

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

В.О. Козловський, С.В. Козловський

ВИРОБНИЧИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

Практикум

Рекомендовано Міністерством освіти і науки
України як навчальний посібник для студентів
вищих навчальних закладів

Вінниця
ГЛОБУС-ПРЕС
2006

УДК 004.9
ББК 32.973.018.2
К 59

Рецензенти:

О.В. Мороз, *доктор економічних наук, професор;*

А.Г. Мазур, *доктор економічних наук, професор;*

В.Т. Сусіденко, *доктор економічних наук, професор.*

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів (Лист Міністерства освіти і науки України № 14/18.2-131 від 23.01.2006 р.).

Козловський В.О., Козловський С.В.

К 59 **Виробничий менеджмент. Практикум.** Навчальний посібник. —
Вінниця: «Глобус-Прес», 2006. — 344 с.

ISBN 966-8300-17-1

В навчальному посібнику викладено основи теорії і практики організації виробничої діяльності на підприємствах.

Кожне практичне заняття, що міститься у навчальному посібнику, складається з теоретичної частини, в якій розкриваються теоретичні основи теми; практичної частини, в якій наводяться приклади розв'язування задач з виробничого менеджменту; багатоваріантних завдань, які студент повинен виконувати самостійно. Окрім цього навчальний посібник-практикум містить значну кількість задач з організації виробничого процесу на підприємствах. На всі наведені в посібнику задачі дані відповіді.

Практикум може бути використаний студентами, що навчаються за спеціальністю „Менеджмент організацій”, студентами економічних та технічних спеціальностей, які вивчають дисципліну „Виробничий (операційний) менеджмент”.

Розрахований на працівників підприємств, фірм, компаній тощо, які займаються виробничою діяльністю.

УДК 004.9
ББК 32.973.018.2

ISBN 966-8300-17-1

© Козловський В.О., Козловський С.В., 2006

ЗМІСТ

	Передмова.....	4
1	Побудова та оцінювання діяльності виробничих систем.....	8
2	Визначення типу та організаційно-технічного рівня виробництва....	24
3	Розрахунок тривалості виробничого циклу простого виробничого процесу.....	41
4	Розрахунок тривалості технологічного циклу виготовлення виробів за груповою технологією.....	58
5	Розрахунок тривалості виробничого циклу складного процесу в умовах одиничного виробництва.....	65
6	Розрахунок тривалості виробничого циклу складного процесу в умовах серійного виробництва.....	73
7	Визначення рівня прогресивності й оптимальності виробничої структури підприємства.....	83
8	Розрахунок оптимального варіанта розміщення обладнання.....	95
9	Розрахунок основних параметрів безперервно-потоккових ліній.....	102
10	Розрахунок безперервно-потоккових ліній з робочим та з розподільчим конвеєром.....	114
11	Розрахунок основних параметрів прямотоккових ліній.....	124
12	Розрахунок основних параметрів багатопредметних потоккових ліній.....	135
13	Розрахунок основних параметрів автоматичних потоккових ліній.....	149
14	Розрахунок основних параметрів робототехнічного комплексу.....	159
15	Вимірювання якості продукції.....	168
16	Аналіз якості продукції за допомогою діаграм Парето.....	185
17	Здійснення статистичного контролю якості продукції методом середньоарифметичних значень та розмахів.....	195
18	Здійснення статистичного контролю якості продукції методом індивідуальних значень та медіан.....	213
19	Застосування приймального статистичного контролю.....	225
20	Організація інструментального господарства.....	235
21	Розрахунок потреби підприємства в інструменті.....	247
22	Регулювання потреби підприємства в інструменті.....	259
23	Організація ремонтного господарства підприємства.....	273
24	Організація транспортного господарства підприємства.....	296
25	Організація складського господарства підприємства.....	312
26	Організація енергетичного господарства підприємства.....	328
	Література.....	342

ПЕРЕДМОВА

Сучасний етап розвитку економіки України характеризується зростанням підприємницької активності й переходом до різноманітних форм власності; відбуваються, хоча й повільно, зміни в технологічній базі виробництва. Українські підприємства стали приділяти більше уваги організації виробництва, формуванню виробничих структур, що забезпечують оптимальний поділ праці, контроль виконання й стимулювання виконавців за результати роботи.

Сьогодні управління українськими підприємствами стикається з багатьма проблемами. Деякі з них пов'язані зі змінами в характері відносин між реальними власниками підприємств і керуючими (менеджерами). Істотно розширилося коло завдань, які потрібно вирішувати в процесі організації й управління персоналом, визначенні номенклатури й обсягів випуску продукції з урахуванням потреб ринку, пошуку і залученні ресурсів для виробництва нових видів продукції, проведенні своєчасних розрахунків з постачальниками й споживачами, підвищенні якості й конкурентоспроможності продукції та інше.

В даний час діяльність підприємств повинна бути орієнтована на досягнення цільових показників (прибутковості, збільшення продажів і ін.). Одним із шляхів вирішення даної проблеми є впровадження досягнень теорії й практики сучасного менеджменту, забезпечення раціонального використання вітчизняного й закордонного досвіду в організації, плануванні й управлінні виробництвом.

Виробничий менеджмент як самостійна дисципліна має власний понятійний апарат, притаманні тільки йому категорії і поняття. До числа основних термінів, які використовуються в науковій і практичній діяльності, відносяться: види руху партії виробів; виробнича система; виробничий цикл; потокове виробництво; виробнича структура; такт, ритм; тип виробництва; групове виробництво, напрацювання; підготовка виробництва; незавершене виробництво; оперативне планування; диспетчеризація та інші.

Зростаюча самостійність українських підприємств викликає інтерес їхніх працівників до питань організації й управління виробництвом і вивченню досвіду країн з розвинутою ринковою економікою.

Сучасний керівник повинен знати основи виробничого менеджменту та організації виробництва, вміти кваліфіковано вирішувати питання, пов'язані зі скороченням трудомісткості продукції і підвищенням продуктивності праці, вміти організувати виробництво нових видів продукції, підвищувати ефективність роботи підприємства, покращувати якість продукції тощо. До числа найважливіших напрямів удосконалення організації виробництва в даний час слід віднести: впровадження гнучких форм і методів організації виробництва; введення прискорених методів розробки й освоєння нових видів продукції, яка була б конкурентоспроможною на світовому ринку; суттєве під-

вищення якості продукції; забезпечення ритмічної роботи підприємства; впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій та інші. Необхідні знання для вирішення зазначених проблем майбутній спеціаліст отримає при вивченні навчальної дисципліни “Виробничий менеджмент”.

Однією із основних функцій виробничого менеджменту є організація виробництва. Термін “організація” утворений від французького слова “organisation” і означає з’єднання (сполучення) будь-чого в єдине ціле. Тобто, організація передбачає внутрішню упорядкованість частин цілого як засіб досягнення бажаного результату.

Будь-яка економічна система, в тому числі і підприємство, вирішує три основні питання: що виробляти, як виробляти, для кого виробляти? Організація виробництва безпосередньо пов’язана з пошуком відповіді на питання: як виробляти? Вона покликана визначити ефективні взаємозв’язки між окремими елементами виробничого-збутового процесу і створити умови для підвищення конкурентоспроможності продукції і підприємства в цілому. Таким чином, *сутність організації виробництва* полягає в об’єднанні та забезпеченні взаємодії трудових та матеріальних елементів виробництва, установленні необхідних зв’язків і налагодженні узгоджених дій учасників виробничого процесу, створенні організаційних умов для реалізації економічних інтересів і соціальних потреб робітників виробничого підприємства.

Метою організації виробництва є забезпечення такої координації у просторі і часі трудових зусиль працівників та матеріальних елементів виробництва, при якій забезпечується найвища ефективність виробництва, найбільший прибуток для підприємства, найвища якість продукції тощо.

Організація виробництва як будь-яка наука ґрунтується на певних законах та відповідних їм закономірностях. *Закони* характеризують внутрішні стійкі зв’язки та суттєві взаємообумовленості певних подій та явищ об’єктивної дійсності. *Закономірностями* зазвичай називають стійкі причинно-наслідкові повторюваності та послідовності в певних подіях та явищах. Положення науки „Організація виробництва” базуються на *економічних законах*: законі відповідності виробничих відносин рівню та характеру розвитку продуктивних сил, законі зростання продуктивності праці, законі економії робочого часу, законі вартості, закон попиту та пропозиції тощо, а також та законах окремих технічних і природничих наук, насамперед, кібернетики, теорії систем, теорії управління тощо. Окрім того, організація виробництва спирається на тільки їй притаманні закономірності.

До *основних закономірностей організації виробництва* на підприємствах відносяться: відповідність організації виробництва його меті; відповідність форм та методів організації виробництва рівню розвитку техніки та технології; відповідність організації виробництва конкретним виробничо-технічним та економічним вимогам виробництва (виду продукції, типу виробництва, масштабам виробництва тощо); комплексність організації виробни-

цтва, тобто розгляд всіх виробничих процесів у взаємному зв'язку; безперервність процесу удосконалення організації виробництва; відповідність форм і методів організації виробництва вимогам підвищення змістовності праці робітників, розширення їх трудових функцій, забезпечення привабливості праці; відповідність організаційної структури управління підприємством виробничій структурі; забезпечення участі всіх працівників в роботі з удосконалення організації виробництва на підприємстві та інші.

