидат економічних наук, доцент

САМІЙЛЕНКО ГАЛИНА МИКОЛАЇВНА,
кандидат економічних наук, доцент

Відповідальний за випуск: БУТКО МИКОЛА ПЕТРОВИЧ,
завідувач кафедри менеджменту та державної служби, доктор економічних наук, професор

Рецензент: ОЛІЙЧЕНКО ІГОР МИХАЙЛОВИЧ,
доктор наук з державного управління, професор кафедри менеджменту та державної служби Чернігівського національного технологічного університету

ЗМІСТ

ВСТУП	4
<i>1. Практичне заняття № 1. Організація простого виробничого процесу у часі</i>	5
<i>2. Практичне заняття № 2. Оперативне управління технологічною системою серійного складального виробництва</i>	15
<i>3. Практичне заняття № 3. Оперативне планування та управління потоковим виробництвом масового типу</i>	27
<i>4. Практичне заняття № 4. Управління проектами: мережеве планування та управління в організації виробничого процесу</i>	39
<i>5. Практичне заняття № 5. Організація планово-попереджувального ремонту та технічного обслуговування виробництва</i>	52
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	61

ВСТУП

Сучасні тенденції економічного розвитку суб'єктів господарювання суттєво впливають на характер організаційно-економічних відносин у процесі виробництва, що ставить перед виробниками конкретні цілі: випускати певні види продукції (надавати послуги) за асортиментом, кількістю, якістю та ціною, які відповідають ринковому попиту чи прогнозу щодо нього. Це потребує розроблення та впровадження нових підходів, способів та методів організації виробництва, які узгоджувались би зі змінами, що виникають у зовнішньому та внутрішньому середовищі підприємства. Саме тому в межах дисципліни «Організація виробництва» проводиться навчання здобувачів бакалаврського ступеня теоретичним та прикладним аспектам організації виробництва як системи інституціональних, економічних, організаційно-виробничих відносин, передовим формам організації виробництва, формуванню системи теоретичних знань, практичних вмій і компетенції з раціональної організації процесів для підвищення ефективності розвитку підприємств.

Навчальна дисципліна «Організація виробництва» є складовою комплексу навчальних дисциплін «Виробничий менеджмент» та «Операційний менеджмент», пов'язаних з такими навчальними дисциплінами: «Економіка і фінанси підприємств», «Основи підприємницької діяльності», «Основи менеджменту та управлінської діяльності», «Управління інвестиційними процесами», «Маркетинговий менеджмент», «Логістичний менеджмент», «Інноваційний менеджмент», «Антикризовий менеджмент», «Стратегічний менеджмент» тощо.

Значення вивчення матеріалу дисципліни полягає у формуванні організаційно-управлінського мислення, опрацюванні майбутніми фахівцями практичних прикладів організаційно-управлінської діяльності на підприємствах і в організаціях, а також надбання професійної компетенції з питань організації процесів як у виробничій, так і невиробничій сфері на підприємствах.

Логічна структура методичних матеріалів та варіативної частина індивідуальних завдань для практичного опрацювання навчальних тем занять допомагають здобувачам бакалаврського ступеня, оперативно використовуючи моделі та алгоритми розрахункових завдань, набути навички щодо їх застосування. Виконання індивідуального завдання наприкінці кожного практичного заняття передбачає використання креативних підходів до навчання в аудиторії, надає динамічного характеру у викладенні та вивченні теоретичного матеріалу та допомагає формулюванню адекватних висновків за отриманими результатами розрахунків. Це дає змогу проводити необхідні розрахунки та приймати самостійні рішення в нестандартних навчальних ситуаціях. Приклади вихідних даних за варіантами дають можливість здобувачам на початку кожного практичного заняття враховувати організаційні особливості теми заняття з питань організації виробничих процесів.

1. Практичне заняття № 1

ОРГАНІЗАЦІЯ ПРОСТОГО ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ У ЧАСІ

1.1. Мета заняття:

- 1) ознайомитись із видами руху предметів праці в часі за операціями;
- 2) вивчити методику розрахунку тривалості простого виробничого процесу;
- 3) дослідити вплив різноманітних факторів на ступінь їх паралельності.

1.2. Теоретичні відомості

Виробничий процес являє собою сукупність процесів праці та природних процесів, необхідних для виготовлення продукції та надання послуг. За складом предмета праці розрізняють прості виробничі процеси, за рухом та результатами виконання яких структурний склад виробу не змінюється (наприклад, виготовлення предметів праці), та складні, протягом виконання яких структурний склад виробу змінюється (наприклад, складання).

Основними принципами організації будь-якого процесу є принцип диференціації та спеціалізації, концентрації та інтеграції, принцип паралельності, пропорційності, прямоточності, безперервності, ритмічності, гнучкості, комплексної механізації та автоматизації, а також електронізації. Організація виробничого процесу на основі цих найважливіших принципів потребує його узгодження в часі й просторі та за кількістю виконавців.

Ступінь паралельності процесу, який впливає на тривалість виробничого процесу, а також ступінь безперервності простого виробничого процесу визначається календарним сполученням операцій техпроцесу у часі або видів руху предметів праці за операціями техпроцесу.

Розрізняють три види руху предметів праці у простому виробничому процесі: послідовне, паралельне та паралельно-послідовне.

Послідовний вид характеризується тим, що вся партія предметів праці, що обробляється, передається з операції на операцію партійно (за певним обсягом партії). Окремого самостійного руху жоден із предметів праці не має, за умови, що у будь-який інтервал часу обробляється тільки один предмет праці на одній операції. На кожній операції робітник та обладнання працюють безперервно, але предмети праці лежать деякий час через те, що обробка кожного екземпляра на всіх операціях відбувається з перервами. Отже, виробничий процес є перервним.

Мінімальна тривалість процесу (виконання кожної операції на одному робочому місці – один працюючий) розраховується:

$$T_{noc} = \sum_{i=1}^m nt_i = n \sum_{i=1}^m t_i = nt, \quad (1.1)$$

де n – розмір партії предметів праці, що обробляються, од.;

t_i – норма трудомісткості i -ї операції за техпроцесом, хв.;

t – трудомісткість обробки одного предмета праці за всіма m операціями, хв.

Рівень паралельності процесу кількісно характеризується відношенням трудомісткості процесу до його тривалості, який називається коефіцієнтом паралельності. При послідовному виді руху предметів праці коефіцієнт паралельності дорівнює:

$$k_{нар} = \frac{nt}{T_{noc}} = \frac{nt}{(nt)} = 1. \quad (1.2)$$

Паралельний вид руху предметів праці за операціями характеризується тим, що кожний екземпляр обробляється безперервно на всіх операціях. Предмет праці від однієї операції до іншої передаються поодинці, рух кожного предмета праці не залежить від руху партії. У будь-який момент часу виробничого процесу в обробці перебувають одночасно декілька екземплярів предметів праці на різних операціях. На більшості операцій має місце перервність у роботі працюючих та обладнання (через різницю трудомісткості операцій), а рух предметів праці здійснюється безперервно. Таким чином, виробничий процес перервний. Однак за умовою рівності (або кратності) тривалості операцій процес обробки стає безперервним, отже, зникає перервність у роботі працюючих та обладнання.

Найменша тривалість процесу при паралельному виді руху ($T_{нар}$) визначається:

$$T_{нар} = t + (n-1)t_{гол}, \quad (1.3)$$

де $t_{гол}$ – тривалість (трудомісткість) головної, тобто найбільша тривалість операції, хв.

Коефіцієнт паралельності при паралельному виді руху:

$$k_{нар} = \frac{nt}{t + (n-1)t_{гол}} > 1, \quad (1.4)$$

за умови, що $t_{гол} > t$ та $T_{нар} < T_{noc}$.

Паралельно-послідовний вид руху характеризується безперервністю функціонування працюючих та обладнання на кожній операції. Предмети праці передаються з операції на операцію як по одинці, так і партії (частинами), розмір яких визначається за умови забезпечення безперервної роботи на наступних операціях. У виробництві одночасно може перебувати й один предмет на одній операції, і декілька предметів на різних операціях. Оскільки

на всіх операціях роботи працюючих та обладнання безперервне, а рух предметів праці – перервний, то виробничий процес є перервним.

Для визначення тривалості процесу при паралельно-последовному русі всі операції поділяються попередньо на три категорії: більші, менші та проміжні. *Більшою* називають операцію, яка при порівнянні є більшою з двох суміжних операцій за *трудомісткістю* (t/c), *меншою* – за *трудомісткістю* менша з двох суміжних із нею (при цьому перша та остання операції порівнюються тільки відповідно з другою та передостанньою операцією), *проміжною* – більша за одну, але менша за іншу – з суміжною з нею операцій.

Якщо дві (чи більше) суміжних операцій рівні за тривалістю, то при поділі операцій на категорії операції розглядаються як однакові, тобто одна з них (будь-яка) відноситься до числа більших, менших чи проміжних, а останні – до числа проміжних.

Кількість більших операцій завжди на одну більше кількості менших.

Найменша тривалість процесу при паралельно-последовному (T_{nn}) сполученні операцій:

$$T_{nn} = t + (n-1)(\sum t_{\sigma} - \sum t_{\mu}), \quad (1.5)$$

де $\sum t_{\sigma}$ та $\sum t_{\mu}$ – сумарні тривалості всіх більших та менших операцій, відповідно.

Враховуючи, що головна операція завжди і є більшою, а кількість таких операцій на одиницю більше кількості менших, $T_{nn} \leq T_{nap}$, причому рівність має місце тільки тоді, коли більша операція є єдиною з ряду технологічних операцій.

Коефіцієнт паралельності при паралельно-последовному сполученні операцій розраховується за формулою:

$$k_{nn} = \frac{nt}{t + (n-1)(\sum t_{\sigma} - \sum t_{\mu})}, \quad (1.6)$$

а оскільки $T_{noc} > T_{nn} \geq T_{nap}$, то $k_{nap} \geq k_{nn} > k_{noc} = 1$.

Визначити характер впливу окремих категорій операцій на тривалість процесу та коефіцієнт паралельності неважко за допомогою аналітичних формул, що пов'язують тривалість процесу зі зменшенням тривалості будь-якої операції.

Так, для последовного сполучення операцій тривалість процесу при зменшенні на Δt тривалості будь-якої операції t_i :

$$T'_{noc} = n(t - \Delta t) = T_{noc} - n\Delta t, \quad (1.7)$$

тобто зменшення на величину, пропорційну розміру партії n .

При паралельному сполученні операцій при зменшенні на Δt терміну дії будь-якої операції t_i (крім головної t_{zol}) тривалість процесу:

$$T'_{нар} = (t - \Delta t) + (n - 1)t_{zol} = T_{нар} - \Delta t, \quad (1.8)$$

тобто зменшується також на Δt , а при зменшенні головної операції t_{zol} за умовою, що вона залишається головною,

$$T'_{нар} = (t - \Delta t) + (n - 1)(t_{zol} - \Delta t) = T_{нар} - n\Delta t, \quad (1.9)$$

тобто зменшення на величину, пропорційну n .

При паралельно-послідовному сполученні операцій у випадку незмінності розподілення операцій на категорії зменшення на Δt терміну дії проміжної операції t_n приводить до зменшення тривалості процесу на ту ж величину Δt :

$$T'_{m} = (t - \Delta t) + (n - 1)(\sum t_{\sigma} - \sum t_{m}) = T_{m} - \Delta t, \quad (1.10)$$

Зменшення терміну дії великої операції t_{σ} призводить до зменшення тривалості на величину, пропорційну n :

$$T''_{m} = (t - \Delta t) + (n - 1)(\sum t_{\sigma} - \Delta t - \sum t_{m}) = T_{m} - n\Delta t, \quad (1.11)$$

Зменшення терміну дії меншої операції t_m забезпечує збільшення тривалості процесу на величину, пропорційну n :

$$T'''_{m} = (t - \Delta t) + (n + 1)[\sum t_{\sigma} - (\sum t_m - \Delta t)] = T_{m} + (n - 2)\Delta t. \quad (1.12)$$

З цього можна зробити висновок, що при вдосконаленні виробничого процесу передусім слід зменшити термін дії тих операцій, які найбільше впливають на термін дії процесу.

Залежність тривалості процесу від обсягу випуску (розміру партії) для всіх видів сполучення операцій є лінійною. Принциповий вид функцій терміну дії процесу $t = T(n)$ для всіх трьох сполучень операцій показана на рис. 1.1 а, де β – кути нахилу відповідних прямих $T(n)$ до осі абсцис.

Оскільки

$$tg\beta_{noc} = t, \quad tg\beta_{nap} = t_{201}, \quad tg\beta_{nn} = \sum t_{\bar{o}} + \sum t_{\bar{m}}, \quad a t > (\sum t_{\bar{o}} - \sum t_{\bar{m}}) \geq t_{201}, \quad \text{то } \beta_{noc} > \beta_{nn} \geq \beta.$$

Залежність коефіцієнта паралельності від обсягу випуску для паралельного та паралельно-послідовного виду сполучення операцій являє собою гіперболу, а для послідовного виду коефіцієнт паралельності є постійною величиною, яка не залежить від n . На рис. 1.1, б відображено принципний вид функцій $k = k(n)$ для трьох видів сполучень операцій, а також асимптоти гіпербол, рівняння яких можливо отримати з залежності $k(n)$ при $n \rightarrow \infty$.

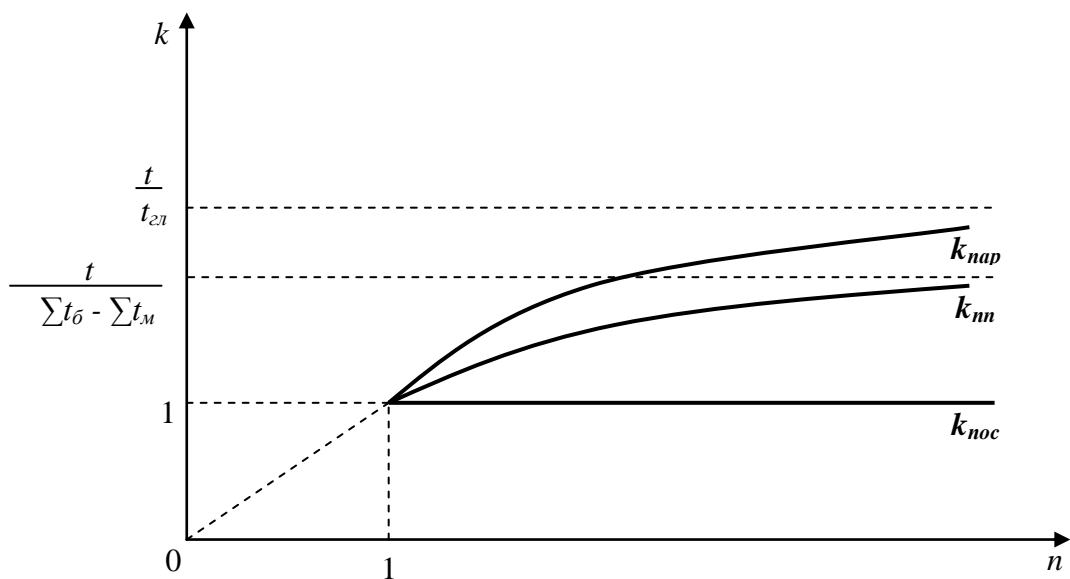
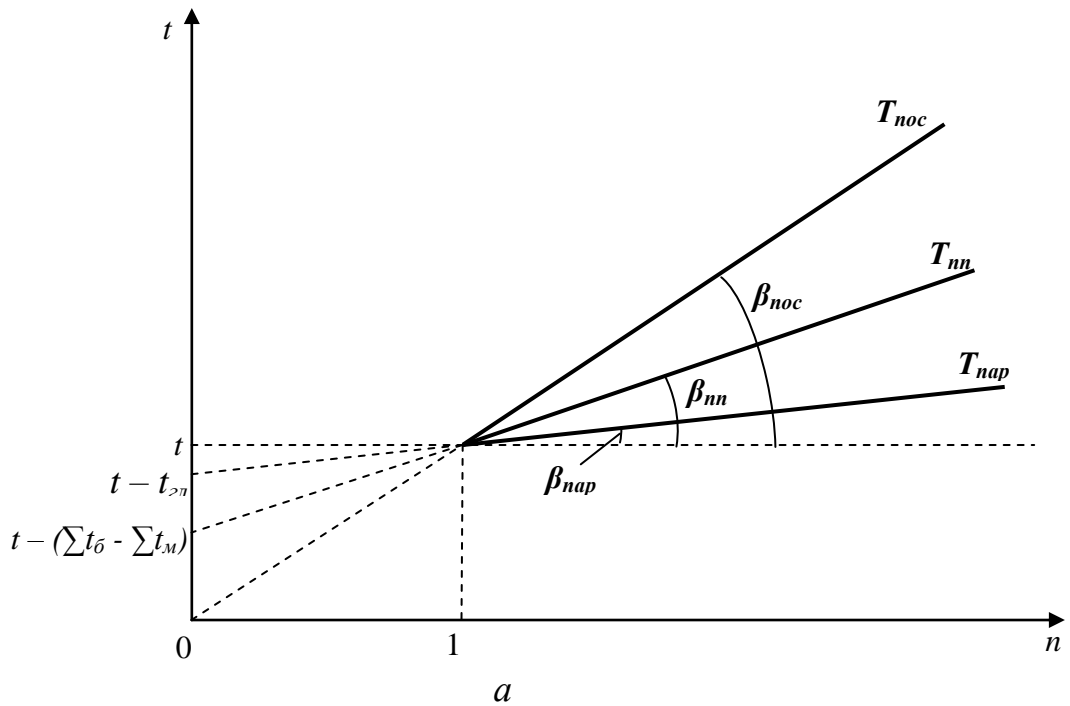


Рисунок 1.1 – Вплив обсягу випуску на тривалість процесу (а) та його паралельність (б)

Оскільки $t > (\sum t_{\text{б}} - \sum t_{\text{м}}) \geq t_{\text{зол}}$, то $k_{\text{нар}} \geq k_{\text{мн}} > k_{\text{нос}} = 1$.