Організація виробництва *суттєво залежить від технології виробництва*. Цей зв'язок відслідковується в конкретних формах і методах організації виробництва, які в значній мірі визначаються виробничо-технічним профілем підприємства та характером його технологічної бази. Організація виробництва враховує знання, які студенти отримали при вивченні навчальних дисциплін “Економічна теорія”, “Макроекономіка”, “Мікроекономіка”, “Економіка підприємства”, “Економіка праці” та інших.

Складовою частиною вивчення студентами дисципліни “Виробничий менеджмент” є здійснення ними практичних розрахунків під час практичних занять. Метою проведення практичних занять з курсу “Виробничий менеджмент” є закріплення у студентів основних теоретичних положень з організації виробничого процесу на підприємстві, отримання практичних навичок з вирішення актуальних питань, з якими може зіткнутись менеджер або інженер в процесі здійснення виробничої діяльності, управління виробничими підрозділами підприємства тощо.

В результаті виконання практичних завдань, які наведені в посібнику, студент повинен вміти: визначати типи виробництва та давати їм техніко-економічну характеристику; розраховувати тривалість технологічного та виробничого циклу простих і складних технологічних процесів; проектувати виробничі структури підприємства, визначати їх прогресивність та оптимальність; визначати оптимальний варіант розміщення обладнання; розраховувати основні параметри безперервно-потоківих, перервно-потоківих (прямотоківих) ліній, автоматичних потоківих ліній та робототехнічних комплексів; вимірювати рівень якості продукції, здійснювати контроль якості продукції за допомогою сучасних методів математичної статистики; розраховувати основні параметри інструментального, ремонтного, складського, енергетичного господарства підприємства тощо.

Практикум “ Виробничий менеджмент”, який пропонується читачам, висвітлює питання організації основного, допоміжного та обслуговуючого виробництва.

Кожне практичне заняття, що міститься у навчальному посібнику, складається з теоретичної частини, в якій розкриваються теоретичні основи теми; практичної частини, в якій наводяться приклади розв'язування задач з виробничого менеджменту; багатоваріантних завдань, які студент повинен виконувати самостійно. Окрім цього навчальний посібник-практикум містить

значну кількість задач з організації виробничого процесу на підприємствах. На всі наведені в посібнику задачі дані відповіді.

Навчальний посібник-практикум, що пропонується, допоможе читачу зрозуміти конкретні форми і методи організації сучасного виробництва, сформулювати у нього навички практичного організаційно-економічного мислення.

Навчальний посібник може бути використаний студентами, які навчаються за спеціальністю „Менеджмент організацій”; студентами, які навчаються за технічними спеціальностями, при вивченні дисциплін “Виробничий менеджмент”, „Операційний менеджмент”.

Даний посібник апробований у Вінницькому національному технічному університеті та Вінницькому державному аграрному університеті. Рекомендований до друку та використання в навчальному процесі навчально-методичною комісією Вінницького державного аграрного університету Міністерства аграрної політики України (Протокол № 3, від 28.11.2005 р.).

1

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: “Побудова та оцінювання діяльності виробничих систем”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання про загальні підходи застосування основних положень теорії складних систем до організації виробництва продукції на підприємствах, а також розвинути практичні навички з побудови та оцінювання діяльності виробничих систем.

1.1 Теоретична частина

1.1.1 Підприємство як виробнича система

Як відомо, *системою* називається об’єктивна єдність закономірно з’єднаних (тобто взаємозалежних) один з одним елементів, кожен із яких, унаслідок функціональної взаємодії, робить свій внесок у розвиток цілого. Систему можна визначити і як ціле, яке складається з частин, упорядкованих за певними законами або принципами.

Будь-яка система розглядається, з одного боку, як елемент (частина) системи більш високого порядку, а з іншого боку, як сукупність ще менших елементів (частин, підсистем), які перебувають у взаємному нерозривному зв’язку.

Під *системним підходом* розуміють систематизований спосіб мислення, у відповідності до якого процес обґрунтування та прийняття рішень базується на визначенні загальної мети системи і послідовному підпорядкуванні цій меті всіх підсистем, планів їх розвитку, показників та стандартів роботи тощо. Системний підхід розглядає кожне явище як єдине ціле з урахуванням всіх його взаємозв’язків, передбачає необхідність чіткого формулювання мети і задач системи та її елементів, урахування всіх обставин, пов’язаних з вирішенням цих задач. Іншими словами, системний підхід – це не просто набір правил та методів рішення певних задач, а інструмент дослідження, спосіб мислення.

Положення теорії систем вперше були сформульовані в 30-х роках ХХ сторіччя Людвігом фон Берталанфі (США). Основна задача теорії систем полягає в тому, щоб, спираючись на розуміння системи у вигляді комплексу взаємопов’язаних елементів (частин, підсистем), знайти закономірності, які б пояснювали поведінку, функціонування та розвиток всієї системи.

З позицій теорії систем матеріальне виробництво може розглядатися як певна виробнича система.

Виробнича система – це штучна, але об’єктивна єдність закономірно упорядкованих, взаємодійних та взаємопов’язаних один з одним трудових і

матеріальних елементів (частин, підсистем) та їх відносин, об'єднаних для досягнення загальної мети – виробництва певної продукції та послуг, які набувають форму товару, з метою задоволення потреб споживачів та отримання прибутку для виробника. Штучна, оскільки створюється людиною, а не природою. Об'єктивна, оскільки існує і підпорядковується об'єктивним економічним законам.

Елементи виробничої системи – це відносно відокремлені частини системи (підсистеми), які не є системами даного типу, але при безпосередній взаємодії створюють нову єдину систему певного функціонального призначення, виконуючи при цьому відповідні функції. Елементи виробничої системи – це такі об'єкти, які на даному рівні досліджень або в даному взаємозв'язку не підлягають подальшому розчленуванню на більш менші частини. Зрозуміло, що на інших рівнях досліджень елементи виробничої системи (частини, підсистеми) можуть вважатися самостійними частинами, які складаються ще з більш менших елементів. Так, виробничий цех є елементом такої виробничої системи, як підприємство. В той же час цех сам часто виступає системою, оскільки може складатися із дрібніших частин: виробничих діляниць, робочих місць.

До найголовніших елементів (підсистем) виробничої системи належать *робоча сила, предмети праці та засоби праці*. *Робоча сила* являє собою використання двох виробничих ресурсів: праці і підприємницьких зусиль. *Предмети праці* – це все те, на що спрямована праця робітників. *Засоби праці* – це все те, за допомогою чого здійснюється обробка предметів праці. Організація виробництва повинна забезпечити узгоджене й ефективне функціонування цих елементів (виробничих ресурсів) в межах виробничої системи.

Але виробнича система – це не просто сума даних елементів або сума властивостей цих елементів. В результаті об'єднання цих елементів та їх властивостей утворюється нова цілісна виробнича система з абсолютно новою інтегрованою якістю. *Інтегрована якість* – це така якість, яка є абсолютно новою по відношенню до властивостей елементів, що складають виробничу систему. Для виробничої системи такою інтегрованою якістю буде нова продукція або нові послуги.

Сучасна наука вважає будь-яке *промислове підприємство складною виробничою системою*, тобто відокремленою із суспільно-економічного середовища системою елементів (частин, підсистем), пов'язаних між собою ланцюжками причинно-наслідкових взаємовідносин і керованих на основі отриманої та передаваної інформації з метою виробництва кінцевого продукту й отримання прибутку. Сутність функціонування виробничої системи у даному випадку зводиться до переміщення інформації, робочої сили, матеріалів, інструменту, енергії, фінансів тощо, пов'язаних з переробкою наявних ресурсів з метою отримання бажаних результатів – виробництва готових виробів, послуг, інформації, отримання прибутку тощо.

Для характеристики підприємства як складної виробничої системи використовуються такі поняття як *види, функції, структура* тощо.

Основними видами систем є *закриті та відкриті* системи. *Закрита* система має жорсткі фіксовані межі, її дії незалежні відносно зовнішнього середовища. *Відкрита* система характеризується взаємодією із зовнішнім середовищем. Така система не є самозабезпеченою, вона залежить від енергії, інформації, матеріалів тощо, які надходять ззовні. Для того, щоб існувати та функціонувати, відкрита система повинна мати властивість пристосовуватися до змін зовнішнього середовища. Всі підприємства є *відкритими виробничими системами*.

Функції системи – це прояв її властивостей у даній сукупності відносин, це прояв дії системи при взаємодії із зовнішнім середовищем та іншими системами. До основних функцій виробничих систем відносяться: обробка, переробка, передавання, зберігання, управління трудовими та матеріальними ресурсами, інформацією, технологіями тощо. Функції виробничої системи є *найбільш змінною, найбільш мобільною* характеристикою системи. І це зрозуміло: функції є проявом якісних властивостей системи у її взаємодії з іншими системами та зовнішнім середовищем. А оскільки зовнішнє середовище постійно змінюється, то повинні змінюватись і функції виробничої системи.

Структура системи – це склад та взаємодії її елементів (частин, підсистем). Структура виробничої системи є *найбільш консервативною* її характеристикою. При зміні зовнішнього середовища структура виробничої системи у певних межах може залишатись незмінною. Тільки в тому випадку, коли неможливо реалізувати функції системи існуючим способом, відбувається зміна структури виробничої системи.

Оскільки внутрішній стан підприємства як виробничої системи та зовнішня інформація, що надходить до підприємства, постійно змінюються, то при розробці та прийнятті рішень потрібно враховувати та аналізувати ситуації, які складаються в даний момент у виробничій системі, тобто застосовувати так званий *ситуаційний підхід до організації виробництва*. Це дає змогу уникати помилок і приймати правильні управлінські рішення.

Суть ситуаційного підходу полягає в оцінюванні наявних ситуацій та прийнятті на основі проведеного аналізу відповідних рішень. *Ситуаційний підхід до організації виробництва* пов'язує конкретні рішення з конкретними виробничими ситуаціями, що дає змогу найефективніше, за існуючих обставин, забезпечити досягнення цілей виробничої системи.

Ситуаційний підхід базується на визначенні *основних ситуаційних змінних*, що впливають на виробничу систему. Ці змінні можуть бути внутрішніми і зовнішніми.

Внутрішні змінні є характеристикою самої виробничої системи, це відомості про ситуаційні фактори всередині самої системи. До внутрішніх

змінних належать: цілі, структура, завдання підприємства, ресурси, графіки випуску продукції, величина незавершеного виробництва, рівень запасів, рівень технології, кваліфікація працівників та інші. Оскільки підприємства є виробничими системами, створеними людьми, то внутрішні змінні переважно є *результатом управлінських рішень*. Тому ці змінні певною мірою контролювані.

Зовнішні змінні є характеристикою зовнішнього середовища, яке активно впливає на діяльність виробничої системи. Тому на підприємстві повинні вивчати вплив цього середовища та регулювати діяльність виробничої системи залежно від глибини та швидкості зміни цього впливу. Зовнішні змінні впливу на підприємство поділяються на дві групи: зовнішні змінні прямої та зовнішні змінні опосередкованої дії.

Зовнішні змінні прямої дії – це інформація про постачальників, вхідні матеріали, трудові ресурси, споживачів, конкурентів, державні органи, законодавчо-нормативні акти тощо. Ці змінні суттєво і безпосередньо впливають на діяльність виробничої системи. *Зовнішні змінні опосередкованої дії* – це стан економіки країни, рівень науково-технічного прогресу, соціально-політичне становище, події в інших країнах тощо. Аналізуючи зовнішні змінні, потрібно виробляти такі рішення, які б, *впливаючи на внутрішні змінні, забезпечували найефективніше досягнення цілей підприємства* в нових умовах.

При цьому потрібно враховувати, що внутрішні та зовнішні змінні настільки *пов'язані між собою*, що їх неможливо розглядати у відриві одне від одного. Окрім цього, потрібно розглядати не всі внутрішні та зовнішні змінні, які впливають на виробництво (це просто неможливо), а тільки ті, які в даний момент (або на перспективу) найвагомніше або найімовірніше впливають або можуть впливати на дану виробничу систему та результати її роботи.

1.1.2 Модель як форма подання виробничої системи

Модель – це абстрактна, *спрощена форма* подання виробничої системи у вигляді її складових частин (елементів, підсистем) та взаємозв'язків між ними. Моделі полегшують розуміння суті виробничої системи, скорочують кількість внутрішніх та зовнішніх змінних. Модель виробничої системи повинна містити такі відомості:

- формулювання головної мети виробничої системи;
- загальну характеристику виробничої системи (або системи виробництва) та склад підсистем, що входять до системи;
- перелік задач виробничої системи, які реалізуються в кожній з підсистем;
- схему інформаційних потоків та документообороту;
- критерії (показники), за якими може бути оцінений ступінь досягнення мети, яка стоїть перед виробничою системою;

- інші.

Головна мета підприємства як виробничої системи – забезпечення високої економічної і соціальної ефективності функціонування підприємства за рахунок виробництва та реалізації матеріальних благ, які б задовольняли попит споживачів. Окрім досягнення основної мети підприємство паралельно може намагатися реалізувати й інші часткові цілі: економічні, техніко-технологічні, екологічні та інші. Різниця полягає в тому, що підприємство завжди намагається досягнути найкращих результатів в реалізації головної мети та задовольняється прийнятними результатами при досягненні часткових цілей.

Взаємозалежність між частковими цілями та шляхами і методами їх вирішення наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Часткові цілі підприємства як виробничої системи та можливі шляхи і методи їх вирішення

Часткові цілі	Можливі шляхи та методи їх вирішення
Задоволення попиту споживачів, поставка продукції згідно з замовленнями та договорами. Виконання планів виробництва з номенклатури, асортименту і якості продукції	Організація маркетингових досліджень. Удосконалення оперативного планування виробництвом. Удосконалення матеріального та технічного забезпечення виробництва. Удосконалення збуту та реалізації продукції
Розробка нових видів продукції та їх удосконалення у відповідності з вимогами ринку. Забезпечення стабільності випуску продукції високої якості, скорочення браку та рекламацій	Удосконалення підготовки та освоєння виробництва нових видів продукції. Проведення робіт з підвищення якості продукції. Удосконалення технічного контролю. Удосконалення метрологічного забезпечення виробництва
Підвищення продуктивності праці робітників. Покращення використання основних фондів та виробничих потужностей. Скорочення тривалості виробничого циклу. Скорочення матеріально-технічних запасів. Раціоналізація інформаційних потоків	Запровадження наукової організації праці робітників. Запровадження передових прийомів і методів праці. Зменшення втрат робочого часу на виробництві. Впровадження сучасних методів регулювання запасів на виробництві. Впровадження сучасних інформаційних систем на виробництві
Удосконалення виробничо-технічної бази підприємства. Підвищення рівня організації виробництва	Складання та виконання планів технічного розвитку й удосконалення організації виробництва
Забезпечення єдності інтересів підприємства та його працівників	Надання економічної самостійності підрозділам підприємства та налагоджування госпрозрахункових зв'язків між ними. Удосконалення відносин власності
Підвищення якості трудового життя та творчої активності членів трудового колективу	Покращення організації праці працівників. Гуманізація праці. Залучення працівників до управління виробництвом.

Підприємство як виробнича система складається з окремих елементів (частин, підсистем). Є декілька основних моделей виробничих систем, які охоплюють ті чи інші елементи (частини, підсистеми). Найзагальнішою є так звана *функціональна модель виробничої системи*, вид якої наведений на рис. 1.1.

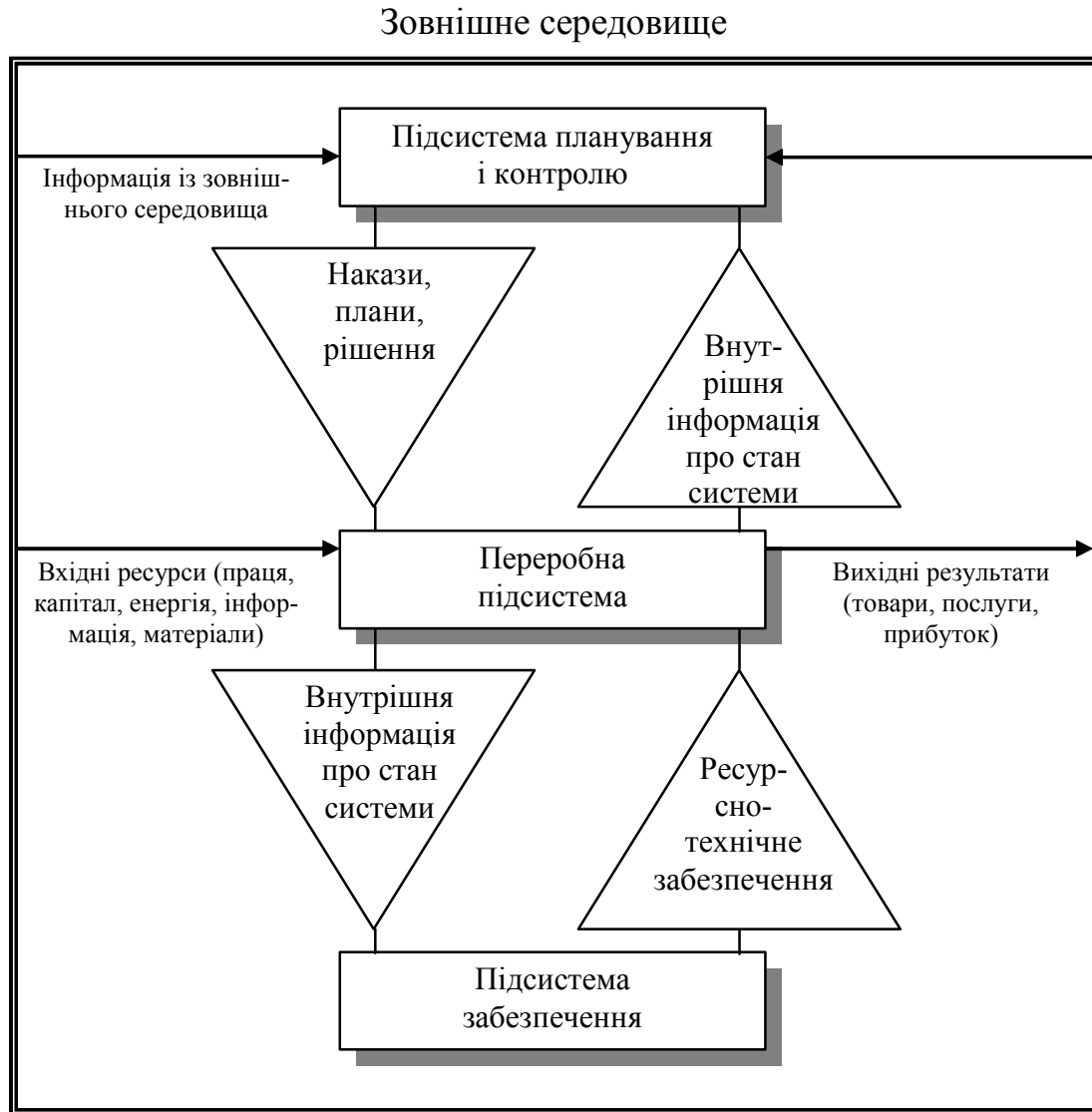


Рисунок 1.1 – Функціональна модель виробничої системи

Функціональна структура підприємства як виробнича система складається з трьох основних функціональних підсистем: переробної підсистеми, підсистеми забезпечення та підсистеми планування і контролю [6].