Для рівних обсягів випуску n , значення $k_{\text{нар}}$ та $k_{\text{мн}}$ будуть тим більше, чим більше упорядкованість процесу у часі, а максимальне значення $k_{\text{нар}}$ та $k_{\text{мн}}$ досягається за умови рівності терміну дій всіх операцій техпроцесу.

Для класифікації операцій на категорії побудована допоміжна діаграма процесу обробки виробів (рис. 1.2).

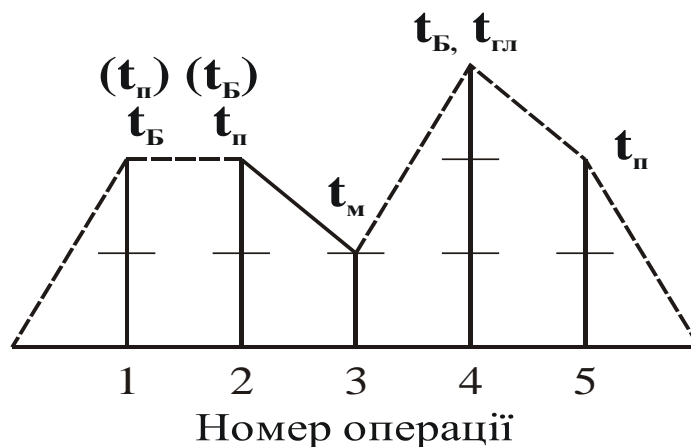


Рисунок 1.2 – Класифікація операцій на категорії (діаграма процесу)

Висота кожного стовпця на епюрі відповідає терміну дії операції t_i .

Тривалість процесу та коефіцієнт паралельності для трьох видів сполучення операцій розраховуємо за формулами (1.1)–(1.6): $T_{\text{нос}} = 30$ хв; $T_{\text{нар}} = 16$ хв; $T_{\text{мн}} = 18$ хв; коефіцієнти паралельності виконання операцій: $k_{\text{нар}} = 1,88$; $k_{\text{мн}} = 1,67$.

Величина Δt для аналізу змін тривалості процесу за формулами (1.7) – (1.12) може бути вибрана в діапазоні $0 < \Delta t < 1$, при цьому профіль епюри процесу зберігається.

1.3. Приклад розрахунку

Вхідні дані

Трудомісткість (хв) операцій для обробки виробу: $t_1 = 2$; $t_2 = 2$; $t_3 = 1$; $t_4 = 3$, $t_5 = 2$. Сумарна трудомісткість виготовлення одного виробу $t = 10$ хв. Розмір замовлення: $n = 3$ од.

При розгляданні прикладу приймаємо такі припущення, що не впливають на результати та висновки:

- кожна операція виконується тільки на одному робочому місці (обладнанні);
- кожний робітник працює тільки на одній одиниці обладнання;

- на кожній одиниці обладнання вироби обробляються поодинці;
- розглядаються тільки технологічні операції.

Календарні графіки руху трьох предметів праці за п'ятьма операціями та графіки проходження кожного з трьох екземплярів у виробничому процесі при послідовному виді календарного сполучення операцій показані на рис. 1.3, при паралельному – на рис. 1.4, при паралельно-послідовному – на рис. 1.5.

Для паралельного сполучення операцій календарний графік руху предметів праці (починаючи з другого екземпляру) будували, починаючи з четвертої операції, яка є головною ($t_{гол} = t_4 = 3$ хв.). Це дозволило виключити перерви в обробці виробів.

При побудові календарного графіка паралельно-послідовного руху предметів праці для забезпечення безперервної роботи працюючого обладнання на кожній операції керувались такими правилами:

- якщо наступна операція за термін дії менше останньої (наприклад, 2-а та 3-я операції), то її початок повинен припадати на момент закінчення обробки останнього виробу на останній операції;
- якщо наступна операція по терміну дії більше останньої (наприклад, 3-я та 4-а операції), то її початок повинен припадати на момент закінчення обробки першого виробу на останній операції.

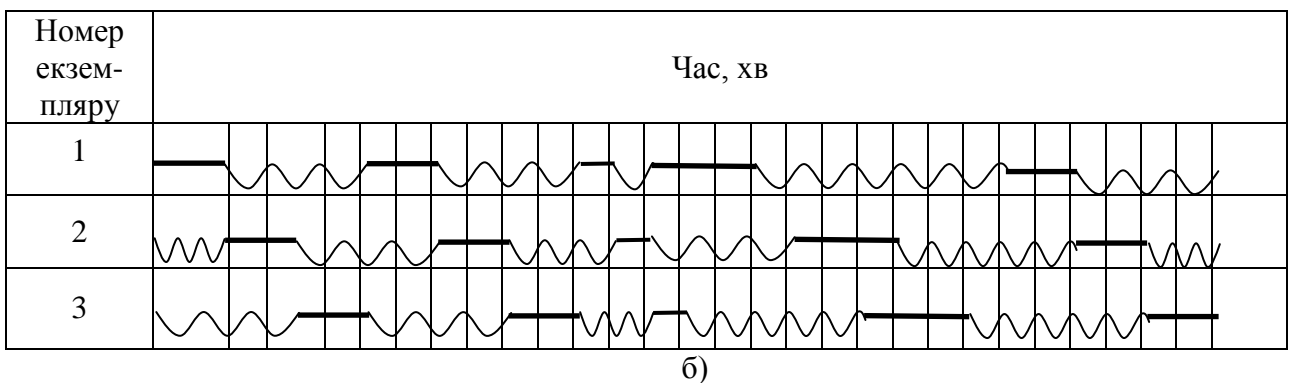
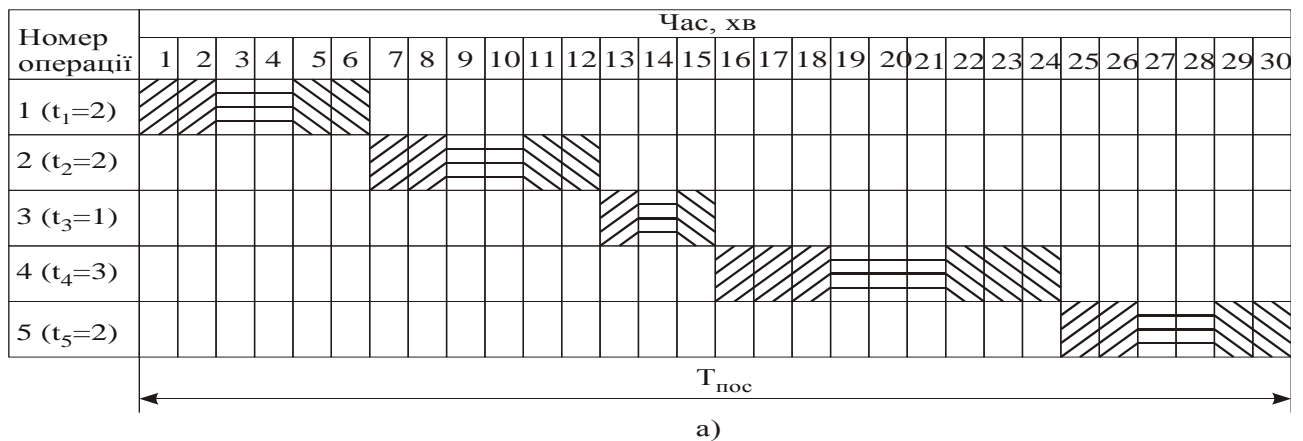


Рисунок 1.3 – Послідовне сполучення операцій:

а – календарний графік руху виробів за операціями;

б – графік проходження обробки кожного виробу в процесі обробки:

- ▨ – 1-й виріб; ▤ – 2-й виріб; ▩ – 3-й виріб;
- – обробка деталі; ~ – очікування обробки предметів праці.

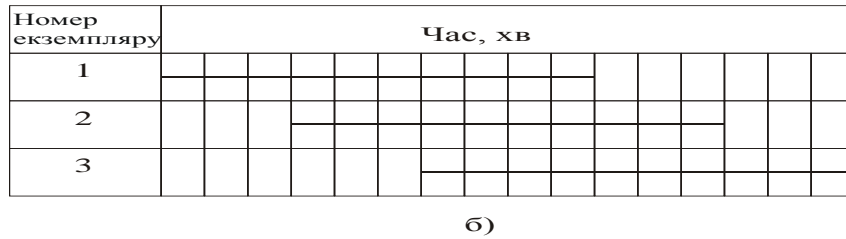
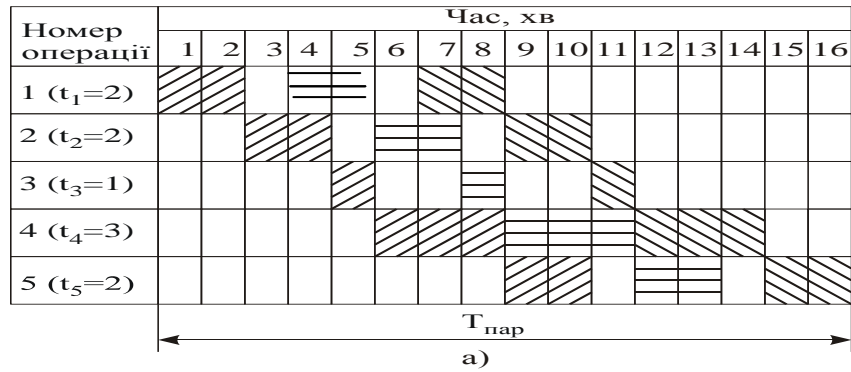


Рисунок 1.4 – Паралельне сполучення операцій:
 а – календарний графік руху виробів по операціям;
 б – графік проходження кожного виробу в процесі:

▨ – 1-й виріб; ▨ – 2-й виріб; ▨ – 3-й виріб;
 — – обробка деталі; ~ – очікування обробки предметів праці.

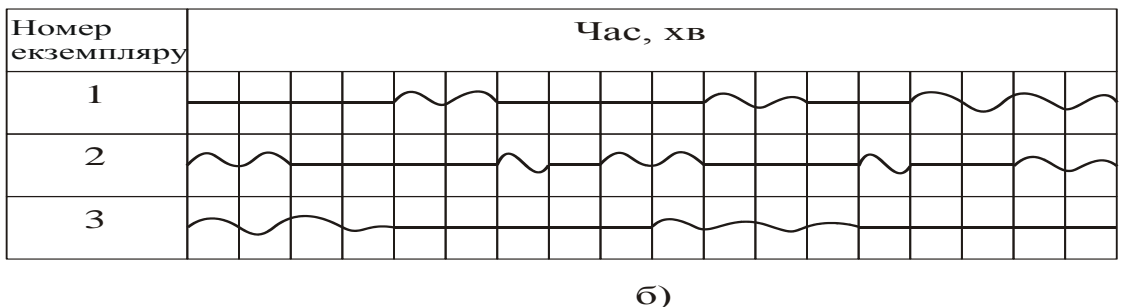
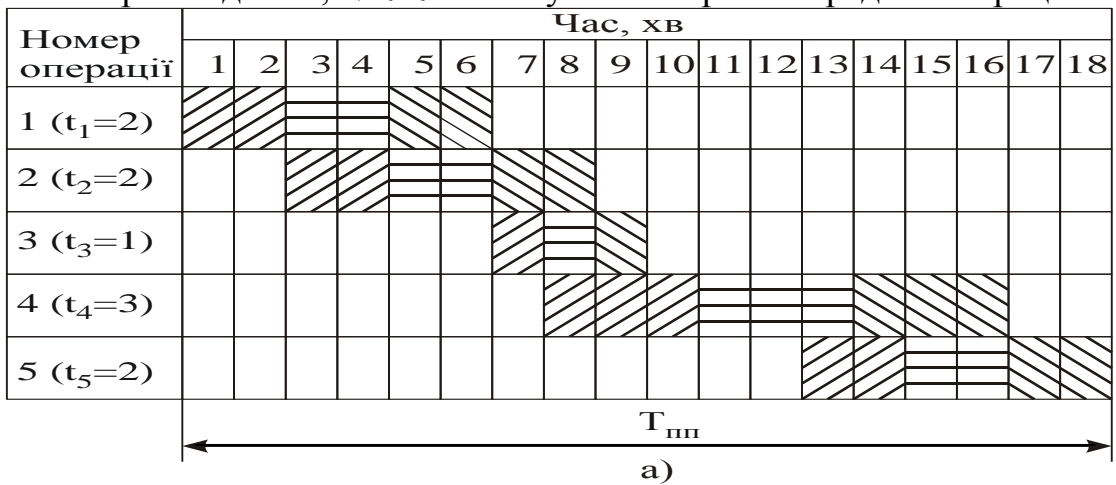


Рисунок 1.5 – Паралельно-послідовний вид сполучення операцій:

а – календарний графік руху виробів по операціям;
 б – графік проходження кожного виробу в процесі:

▨ – 1-й виріб; ▨ – 2-й виріб; ▨ – 3-й виріб;
 — – обробка деталі; ~ – очікування обробки предметів праці.

1.4. Зміст завдання та порядок виконання

1) Ознайомитись із теоретичними відомостями за темою практичного заняття.

2) Побудувати календарні графіки обробки умовного виробу простого виробничого процесу для трьох видів сполучення операцій.

3) Провести чисельний аналіз впливу змін на тривалість технологічного процесу.

4) Побудувати графіки при зміні тривалості процесу та коефіцієнта паралельності від обсягу випуску за вихідними даними табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані

Варіант	n	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
1.	3	3	1	4	1	2	1
2.	2	2	3	1	5	1	1
3.	3	1	4	2	2	2	3
4.	5	2	1	1	4	2	1
5.	4	4	2	1	2	1	3
6.	3	1	5	2	1	2	1
7.	3	5	4	1	3	2	1
8.	2	1	3	1	2	4	4
9.	4	4	3	2	1	1	2
10.	5	1	5	1	2	1	2
11.	3	2	3	2	3	1	3
12.	4	3	2	1	1	2	3
13.	3	5	1	1	1	2	3
14.	5	3	2	4	2	1	2
15.	2	2	3	4	1	2	2
16.	4	2	1	3	2	2	3
17.	3	3	1	2	1	4	3
18.	2	2	1	1	2	3	4
19.	4	3	3	2	2	1	1
20.	3	4	2	1	3	1	2
21.	3	1	5	1	2	1	2
22.	4	4	2	1	2	3	2
23.	5	1	3	1	3	2	1
24.	5	4	2	2	1	1	3
25.	6	1	2	3	2	4	1
26.	3	3	2	3	2	1	4
27.	4	3	2	1	1	2	3
28.	2	1	3	1	2	3	3
29.	4	3	3	2	2	1	1
30.	3	1	3	1	4	2	2

1.5. Оформлення та захист практичного завдання

У звіті під час виконання індивідуального завдання відображаються тематика практичного заняття, мета заняття, короткі теоретичні відомості, постановка завдання, вихідні дані за варіантом, результати та аналіз розрахунків, висновки. Оформлення звіту повинно відповідати нормативним вимогам [10].

При захисті роботи здобувач повинен довести правильність розрахунків свого індивідуального варіанту, зробити висновки та відповісти на контрольні запитання.

1.6. Контрольні запитання для самоперевірки та аудиту знань

1. Назвіть елементи виробничого циклу, дайте їх характеристику.
2. Надайте визначення поняття виробничий процес.
3. Надайте визначення простого та складного виробничого процесу.
4. Назвіть основні принципи організації процесу.
5. Чим характеризується різні види руху у простому виробничому процесі?
6. Які шляхи скорочення тривалості виробничого циклу Ви знаєте?
7. Який вид руху предметів праці у виробництві використовується в одиничному та дрібносерійному виробництвах?
8. На який вид руху найбільше впливає зміна розміру партії виробів?
9. Як впливає зміна трудомісткості операцій на тривалість виробничого циклу для різних видів руху предметів праці?
10. Як впливає зміна тривалості виробничого циклу на показники ефективності роботи дільниці/підприємства: фондівіддачу, фондомісткість, коефіцієнт обіговості, продуктивність праці, рентабельність тощо?

2. Практичне заняття № 2

ОПЕРАТИВНЕ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЮ СИСТЕМОЮ СЕРІЙНОГО СКЛАДАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

2.1. Мета роботи:

- 1) ознайомитись зі складом календарно-планових нормативів у серійному виробництві та закріпити на практиці навички оперативного управління;
- 2) ознайомитись із методикою розрахунку операційних моделей та аналізу різних форм організації операційної системи;
- 3) розвинути організаційне мислення у здобувачів.

2.2. Теоретичні відомості

2.2.1. Методика розрахунку операційних моделей організації виробництва продукції

Система календарно-планових нормативів залежить від типу виробництва. **Тип виробництва** – це комплексна характеристика технологічних, організаційних, економічних особливостей промислового виробництва, яка зумовлена спеціалізацією, обсягом і сталістю номенклатури, а також формою руху предметів праці робочими місцями. Одним із найважливіших показників рівня спеціалізації працюючих місць, що визначає тип виробництва, є коефіцієнт закріплення операцій $k_{з.о.}$, який розраховується за формулою:

$$k_{з.о.} = \frac{\Phi_D \cdot k_з \cdot 60 \cdot m}{N_{вип} \sum t_{ki}}, \quad (2.1)$$

- де $k_{з.о.}$ – коефіцієнт закріплення операцій;
 Φ_D – дійсний фонд часу роботи обладнання, год;
 $k_з$ – коефіцієнт завантаження обладнання;
 $N_{вип}$ – програма випуску з виробництва (замовлення), од.;
 t_{ki} – калькуляційна норма часу технологічної обробки виробів;
 m – кількість технологічних операцій.

Дійсний фонд часу роботи обладнання (Φ_D) розраховується за формулою:

$$\Phi_D = \Phi_H \cdot s \cdot q \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right), \quad (2.2)$$

- де Φ_H – номінальний фонд часу, год./дні;
 s – кількість змін;
 q – тривалість зміни, год.;

α – коефіцієнт втрати робочого часу.

Для виробництва:

масового	$k_{3.o.} \leq 1;$
великосерійного	$k_{3.o.} = 2 \div 10;$
середньосерійного	$k_{3.o.} = 11 \div 20;$
дрібносерійного	$k_{3.o.} = 21 \div 40;$
одиночного	$k_{3.o.} \geq 40$

Необхідні та достатні ознаки типу виробництва подано в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика типів виробництва

Тип виробництва Фактори виробництва	Одиночне	Серійне	Масове
$k_{3.o.}$	> 40	$1 < k_{3.o.} < 40$	≤ 1
Номенклатура	необмежена	обмежена	постійна
Обладнання	універсальне	універсальне, спеціальне	спеціальне
Вид спеціалізації	технологічна	технологічна, предметна	предметна, подетальна
Кваліфікація робітників	висока	середня	низька

У серійному виробництві за кожним найменуванням продукції мають бути виконані такі нормативні розрахунки:

- 1) розміри партій виробів (замовлень);
- 2) такт/ритм посування партій виробів;
- 3) тривалість виробничих циклів виготовлення.

Партія – це заздалегідь установлена кількість предметів праці, що обробляється без перерви у виробництві.

Для простого виробничого процесу обробки на універсальному обладнанні визначення розміру партії здійснюється за принципом максимального навантаження працюючих місць. Розмір партії (n) визначається з умовою, що час обробки партії на робочому місці має бути меншим, ніж час зміни або половини зміни. Тоді розмір партії розраховується за формулою:

$$n = \frac{N_{зан}}{D_p \cdot s}, \quad (2.3)$$

$$N_{зан} = \frac{N_{вип}}{1 - \frac{\alpha}{100}}, \quad (2.4)$$

де $N_{зан}$ – кількість виробів на вході;

$N_{вип}$ – кількість виробів на виході;

D_p – кількість працюючих днів в році, дні;

S – кількість змін;

α – відсоток браку (0...2 %).

Розрахований розмір партії необхідно коригувати так, щоб ритм (R) виконання робіт дорівнював одному зі значень у стандартному ряді ритмів: $R_{cm} = 1; 2; 2,5; 5; 10; 20; 60$, кратному до тривалості зміни.

Ритм – це інтервал часу між запуском або випуском двох суміжних (ті, що йдуть одна за одною) серій або партій виробів.

Розрахунок ритму здійснюється за формулами 2.5

$$R = \frac{\Phi_d}{K}; \quad K = \frac{N}{n}; \quad R = \frac{\Phi_d \cdot n}{N_3}, \quad (2.5)$$

де R – ритм;

Φ_d – дійсний фонд робочого часу, зміни;

K – кількість партій виробу;

N – річна (місячна) програма випуску, од.;

n – партія запуску виробів, од.

Тривалість виробничого циклу – це інтервал часу від першої операції технологічного процесу до повного завершення обробки, у тому числі випробування в готовому вигляді.

Тривалість виробничого циклу ($T_{вир}$) розраховується за формулою:

$$T_{вир} = \frac{T_T + t_{мо} \cdot (m - 1)}{k_{з.м.} - q \cdot 60}, \quad (2.6)$$

де T_T – тривалість технологічного циклу, хв;

$t_{мо}$ – середній міжопераційний час, хв;

m – кількість технологічних операцій;

$k_{з.м.}$ – коефіцієнт змінності;

q – тривалість зміни, год.

Тривалість технологічного циклу (T_y) та сукупність виконання технологічних операцій залежать від організації руху виробів за операціям (див. практичне заняття № 1).

2.2.2. Послідовний рух предметів праці

При послідовному виді руху предметів праці за операціями кожна наступна операція починає виконуватися лише після закінчення обробки всієї

партії виробів на попередній операції. Тривалість технологічного циклу при послідовному руху розраховується за формулою:

$$T_{ц}^{посл} = n \sum_{i=1}^m \left(\frac{t_{\kappa_i}}{C_i} \right) + m \cdot t_{мо} + t_{пр} + t_{реж}, \quad (2.7)$$

де n – розмір партії виробів, од.;

t_{κ_i} – калькуляційний час здійснення технологічної операції, хв;

C_i – кількість обладнання (робочих місць), що виконують певну операцію;

m – кількість технологічних операцій у технологічному процесі;

$t_{мо}$ – міжопераційний час, що витрачається на транспортування партії між робочими місцями (обладнанням);

$t_{пр}$ – час проходження природних процесів (якщо вони є);

$t_{реж}$ – час, який враховує режим роботи цеху, дільниці.

2.2.3. Паралельно-послідовний рух предметів праці

При паралельно-послідовному русі може бути два способи сполучення суміжних операційних циклів:

– попередній операційний цикл менше наступного. У цьому разі початок обробки на наступній операції можливий одразу ж після закінчення обробки партії на першій операції або першого виробу;

– попередній операційний цикл більше наступного. Тоді початок обробки на наступній операції визначається за умови, що остання партія (або виріб із неї) оброблюватиметься послідовно, а інші партії (або виріб) мають бути обробленими до цього моменту.

Тривалість виробничого циклу при паралельно-послідовному русі ($T_{ц}^{n/n}$) розраховується за формулою:

$$T_{ц}^{n/n} = n \sum_{i=1}^m \left(\frac{t_{\kappa_i}}{C_i} \right) - p - p \sum_{i=1}^{m-1} \left(\frac{t_i}{C_i} \right)_{кор} + m \cdot t_{мо} + t_{пр} + t_{реж}, \quad (2.8)$$

де $\sum_{i=1}^{m-1} \left(\frac{t_i}{C_i} \right)_{кор}$ – сума коротких операційних циклів із кожної пари суміжних операцій;

p – передаточна партія, од.

2.2.4. Паралельний рух предметів праці

Паралельний рух предметів праці у виробництві характеризується тим, що невеликі передаточні партії або окремі одиниці передаються з попередньої операції на наступну одразу ж після закінчення їх обробки на попередній.

Тривалість виробничого циклу при паралельному виді руху ($T_{ц}^{нар}$) розраховується за формулою:

$$T_{ц}^{нар} = p \sum_{i=1}^m \left(\frac{t_{\kappa_i}}{C_i} \right) + \left(1 - p \right) \left(\frac{t_i}{C_i} \right)^{\max} + m \cdot t_{мо} + t_{пр} + t_{реж}, \quad (2.9)$$

де $\left(1 - p \right) \left(\frac{t_i}{C_i} \right)^{\max}$ – трудомісткість обробки найтривалішої технологічної операції у циклі, хв.

Міжопераційний час ($t_{мо}$) містить (загальний випадок):

- 1) час виконання контрольних операцій;
- 2) час на транспортування партії до робочого місця виконання наступної операції;
- 3) час очікування партії після закінчення попередньої операції до моменту звільнення робочого місця наступної операції.

Розрахунок міжопераційного часу на одну пару суміжних операцій здійснюється за імперичною формулою:

$$t_{мо} = -2,95 + 0,564 \cdot k_{з.о.}, \quad (2.10)$$

де $k_{з.о.}$ – коефіцієнт закріплення операцій.

Тобто величина $t_{мо}$ – залежить від рівня серійності виробництва: чим частіше змінюються роботи на робочому місці, тим більший міжопераційний час витрачається.

2.3. Приклад розрахунку

Вихідні дані

Виготовляються вироби, річна програма випуску (Nв) яких становить 55 550 од. Технологічний процес виготовлення наступний (табл. 2.2):

Таблиця 2.2 – Технологічний процес

№ операції	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_i , хв	1,5	3,5	6,5	0,5	5	5,5	4,5	9,5	16,5	11,5
C_i , од	1	1	2	1	1	1	1	1	3	2
T_i / C_i , хв./од	1,5	3,5	3,25	0,5	5	5,5	4,5	9,5	5,5	5,75

Дільниця працює у 2 зміни по 8,1 год., 255 працюючих днів на рік.

Для визначення тривалості технологічного та виробничого циклів виготовлення виробів аналітичним методом застосовуємо такий алгоритм розрахунків:

- I. 1) Розраховуємо дійсний фонд часу роботи обладнання:

$$\Phi\partial = \Phi_n \cdot s \cdot q \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right);$$

$$\Phi\partial = 255 \cdot 2 \cdot 8,1 \cdot \left(1 - \frac{15}{100}\right) = 3511,35(\text{год}).$$

2) Проводимо розрахунок коефіцієнта закріплення операцій по всіх операціях, на основі якого визначаємо тип виробництва:

$$K_{zo} = \frac{\Phi\partial \cdot k_3 \cdot 60 \cdot m}{N_b \cdot \sum t_i} = \frac{3511,35 \cdot 0,85 \cdot 60 \cdot 10}{55550 \cdot 64,5} = 0,5 - \text{масове виробництво.}$$

Для отримання більш точних даних розрахунку **Кз.о.** та визначення типу виробництва розраховуємо **Кз.о.** по кожній операції окремо:

$$K_{zo} \left(\left[\frac{3511,35 \cdot 0,85 \cdot 60}{55550 \cdot 1,5 \left(\left[5 \dots 11,5 \right] \right)} \right] \right) = 2,1 .$$

3) Визначаємо розмір партії:

$$n = \frac{N_3}{D_p \cdot s} = \frac{56683}{255 \cdot 2} = 111(\text{од.});$$

$$N_3 = \frac{N_b}{1 - \frac{\alpha}{100}} = \frac{55550 \cdot 100}{98} = 56683, \text{ при } \alpha = 2\% .$$

4) Розраховуємо ритм:

$$R = \frac{\Phi\partial \cdot n}{N_b} = \frac{3511,35 \cdot 111}{56683} = 6,88 \text{ хв.}$$

5) Розмір передаточної партії становить:

$$p = \frac{n}{4} = \frac{111}{4} = 27 \text{ од.}$$

II. Розраховуємо тривалість технологічного та виробничого циклу для різних видів руху предметів праці:

1) Тривалість технологічного циклу при послідовному виду руху становить:

$$T_{тц} = n \cdot \sum \left(\frac{t_i}{C_i} \right) + t_{np} = 111 \cdot 44,5 = 4939,5 \text{ хв.}$$

Тривалість виробного циклу при послідовному виду руху при розрахунковому $t_{MO}=15$ хв. становить:

$$T_{вц} = n \cdot \sum \left(\frac{t_i}{C_i} \right) + m \cdot t_{MO} + tn + tp = 4939,5 + 15 \cdot 10 = 5089,5 \text{ хв.}$$

2) Тривалість технологічного та виробничого циклів при паралельному виду руху становить відповідно:

$$T_{тц} = p \cdot \sum \left(\frac{t_i}{C_i} \right) + (n - p) \cdot \left(\frac{t_i}{C_i} \right)_{\max} + tnp = 27 \cdot 44,5 + (111 - 27) \cdot 9,5 = 1999,5 \text{ хв}$$

$$T_{вц} = p \cdot \sum \left(\frac{t_i}{C_i} \right) + (n - p) \cdot \left(\frac{t_i}{C_i} \right)_{\max} + tnp + m \cdot t_{MO} + tp = 1999,5 + 150 = 2149,5 \text{ хв.}$$

3) Тривалість технологічного та виробничого циклів при паралельно-послідовному виду руху становить відповідно:

$$T_{тц} = n \cdot \sum \left(\frac{t_i}{C_i} \right) - (n - p) \cdot \left(\frac{t_i}{C_i} \right)_{\text{кор}} + tnp = 111 \cdot 44,5 - (111 - 27) \cdot 30,75 = 4939,5 - 2583 = 2356,5 \text{ хв.}$$

$$T_{вц} = n \cdot \sum \left(\frac{t_i}{C_i} \right) - (n - p) \cdot \left(\frac{t_i}{C_i} \right)_{\text{кор}} + tnp + m \cdot t_{MO} + tp = 2356,5 + 150 = 2506,5 \text{ хв.}$$

$\sum \left(\frac{t_i}{C_i} \right)_{\text{кор}} = 0$	$\left \frac{1,5}{\bullet} \right $	$\left \frac{3,5}{\text{---}} \right $	$\left \frac{3,25}{\bullet} \right $	$\left \frac{0,5}{\bullet\bullet} \right $	$\left \frac{5}{\bullet} \right $	$\left \frac{5,5}{\text{---}} \right $	$\left \frac{4,5}{\bullet\bullet} \right $	$\left \frac{9,5}{\text{---}} \right $	$\left \frac{5,5}{\bullet\bullet} \right $	$\left \frac{5,75}{\text{---}} \right $	$\left 0 \right $	$\Sigma = 30,75$
--	--------------------------------------	---	---------------------------------------	---	------------------------------------	---	---	---	---	--	--------------------	------------------

Графічний спосіб розв'язання задачі.

При графічному вирішенні задачі необхідно будувати графіки руху виробів за операціями технологічного та (або) виробничого процесу для кожного виду руху окремо. Графік являє собою вісь x, на якій відкладається тривалість циклу, який потрібно графічно відобразити, та вісь y, на якій відкладаються операції, при чому перша операція зображується з верху осі y, а всі наступні операції нижче. На графіку відображаються відрізки, які характеризують час виготовлення певної кількості виробів на певній операції, з урахуванням часу її протікання та кількості працюючих місць (рис. 2.1-2.3).

Послідовний рух предметів праці (виробничий цикл)

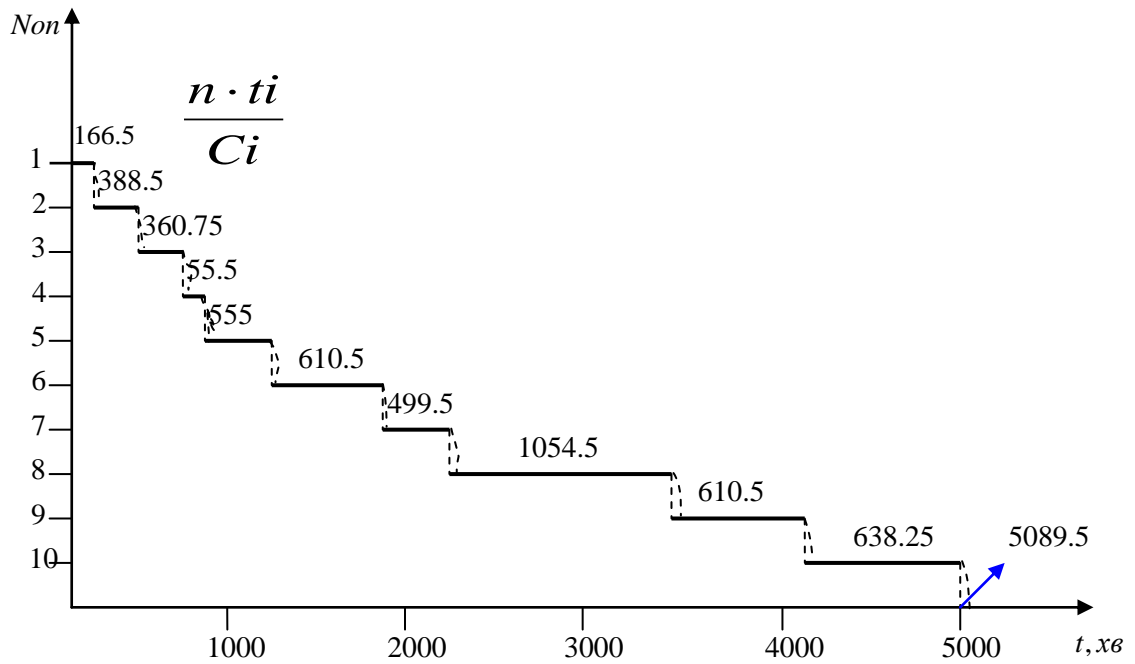


Рисунок 2. – Графік циклу при послідовному виді руху партії в виробництві

Паралельний рух предметів праці (виробничий цикл)

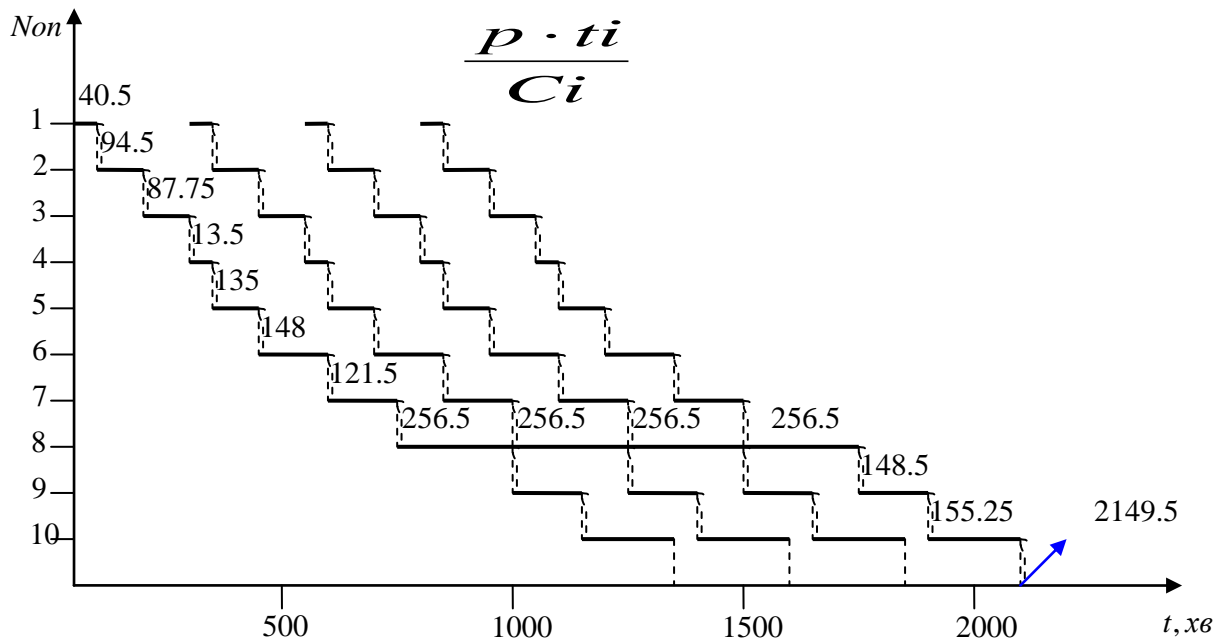


Рисунок 2.2 – Графік циклу при паралельному виді руху партії в виробництві

Паралельно-послідовний рух предметів праці (виробничий цикл)