Переробна підсистема є основною складовою частиною виробничої системи і здійснює функцію перетворення вхідних ресурсів (енергія, інформація, капітал, матеріали, праця) на вихідні результати у вигляді товарів та послуг. Під час переробки ресурсів відбувається зміна їх форми, внутрішніх властивостей, місць розташування, до ресурсів додається вартість живої та

уречевленої праці. На виході процесу виробництва результати переробки можуть бути як позитивні (наприклад, висока якість товарів, значний прибуток, висока зайнятість населення), так і негативні (наприклад, значні витрати, наявність технологічних дефектів в продукції, зростання безробіття тощо).

Підсистема забезпечення виконує необхідні функції із забезпечення безперебійної ритмічної роботи переробної системи на основі інформації про стан її діяльності. Підсистема забезпечення складається з трьох функціональних підсистем нижчого порядку: підсистеми технічної підготовки виробництва нових виробів, підсистеми технічного обслуговування виробничої системи, підсистеми ресурсного забезпечення виробничих процесів. *Підсистема технічної підготовки виробництва* здійснює функції науково-експериментального пошуку, конструкторського і технологічного проектування та освоєння нових конкурентоспроможних виробів. *Підсистема технічного обслуговування виробничої системи* передбачає виготовлення робочого і вимірювального інструменту та оснащення, проведення ремонтних робіт та модернізації устаткування, виконання транспортних та складських операцій, організацію технічного контролю якості продукції та інші. *Підсистема ресурсного забезпечення виробничих процесів* підтримує на необхідному рівні запаси матеріалів, сировини, енергії, інформації, людські ресурси тощо.

Підсистема планування та контролю отримує від переробної підсистеми інформацію про стан системи, виконання графіків випуску продукції, рівень запасів та іншу інформацію. Інформація надходить як із внутрішнього, так і з зовнішнього середовища. Підсистема планування та контролю має опрацювати весь цей великий обсяг доволі складної інформації і видати рішення (накази, плани, розпорядження тощо), як саме повинна працювати переробна підсистема. Прийняті конкретні рішення переважно стосуються планування діяльності переробної системи, диспетчеризації, управління матеріально-технічними запасами, контролю якості продукції тощо.

Так, у процесі планування виробництва підсистема планування і контролю, керуючись загальною метою, визначає конкретні завдання структурним підрозділам. Наприклад, фінансовому відділу може бути поставлено завдання зменшити втрати на 1% від обсягу продажів, підрозділу маркетингу – скоротити кількість скарг від споживачів продукції на 10% та розширити сегмент ринку на 5% тощо. Цілі підрозділів відрізняються між собою, тому підсистема планування і контролю повинна спрямовувати зусилля на координацію дій всіх підрозділів. Основним при цьому вважається загальна мета підприємства. Цілі підрозділів мають робити конкретний внесок у мету підприємства загалом і не вступати у протиріччя з цілями інших підрозділів.

Функціональна модель виробничої системи показує (рис. 1.1), що на вході підприємство отримує із зовнішнього середовища інформацію, енергію, капітал, людські і матеріальні ресурси тощо. Процес переробки цих ресурсів забезпечують три основні підсистеми: переробна, забезпечення, планування і

контролю. У процесі переробки підприємство перетворює ці “входи” на товари або послуги, які є “виходами” виробничої системи в зовнішнє середовище. За ефективної роботи підприємство може отримати певний прибуток.

Кожна із названих підсистем має свої власні характеристики. Зокрема, переробні підсистеми мають *двовимірну класифікацію, яка ґрунтується на характері виготовленого продукту і особливостях процесу переробки ресурсів*. Згідно з цією класифікацією всі переробні підсистеми *можуть бути одиничного, серійного, масового та неперервного типу*. За цією класифікацією можна здійснити аналіз будь-якої переробної підсистеми. Класифікація переробних підсистем за характером виготовленого продукту та особливостями процесу переробки ресурсів наведена на рис. 1.2.

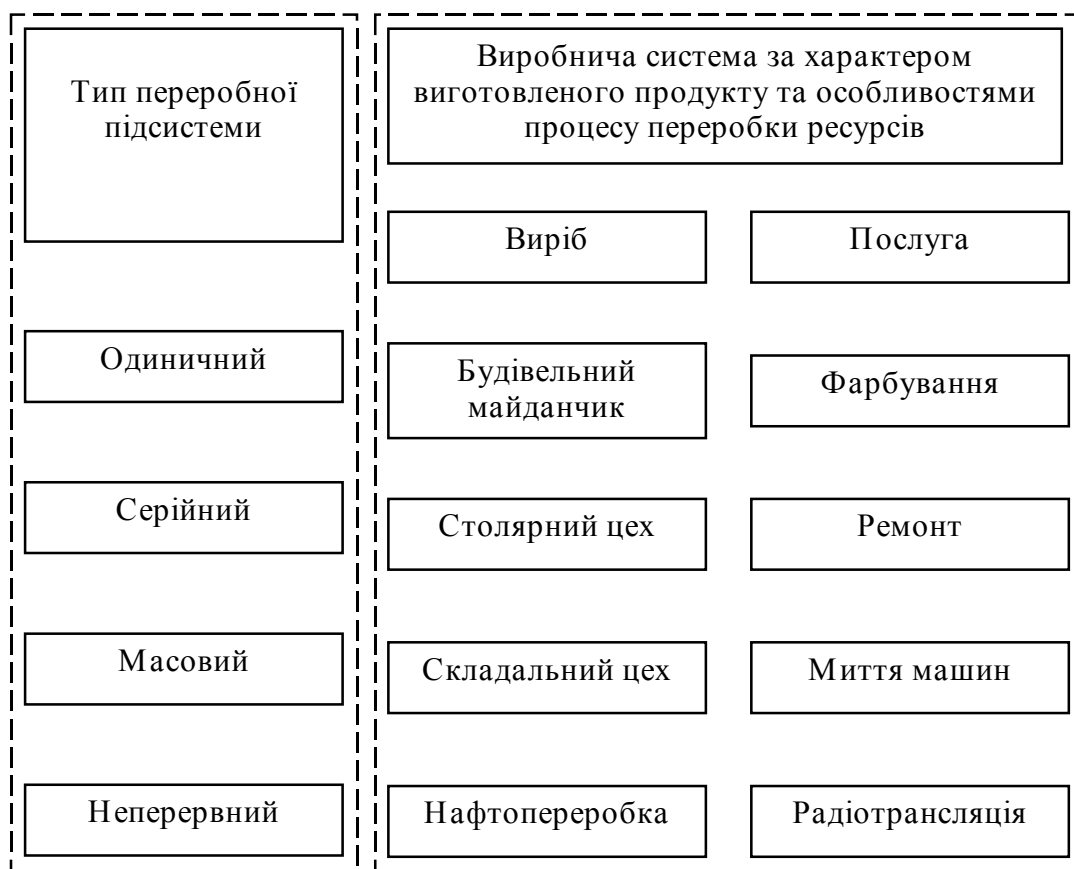


Рисунок 1.2 – Класифікація переробних підсистем за характером виготовленого продукту та особливостями процесу переробки ресурсів

Важливими характерними ознаками *одиничного типу переробних підсистем* є велика різноманітність продукції; переважання технологічної форми спеціалізації робочих місць; застосування універсального обладнання та оснащення; переважна більшість робітників-універсалів високої кваліфікації;

відносно велика тривалість виробничого циклу і висока виробнича собівартість продукції.

Серійний тип переробних підсистем характеризується такими особливостями: високою постійністю номенклатури продукції, яку виготовляють у значній кількості; спеціалізацією робочих місць на виконанні постійних операцій; випуском виробів серіями та обробкою деталей партіями із встановленою періодичністю; застосуванням спеціалізованого і спеціального обладнання, інструменту і пристосувань; залученням робітників середньої кваліфікації; відносним скороченням тривалості виробничого циклу тощо.

Масовий тип переробних підсистем характеризується багатьма ознаками: стабільністю випуску невеликої номенклатури виробів у великій кількості; спеціалізацією робочих місць на виконанні нечисленних, постійно закріплених операцій; застосуванням спеціального обладнання і високопродуктивного оснащення; скороченням тривалості виробничого циклу; зменшенням витрат живої праці та збільшенням питомої ваги витрат на утримання парку технологічного обладнання тощо.

Характерними ознаками *переробних підсистем з неперервним процесом* є виготовлення значних обсягів однорідної продукції; переробка ресурсів неперервним потоком; застосування автоматизованих систем машин; зниження затрат на одиницю продукції; значне скорочення тривалості виробничого циклу; зменшення величини оборотних засобів; підвищення продуктивності праці; зниження виробничої собівартості продукції; застосування автоматизованих систем управління виробництвом тощо.

Неперервний тип переробної підсистеми можна вважати різновидом масового типу переробної підсистеми.

Тип переробної підсистеми лежить в основі визначення *типу виробництва*, про що детальніше буде сказано в практичному занятті 2.

1.1.3 Формування та оцінювання роботи виробничих систем

Формування виробничих систем здійснюється на основі таких основних принципів: відкритість, комплексність, динамізм, саморегулювання, емерджентність [12].