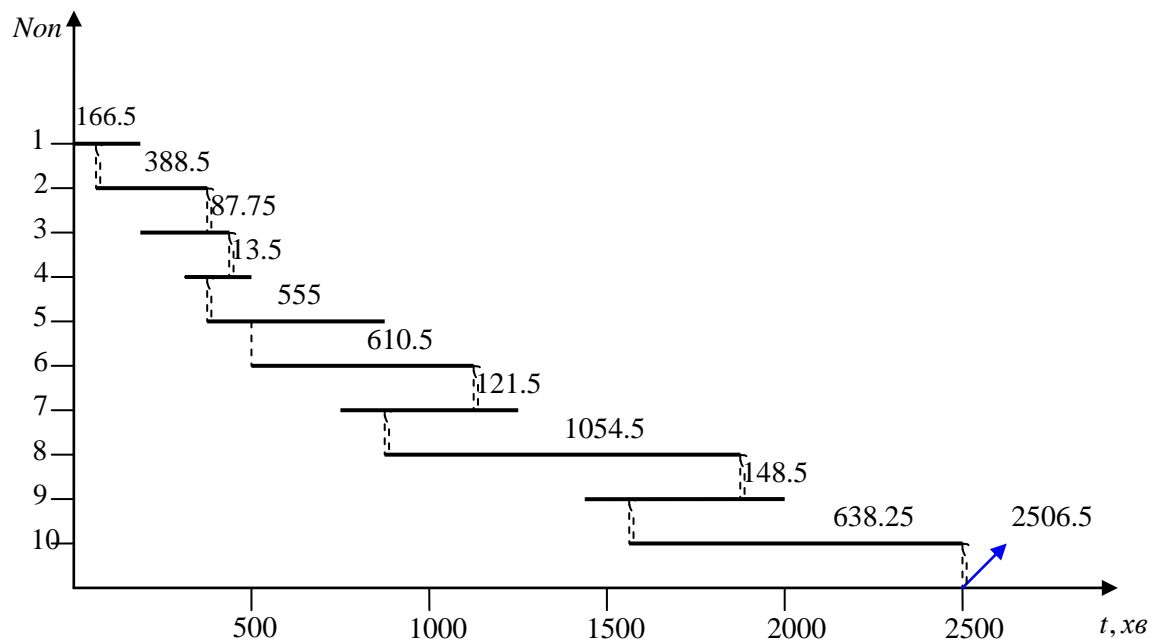


Рисунок 2.3 – Графік технологічного циклу при паралельно-послідовному виді руху партії у виробництві

2.4. Зміст завдання та порядок виконання

- 1) Ознайомитись з теоретичними відомостями.
- 2) Проаналізувати склад календарно-планових нормативів у серійному виробництві. Визначити характерні ознаки кожного з існуючих типів виробництва.
- 3) Розв'язати індивідуальний варіант згідно з прикладом практичного завдання.
- 4) Для побудови графічної моделі технологічного циклу обробки виробів для різних видів руху предметів праці у часі використовуйте дані табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Вихідні дані

Варіант 1 (N=38000 од.)										
№ операції	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_i , хв.	3	7	9,5	8	7,2	4	5	2	1	6
C_i , од.	1	1	3	2	1	1	1	1	1	2
Варіант 2 (N=22800 од.)										
№ операції	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_i , хв.	1,5	10	4	3,2	5	3	12	3	7	10
C_i , од.	1	3	1	1	1	1	2	1	2	2
Варіант 3 (N=57000 од.)										
№ операції	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_i , хв.	2,5	1	1,5	3	4	6	2	7	3	2
C_i , од.	1	1	1	1	1	3	1	2	1	1

Варіант 16 (N=66000 од.)										
№ операції	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t _i , хв.	5	6	4,3	8	9,5	2,7	4	4,8	3,4	1,2
C _i , од.	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1
Варіант 17 (N=37000 од.)										
№ операції	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t _i , хв.	9	4	12	6	4	3	5	4,8	11	7
C _i , од.	2	1	3	1	1	1	1	1	2	1
Варіант 18 (N=47800 од.)										
№ операції	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t _i , хв.	2	6	17	11	5	3,5	8	7,2	6,6	1
C _i , од.	1	1	4	2	1	1	1	2	1	1
Варіант 19 (N=89500 од.)										
№ операції	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t _i , хв.	3	1,1	10	5	4	18	6	3	2,2	6
C _i , од.	1	1	3	1	1	4	1	1	1	2
Варіант 20 (N=58950 од.)										
№ операції	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t _i , хв.	6	2	15	1	4,4	8	19	14	2,5	3,3
C _i , од.	1	1	3	1	1	2	4	3	1	1
Варіант 21 (N=45230 од.)										
№ операції	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t _i , хв.	5	2	8	4	13	11,2	8,3	5,1	16,8	20
C _i , од.	1	1	2	1	3	2	1	1	4	5
Варіант 22 (N=44444 од.)										
№ операції	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t _i , хв.	5,4	3,4	8,4	4	12,4	18,4	1,4	4,4	2,4	7,4
C _i , од.	1	1	2	1	3	4	1	1	1	2
Варіант 23 (N=89120 од.)										
№ операції	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t _i , хв.	1,2	8	4,4	5,3	17	7	1,1	5	1,3	5,2
C _i , од.	1	2	1	1	3	1	1	1	1	1
Варіант 24 (N=36554 од.)										
№ операції	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t _i , хв.	5	14	6	7,5	8	12	4,6	2,5	3,3	4,5
C _i , од.	1	2	1	1	2	3	1	1	1	1
Варіант 25 (N=74000 од.)										
№ операції	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t _i , хв.	2,3	15	12	1,1	5,1	3,5	4	2,3	1,4	2,9
C _i , од.	1	5	2	1	1	1	1	1	1	1
Варіант 26 (N=34890 од.)										
№ операції	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t _i , хв.	2,2	18	1,3	20	5	1,7	16	1,2	6	2,5
C _i , од.	1	3	1	4	1	1	2	1	1	1
Варіант 27 (N=32590 од.)										
№ операції	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t _i , хв.	1,3	5	2	4	18	8	0,9	7	3,9	2,7
C _i , од.	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1

2.5. Оформлення та захист практичного завдання

У звіті за варіантом вихідних даних розрахувати та побудувати графічні моделі для кожного виду руху, зробити висновки. Оформлення звіту має відповідати нормативним вимогам [10].

Під час захисту роботи здобувач має довести правильність розрахунків відповідно до свого індивідуального варіанта, зробити висновки та відповісти на контрольні запитання.

2.6. Контрольні запитання для самоперевірки та аудиту знань

1. Наведіть розрахункову модель, за якою визначається тип виробництва.
2. Надайте визначення поняттям “такт” та “ритм” потокового виробництва. Наведіть формули для їх розрахунків.
3. Надайте визначення поняття “тривалість виробничого циклу” (операційного, технологічного).
4. Від чого залежить тривалість технологічного циклу?
5. Розкрийте сутність паралельного виду руху предметів праці. Наведіть формулу для розрахунку тривалості технологічного циклу.
6. Розкрийте сутність послідовного виду руху предметів праці. Наведіть формулу для розрахунку тривалості технологічного циклу.
7. Розкрийте сутність паралельно-послідовного виду руху предметів праці. Наведіть формулу для розрахунку тривалості технологічного циклу.

3. Практичне заняття № 3

ОПЕРАТИВНЕ ПЛАНУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ПОТОКОВИМ ВИРОБНИЦТВОМ МАСОВОГО ТИПУ

3.1. Мета роботи:

- 1) навчити обчислювати планові нормативи операційних систем масового типу;
- 2) навчити будувати план-графік роботи дільниць (ліній);
- 3) розвинути організаційне мислення у здобувачів.

3.2. Теоретичні відомості

3.2.1. Методика розрахунку параметрів потокового виробництва

Існує дві форми здійснення виробничих процесів: потокове та непотокове. Масове виробництво здійснюється потоковим методом. Тому оперативно-календарне планування розглядається щодо організації потокового виробництва.

Первинною виробничою ланкою поточного виробництва є потокова лінія. Потокові лінії можна поділити, по-перше, на однопредметні та багатопредметні. Лінія, за якою закріплене виготовлення виробу одного найменування, називається однопредметною. Лінія, за якою закріплене виготовлення виробів декількох найменувань, називається багатопредметною. Для визначення одно- або багатопредметності лінії необхідно розрахувати:

Якщо $T_{np} > 0,85 \cdot \Phi_{\partial}$, то лінія однопредметна;

Якщо $T_{np} < 0,85 \cdot \Phi_{\partial}$, то лінія багатопредметна.

T_{np} – сумарна трудомісткість процесу, яка обчислюється як:

$$T_{np} = \left[N_{\text{вип}} \cdot 100 \right] \div (100 - \alpha) \cdot \sum_{i=1}^m t_{ki}, \quad (3.1)$$

де, α – відсоток браку (0...2 %).

По-друге, потокові лінії поділяються на безперервні та перервні (прямоточні).

В умовах безперервного потоку кількість працюючих місць на операціях завжди дорівнює цілому числу, оскільки основною умовою безперервно-поточного виробництва, що дозволяє здійснити безперервність виробничих процесів, є така ступінь синхронізації часу їх виконання, за якої продуктивність операції дорівнює або кратна такту:

$$\frac{t_{k1}}{c_1} \cong \frac{t_{k2}}{c_2} \cong \dots \cong \frac{t_{kn}}{c_n} \cong r, \quad (3.2)$$

де t_i – калькуляційна норма часу виконання i -ої операції, хв;
 c_i – кількість працюючих місць, що виконують i -у операцію.

Такт у прямиоточному перервному виробництві являє собою середню розрахункову величину, оскільки ступінь синхронізації потоку не забезпечує рівномірності або кратності калькуляційного часу такту випуску виробів.

Тобто, якщо у формулі (3.2) умова виконується (з урахуванням того, що при цьому допускається відхилення по операційним циклам від такту в межах 10 %), то лінія – безперервно-потокова. Якщо у формулі умова не виконується (відхилення становить більше ніж 10 %), то лінія – перервно-потокова, або прямиоточна. Таким чином, на основі двох вищезгаданих класифікаційних ознак можна виділити чотири різновиди поточкових ліній: 1) однопредметна безперервно-потокова лінія; 2) багатопредметна безперервно-потокова лінія; 3) однопредметна перервно-потокова (прямиоточна); 4) багатопредметна перервно-потокова (прямиоточна).

Основними плановими нормативами у масовому виробництві є:

- 1) такт або ритм випуску виробів;
- 2) напрацювання (запаси) впродовж виробничого циклу.

На основі цих планових нормативів складаються календарні плани-графіки (стандарт-плани).

Такт потоку (r) – це інтервал часу між запуском у виробництво виробів, які йдуть один за одним, або випуском з останньої операції поточної лінії двох виробів, що виготовляються послідовно:

$$r = \frac{\Phi_{\partial}}{N_{\text{зан}}}, \quad (3.3)$$

де Φ_{∂} – дійсний фонд часу роботи лінії;

$N_{\text{зан}}$ – програма запуску на період, що розраховується.

Програма запуску розраховується за формулою:

$$N_{\text{зан}} = \frac{N_{\text{вип}} \cdot 100}{100 - \alpha}. \quad (3.4)$$

Ритм потоку (R) – розраховується під час передачі виробів з операції на операцію тоді, коли передача відбувається не після кожного такту, а періодично, транспортними партіями p :

$$R = p \cdot r, \quad (3.5)$$

де p – величина транспортної партії, од.

Розрахункова кількість працюючих місць c_j ведеться за кожною операцією:

$$c_j = \frac{t_i}{r}, \quad (3.6)$$

де t_i – калькуляційна норма часу виконання i -ої операції, хв.

Оскільки при застосуванні формули внаслідок ділення частіше за все отримуємо не ціле число (кількість працюючих місць може бути тільки цілим числом), то на основі розрахункової кількості працюючих місць необхідно отримати прийнятну кількість працюючих місць ($c_{пр}$), яке визначається шляхом округлення c_p до найближчого цілого числа (при цьому враховується, що допускається перевантаження одного робочого місця в межах 10 %).

Коефіцієнт завантаження працюючих місць $K_{з.о.}$ (3₃) визначається за формулою:

$$\eta_z = c_p \div c_{пр}. \quad (3.7)$$

У масовому виробництві програма встановлена на тривалий проміжок часу, що дає змогу організувати для кожної лінії стабільний режим роботи працюючих місць і забезпечує аналогічність в організації виробничого процесу. Стабільний режим роботи та періодичність повторення дозволяє використати стандартні за формою планові графіки, або *стандарт-плани* (плани-графіки).

За ступенем безперервності процесу виробництва потокові лінії масового виробництва поділяються на:

- 1) безперервно-потоківі;
- 2) перервно-потоківі (прямоточні).

Безперервно-потоківий процес виробництва характеризується синхронністю часу кожної операції технологічного процесу з тактом потоку. Умову синхронізації такого процесу відображає формула (3.2).

Для перервно-потоківого процесу виробництва тривалість окремих операцій не синхронна з тактом потоку. Внаслідок різної потужності обладнання та трудомісткості операцій технологічного процесу використовується вільне, не регламентоване в часі, переміщення виробів з операції на операцію.

План-графік перервно-потоківого лінії складається на певний відрізок часу, що називається періодом обходу або періодом обслуговування лінії. План-графік перервно-потоківого лінії регламентує робітників з операціями, встановлює, які саме операції та в якій послідовності виконує кожний робітник, визначає завантаження робітника та обладнання. План-графік дозволяє виявити можливість послідовного багатоверстатного обслуговування на лінії одним робітником. На основі побудови стандарт-плану уточнюється кількість необхідних робітників для обслуговування лінії, встановлюється спосіб і періоди передачі предметів праці з операції на операцію, види та розмір наробків між операціями, порядок їх витрат та поповнення.

Плани-графіки для різних видів потокових ліній мають певні особливості при їх побудові. Розглянемо їх. План-графік для однопредметної перервно-поточної (прямоточної) лінії мають такий вигляд (рис. 3.1):

№ опер.	$t_{кі}$, хв.	c_p	$c_{пр}$	Одиниці обладнання	Завантаження обладнання, %	Виконавець	Завантаження виконавця, %	Період обслуговування*
1	6,7	1,4	2	А	100	1	100	100 %
				Б	40	1	100	40 %
2	2,9	0,6	1	В	60	–	–	60 %

Рисунок 3.1 – План-графік роботи однопредметної прямоточної лінії

* – може дорівнювати тривалості зміни, $1/2$ зміни або $1/4$ зміни у хв, наприклад, якщо зміна триває 8 год, то період обслуговування (R) може дорівнювати або 480 хв, або 240 хв, або 120 хв.

Якщо поточна лінія або однопредметна безперервно-потокова, або багатопредметна безперервно-потокова лінія, або багатопредметна перервно-потокова (прямоточна), то план-графік буде таким (рис. 3.2):

№ опер.	$t_{кі}$, хв.	c_p	$c_{пр}$	Одиниці обладнання	Завантаження обладнання, %	Виконавець	Завантаження виконавця, %	Період обслуговування*
1	6,7	1,4	2	А	100	1	100	100 %
				Б	40	1	40	40 %
2	2,9	0,6	1	В	60	1	60	60 %

Рисунок 3.2 – План-графік роботи однопредметної безперервно-потокової лінії (багатопредметної безперервно-потокової лінії, або багатопредметної перервно-потокової (прямоточної) лінії)

3.2.2. Методика розрахунку параметрів потокового виробництва

Весь період обслуговування ($T_{обс}$) потокового виробництва поділяється на періоди, кожний з яких характеризується незмінною кількістю працівників та обладнання на суміжних операціях, тобто незмінною продуктивністю за цей період.

Розрізняють наступні види наробків:

1) за призначенням і характером утворення:

- технологічні;
- транспортні;
- оборотні;
- страхові.

2) за місцем утворення:

– лінійні (циклічні) або міжопераційні наробки, які утворюються на лініях або між операціями та періодично повторюються;

– міжлінійні, які утворюються між суміжними технічними лініями, цехами в межах одного виробничого підрозділу, або міжцехові, коли суміжні лінії перебувають у різних цехах.

Технологічний наробок (z_{mex}) – це кількість предметів праці, які на цей період оброблюються на працюючих місцях:

$$z_{mex} = \sum_{i=1}^m c_i, \quad (3.8)$$

де m – кількість працюючих місць (одиниць обладнання на лінії);

Транспортний наробок (z_{mp}) – це кількість предметів праці, які передаються з однієї операції на іншу.

На перервно-потоккових лініях при поодиночній передачі предметів праці з операції на операцію наявність внутрішньолінійних оборотних наробків повністю покриває потребу в транспортних наробках і окремо не розраховується. Якщо це не так, то:

$$z_{mp} = \sum_{i=1}^m c_i - 1.$$

Під час передачі предметів праці транспортними партіями (p):

$$z_{mp} = p \left(\sum_{i=1}^m c_i - 1 \right).$$

Оборотні наробки утворюються лише на перервно-потоккових лініях між робочими місцями з різною продуктивністю випуску.

Оборотний наробок ($z_{об}$) – це кількість предметів, призначених для вирівнювання продуктивності суміжних операцій, які знаходяться на працюючих місцях, очікуючи на процес обробки.

Розмір **оборотного міжопераційного наробку** розраховується:

$$Z_{об} = \tau \left(\frac{c_i}{t_{ki}} - \frac{c_{(i+1)}}{t_{(i+1)}} \right), \quad (3.9)$$

де τ – період часу, за який не змінюються умови виконання операцій;

$c_i, c_{(i+1)}$ – кількість працюючих одиниць обладнання (працюючих місць) відповідно на попередній та наступній операціях у період часу τ ,

$t_i, t_{(i+1)}$ – норми калькуляційного часу відповідно на попередній і наступній операціях.

Оборотні наробки визначаються між кожною парою суміжних операцій на основі стандарт-планів. Розмір оборотного наробку залежить від факторів:

- 1) різниця між продуктивністю двох суміжних операцій.
 - 2) співвідношення тривалості цих операцій із тактом лінії.
 - 3) обраного періоду обслуговування працюючих місць лінії.
- Середня величина міжопераційного оборотного наробку:

$$Z_{об}^* = \frac{\sum_{i=1}^m (Z' + Z'')_i}{2T_{обс}}, \quad (3.10)$$

де Z' – наробок на початок періоду його формування;

Z'' – наробок на кінець періоду його формування;

$T_{обс}$ – величина періоду обслуговування потокової лінії.