Відкритість означає, що підприємство як виробнича система повинно щільно взаємодіяти з навколишнім середовищем, а саме: з народним господарством в цілому, з іншими підприємствами та організаціями, органами управління, закордонними фірмами, навчальними закладами тощо.

Комплексність означає, що перед підприємством стоять найрізноманітніші цілі та задачі, вирішення яких можливе тільки при врахуванні та вирішенні всіх основних проблем, які стоять перед підприємством, тобто, у комплексі.

Динамізм означає, що будь-яке підприємство як виробнича система повинно змінюватись, розвиватися, переходити з одного якісного стану в інший в залежності від ситуації, що складається, залишаючись при цьому певною виробничою системою.

Саморегулювання означає, що підприємство повинно пристосовуватись в певних межах як до внутрішніх, так і до зовнішніх змін.

Емерджентність [12] означає, що підприємство як виробнича система повинно мати якісно нові властивості, які відсутні у її елементів (частин, підсистем).

Щоб всі елементи (частини, підсистеми) виробничої системи об'єднались у єдине ціле з якісно новими властивостями, її потрібно спочатку спроектувати та побудувати, а потім забезпечити функціонування побудованої виробничої системи.

Початковим етапом при проектуванні виробничої системи є вивчення трьох основних понять (складових): виріб, виробництво (технології) та зовнішнє середовище, які будуть складати майбутню виробничу систему. *Виріб* – це результат діяльності системи у вигляді продукту (товар або послуга); *виробництво* – це діяльність, спрямована на створення цього виробу; *зовнішнє середовище* – це сфера, з якої виробнича система отримує ресурси і в яку відбувається практичне втілення результатів діяльності системи та оцінювання їх споживачем.

На підставі аналізу цих складових:

- формулюється головна мета виробничої системи, що створюється;
- визначаються елементи (підсистеми);
- формулюються часткові цілі (задачі), що ставляться перед підсистемами, визначається взаємозалежність і підпорядкованість між ними, а також зв'язки із зовнішнім середовищем;
- створюється єдиний цілісний організм, який, взаємодіючи з іншими системами, повинен забезпечити досягнення основної мети виробничої системи, що проектується; тобто формується певна модель виробничої системи;
- визначаються межі виробничої системи. *Межі виробничої системи* визначаються тими пунктами, де зовнішнє середовище обмінюється з внутрішнім середовищем енергією, інформацією, ресурсами, товарами, послугами тощо;
- визначаються критерії (показники), за якими може бути оцінений ступінь досягнення мети, яка була поставлена перед виробничою системою.

Показником ступеня досягнення цієї мети може виступати *комплексний показник, що визначає середній рівень виконання кожної із часткових цілей, які були поставлені як перед виробничою системою в цілому, так і перед кожною із її підсистем*. Вважається, що, якщо виробнича система та кожна із її підсистем на високому рівні виконують поставлені часткові цілі, то і сту-

пінь досягнення мети, яка була поставлена перед виробничою системою в цілому, буде високий.

Комплексний показник K , що визначає ступінь досягнення мети, яка була поставлена перед виробничою системою, можна розрахувати за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^N \alpha_i \cdot \left(\sum_{j=1}^m \beta_j \cdot P_j \right), \quad (1.1)$$

де N – загальна кількість часткових цілей;

α_i – питома вага кожної із часткових цілей, $\sum_1^N \alpha_i = 1$;

m – кількість показників, за якими оцінюється рівень досягнення кожної із часткових цілей;

β_j – питома вага кожного із показників, за яким оцінюється виконання

даної часткової цілі; $\sum_1^m \beta_j = 1$;

P_j – показник, за яким оцінюється рівень досягнення i -ої часткової цілі;

$P_j = \frac{A_j}{A_n}$, де A_j – один із показників, за яким оцінюється рух до досяг-

нення часткової цілі у випадку, коли збільшення цього показника свідчить про покращення роботи виробничої системи; $A_j < A_n$;

A_n – нормативне значення цього показника (або критерій);

$P_j = \frac{A_n}{A_j}$, де A_j – один із показників, за яким оцінюється рух до досяг-

нення часткової цілі у випадку, коли зменшення цього показника свідчить про покращення роботи виробничої системи; $A_j > A_n$.

Максимальне значення комплексного показника K дорівнює 1.

Приклад:

Виробнича система ставить перед собою досягнення 3-х часткових цілей. Питома вага кожної з цілей визначена так: $\alpha_1=0,2$; $\alpha_2=0,32$; $\alpha_3=0,48$. Для оцінювання рівня досягнення першої часткової цілі використовується 4 показники. Значення цих показників: $P_1=0,67$; $P_2=0,7$; $P_3=0,8$; $P_4=0,9$; питома вага кожного із цих показників: $\beta_1=0,3$; $\beta_2=0,2$; $\beta_3=0,15$; $\beta_4=0,35$. Для оцінювання рівня досягнення другої часткової цілі використовується 3 показники. Значення цих показників: $P_1=0,5$; $P_2=0,4$; $P_3=0,8$; питома вага кожного із цих показників: $\beta_1=0,4$; $\beta_2=0,1$; $\beta_3=0,5$. Для оцінювання рівня досягнення третьої часткової цілі використовується 2 показники. Зна-

чення цих показників: $P_1=0,9$; $P_2=0,5$; питома вага кожного із цих показників: $\beta_1=0,3$; $\beta_2=0,7$.

Потрібно розрахувати ступінь досягнення мети, яка була поставлена перед виробничою системою.

Розв'язування задачі:

Розрахуємо рівень досягнення кожної із часткових цілей.

Рівень досягнення першої часткової цілі:

$$\sum_{j=1}^m \beta_j \cdot P_j = 0,3 \cdot 0,67 + 0,2 \cdot 0,7 + 0,15 \cdot 0,8 + 0,35 \cdot 0,9 = 0,776;$$

- другої часткової цілі:

$$\sum_{j=1}^m \beta_j \cdot P_j = 0,4 \cdot 0,5 + 0,1 \cdot 0,4 + 0,5 \cdot 0,8 = 0,64;$$

- третьої часткової цілі:

$$\sum_{j=1}^m \beta_j \cdot P_j = 0,3 \cdot 0,9 + 0,7 \cdot 0,5 = 0,62.$$

Тоді комплексний показник K , що визначає ступінь досягнення мети, яка була поставлена перед виробничою системою, складе:

$$K = 0,2 \cdot 0,776 + 0,32 \cdot 0,64 + 0,48 \cdot 0,62 = 0,6576.$$

Після побудови виробничої системи, організації її роботи та оцінювання ступеня досягнення мети цією системою може трапитись так, що спроектована виробнича система не задовольняє поставлену мету. Тоді доцільно здійснити комплекс робіт з удосконалення цієї системи. Для цього потрібно провести аналіз роботи виробничої системи, знайти пояснення існуючих відхилень, вивчити прогресивні тенденції в розвитку виробничих систем тощо, в результаті чого і будуть запропоновані заходи щодо покращення роботи побудованої виробничої системи.

1.2 Завдання для самостійного виконання

В таблиці 1.2 наведені дані щодо 9-ти видів виробничих систем. Ці дані включають: кількість часткових цілей N , які поставлені перед кожною виробничою системою, та питома вага α_j кожної із часткових цілей.

В таблиці 1.3 наведені дані щодо показників A_j , за якими оцінюється рух до досягнення підсистемами виробничої системи кожної часткової цілі, а також нормативне значення (критерій) цього показника A_n . Значення показників A_j та їх нормативні значення A_n наведені як в абсолютному (грн., години, продуктивність тощо), так і у відносному вимірах.

Таблиця 1.2 – Початкові дані для виконання завдання

Виробничі системи	N	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6
А	5	0,15	0,2	0,05	0,1	0,5	
Б	6	0,25	0,35	0,1	0,05	0,1	0,15
В	4	0,1	0,2	0,3	0,4		
Г	5	0,35	0,3	0,2	0,05	0,1	
Д	6	0,15	0,25	0,3	0,15	0,05	0,1
Е	5	0,5	0,05	0,1	0,15	0,2	
Ж	6	0,12	0,18	0,15	0,25	0,13	0,17
З	4	0,6	0,1	0,12	0,18		
К	5	0,23	0,27	0,1	0,25	0,15	

Таблиця 1.3 – Початкові дані для виконання завдання

Показники	A_j	A_H	Показники	A_j	A_H	Показники	A_j	A_H
а	600	870	і	1200	1300	с	34	56
б	0,3	0,4	и	560	370	т	579	300
в	0,9	1,2	к	60	100	у	120	130
г	400	430	л	100	70	ф	3	6
д	500	670	м	0,7	1,3	х	4,7	8,1
е	45	60	н	1,4	0,8	ц	40	70
е	12	8	о	50	90	ч	60	90
ж	55	90	п	2,5	5,2	ш	0,6	1,5
з	90	46	р	2,9	2,6	ю	4,6	9,0

В таблицях 1.4-1.5 наведені дані щодо того, скільки (m_i) та які показники (“а”, “б” тощо) використовуються для оцінювання рівня досягнення кожної із часткових цілей для кожної із наведених в таблиці 1.2 видів виробничих систем, а також питома вага кожного із показників, за яким оцінюється досягнення даної часткової цілі.

Таблиця 1.4 – Початкові дані для виконання завдання

Виробничі системи	Перша часткова ціль		Друга часткова ціль		Третя часткова ціль	
	m_i	Питома вага β_j кожного із показників	m_i	Питома вага β_j кожного із показників	m_i	Питома вага β_j кожного із показників
А	а,б,в	0,15 – 0,25 – 0,6	г,д,е,е	0,2 – 0,3 – 0,4 – 0,1	ц,ч,ю,с	0,3 – 0,1 – 0,25 – 0,35
Б	е,е,з,і	0,15 – 0,2 – 0,5 – 0,15	н,б	0,7 – 0,3	п,р,ч	0,3 – 0,45 – 0,25
В	з,і,и	0,7 – 0,2 – 0,1	т,у,ф,х	0,23 – 0,47 – 0,2 – 0,1	ч,п,б	0,1 – 0,2 – 0,7
Г	з,і,к,л	0,12 – 0,18 – 0,3 – 0,4	о,у,р,с	0,11 – 0,29 – 0,5 – 0,1	г,н,ш	0,8 – 0,15 – 0,05
Д	д,в,ю	0,36 – 0,44 – 0,2	ф,е,а	0,26 – 0,54 – 0,2	у,о,и,б	0,12 – 0,38 – 0,3 – 0,2
Е	к,л,м,н,о	0,1 – 0,2 – 0,1 – 0,2 – 0,4	в,ф,т	0,4 – 0,12 – 0,48	г,с,х,ю	0,11 – 0,19 – 0,5 – 0,2
Ж	о,а,у,е,ф	0,1 – 0,3 – 0,2 – 0,3 – 0,1	р,п,з,і	0,4 – 0,2 – 0,3 – 0,1	ш,ю	0,9 – 0,1
З	в,х,о,ч,а	0,3 – 0,4 – 0,1 – 0,1 – 0,1	ж,ю,ш	0,1 – 0,2 – 0,7	с,ц,р,н	0,5 – 0,1 – 0,3 – 0,1
К	і,в,п,а,ю	0,4 – 0,1 – 0,1 – 0,3 – 0,1	т,г	0,1 – 0,9	ж,д,о	0,36 – 0,14 – 0,5

Таблиця 1.5 – Початкові дані для виконання завдання

Виробничі системи	Четверта часткова ціль		П'ята часткова ціль		Шоста часткова ціль	
	m_i	Питома вага β_j кожного із показників	m_i	Питома вага β_j кожного із показників	m_i	Питома вага β_j кожного із показників
А	л,н,о,р,ш	0,1-0,2 -0,3-0,1-0,3	у,ф,х	0,5 – 0,15 – 0,35		
Б	и,ю,ж,о	0,21–0,29–0,4–0,1	г,д,у,т	0,2–0,4–0,26–0,14	к,л,с,а	0,4–0,2–0,3–0,1
В	р,с,г,ш,о	0,1-0,1-0,2-0,2-0,4				
Г	д,и,б,м,п	0,2-0,2-0,4-0,1-0,1	ф,в,є,ч	0,13–0,37–0,1–0,4		
Д	п,т,р,с	0,25–0,35–0,1–0,3	м,х,н	0,7 – 0,2 – 0,1	і,р,ш	0,05 – 0,15 – 0,8
Е	б,а,д,є,є	0,3-0,2-0,1-0,1-0,3	ш,ч,ц	0,9 – 0,05 – 0,05		
Ж	б,г,д,т	0,24–0,16–0,5–0,1	л,м,н	0,34 – 0,5 – 0,16	и,в	0,95 – 0,05
З	б,є,є,д,з	0,1-0,3-0,2-0,1-0,2				
К	є,є,з,с,р	0,2-0,1-0,1-0,1-0,5	н,ш,к	0,42 – 0,3 – 0,28		

В таблиці 1.6 наведені дані щодо видів виробничих систем, які студент повинен взяти для оцінювання, а також коригувальні коефіцієнти $КК_1$ та $КК_2$, за допомогою яких потрібно скоригувати наведені в таблиці 1.3 значення показників A_j та A_n . Показник A_j коригується шляхом множення його значення на коефіцієнт $КК_1$, а показник A_n – шляхом множення на показник $КК_2$.

Таблиця 1.6 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Виробничі системи	$КК_1$	$КК_2$	Варіант	Виробничі системи	$КК_1$	$КК_2$
1	А та Б	0,87	1,1	16	В та Г	0,9	0,95
2	А та В	1,1	0,98	17	В та Д	0,96	0,91
3	А та Г	0,98	1,05	18	В та Е	1,2	1,1
4	А та Д	1,3	1,4	19	В та Ж	1,3	1,1
5	А та Е	0,9	0,8	20	В та З	0,8	0,89
6	А та Ж	0,8	1,1	21	В та К	0,89	0,97
7	А та З	1,13	1,1	22	Г та Д	1,4	1,2
8	А та К	0,8	0,7	23	Г та Е	1,2	1,3
9	Б та В	1,05	1,15	24	Г та Ж	0,98	0,99
10	Б та Г	1,15	1,05	25	Г та З	0,97	1,2
11	Б та Д	0,97	0,8	26	Г та К	1,12	1,1
12	Б та Е	1,3	1,2	27	Д та Е	0,87	0,93
13	Б та Ж	1,2	1,3	28	Д та Ж	0,98	0,91
14	Б та З	1,5	1,4	29	Д та З	0,91	0,98
15	Б та К	1,4	1,5	30	Д та К	0,9	1,1

Керуючись даними таблиць 1.2 – 1.6, потрібно:

1. Вибрати види виробничих систем, які потрібно оцінити за ступенем досягнення ними поставленої мети.

2. Для вибраних виробничих систем виписати всі показники A_j , за якими оцінюється рух до досягнення поставлених часткових цілей, нормативні значення A_n цих показників та питому вагу β_j кожного із показників.
3. Скоригувати всі виписані значення A_j та A_n , помноживши їх відповідно на коригувальні коефіцієнти KK_1 та KK_2 .
4. Розрахувати всі показники P_j , за якими оцінюється рівень досягнення кожної із часткових цілей для вибраних виробничих систем. При цьому враховувати, що величина показника P_j завжди повинна бути меншою за одиницю. Визначити як саме впливає збільшення (або зменшення) кожного із скоригованих показників A_j на покращення роботи виробничої системи.
5. Для вибраних виробничих систем розрахувати рівень досягнення кожної із поставлених ними часткових цілей.
6. Для вибраних виробничих систем розрахувати ступінь досягнення мети, яка була поставлена перед кожною виробничою системою. Визначити кращу виробничу систему.
7. Зробити висновки.

1.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення поняття “система”. Охарактеризуйте суть відкритих та закритих систем.
2. Як ви розумієте поняття “системний підхід”? Наведіть приклади.
3. Дайте означення поняття “виробнича система”. Доведіть, що сучасне підприємство є складною виробничою системою.
4. Дайте означення поняття “елемент” системи. Назвіть основні елементи виробничої системи та дайте їм характеристику.
5. Охарактеризуйте поняття “функції” та “структура” виробничої системи. Поясніть принципову відмінність між ними за ознакою мобільності.
6. В чому полягає суть ситуаційного підходу до організації виробництва? Що являють собою основні ситуаційні змінні, які впливають на виробничу систему? Поясніть різницю між внутрішніми та зовнішніми ситуаційними змінними за ознакою контрольованості.
7. Дайте означення поняття “модель виробничої системи”. Які вона повинна містити відомості?
8. Охарактеризуйте суть головної мети підприємства як виробничої системи та часткові цілі, які ставляться перед її підсистемами. Наведіть шляхи та методи їх вирішення.
9. Охарактеризуйте суть функціональної моделі виробничої системи. З яких основних підсистем вона складається?
10. Охарактеризуйте переробну підсистему, що діє у складі виробничої системи. Наведіть класифікацію переробних підсистем в залежності від ха-

- рактору виготовленого продукту та особливостей процесу переробки ресурсів.
11. Охарактеризуйте підсистему забезпечення, що діє у складі виробничої системи. Назвіть основні складові підсистеми забезпечення та дайте їм характеристику.
 12. Охарактеризуйте підсистему планування та контролю за діяльністю виробничої системи.
 13. Дайте порівняльну характеристику ознак одиничного, серійного, масового та неперервного типу переробних підсистем.
 14. Наведіть та охарактеризуйте основні принципи побудови виробничих систем.
 15. Охарактеризуйте основні етапи побудови виробничих систем. Які задачі вирішуються в ході проведення кожного із етапів?
 16. Яким чином можна розрахувати ступінь досягнення мети виробничою системою?
 17. Поясніть різницю між поняттями “ступінь досягнення мети виробничою системою” та “ефективність функціонування виробничої системи”.

2

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: “Визначення типу та організаційно-технічного рівня виробництва”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з основ організації виробничого процесу та розвинути практичні навички з визначення типу та розрахунку організаційно-технічного рівня виробництва.

2.1 Теоретична частина

Виробничий процес – це сукупність здійснюваних за допомогою засобів праці або без них трудових дій робітників, внаслідок чого предмети праці, матеріали, сировина, напівфабрикати тощо перетворюються у готову продукцію (або у продукцію певної стадії готовності). Виробничий процес відбувається у просторі протягом певного часу.

Головною частиною виробничого процесу є *технологічний процес*, який безпосередньо забезпечує зміну форм, розмірів та властивостей предметів праці і складання готової продукції. Технологічний процес складається із технологічних операцій.

Технологічна операція – це елементарна частка технологічного процесу, яка виконується одним робітником або бригадою робітників над одним предметом праці або партією предметів праці на спеціалізованому робочому місці без переналагодження обладнання при незмінності наявного інструменту, оснащення, креслень тощо.

Процес виробництва продукції є сукупністю найрізноманітніших взаємопов’язаних виробничих процесів. В загальному вигляді всі виробничі процеси можна класифікувати за роллю, яку вони відіграють в процесі виробництва; стадіями; засобами праці, які застосовуються; рівнем організації (або складністю), а також іншими ознаками.