Сумарний оборотний наробок на потоковій лінії, в цілому дорівнює сумі середніх величин міжопераційних оборотних наробків, коливання яких відображається на плані-графіку.

3.3. Приклад розрахунку

Вихідні дані

На лінії виготовляється виріб, програма запуску (N_3) якого становить 18 000 од.

Ділянка працює у дві зміни по 8 год., 255 працюючих днів на рік.

Технологічний процес виготовлення виробу такий:

№ опер.	1	2	3	4	5	6	7	8
t_{ki}	1,7	2	1,5	1,3	11,5	24	13	19

Визначити такт лінії, розрахувати кількість працюючих місць та кількість робітників на лінії, скласти план-графік роботи обладнання та робітників, розрахувати міжопераційні наробки і побудувати графік їх руху.

Алгоритм розрахунку буде таким:

- 1) Визначаємо тип виробництва:

$$K_{зо} = \frac{\Phi_0 \cdot K_{зо} \cdot 60 \cdot m}{N_{вир} \cdot \sum t_{ki}} = \frac{4080 \cdot 0,85 \cdot 60 \cdot 8}{17640 \cdot 74} = 1,28,$$

отже маємо масовий тип виробництва

- 2) Розраховуємо річний фонд часу:

$$\Phi_d = 255 * 8 * 2 = 4080 \text{ год.}$$

3) $N_в$ отримаємо, виходячи з того, що N_3 становить 18 000 од., а відсоток браку – 2 % (18 000 – 2 % = 17 640 од.)

4) Розраховуємо добову програму запуску, виходячи з того, що річна N_3 становить 18 000 од., а ділянка працює – 255 днів на рік:

$$N_{зап \text{ добове}} = \frac{18000}{255} = 71 \text{ од.}$$

5) Проводимо розрахунок такту:

$$r = \frac{\Phi_d}{N_{\text{зап}}} = \frac{960}{71} = 13,5 \text{ хв.}$$

6) Визнаємо розрахункову кількість працюючих місць (C_p):

$$C_{p1} = 1,7/13,5 = 0,13 \quad C_{p5} = 11,5/13,5 = 0,85$$

$$C_{p2} = 2/13,5 = 0,15 \quad C_{p6} = 24/13,5 = 1,77$$

$$C_{p3} = 1,5/13,5 = 0,11 \quad C_{p8} = 19/13,5 = 1,4$$

$$C_{p4} = 1,3/13,5 = 0,09 \quad C_{p7} = 13/13,5 = 0,96$$

7) Розраховуємо сумарну трудомісткість процесу:

$$T_{\text{пр}} = N_{\text{зап}} \cdot \sum t_{ki} = 18000 \cdot 74 = 1332000 > 0,85 \Phi_d$$

Отже, лінія однопредметна.

8) Визначаємо тип потокової лінії:

$$\frac{t_i}{C_{pri}} \neq \frac{1,7}{1} \neq \frac{2}{1} \neq \frac{1,5}{1} \neq \frac{1,3}{1} \neq \frac{11,5}{1} \neq \frac{24}{2} \neq \frac{13}{1} \neq \frac{19}{2} \neq r \neq 13,5.$$

Отже, лінія перервно-потокова.

Таким чином, маємо однопредметну перервно-потокову лінію, масовий тип виробництва.

9) Побудуємо план-графік предметно-потокової лінії (рис. 3.3):

N оп	t _{ki} хв	C _p	C _{пр}	Од обп	Заво бп %	Вик она вці	Завантажен ня, %	Період обслуговування, R = 240 хв
1	1,7	0,13	1	А	13	1	88	13 %
2	2	0,15	1	-	15	-	-	15 %
3	1,5	0,11	1	-	11	-	-	11 %
4	1,3	0,09	1	-	9	-	-	9 %
5	11,5	0,85	1	Б	85	1	85	85 %
6	24	1,77	2	В Г	100 77	2	100 77	100 % 77 %
7	13	0,96	1	Д	96	1	96	96 %
8	19	1,4	2	Е	100 40	1	100	40 % 100 %

Рисунок 3.3 – План-графік роботи обладнання та працюючих на однопредметній прямоточній лінії

10) Розраховуємо наробки (розмір оборотного міжопераційного наробку):

$$Z_{об} = \mathfrak{T} \times \left(\frac{C_i}{t_{ki}} + \frac{C_{(i+1)}}{t_{(i+1)}} \right),$$

де \mathfrak{T} – період часу, за який не змінюється умови виконання операцій;

$C_i, C_{(i+1)}$ – кількість працюючих одиниць обладнання відповідно на попередній і наступній операціях у період часу \mathfrak{T} .

$$Z_{1-2}^I = 240 \times 0,13 \left(\frac{1}{1,7} - 0 \right) = +20 \text{ од.}$$

$$Z_{1-2}^{II} = 240 \times 0,15 \left(0 - \frac{1}{2} \right) = -20 \text{ од.}$$

$$Z_{1-2}^{III} = 0 \text{ од.}$$

$$Z_{2-3}^I = 0 \text{ од.}$$

$$Z_{2-3}^{II} = 240 \times 0,15 \left(\frac{1}{2} - 0 \right) = +18 \text{ од.}$$

$$Z_{2-3}^{III} = 240 \times 0,11 \left(0 - \frac{1}{1,5} \right) = -18 \text{ од.}$$

$$Z_{2-3}^{IV} = 0 \text{ од.}$$

$$Z_{3-4}^I = 0 \text{ од.}$$

$$Z_{3-4}^{II} = 240 \times 0,11 \left(\frac{1}{1,5} - 0 \right) = +17 \text{ од.}$$

$$Z_{3-4}^{III} = 240 \times 0,09 \left(0 - \frac{1}{1,3} \right) = -17 \text{ од.}$$

$$Z_{3-4}^{IV} = 0 \text{ од.}$$

$$Z_{4-5}^I = 240 \times 0,41 \left(0 - \frac{1}{11,5} \right) = -8 \text{ од.}$$

$$Z_{4-5}^{II} = 240 \times 0,09 \left(\frac{1}{1,3} - \frac{1}{11,5} \right) = +15 \text{ од.}$$

$$Z_{4-5}^{III} = 240 \times 0,35 \left(0 - \frac{1}{11,5} \right) = -7 \text{ од.}$$

$$Z_{4-5}^{IV} = 0 \text{ од.}$$

$$Z_{5-6}^I = 240 \times 0,77 \left(\frac{1}{11,5} - \frac{2}{24} \right) = +1 \text{ од.}$$

$$Z_{5-6}^{II} = 240 \times 0,08 \left(\frac{1}{11,5} - \frac{1}{24} \right) = +1 \text{ од.}$$

$$Z_{5-6}^{III} = 240 \times 0,15 \left(0 - \frac{1}{24} \right) = -2 \text{ од.}$$

$$Z_{6-7}^I = 240 \times 0,77 \left(\frac{2}{24} - \frac{1}{13} \right) = +1 \text{ од.}$$

$$Z_{6-7}^{II} = 240 \times 0,19 \left(\frac{1}{24} - \frac{1}{13} \right) = -2 \text{ од.}$$

$$Z_{6-7}^{III} = 240 \times 0,04 \left(\frac{1}{24} - 0 \right) = +1 \text{ од.}$$

$$Z_{7-8}^I = 240 \times 0,5 \left(\frac{1}{13} - \frac{1}{19} \right) = +3 \text{ од.}$$

$$Z_{7-8}^{II} = 240 \times 0,4 \left(\frac{1}{13} - \frac{2}{19} \right) = -3 \text{ од.}$$

$$Z_{7-8}^{III} = 240 \times 0,06 \left(\frac{1}{13} - \frac{1}{19} \right) = +1 \text{ од.}$$

$$Z_{7-8}^{IV} = 240 \times 0,04 \left(0 - \frac{1}{19} \right) = -1 \text{ од.}$$

11) Будуємо епюру наробків (рис. 3.4):

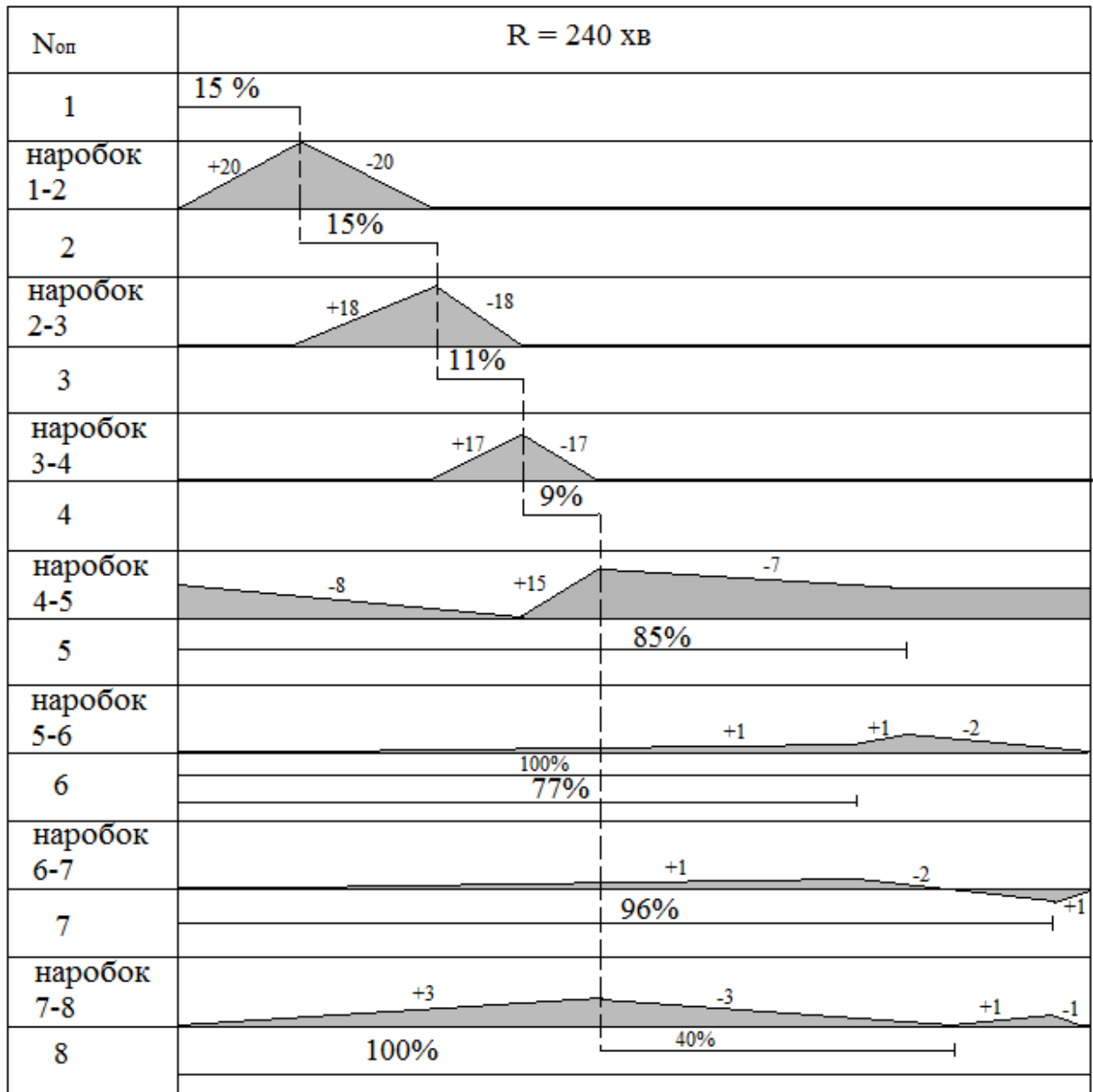


Рисунок 3.4 – Графік міжопераційних оборотних наробків

3.4. Зміст завдання та порядок виконання

1) Ознайомитися з теоретичними відомостями за темою практичного заняття.

2) Розраховувати оперативно-планові нормативи операційної системи масового типу.

3) Побудувати план-графік роботи дільниці (ліній) згідно індивідуального варіанту завдання (табл. 3.1).

4) Визначити заходи і ресурси щодо оптимізації отриманих оперативно-планових нормативів.

5) Зробити висновки, оформити звіт, підготуватись до захисту роботи.

3.5. Оформлення та захист практичного завдання

У звіті про виконання відображаються тематика практичного завдання, мета завдання, короткі теоретичні відомості, постановка задачі, вихідні дані за варіантом завдання, результати й аналіз розрахунків та оптимізації потоків виробництва, висновки. Оформлення звіту повинне відповідати нормативним вимогам [10].

При захисті роботи здобувач повинен довести правильність розрахунків відповідно до свого індивідуального варіанту, визначити критерій оптимальності та провести оптимізацію операційної системи потокового виробництва зробити висновки та відповісти на контрольні запитання.

3.6. Контрольні запитання для самоперевірки та аудиту знань

1. Надайте визначення поняття “такт”, “ритм” і “поток”, наведіть алгоритми розрахунку їхніх значень.

2. Назвіть форми організації виробничих процесів.

3. Назвіть види поточкових виробництв масового типу за ступенем безперервності.

4. Надайте характеристики різних форм поточкових виробництв.

5. Які види наробків існують в організації поточкових виробництв?

6. Надайте визначення “технологічний наробок”, наведіть його розрахункову модель.

7. Надайте визначення ”транспортний та оборотний наробок”, наведіть розрахункові формули.

8. Від яких факторів залежить розмір оборотного міжопераційного наробку? Наведіть формулу розрахунку оборотного міжопераційного наробку.

9. Назвіть призначення страхових наробків.

10. За якими критеріями може здійснюватись оптимізація оперативно-планових нормативів?

11. Яка економічна сутність сумарного оборотного наробку?

Таблиця 3.1 – Вихідні дані

		Варіант 1		Варіант 2		Варіант 3		Варіант 4	
№ операції		t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}
1	5	2,2	18	1,3	20	1,7	16	1,2	16
2	6	3	18	1,8	15	1,3	13	1,1	17
3	7	2,4	17	1,2	8	1,2	17	1	17
4	8	2,2	15	1,5	17	1,5	17	1,6	18
Програма №з, од.		18000		10000		10000		10000	
		Варіант 5		Варіант 6		Варіант 7		Варіант 8	
№ операції		t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}
1	5	1,5	20	6,2	25	2,5	18	3,3	7
2	6	1,1	21	5,1	15	2,3	18	3,4	13
3	7	1,7	19	5,8	8	3,9	17	3	15
4	8	1,3	25	5,9	26	2,4	17	3,9	13
Програма №з, од.		10000		20000		14000		15000	
		Варіант 9		Варіант 10		Варіант 11		Варіант 12	
№ операції		t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}
1	5	0,5	8	4,7	25	2,3	15	12	15
2	6	0,8	20	4,1	13	2,5	17	13	10
3	7	0,7	26	5,5	15	2,2	18	14	8
4	8	0,6	18	5,1	20	2,7	19	12	11
Програма №з, од.		15000		30000		16000		11000	
		Варіант 13		Варіант 14		Варіант 15		Варіант 16	
№ операції		t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}
1	5	1,1	30	5,1	17	3,5	18	9	19
2	6	1	24	6,3	12	3,7	15	10	20
3	7	0,9	25	7	11	4	12	7	25
4	8	1,2	19	6	15	3,2	19	6,8	17
Програма №з, од.		12000		12000		15000		13000	
		Варіант 17		Варіант 18		Варіант 19		Варіант 20	
№ операції		t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}
1	5	4	21	2,3	25	2	27	1,4	15
2	6	3,7	15	2,5	27	1,9	13	1,7	19
3	7	3,9	19	2,7	13	1,5	14	1,8	20
4	8	3,5	20	2,9	15	1,7	15	1,9	21
Програма №з, од.		14000		16000		17000		8000	

Продовження табл. 3.1

		Варіант 21		Варіант 22		Варіант 23		Варіант 24	
№ операції		t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}
1	5	1,8	17	0,8	8	2,7	17	1,7	25
2	6	1,5	19	1	10	2,5	19	2	27
3	7	1,3	20	1,2	13	2,1	20	1,3	18
4	8	1	15	0,9	16	2,3	23	1,2	20
Програма №з,од.		19000		11000		16000		17000	
		Варіант 25		Варіант 26		Варіант 27		Варіант 28	
№ операції		t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}
1	5	3	26	2,5	27	1,3	17	1	13
2	6	3,9	29	3	25	1,4	19	1,1	14
3	7	3,2	13	2,9	22	1,2	20	1,3	15
4	8	3,4	15	4	13	1,5	25	1	17
Програма №з, од.		15000		14000		11000		12000	
		Варіант 29		Варіант 30					
№ операції		t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}	t_{ki}				
1	5	1,9	19	1,7	25				
2	6	1,8	20	2	24				
3	7	1,5	24	1,5	13				
4	8	1,3	27	1,3	19				
Програма №з, од.		10000		18000					

4. Практичне заняття № 4

УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ: МЕРЕЖЕВЕ ПЛАНУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ В ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ

4.1. Мета заняття:

- 1) розвинути навички знаходження оптимальних рішень за допомогою графів, мережесих моделей;
- 2) закріпити на практиці методику розрахунків параметрів мережесих графіку;
- 3) розвинути організаційно-управлінське мислення у здобувачів.

4.2. Теоретичні відомості

Для досягнення гарних результатів в плануванні й управлінні виробництвом, проектами необхідно здійснювати та використовувати організаційно-технічні моделі, мережі у вигляді мережесих графіків, які відображали б динаміку всіх процесів виробництва й охоплювали б діяльність усіх учасників і весь період часу життєвого циклу створюваного проекту.

Мережесих планування, мережесих графіки виникли в 30-х роках ХХ століття, коли почали розвиватися комп'ютерні засоби. Методи розрахунків мають таку відому міжнародну назву та аббревіатуру, як метод критичного шляху – СРМ (Critical path method), або аналіз критичного шляху – СРА (Critical path analysis), або метод оцінки й огляду програми - РЕРТ (Programme evaluation and review technique). У нашій практиці ці методи мають назву «мережесих графіків».

Основна ціль мережесих графіків – досягнення гарних результатів проекту при плануванні й управлінні виробництвом, заснованому на науковій основі, з використанням організаційно-технічних моделей, що відображають динаміку процесів виробництва і які охоплюють діяльність усіх учасників проекту і весь період часу реалізації проекту.

Завдання мережесих моделі – змодельовати основні стадії робіт при управлінні проектом, починаючи від проектних робіт і закінчуючи випробуванням, наладкою і вводом об'єкта в експлуатацію.

Побудова мережесих графіків основана на принципі понять двох основних елементів: роботах і подіях. Робота відображається вектором, а подіям кружечком (рис. 4.1).

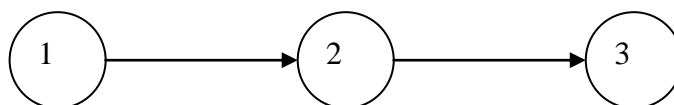


Рисунок 4.1 – Побудова мережесих графіків

Роботою називається будь-який процес, що протікає в часі. Робота супроводжується описом її характеристики.

У мережевому графіку розрізняють три вид роботи:

- дійсна робота – вимагає витрат часу і ресурсів, позначається суцільною стрілкою \longrightarrow

- очікування – процеси вимагають витрати часу (витримка бетону та інше);

- фіктивна робота – процес не вимагає ні часу ні ресурсів, відображає виробничі зв'язки, позначається пунктирною стрілкою $-----\blacktriangleright$

Подія – це остаточний результат завершення однієї або декілька робіт, що дає право початку іншим роботам. Подія, що стоїть на початку роботи називається початковою, а подія, що фіксує кінець роботи, – кінцевою.

Будь-яка робота в мережевому графіку має два терміни початку і два терміни закінчення: ранній і низький.

Ранній термін початку роботи $T_{\text{ід}}^{\text{РН}}$ – це найбільш ранній із можливих строків початку робіт.

Пізній термін початку роботи $T_{\text{ід}}^{\text{ПН}}$ – це найбільш пізній із можливих, за якого допустимо найбільш пізній термін її закінчення.

Ранній термін закінчення роботи $T_{\text{ід}}^{\text{РО}}$ – це найбільш ранній із можливих закінчення роботи.

Пізній термін закінчення роботи $T_{\text{ід}}^{\text{ПО}}$ – це найбільш пізній припустимий термін закінчення роботи, що не викликає збільшення терміну досягнення кінцевої мети.

Як було визначено вище, побудова мережевого графіка (рис. 4.2) здійснюється у визначенні послідовності та з дотриманням технологічного процесу і взаємозв'язку робіт, що виконуються. Крім того, при побудові мережевого графіка повинні бути дотримані такі принципи:

1. Жодна робота не може початися, коли не закінчилися всі попередні.
2. Між двома подіями може бути тільки одна робота.
3. У мережевому графіку не може бути тупиків.

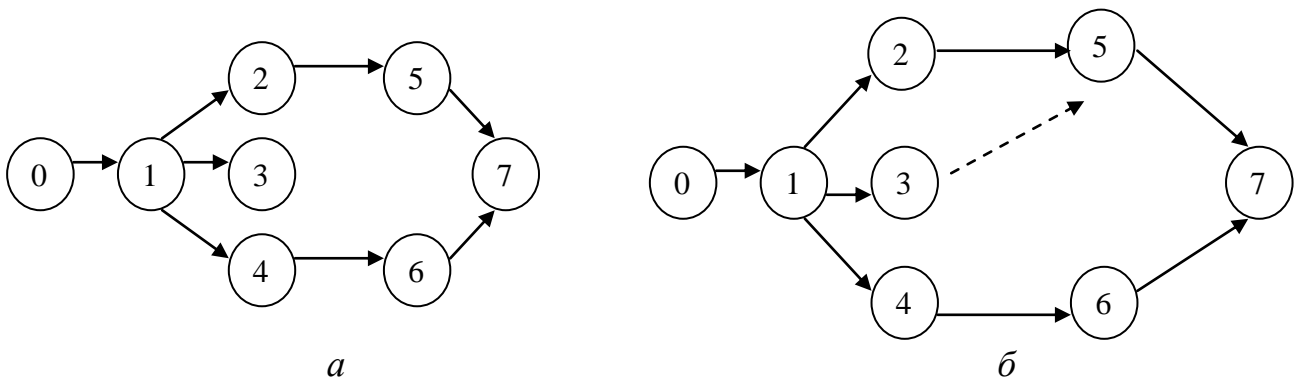


Рисунок 4.2 – Правила побудови мережевих графіків:
а – не правильно; б – правильно

4. У мережевому графіку не може бути замкнених контурів (рис. 4.3).

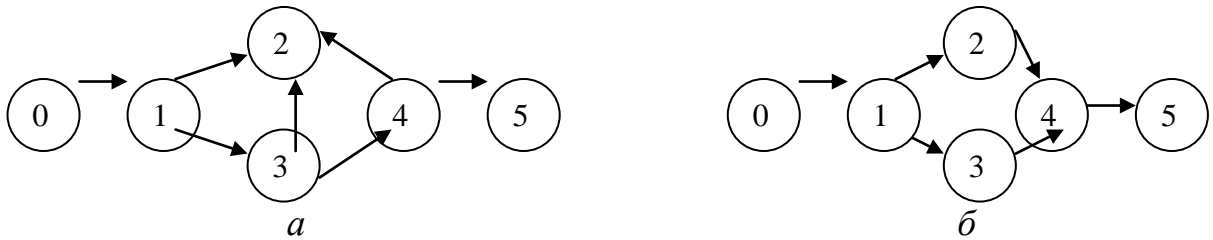


Рисунок 4.3 – Правила побудови мережевих графіків:
а – не правильно; б – правильно

Початкова подія може бути тільки одна, якщо одночасно починається кілька робіт потрібно їх з'єднати фіктивною роботою, але при єдиній початковій події (рис. 4.4).

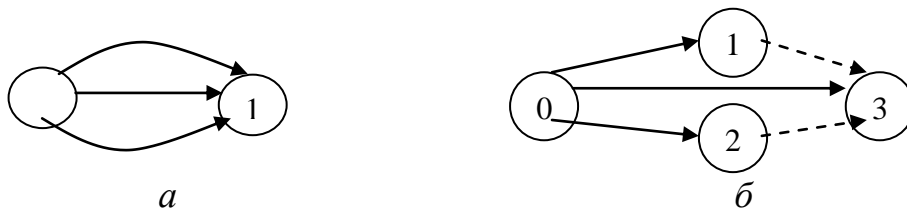


Рисунок 4.4 – Правила побудови мережевих графіків:
а – не правильно; б – правильно

6. Для запобігання на мережевій моделі двох робіт, що виконуються паралельно, що дають початок третій, вводяться фіктивні зв'язки 4-8, 7-8 (рис. 4.5).

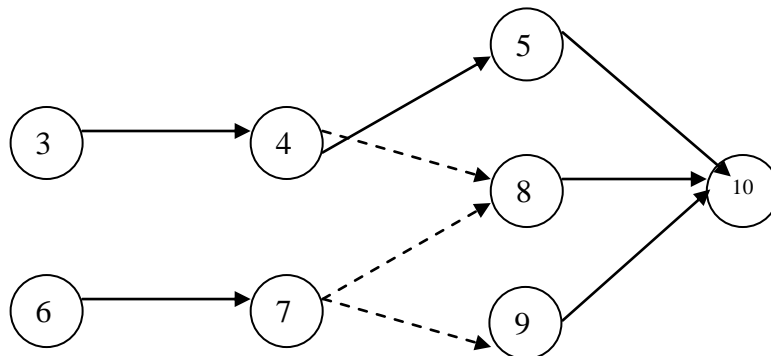


Рисунок 4.5. Правила побудови мережевих графіків

7. Нумерацію подій варто вести в порядку зростання і відповідно напрямку робіт зліва направо.



Рисунок 4.6 – Правила побудови мережевих графіків:

а – не правильно; б – правильно

8. Начальній події присвоюються нульовий номер, а кінцевому – порядковий.

У мережевому графіку розрізняють три різновиди шляхів:

- шлях від початкової до кінцевої події називають *повним шляхом* (шляхи 0-1-3-4 або 0-2-3-4);

- шлях між двома проміжними подіями, що є ні вихідними, ні завершальними, називається *шляхом між подіями* (3-4, 2-3);

- шлях, початок якого пов'язаний з вихідною подією, а кінець з даною подією називається *шляхом попередньої даної події* (0-1-3), а шлях, який з'єднує цю подію з завершальною подією мережі – *шляхом, що впливає за заданою подією*.

Шлях, який має максимум тривалості, або повний шлях, який не має резерву часу називають критичним часом.

Побудова, порядок і обчислення мережевих графіків здійснюється в декілька кроків.

На першому кроці визначається перелік робіт і послідовність їх виконання, тобто топологія робіт. Сам перелік робіт проекту не дає даних послідовності їх виконання, тому логічні зв'язки повинен встановити сам менеджер проекту з занесенням їх у таблицю 12.1.

Таблиця 4.1 – Характеристика робіт із визначенням їх послідовності й типології

Код робіт i-g	Найменування робіт	Безпосередньо попередня робота n,i	Тривалість T _{i-g} , дн.	Трудомісткість Q (чол. дн)

На другому кроці будується мережевий графік з обрахуванням визначеної топології робіт і з установленням логічних зв'язків і визначенням переліку розрахункових параметрів графіка. До розрахункових параметрів мережевого графіка відносяться:

- i-g – код даної роботи;
- i – код начальної події даної роботи;
- g – код кінцевої події даної роботи;
- h-i – код робіт, які попередні даній роботі;
- h – код робіт, які попередні начальній події даній роботі;
- i-k – код робіт наступних за кінцевою подією даної роботи;
- k – код подій наступних кінцевій події даної роботи;
- L – шлях;
- L_{кр} – критичний шлях;
- tL – тривалість шляху;
- T_{LKP} – тривалість критичного шляху і критичний термін;
- T_{i-g} – тривалість роботи;
- T_{i-g}^{p-n} – ранній початок роботи;
- T_{i-g}^{p-o} – раннє закінчення роботи;

- T_i^p – ранній термін завершення події i ;
- T_{i-g}^{p-H} – пізній початок роботи $i-g$;
- T_{i-g}^{p-O} – пізнє закінчення роботи $i-g$;
- T_i^n – пізній термін завершення події g ;
- R_{i-g}^o – загальний (повний) резерв часу роботи $i-g$;
- R_{i-g}^n – частковий (вільний) резерв часу роботи $i-g$.

Загальна схема кодування робіт і подій показана на рис. 4.7.

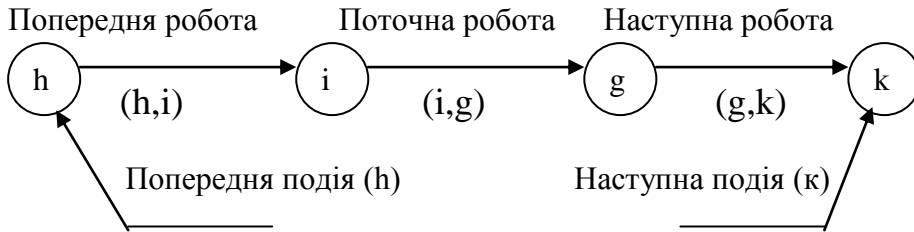


Рисунок 4.7 – Загальна схема кодування робіт і подій

Третім кроком визначаємо тривалість робіт. Тривалість робіт по кожному виду робіт визначається залежно досягнутої на підприємстві виробки робіт або її продуктивності.

Четвертим кроком визначаємо ранні терміни початку і завершення робіт по проекту за формулами:

$$T_{i-g}^{p-H} = \max (T_{i-g}^{p-O}). \quad (4.1)$$

$$T_{i-g}^{p-O} = T_{i-g}^{p-H} + T_{i-g}. \quad (4.2)$$

На n 'ятому кроці визначаємо різні терміни початку й завершення робіт за формулами:

$$T_{i-g}^{n-O} = \min (T_{gk}^{n-H}). \quad (4.3)$$

$$T_{i-g}^{n-H} = T_{i-g}^{n-O} + T_{i-g}. \quad (4.4)$$

Шостим кроком визначаємо критичний шлях, який не має резерв часу, а також запаси часу по іншим роботам.

$$R_{i-g}^o = T_{i-g}^{n-H} - T_{i-g}^{p-H} = T_{i-g}^{n-O} - T_{i-g}^{p-O}. \quad (4.5)$$

$$R_{i-g}^n = T_{ik}^{p-H} - T_{ig}^{p-O}. \quad (4.6)$$

Розрахунок мережкових графіків виконується різними методами. Найбільш поширеними є табличний метод, метод за потенціалами подій, розрахунок безпосередньо на самому графіку, за допомогою ЕВМ та інші.

Для розрахунку мережкового графіка в таблиці необхідно, щоб події були пронумеровані таким чином: номер початкової події кожної роботи повинен бути менше номера її кінцевої події. Вихідній події привласнюється перший номер, а всі наступні події одержують номери в порядку зростання від початкового до завершального. Після нумерації кожна робота одержує свій код, відповідний номерам її початкової і кінцевої подій (рис. 4.8).

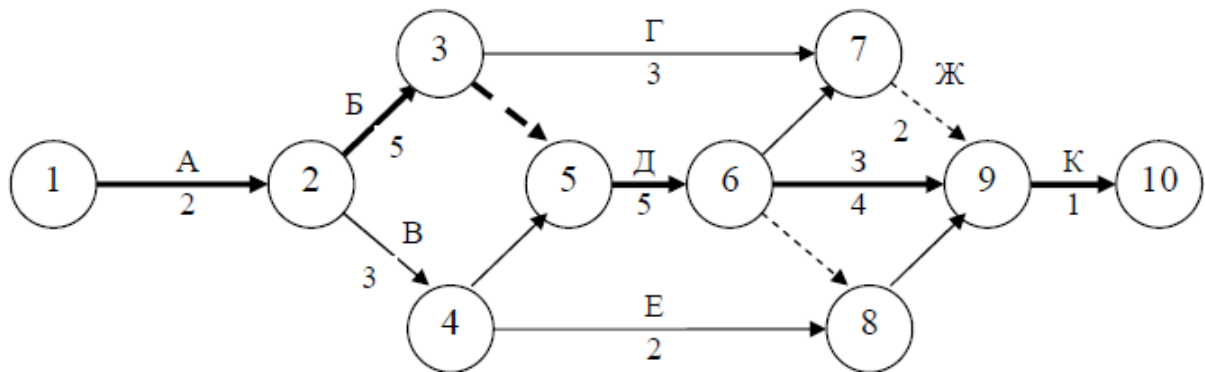


Рисунок 4.8 – Розрахунок мережкового графіка

Початкові дані з графіка для розрахунку заносять у графи 1, 2 і 3 табл. 2. Усі ці три графи заповнюють одночасно.

Таблиця 4.2 – Розрахунок мережкового графіка

Номери початкових подій попередніх робіт	Код робіт	Тривалості робіт	Ранній початок робіт $t_{i,j}^{pn}$	Раннє закінчення робіт $t_{i,j}^{pz}$	Пізній початок робіт $t_{i,j}^{nn}$	Пізнє закінчення робіт $t_{i,j}^{nz}$	Загальний резерв часу $R_{i,j}$	Частковий резерв часу $r_{i,j}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
-	(1.2)	2	0	2	0	2	0	0
1	(2.3)	5	2	7	2	7	0	0
1	(2.4)	3	2	5	4	7	2	0
2	(3.5)	0	7	7	7	7	0	0
2	(3.7)	3	7	10	14	17	7	2
2	(4.5)	0	5	5	7	7	2	2
2	(4.8)	2	5	7	10	12	5	5
3.4	(5.6)	5	7	12	7	12	0	0
5	(6.7)	0	12	12	17	17	5	0
5	(6.8)	0	12	12	12	12	0	0
5	(6.9)	4	12	16	15	19	3	3
3.6	(7.9)	2	12	14	17	19	5	5
4.6	(8.9)	7	12	19	12	19	0	0
6.7.8	(9.10)	1	19	20	19	20	0	0

У графу 1 заносять номери початкових подій попередніх робіт. Наприклад, для роботи (7,9) (рис. 4.8) передуючими є робота (3,7) і залежність (6,7), отже, у графу 1 заносять номери початкових події цих робіт 3 і 6.

У графу 2 заносять коди робіт і залежностей у порядку зростання початкових номерів подій, тобто спочатку роботи, що виходять з події 1, потім з події 2 і т. д.

У графу 3 проставляються тривалості робіт.

Ранні терміни початку і закінчення робіт розраховують за табл. 2 зверху вниз. Ранній початок робіт, що виходять із першої події, дорівнює нулю. Раннє закінчення - сумі раннього початку і тривалості роботи:

$$t_{1,1}^{p3} = t_{1,1}^{pn} + t_{1,1}. \quad (4.7)$$

Наприклад, для роботи (1,2):

$$t_{1,2}^{p3} = t_{1,2}^{pn} + t_{1,2} = 0 + 2 = 2. \quad (4.8)$$

Ранній початок подальших робіт рівний максимальному з ранніх закінчень попередніх робіт:

$$t_{i,k}^{pn} = \max\{t_{i,1}^{p3}\}. \quad (4.9)$$

Наприклад, для роботи (5, 6):

$$t_{5,6}^{pn} = \max\{t_{3,5}^{p3}; t_{4,5}^{p3}\} = \max\{7;5\} = 7. \quad (4.10)$$

Так само визначають ранні початки і закінчення всіх робіт і заносять у графи 4 і 5 (табл. 4.2).

Максимальне раннє закінчення робіт, що входять у завершальне подію, визначає тривалість критичного шляху. У цьому прикладі $T_{кр.} = 20$.

Пізні терміни початку і закінчення робіт записують у графи 6 і 7 табл. 4.2.

Розрахунок ведуть у таблиці від низу до верху.