За роллю в процесі виробництва продукції виробничі процеси поділяються на:

- *основні*, в результаті яких утворюється продукція, виробництво якої передбачено профілем підприємства. Ця продукція також називається основною;
- *допоміжні*, в результаті яких утворюється продукція, що безпосередньо або споживається на самому підприємстві, або сприяє випуску основної продукції. Це – наприклад, виготовлення та ремонт інструменту та технологічного оснащення, виробництво енергії (пари, стисненого повітря, електроенергії тощо), ремонт устаткування тощо;
- *обслуговувальні*, в результаті яких нова продукція не створюється, але які сприяють виконанню основних та допоміжних процесів. Це, напри-

клад, технічний контроль якості продукції, транспортування, складування та зберігання продукції тощо.

За стадією здійснення виробничі процеси поділяються на:

- *заготівельні*, в результаті яких різними способами виготовляються найрізноманітніші заготовки: відливки, штамповки, поковки та інші;
- *обробні*, за допомогою яких здійснюється зміна форми, розмірів, стану поверхні, властивостей заготовок тощо. Це – різні механічні, термічні, хімічні та інші виробничі процеси;
- *складальні*, за допомогою яких змінюється взаємне розташування деталей та вузлів, здійснюється монтаж окремих елементів тощо, в результаті чого створюється готова продукція. До складальних процесів відносять процеси регулювання та випробування, пакування готової продукції тощо.

За видами засобів праці, які застосовуються у виробництві, виробничі процеси можуть бути:

- *ручними*, які виконуються робітниками без застосування машин і механізмів;
- *машинно-ручними*, які виконуються робітниками із застосуванням машин і механізмів. Силу подачу при цьому здійснює робітник;
- *машинними*, які виконуються робітниками із застосуванням машин і механізмів. Силова подача при цьому здійснюється за допомогою самих машин і механізмів;
- *автоматичними*, які виконуються на спеціальних верстатах-автоматах або спеціальному автоматичному обладнанні без безпосередньої участі робітників. Робітники здійснюють тільки контроль за роботою обладнання і ходом самого виробничого процесу;
- *апаратними*, які здійснюються автоматично в спеціальних агрегатах (апаратах). Робітники виконують тільки допоміжні та контрольні функції, наприклад, навантаження та розвантаження продукції тощо.

За характером впливу на предмети праці – виробничі процеси можуть бути спрямовані на змінювання форми і стану поверхні предметів праці, їх фізичних та хімічних властивостей тощо.

За рівнем організації (за складністю) виробничі процеси поділяються на *прості*, при яких технологічні операції послідовно здійснюються над одним предметом праці або партією предметів праці; та *складні*, які являють собою сукупність узгоджених між собою простих процесів. В результаті завершення складного процесу створюється певна готова продукція.

Головна задача організатора виробництва (менеджера) полягає в тому, щоб розчленивши складний виробничий процес на прості, а потім звести їх в єдиний процес у просторі і часі так, щоб забезпечити випуск готової продукції з найменшими витратами у необхідній номенклатурі, кількості та у визначений строк.

Для правильної й ефективної організації виробничого процесу у просторі та у часі необхідно дотримуватись певних *принципів*. До основних принципів організації виробничого процесу належать:

- *спеціалізація* виробництва, яка означає, що за певним видом обладнання або робочим місцем потрібно закріплювати обмежену кількість технологічних операцій. Чим менша кількість операцій закріплюється за робочим місцем, тим вищий рівень спеціалізації виробництва;
- *пропорційність*, яка означає, що потрібно домагатись відносно однакової пропускнуої спроможності всіх ланок виробництва. Це допоможе забезпечити повне на рівномірне завантаження всіх видів обладнання. В іншому випадку можуть з'являтися так звані “вузькі місця,” на яких можлива затримка з обробкою тих чи інших предметів праці;
- *паралельність*, яка означає можливість одночасного виконання технологічних операцій на декількох паралельних робочих місцях, що дає змогу розширити обсяг робіт. Реалізація цього принципу дає змогу суттєво скоротити час виготовлення партії виробів і, як наслідок, зменшити потребу в оборотних коштах;
- *прямоточність*, яка передбачає найкоротший шлях руху предметів праці по робочих місцях, відсутність зворотних та зустрічних потоків деталей, вузлів, виробів. Цей принцип повинен застосовуватись як у масштабах всього підприємства, так і цеху, дільниці;
- *безперервність*, яка передбачає просування предметів праці по робочих місцях, дільницях, цехах без затримки. Це забезпечує скорочення тривалості виробничого процесу, зменшення величини оборотних коштів тощо;
- *ритмічність*, яка означає, що за будь-які рівні відрізки часу повинна виготовлятися відносно однакова кількість виробів. Це забезпечує рівномірне завантаження обладнання, гарантує успішне виконання завдань за кількісними та якісними показниками тощо;
- *профілактика*, яка передбачає постійний контроль за технічним станом машин та механізмів і їх технічне обслуговування з метою запобігання аварій, поломок обладнання, появи бракованої продукції тощо;
- *механізація та автоматизація*, яка передбачає максимально можливий випуск продукції на автоматичному або механізованому обладнанні. Це збільшує продуктивність праці робітників, підвищує якість продукції тощо;
- *гнучкість*, яка передбачає можливість швидкого та з найменшими витратами переналагодження обладнання на випуск нових видів продукції. Це є реальною гарантією “виживання” підприємства в умовах жорсткої конкуренції.

Сукупність різноманітних взаємопов'язаних виробничих процесів, які використовуються на даному підприємстві, і утворює так зване *виробництво*.

Для характеристики виробництва, яке існує на підприємстві, застосовується низка показників. Серед найуживаніших показників можна виділити *тип виробництва* та *організаційно-технічний рівень* виробництва.

Тип виробництва – це техніко-економічна характеристика виробництва, яка обумовлена спеціалізацією виробничих процесів, стабільністю номенклатури, ритмічністю і, як вважають деякі автори, величиною обсягу виробництва.

Загалом виділяють три основних типи виробництва: *одиничний*, *серійний* (з модифікаціями *дрібносерійний* та *крупносерійний*) та *масовий*. Характерні ознаки основних типів виробництва наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характерні ознаки основних типів виробництва

Ознаки	Типи виробництва		
	Одиничний	Серійний	Масовий
Спеціалізація (номенклатура виробів)	Практично необмежена	Обмежена серіями виробів	Обмежена одним або декількома виробами
Стабільність номенклатури	Відсутня	Періодична	Постійна
Ритмічність	Відсутня	Характерна для тривалих відрізків часу: місяця, кварталу тощо	Характерна для коротких відрізків часу: хвилини, години, зміни, доби тощо
Обсяги виробництва	Малі: одиниці, десятки шт.	Середні: сотні, тисячі штук	Великі: десятки, сотні тисяч, мільйони штук
Обладнання	Універсальне	Універсальне та спеціальне	Спеціальне
Розробка технологій	В цілому на виріб	Подетальна	Подетальна, поопераційна
Вид інструменту, який використовується	Універсальний	Універсальний та спеціальний	Спеціальний
Кваліфікація робітників	Дуже висока	Висока	Середня та низька
Виробнича собівартість продукції	Висока	Середня	Низька

Одиничний тип виробництва характерний для підприємств, де виготовляються унікальні складні вироби і системи спеціального призначення. Виробництво таких виробів має унікальний характер і може в подальшому ніколи не повторюватись. На випуск кожного виробу витрачається відносно великий час: декілька тижнів, місяців або років. Виробнича програма підприємства одиничного типу виробництва складається з великої номенклатури

виробів різного призначення, більш або менш близьких за конструктивними ознаками, причому випуск кожного виробу запланований в обмеженій кількості.

Нестабільність номенклатури виробництва, її різнотипність, обмеженість випуску зменшує можливість використання стандартних конструкторських рішень. Тут велика питома вага оригінальних і дуже мала кількість уніфікованих деталей. Технологічні процеси опрацьовуються укрупнено. З цієї причини застосування спеціального оснащення обмежено, в основному використовуються універсальні пристосування та універсальний обробний інструмент. Основним документом, що регламентує технологічні процеси, є маршрутна карта, в якій перераховано тільки назви операцій, групи обладнання та укрупнені норми часу. Укрупнений технологічний процес і застосування для його виконання універсального обладнання потребує використання у виробництві праці висококваліфікованих робітників.

Серійний тип виробництва характерний для підприємств, де виготовляються складні вироби і системи спеціального призначення, що мають обмежене використання у виробництві або побуті і потребують постійних конструктивних змін в конструкції у зв'язку з науково-технічним прогресом в даній галузі виробництва. Серійний тип характеризується виготовленням доволі великої кількості номенклатури виробів. Вироби протягом планового періоду випускаються переважно серіями.

Під *серією* розуміють деяку кількість (або партію) конструктивно подібних виробів, що їх запускають у виробництво. Ознакою серійного виробництва є повторення випуску виробів протягом певного періоду. Це дає змогу закріпляти за деякими робочими місцями виконання певних технологічних операцій та організувати випуск окремих виробів більш-менш ритмічно.

Випуск виробів у відносно великій кількості сприяє значній уніфікації технологічних процесів, виготовленню стандартних деталей, які входять до цих виробів, значними партіями. Для виготовлення таких деталей використовується спеціальне високопродуктивне обладнання. Організація праці в серійному виробництві відзначається глибшою спеціалізацією, ніж в одиничному. Тут за кожним робочим місцем закріплюють виконання декількох стабільних технологічних операцій. Це дає можливість робітникам краще вивчати інструмент, пристосування, сам процес виробництва, що сприяє вдосконаленню прийомів виконання технологічних операцій, підвищенню продуктивності праці та якості продукції.