Для робіт, що входять у завершальну подію, пізнє закінчення рівне тривалості критичного шляху:

$$t_{9,10}^{n3} = 20. \quad (4.11)$$

Пізній початок будь-якої роботи визначається різницею між її пізнім закінченням і тривалістю:

$$t_{i,j}^{mn} = t_{i,j}^{n3} - t_{i,j}. \quad (4.12)$$

Наприклад, для роботи (9, 10):

$$t_{9,10}^{mn} = t_{9,10}^{n3} - t_{9,10} = 20 - 1 = 19. \quad (4.13)$$

Пізнє закінчення будь-якої роботи рівне як найменшому пізньому початку подальших робіт:

$$t_{i,j} = \min t_{i,j}^{mn}. \quad (4.14)$$

Наприклад, для роботи (2,4):

$$t_{2,4}^{n3} = \min\{t_{4,5}^{n3}; t_{4,5}^{n3}\} \min\{7; 10\} = 7. \quad (4.15)$$

Так само визначають пізні терміни всіх робіт мережевого графіка. Повний резерв часу рівний різниці пізніх і ранніх термінів:

$$R_{i,j} = t_{i,j}^{n3} - t_{i,j}^{p3} = t_{i,j}^{mn} - t_{i,j}^{pn}. \quad (4.16)$$

Наприклад, для роботи (2,4):

$$R_{2,4} = t_{2,4}^{n3} - t_{2,4}^{p3} = 7 - 5 = 2 = t_{2,4}^{mn} - t_{2,4}^{pn} = 4 - 2 = 2. \quad (4.17)$$

Повний резерв часу заносять у графу 8.

У робіт критичного шляху повний резерв часу дорівнює нулю. Визначаємо критичні роботи, тобто роботи, що лежать на критичному шляху, це – 83.

(1,2); (2,3); (3,5); (5,6); (6,8); (8,9); (9,10). Критичний шлях цього мережевого графіка буде (1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10).

Вільний резерв часу заносять в графу 9 табл. 4.2, він визначається різницею між раннім початком подальшої роботи і раннім закінченням цієї роботи:

$$r_{i,j} = t_{j,k}^{pn} - t_{i,j}^{p3} \quad (4.18)$$

Наприклад, для роботи (3,7):

$$r_{3,7} = t_{7,9}^{pn} - t_{3,7}^{pz} = 12 - 10 = 2 \quad (4.19)$$

Вільний резерв часу роботи завжди менше або рівно її повному резерву:

$$r_{i,j} \leq R_{i,j}. \quad (4.20)$$

За вище описаним алгоритмом всі розрахунки заносяться в таблицю 4.2.

Оптимізація мережевих графіків

Розрахунок мережевих графіків проводять, виходячи із припущення, що кожна робота забезпечена всіма необхідними ресурсами.

Насправді ж ресурси обмежені. Відсутність тих чи інших ресурсів приводить до зміни послідовності робіт.

Необхідність коректування сітки виникає, коли вже після складання і розрахунку виявляється, що тривалість робіт за графіком не відповідає завданню:

- для виконання робіт у заплановані строки не вистачає робочої сили, матеріалів і інших ресурсів;
- або те й інше разом, тобто він не завжди відповідає заданим термінам і можливостям організації виробництва, тому складений графік підлягає коректуванню (оптимізації) з урахуванням наявних обмежень.

На практиці мережеві графіки спочатку корегуються за часом, а вже потім за ресурсами.

У загальному вигляді оптимізація мережевих графіків виконується за часом:

- перерозподіл трудових ресурсів
- суміщення технологічних процесів;
- залучення додаткових ресурсів.

4.3. Приклад розрахунку

Таблиця 4.3 – Вихідні дані

Код роботи	Тривалість роботи
0,1	7
0,2	10
0,4	12
1,2	6
2,3	5
2,4	14
3,4	6

Розглянемо приклад розрахунку мережі на графіку (рис. 4.9). Для визначення резервів часу з числа, вказаного в правому секторі події, віднімається

число, проставлене в лівому секторі. У всіх подій, які лежать на критичному шляху, правий сектор дорівнює лівому, а нижній сектор дорівнює 0.

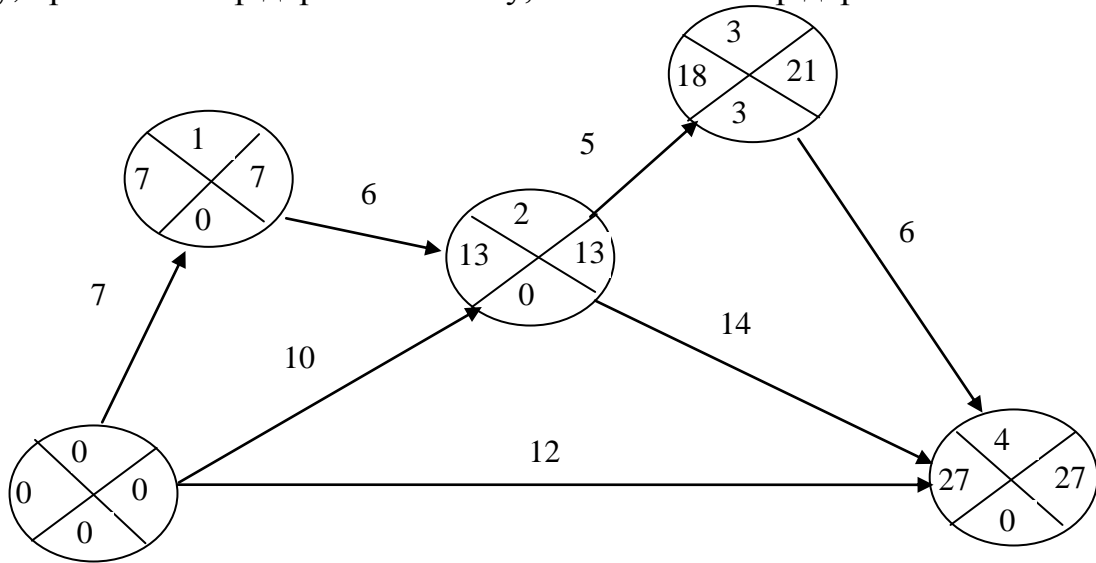


Рисунок 4.9 – Розрахунок мережевого графіка

Критичний шлях: 0-1-2-4

Аналогічний розрахунок можливий у вигляді таблиці, яка заповнюється за певними правилами. Приклад такого розрахунку наведено в таблиці.

Таблиця 4.4 – Таблиця розрахунку параметрів мережі

Кількість попередніх робіт	Код роботи	Тривалість роботи	Ранній початок роботи	Раннє закінчення роботи	Пізній початок роботи	Пізнє закінчення роботи	Повний резерв часу роботи	Вільний резерв	Резерви часу події
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,1	7	0	7	0	7	0	0	0
0	0,2	10	0	10	3	13	3	3	0
0	0,4	12	0	12	15	27	15	15	0
1	1,2	6	7	13	7	13	0	0	0
2	2,3	5	13	18	16	21	3	0	3
2	2,4	14	13	27	13	27	0	0	0
1	3,4	6	18	24	21	27	3	3	0

1. Кількість попередніх робіт (гр. 1) для вихідної події дорівнює 0, для інших робіт визначається за кількістю робіт, які мають другу цифру в коді роботи, з якої починається ця робота (наприклад, у гр. 2 є дві роботи, які закінчуються цифрою 2, тобто 0,2 і 1,2, тому перед роботою 2,4 кількість попередніх робіт дорівнює 2).

2. Гр. 2 і 3 заповнюються на основі мережевого графіка або переліку робіт зі змінними оцінками.

3. Ранній початок роботи (гр. 4) визначається найбільш раннім строком закінчення однієї з попередніх робіт (лівий сектор на графіку).

4. Раннє закінчення роботи (гр.5) визначається як сума раннього строку початку і тривалості цієї роботи (гр. 3 + гр. 4).

5. Тривалість критичного шляху заноситься в останню строку гр. 7. Для інших робіт гр. 7 розрахунок ведеться знизу вгору, визначаючи різницю між строками - закінчення робіт та їх тривалості. Мінімальну з отриманих величин заносять до гр. 7 навпроти роботи, що розглядається (правий сектор наступної з двох подій із графіка).

6. Пізніше початок роботи (гр. 6) обчислюється відніманням з даних гр. 7 даних гр. 3.

7. Повний резерв часу роботи (гр. 8) визначається як різниця між даними гр. 7 та гр. 5 (або з мережевого графіка з числа, проставленого в правому секторі подальшої події, віднімається число, яке стоїть у лівому секторі початкової події, і тривалість роботи).

8. Вільний резерв часу роботи (гр. 9) визначається різницею між раннім початком подальшої роботи і раннім закінчення попередньої роботи (або з мережевого графіка з числа в лівому секторі наступної події віднімається число в лівому секторі попередньої події і тривалість роботи). Завжди менше або дорівнює повному резерву роботи.

9. Резерв часу події (гр. 10) j визначається як різниця між пізнім закінченням роботи, яка закінчується подією j , і раннім початком роботи, яка починається цією подією (або нижній сектор наступної події за мережевим графіком).

Для оптимізації мережевого графіка необхідно його проаналізувати, для чого проводиться розрахунок ймовірності події в заданий строк (T_d), при цьому частіше враховуються тільки роботи критичного шляху, використовуючи закон нормального розподілення t_{ij} , тобто проводимо розрахунки за формулою 4.21:

$$Z = \frac{T_d - T_k}{\sqrt{\sum \sigma^2 t_{ij}}}, \quad (4.21)$$

де Z – аргумент нормальної функції розподілення ймовірностей;

T_k – строк завершення події, що завершує (по розрахунках) у днях;

$\sum \sigma^2 t_{ij}$ – сума дисперсії робіт, які лежать на критичному шляху.

Після знаходження Z за таблицею значення функції Лапласа визначають ймовірність настання події, що завершується в заданий строк.

Оскільки сума робіт усіх заданих подій менше або дорівнює критичному шляху оптимізацію не проводимо.

4.4. Зміст завдання та порядок виконання

1) Ознайомитися з теоретичними відомостями за темою практичного заняття.

2) Проаналізувати методику розрахунків параметрів мережевого графіка та знаходження оптимальних рішень за допомогою графів, мережевих моделей.

3) Розв'язати приклад згідно з індивідуальним варіантом завдання, а саме: побудувати мережевий графік процесу із визначенням усіх параметрів (код роботи, тривалість роботи, початок роботи, закінчення роботи, резерви часу), визначити критичний шлях процесу й загальну тривалість роботи; побудувати мережевий графік (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Вихідні дані

Варіант	Шифр робіт											
	1-2	2-3	2-4	3-7	4-8	5-6	7-11	9-10	11-13	8-12	12-13	13-14
1	1	9	1	5	6	2	9	5	7	8	9	8
2	2	5	2	6	4	2	8	12	8	9	7	7
3	3	8	2	8	3	2	7	3	9	7	8	15
4	6	7	5	9	9	2	4	6	8	8	9	6
5	15	4	4	7	6	15	5	5	4	9	5	12
6	10	5	5	5	5	3	6	4	5	4	6	3
7	3	6	15	6	6	6	5	6	6	5	12	6
8	6	4	9	5	15	9	4	5	5	6	3	5
9	9	5	2	4	4	5	12	4	4	4	12	4
10	8	6	3	5	6	4	3	7	1	5	3	6
11	7	4	6	6	6	5	6	3	2	6	9	9
12	4	5	9	4	9	6	5	6	3	4	6	5
13	5	6	8	3	8	9	4	9	6	5	9	3
14	6	7	7	6	6	8	9	8	9	6	8	6
15	9	8	4	9	5	7	6	5	5	9	6	5
16	8	9	5	8	6	8	5	6	6	8	8	2
17	7	1	6	5	5	9	6	5	4	5	7	3
18	5	2	4	6	9	4	5	6	5	6	5	1
19	6	3	5	5	9	9	6	7	6	4	6	2
20	2	6	6	4	8	6	6	8	13	1	9	1
21	1	9	4	1	7	5	8	9	4	2	8	2
22	9	5	5	2	8	4	7	8	5	3	7	3
23	6	7	6	12	9	12	4	7	6	2	5	6
24	5	6	4	3	4	3	5	8	12	5	6	5
25	6	9	5	6	5	6	8	9	3	8	1	4
26	5	8	6	9	6	5	7	8	6	9	2	9
27	8	5	1	5	4	4	4	10	5	10	2	5
28	7	2	2	3	5	5	5	4	4	15	5	12
29	4	10	3	6	10	6	8	8	12	14	12	7
30	5	15	6	9	14	5	7	9	3	12	9	1

4.5. Оформлення та захист практичного завдання

У звіті про виконання відображаються тема практичного заняття, мета заняття, короткі теоретичні відомості, постановка завдання, вихідні дані за варіантом, результати та аналіз розрахунків, висновки. Оформлення звіту повинне відповідати нормативним вимогам [10].

Під час захисту роботи здобувач повинен довести правильність розрахунків свого індивідуального варіанту, зробити висновки та відповісти на контрольні запитання.

4.6. Контрольні запитання для самоперевірки та аудиту знань

1. Опишіть сутність мережевого планування та назвіть основні переваги мережевих графіків.
2. Назвіть основні задачі мережевих моделей при управлінні проектами.
3. Назвіть основні розрахункові параметри мережевого планування.
4. Якими принципами потрібно керуватися при побудові мережевих графіків?
5. Назвіть порядок побудови мережевих графіків.
6. В яких випадках проводиться оптимізація мережевих графіків?
7. Якими методами проводиться оптимізація графіків?

5. Практичне заняття № 5

ОРГАНІЗАЦІЯ ПЛАНОВО-ПОПЕРЕДЖУВАЛЬНОГО РЕМОНТУ ТА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ

5.1. Мета заняття:

- 1) ознайомитись з системою та принципами організації планово-попереджувальних ремонтів (ППР) виробничого обладнання та приладів тощо;
- 2) закріпити на практиці методику розрахунків параметрів ремонтних циклів та побудови графіків ППР;
- 3) розвинути організаційно-управлінське мислення у здобувачів.

5.2. Теоретичні відомості

Одним із важливих напрямів удосконалення експлуатації сучасного виробничого обладнання є організація його планово-попереджувального ремонту (ППР). Система ППР попереджує передчасне зношування, старіння та розрегулювання технічного обладнання, а також його елементів, зменшує вірогідність випадкового виходу з ладу, дозволяє підготуватися до ремонту та виконати його в короткі строки, створює необхідні умови для найбільш ефективного використання обладнання, збільшення часу ефективної роботи, скорочення витрат на ремонти та економічних втрат через відмови.

Планово-попереджувальні ремонти можуть здійснюватись за методом періодичних чи примусових ремонтів, що здійснюються після огляду.

Сутність методу ППР, що здійснюється після огляду, полягає в тому, що плануються тільки періодичні огляди. Якщо черговий огляд виявив різке зниження працездатності пристрою та очевидно, що він не пропрацює до наступного огляду, призначають той чи інший вид ремонту (дрібний (ДР), середній (СР), капітальний (КР)).

Метод порівняно простий та має дві дуже важливі переваги: по-перше, ремонту передуює підготовка; по-друге, виключена можливість прогресивного зношування та аварії.

Метод ремонтів, що здійснюються після огляду, дає змогу планувати строки, обсяг та періодичність ремонту на основі дослідження зношування окремих елементів, вузлів та всього обладнання (пристрою). Для групи обладнання (пристроїв) та для кожного окремого пристрою визначають структуру та тривалість ремонтного циклу, а також період між ремонтами. Залежно від результатів планового огляду та перевірки приладу можна вносити відповідні зміни у структуру ремонтного циклу.

Метод примусових (стандартних) ремонтів передбачає примусову зупинку приладу для ремонту у строки, визначені раніше, незалежно від його стану та обов'язкову заміну визначених деталей та вузлів. Такий ремонт забезпечує високу надійність обладнання, але пов'язаний зі значними витратами.

Організаційна частина розробки планів ППР повинна містити:

- 1) визначення складності ремонту обладнання, що створюється або модернізується;
- 2) розробку графіка технічного обслуговування та ремонту;
- 3) визначення трудомісткості ремонтних робіт та технічного обслуговування;
- 4) вимоги до змісту підготовчих робіт із технічного обслуговування та ремонту обладнання.

Розрахунок складності ремонту обладнання необхідний для визначення обсягу ремонтних робіт та потреби в матеріальних ресурсах. Складність ремонту визначають у фізичних одиницях. Розрізняють складність ремонту механічної та електричної частин обладнання.

За одиницю складності ремонту механічної частини приймають умовне обладнання, трудомісткість капітального ремонту механічної частини якого відповідає обсягу та якості вимогам технічних умов на ремонт, дорівнює 50 нормо-год у незмінних організаційно-технічних умовах середнього ремонтно-механічного цеху машинобудівного підприємства.

Механічна частина обладнання в загальному випадку складається з кінематичних і гідравлічних частин, складність ремонту яких позначають відповідно R_k і R_z :

$$R_m = R_k + R_z. \quad (5.1)$$

Коефіцієнти відношення обсягу робіт при поточному та середньому ремонтах механічної частини до обсягу робіт при капітальному ремонті становлять відповідно $k_{nom} = 0,12$, $k_{пр} = 0,18$.

Електрична частина обладнання складається з електроприладів, електроапаратів та проводки, складність ремонту яких позначають R_a , а складність ремонту електродвигунів – R_d :

$$R_e = R_a + R_d. \quad (5.2)$$

За одиницю складності ремонту електричної частини обладнання приймають складність ремонту умовної машини, трудомісткість капітального ремонту електричної частини якої відповідає за обсягом та якістю вимогам технічних умов на ремонт і дорівнює 12,5 нормо-год у незмінних організаційно-технічних умовах середнього ремонтно-механічного цеху машинобудівного підприємства.

Відношення обсягу робіт при капітальному ремонті електричної та механічної частин становить $k_{e-м} = 0,25$.

Вихідними даними для визначення складності ремонту різних моделей устаткування є технічні характеристики, що містяться в паспортах обладнання.

У випадках, коли модернізація діючого обладнання істотно не змінює основні його характеристики, допускається визначення складності ремонту за паспортними даними.

Складність ремонту механічної частини устаткування може бути визначена також за такою емпіричною формулою:

$$R_m = k_\phi (k_c \cdot 0,003 \cdot N_d^{0,73} \cdot R_d^{0,27} + 0,002 \cdot N_o^{0,56} \cdot P_o^{0,44}) + 1,5, \quad (5.3)$$

де k_ϕ – коефіцієнт класу точності (при Н – 1; при П – 1,17; при В – 1,46; при А – 1,76; при С – 2,2);

k_c – коефіцієнт складності сполучень. Для спрощених розрахунків приймають, що для оригінальних складових – $k_{c.o} = 1,49$, стандартизованих складових – $k_{c.см} = 0,66$, купованих комплектуючих виробів – $k_{c.пок} = 0,78$ (методику визначення k_c див. далі);

N_d – загальна кількість сполучень складових механічної частини (без приналежностей та інструменту і т. ін.), дорівнює кількості складових елементів без одного, на яке монтуються всі інші (базова складальна одиниця);

R_d – загальна маса всіх складових механічної частини за винятком маси основного чи іншого базового вузла;

N_o – загальна кількість оригінальних складових механічної частини обладнання без приналежностей, інструменту та базової складальної одиниці;

P_o – загальна маса оригінальних складових механічної частини без приналежностей, інструмента та базової складальної одиниці.

Середньозважений коефіцієнт:

$$k_c = \frac{1,49 \cdot N_o + 0,66 \cdot N_{см} + 0,78 \cdot N_{пок}}{N_d}, \quad (5.4)$$

де $N_{см}$ – кількість стандартних складових;

$N_{пок}$ – кількість купованих комплектуючих.

Для складання графіка ремонту та технічного обслуговування обладнання чи устаткування на перший рік його експлуатації необхідно розрахувати тривалість міжремонтного циклу, міжремонтного та міжоглядового періодів.

Ремонтний цикл – це сукупність різних видів планових ремонтів, що повторюється. Періоди часу, за які виконуються у передбаченій послідовності через визначену однакову кількість годин оперативного часу роботи обладнання, називають міжремонтними періодами.

Тривалість міжремонтного циклу металорізного устаткування визначається:

$$T_{цр} = 24000 \cdot k_{ом} \cdot k_{мі} \cdot k_{мс} \cdot k_{кс} \cdot k_\phi \cdot k_d, \quad (5.5)$$

де $k_{ом}$ – коефіцієнт, що враховує вид матеріалу, що оброблюється;
 $k_{мі}$ – коефіцієнт, що враховує міцність матеріалу інструмента, що оброблюється;
 $k_{мс}$ – коефіцієнт класу точності обладнання;
 $k_{кс}$ – коефіцієнт категорії маси;
 $k_{в}$ – коефіцієнт віку;
 $k_{д}$ – коефіцієнт довговічності;
та інші коефіцієнти, які відображають умови експлуатації, інтенсивність та додаткові параметри роботи обладнання.
Значення коефіцієнтів, що входять в емпіричні формули, наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Значення коефіцієнтів, що входять до емпіричних формул для визначення тривалості ремонтних періодів металорізального устаткування

Коефіцієнт	Визначаючий критерій		Значення коефіцієнта
$k_{ом}$	Матеріал, що оброблюється: - конструкційна сталь - інші матеріали		1,0 0,75
$k_{мі}$	Матеріал інструменту, що використовується: - метал - абразив		1,0 0,8
$k_{мс}$	Клас точності - Н - П - В, А, С		1,0 1,5 2,0
$k_{кс}$	Категорія маси - до 10 т - від 10 до 100 т - більше 100 т		1,0 1,35 1,7
Вік, років	Клас точності	Порядковий номер планованого ремонтного циклу	Значення коефіцієнта $k_{в}$
До 10	Н, П, В, А, С С	1-й та 2-й 1-й	1
Більше 10	Н	2-й та 3-й	0,9
	П, В, А, С	2-й	
	Н П, В, А, С	4-й 3-й	
Рік випуску обладнання		Значення коефіцієнта $k_{д}$	
До 1995 р.		0,8	
З 1999 до 2000 рр.		0,9	
З 2001 р.		1,0	

Приклад структури ремонтного циклу металорізальних верстатів наведена в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Структура ремонтного циклу металорізального обладнання

Клас точності	Категорія маси, т	Структура ремонтного циклу	Кількість ремонтів у циклі		Кількість оглядів у ремонтному періоді
			середніх	поточних	
Н	до 10	<i>КР-ТО-КР-СР-ТО-ТО-КР</i> або <i>КР-ТО-ТО-ТО-Т-КР</i>	1	4	1
		<i>КР-ТО-ТО-СР-ТО-ТО-КР</i> або <i>КР-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-КР</i>	–	4	1
	від 10 до 100	<i>КР-ТО-ТО-СР-ТО-ТО-КР</i> або <i>КР-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-КР</i>	1	4	2
		<i>КР-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-КР</i> або <i>КР-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-КР</i>	–	5	2
	більше 100	<i>КР-ТО-ТО-СР-ТО-ТО-КР</i> або <i>КР-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-КР</i>	1	4	3
		<i>КР-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-КР</i> або <i>КР-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-КР</i>	–	6	3
П, В, А	до 10	<i>КР-ТО-ТО-СР-ТО-ТО-СР-ТО-ТО-КР</i> або <i>КР-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-КР</i>	2	6	1
		<i>КР-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-КР</i>	–	8	1
	від 10 до 100	Те саме	2	6	2
С	більше 100	<i>КР-ТО-ТО-СР-ТО-ТО-СР-ТО-ТО-КР</i> або <i>КР-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-КР</i>	2	6	3
		<i>КР-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-ТО-КР</i>	–	9	3

Тривалість міжремонтного періоду для різних видів обладнання може бути визначена:

$$T_{mn} = \frac{T_{cp}}{n_c + n_m + 1}, \quad (5.6)$$

де n_c – кількість середніх ремонтів, передбачених структурою ремонтного циклу;

n_m – кількість поточних ремонтів у структурі міжремонтного циклу;

T_{cp} – тривалість міжремонтного циклу в годинах, відпрацьованих обладнань.

Тривалість міжремонтного періоду в календарних місяцях можна визначити у такий спосіб:

$$T_{mn(міс)} = \frac{T_{mn}}{\Phi_{\partial} \cdot \kappa_3}, \quad (5.7)$$

де Φ_0 – ефективний річний фонд часу роботи верстата;
 K_3 – середній коефіцієнт завантаження верстата.

Для складання плану ремонту обладнання на розрахунковий рік необхідно знати вид останнього ремонту й дату його проведення. Для нових одиниць обладнання датою запуску в експлуатацію варто вважати початок року. Якщо проектом передбачається модернізація обладнання, що знаходиться в експлуатації, то вид останнього ремонту і дату його проведення здобувач повинний з'ясувати під час проходження практики. Види ремонту, що повинні бути включені в план, визначають у такий спосіб. Установивши місяць проведення та вид останнього ремонту відповідно до розрахункової тривалості міжремонтного періоду та виходячи з прийнятої структури міжремонтного циклу, визначають вид чергового (першого) планового ремонту і дату (місяць) його проведення. План ремонту обладнання зручно представити у вигляді табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – План ремонту умовного металорізального обладнання 2015 р.

Останній ремонт		Категорія ремонтної складності	Міжремонтний період, місяців	Вид ремонту, трудомісткість, нормо-години											
Вид	Дата			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
		$\frac{14}{9}$	8								$TO \frac{84}{13.5}$				

У цій табл. 5.3 категорії складності та трудомісткість ремонту по механічній та електричній частинах рекомендується показувати у вигляді дробу.

Річна трудомісткість різних видів ремонтних робіт:

$$Q_i = t_{ki} \cdot R + t_{ci} \cdot R + t_{ni} \cdot R, \quad (5.8)$$

де t_{ki} , t_{ci} , t_{ni} – питома трудомісткість окремих видів ремонтних робіт, відповідно, при капітальному, середньому та поточному ремонтах;

R – ремонтна складність обладнання по механічній чи електричній частинах.

Структура циклу технічного обслуговування, що здійснюється протягом міжремонтного періоду, включає зазвичай виконання наступних операцій.

1) Плановий огляд (O). Періодичність виконання планових оглядів може бути визначена за наступною формулою:

$$T_{mo} = \frac{T_{цр}}{n_c + n_m + n_o + 1}, \quad (5.9)$$

де n_o – кількість оглядів, передбачених структурою ремонтного циклу.

2) Щомісячний огляд (O_m) виконується кожену робочу зміну в обсязі, передбаченому картою планового технічного обслуговування.

3) Періодичний частковий огляд (O_c), проводиться для частини моделей обладнання через визначену кількість годин його роботи і в обсязі, установленому картою планового технічного обслуговування.

4) Поповнення мастильних матеріалів (C_n) здійснюється через установлену картою змазувань кількість годин оперативного часу роботи обладнання.

5) Заміна мастильних матеріалів (C_3) виконується через установлену картою змазування кількість годин оперативного часу, відпрацьованих обладнанням.

6) Періодичне очищення від пилу електричної й електронної частин обладнання ($Ч_e$) виробляються через установлену картою планового технічного обслуговування кількість годин, відпрацьованих обладнанням.

7) Регулювання механізмів (P), заміна швидкозношуваних складових і підрегулювання кріпильних елементів виконується через установлену картою технічного обслуговування кількість годин оперативного часу, відпрацьованих обладнанням.

8) Перевірка геометричної та технологічної точності ($П_m$). Ця операція виконується для попередження браку через установлену картою технічного обслуговування кількість годин оперативного часу роботи обладнання.

9) Профілактичні іспити електричної й електронної частин верстатів ($И_e$). Ця операція проводиться з метою попередження відмов, дотримання правил техніки безпеки. Порядок операції встановлюється картою технічного обслуговування через визначену кількість годин роботи обладнання відповідно до “Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів” і “Правил техніки безпеки при експлуатації установок споживачів”.

Для складання графіка або карти технічного обслуговування обладнання, яке проектується або модернізується, здобувач повинен вивчити методику складання відповідно до аналогічного обладнання на практиці.

Структуру циклу технічного обслуговування ($ТО$) визначають як суму операцій, що входять до його складу. Наприклад, структуру циклу, що включає щозмінний огляд, чотири положення мастильного матеріалу, одну заміну мастильного матеріалу, один частковий огляд і два профілактичні регулювання розраховується так:

$$ТО = O_m + 4 \cdot O_n + C_3 + O_c + 2 \cdot P. \quad (5.10)$$

Після визначення трудомісткості ремонтних робіт здобувач може установити потребу в найважливіших видах матеріалів та величину запасів. У процесі розрахунку потреби в матеріальних ресурсах та запасах необхідно керуватися галузевими нормативами та методиками.

Організаційна підготовка виробництва повинна забезпечити мінімальні простої устаткування у ремонті та технічному обслуговуванні. Тому у роботі повинні бути перераховані найважливіші заходи для досягнення мінімальних простоїв обладнання, що проектується, у ремонті та технічному обслуговуванні.

Трудомісткість планового технічного обслуговування, наприклад, металорізального обладнання на рік можна розрахувати на підставі графіка та виробничих даних за наступними формулами:

$$\text{а) по механічній частині: } T_{ом} = \frac{R_m \cdot T_{оч} \cdot (3,58 + \tau_{ом})}{1000};$$

$$\text{б) по електричній частині: } T_{ое} = \frac{R_e \cdot T_{оч} \cdot 1,02}{1000};$$

$$\text{в) для обладнання з ЧПУ: } T_{ос} = \frac{T_{оч} \cdot \tau_{ос}}{1000},$$

де $T_{оч}$ – оперативний час роботи верстата протягом року;

$\tau_{ом}$ – трудомісткість технічного обслуговування обладнання верстатниками на R_m за 1000 відпрацьованих обладнанням годин;

$\tau_{ос}$ – трудомісткість технічного обслуговування пристрою ЧПУ електронщиками за 1000 відпрацьованих пристроєм годин.

Оперативний час роботи устаткування визначається за наступною формулою:

$$T_{оч} = \Phi_{\partial} \cdot k_3 \cdot k_{он}, \quad (5.11)$$

де $k_{он}$ – частка оперативного часу роботи в нормі часу на виконання окремих операцій.

Трудомісткість технічного обслуговування устаткування верстатниками $\tau_{ом}$ залежить від ступеня автоматизації управління обладнання. Так, при обслуговуванні обладнання з ручним управлінням $\tau_{ом} = 0,52$ год, для верстатів із ЧПУ – 0,4 год.

Норма трудомісткості технічного обслуговування пристрою ЧПУ залежить від його конструктивних особливостей.

5.3. Зміст завдання та порядок виконання

1) Ознайомитись із теоретичними відомостями та галузевою нормативною базою організації ремонтного господарства на виробництві.

2) За даними, отриманими під час проходження наскрізних практик на виробничих об'єктах та їх підрозділах, розробити систему ППР та побудувати план ремонту обладнання (або групи обладнань), з якими ознайомився здобувач і має вихідні дані.

3) Оцінити ефективність організації ремонтів за результатами аналізу системи організації ремонтного господарства на підприємстві, структуру ППР.

4) Зробити висновки, оформити звіт із практичного завдання.

5) Дати відповіді на контрольні питання з метою підготовки до захисту результатів практичного завдання.

5.4. Оформлення та захист практичного завдання

У звіті про виконанні практичного завдання відображене найменування практичної роботи, мета, постановка завдання, вихідні дані, результати і аналіз розрахунків, висновки [10].

Під час захисту роботи здобувач повинен оформити звіт і захистити свій обґрунтований варіант рішення практичного завдання та відповісти на контрольні питання.

5.5. Контрольні питання для самоперевірки та аудиту знань

1. Які нові елементи організації ремонту обладнання впроваджуються на промислових підприємствах?

2. Як встановлюється категорія складності для кожної одиниці обладнання?

3. Для чого служить система ППР?

4. У чому суть ремонтів, що здійснюються після огляду?

5. Для чого необхідний розрахунок складності ремонту обладнання?

6. Що необхідно знати для складання графіка ремонту та технічного обслуговування обладнання чи устаткування на перший рік його експлуатації?

7. Що необхідно знати для складання плану ремонту обладнання на розрахунковий рік?

8. Назвіть основні напрямки підвищення ефективності ремонтного господарства.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Виробничий менеджмент : підручник / за заг. ред. д-ра екон. наук, проф. М. П. Бутка. – К. : Центр учбової літератури, 2015. – 424 с.
2. Менеджмент якості в умовах поглиблення інтеграції : підручник / Бутко М. П., Олійченко І. М., Дітковська М. Ю., Ясько А. Г. та інші. – Ніжин : Аспект-Поліграф, 2010. – 288 с.
3. Управління виробництвом : навч. посіб. / Бутко М. П., Котельніков Д. І., Мурашко М.І., Оліфіренко Л.Д. – К. : Знання України, 2006. – 296 с.
4. Вумек Дж. Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Дж. Вумек, Д. Джонс. – М. : Альпина Паблишер, 2013. – 472 с.
5. Джеймс П. Вумек, Дэниел Т. Джонс. Бережливое обеспечение: как построить эффективные и взаимовыгодные отношения между поставщиками и потребителями / Дж. П. Вумек, Т. Дэниел. – М. : Альпина, 2006. – 264 с.
6. Джеффри Лайкер. Дао Toyota. 14 принципов менеджмента ведущей компании мира. Серия MUST READ / Джеффри Лайкер. – М. : Альпина Паблишер, 2013. – 400 с.
7. ДСТУ ISO 9000-2015. Системи управління якістю. Основні положення та словник. – К. : Держстандарт України, 2015.
8. ДСТУ ISO 9001-2015 Стандарти з управління якістю та забезпечення якості. – К. : Держстандарт України, 2015.
9. ДСТУ ISO 9001-2015. Системи управління якістю. Вимоги. – К. : Держстандарт України, 2015.
10. ДСТУ ISO 9004-2015. Системи управління якістю. Настанови щодо поліпшення діяльності. – К. : Держстандарт України, 2015.
11. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Правила оформлення. – К. : ДП "УкрНДНЦ". – 2016. – 31 с.
12. Захарчин Г. М. Основи підприємництва : навч. посіб. / Захарчин Г. М. – К. : Знання, 2008. – 437 с.
13. Канбан и точно вовремя на Toyota. Менеджмент начинается на рабочем месте. – М. : Альпина, 2007. – 218 с.
14. Кеннет Маккей, Винсент Вирс. Эффективное производство. Практическое руководство по совершенствованию планирования и контроля / Кеннет Маккей, Винсент Вирс. – М. : Гревцов Паблишер, 2009. – 384 с.
15. Лайкер Дж. Система разработки продукции в Toyota. Люди, процессы, технология / Дж. Лайкер. – М. : Альпина, 2011. – 440 с.
16. Левинсон У. Рерик. Бережливое производство: синергетический подход к сокращению потерь / У. Левинсон. – М. : Стандарты и качество, 2007. – 272 с.
17. Мостенська Т. Л. Організація виробництва на підприємствах харчової промисловості : підручник / кер. кол. авт. і наук. ред. проф. Т. Л. Мостенська. – К. : Кондор, 2012. – 492 с.
18. Пасічник В. Г. Організація виробництва : навч. посіб. / Пасічник В. Г., Акіліна О. В. – К. : Центр навчальної літератури, 2005. – 248 с.

19. Синго С. Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства / С. Синго. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2010. – 312 с.

20. Синго Сигео. Быстрая переналадка. Революционная технология оптимизации производства рекомендуем / Синго Сигео. – М. : Альпина, 2006. – 352 с.

21. Тирпак І. В. Основи економіки та організації підприємництва : навч. посіб. / І. В. Тирпак, В. І. Тирпак, С. А. Жуков. – К. : Кондор, 2011. – 284 с.

22. Хитоси Такеда. Синхронизированное производство / Хитоси Такеда. – М. : Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 288 с.

23. Цигилик І. І. Основи підприємництва : навч. посіб. / І. Цигилик, З. Бриховецька, М. Паневник. – 2-ге вид., доп., перероб. – К. : ЦУЛ, 2007. – 224 с.

24. Bernard J. La Londa and Paul H.Zinszer. Customer Service: Meaning and Measurement / Bernard J. La Londa and Paul H.Zinszer. – Chicago : National Council of Physical Distribution Management, 1976.

25. George A. Gecowets. Physical Distribution Management / George A. Gecowets : Defense Transportation Journal 35, no. 4 (August 1979). – 5 p.

26. Michael Schiff. Accounting and Control in Physical distribution Management / Michael Schiff. – Chicago. National Council of Physical Distribution Management, 1972.