Масовий тип виробництва характерний для випуску виробів широкого вжитку: автомобілів, радіоприймачів, телевізорів, електроприладів тощо. Ознакою масового типу виробництва є виготовлення на підприємстві однотипної продукції обмеженої номенклатури у великих обсягах протягом тривалого часу. Це створює умови для широкого використання у виробах уніфі-

кованих та взаємозамінних елементів. Зміна виробів відбувається відносно рідко і пов'язана, зазвичай, з реконструкцією підприємства.

Великі обсяги випуску продукції та її стабільність роблять економічно вигідним ретельне розроблення технологічних процесів. Технологічні операції розробляються для окремих переходів, прийомів і виконуються на спеціалізованих робочих місцях на спеціальному високопродуктивному обладнанні. За кожним робочим місцем закріплюється одна або декілька однотипних технологічних операцій.

Для масового виробництва обов'язковим є застосування розрахунково-аналітичного методу технічного нормування праці, оскільки навіть невелика неточність норми часу при великих обсягах може призвести до порушення виробничих пропорцій. Ретельне розроблення технологічного процесу, застосування спеціального обладнання і спеціальних пристосувань дає змогу використовувати працю робітників невисокої кваліфікації. Разом з тим, тут широко застосовується праця висококваліфікованих наладчиків обладнання.

Наслідком незмінності номенклатури виробничої програми та великих обсягів виробництва є стандартизація всіх організаційних умов діяльності підприємства. Для підприємств масового типу виробництва характерна значна централізація всіх функцій управління, розробка щомісячних, щотижневих, щодобових, щозмінних планів виготовлення продукції тощо. При цьому будь-яка зміна технологій та планів виготовлення продукції призводить до значних втрат праці та коштів підприємства.

Визначення типу виробництва має важливе значення для правильної побудови виробничої структури підприємства, організації обліку, внутрішньозаводського планування, системи розробки технологічної документації тощо.

Визначення типу виробництва, що має місце на певному підприємстві, можна здійснити за такою методикою.

1-й крок: для кожного робочого місця підприємства розраховують коефіцієнт спеціалізації $K_{сп}$ цього робочого місця:

$$K_{сп} = \frac{\Phi_n}{t \cdot N} = \frac{(D_k - D_b) \cdot m_{зм} \cdot T_{зм} \cdot 60}{t \cdot N}, \quad (2.1)$$

де Φ_n – номінальний фонд часу роботи обладнання (робочого місця) за рік, хв.;

D_k – кількість календарних днів в даному році;

D_b – кількість вихідних та святкових днів в даному році;

$m_{зм}$ – число змін роботи;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, годин;

60 – коефіцієнт переведення годин в хвилини;

t – тривалість виконання технологічної операції на даному робочому місці (або норма часу), хв.;

N – кількість виробів (деталей, вузлів тощо), які обробляються на даному робочому місці за рік, шт.

2-й крок: визначають тип виробництва на кожному робочому місці. Залежність типу виробництва на кожному робочому місці від кількісного значення коефіцієнта спеціалізації наведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Залежність типу виробництва на робочому місці від кількісного значення коефіцієнта спеціалізації

Коефіцієнт спеціалізації $K_{сп}$	Тип виробництва	
1...2	Масовий	
2...9	Серійний	Крупносерійний
10...19		Серійний
20...29		Дрібносерійний
>30	Одиничний	

Приклад.

На робочому місці за рік, в якому 123 святкові та вихідні дні, а робота ведеться в дві зміни тривалістю по 8 годин, обробляється 10 тис. деталей. Тривалість обробки однієї деталі 5 хв.

Визначити до якого типу виробництва доцільно віднести це робоче місце.

Розв'язування:

Керуючись формулою 2.1, розрахуємо коефіцієнт спеціалізації робочого місця:

$$K_{сп} = \frac{(365 - 123) \cdot 2 \cdot 8 \cdot 60}{5 \cdot 10000} = 4,64.$$

Це означає, що дане робоче місце відноситься до крупносерійного типу виробництва.

3-й крок: за більшістю робочих місць даного типу виробництва визначається тип виробництва дільниці, цеху та підприємства в цілому.

Приклад.

На дільниці є 40 робочих місць. Серед них: 15 місць відносяться до масового типу виробництва, 10 місць – до крупносерійного, 9 місць – до серійного та 6 місць – до одиничного.

До якого типу виробництва відноситься дільниця?

Розв'язування:

Оскільки найбільше робочих місць, а саме 15, відноситься до масового типу виробництва, то цю дільницю доцільно вважати дільницею масового типу виробництва.

Організаційно-технічний рівень виробництва може бути визначений за допомогою певної системи показників. В залежності від мети та об'єктів дослідження використовуються *одиночні* показники K_i , які характеризують окремі сторони виробництва, та *зведений* показник $K_{зв}$, який визначає загальний організаційно-технічний рівень даного виробництва.

Одиночні показники K_i характеризують окремі сторони виробничого процесу і розраховуються за єдиною методикою:

$$K_i = \frac{N_i}{N_3} \cdot 100\%, \quad (2.2)$$

де N_i – обсяг робіт в трудових, натуральних або інших одиницях, який виконується із застосуванням прогресивних прийомів та методів праці;

N_3 – загальний обсяг робіт в трудових, натуральних або інших одиницях, який виконується на даному виробництві.

До одиночних показників, які характеризують організаційно-технічний рівень виробництва, відносяться: рівень випуску конкурентоспроможної продукції; рівень уніфікації виробів; рівень технологічності конструкції виробів; рівень використання прогресивного обладнання; рівень вікового складу обладнання; рівень використання типових та групових технологічних процесів; рівень завантаження обладнання; змінність роботи обладнання; питома вага використання типових проектів організації праці робітників; рівень механізації праці та робіт і багато інших.

Розглянемо розрахунок найуживаніших одиночних показників – *рівня механізації праці* $K_{мп}$ та *рівня механізації робіт* $K_{мр}$. При цьому будемо керуватись положенням, що за рівнем механізації та автоматизації праці всі робітники поділяються на 5 груп:

- 1 група – це робота на автоматичному обладнанні, верстатах-автоматах тощо;
- 2 група – це робота, яка виконується механізованим способом за допомогою машин;
- 3 група – це ручне обслуговування машин (робота біля машин і механізмів);
- 4 група – це робота не при машинах і механізмах (ручна робота);
- 5 група – це робота з ремонту і налагодження машин та механізмів.

Робітники 1 та 2 груп відносяться до таких, які зайняті механізованою або автоматизованою працею. Робітники 3, 4 та 5 груп відносяться до таких, які зайняті ручною працею.

Тоді *рівень механізації праці* $K_{мп}$ (в %) при виконанні технологічних процесів розраховується за формулою:

$$K_{мп} = \frac{R_1 + R_2}{R} \cdot 100\%, \quad (2.3)$$

де R_1, R_2 – кількість робітників, відповідно, 1 і 2 груп;

R – загальна кількість робітників: $R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$;

R_3, R_4, R_5 – кількість робітників, відповідно, 3, 4 і 5 груп.

Показник “рівень механізації праці $K_{мп}$ ” має свій обернений показник “рівень ручної праці $K_{рп}$ ”.

Рівень ручної праці $K_{рп}$ (в %) при виконанні технологічних процесів можна розрахувати за формулою:

$$K_{рп} = \frac{R_3 + R_4 + R_5}{R} \cdot 100\%. \quad (2.4)$$

Зрозуміло, що:

$$K_{мп} = 100\% - K_{рп}. \quad (2.5)$$

Рівень механізації робіт $K_{мр}$ (в %) при виконанні технологічних процесів розраховується за формулою:

$$K_{мр} = \frac{T_1 + T_2}{T_{заг}} \cdot 100\% = \frac{t_1 \cdot N_1 + t_2 \cdot N_2}{\sum_1^n t_i \cdot N_i} \cdot 100\%, \quad (2.6)$$

де T_1, T_2 – трудомісткість робіт, які виконуються, відповідно, робітниками 1 та 2 груп, норма-годин;

$T_{заг}$ – загальна трудомісткість робіт, норма-годин, яка визначається за формулою:

$$T_{заг} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5; \quad (2.7)$$

T_3, T_4, T_5 – трудомісткість робіт, які виконуються відповідно робітниками 3, 4 та 5 груп, норма-годин;

t_1, t_2 – тривалість технологічних операцій, що їх виконують, відповідно, робітники 1 та 2 груп, хвилин або годин;

t_i – тривалість технологічних операцій, що їх виконують робітники кожної групи, хвилин або годин;

N_1, N_2 – кількість предметів праці, що їх виготовляють робітники, відповідно, 1 та 2 груп, за рік, шт.;

N_i – кількість предметів праці, що їх виготовляють робітники кожної групи, за рік, шт.

Показник “рівень механізації робіт K_{mp} ” має свій обернений показник “рівень ручних робіт K_{pp} ”.

Рівень ручних робіт K_{pp} (в %) при виконанні технологічних процесів можна розрахувати за формулою:

$$K_{pp} = \frac{T_3 + T_4 + T_5}{T_3} \cdot 100\% = \frac{t_3 \cdot N_3 + t_4 \cdot N_4 + t_5 \cdot N_5}{\sum_1^n t_i \cdot N_i} \cdot 100\%, \quad (2.8)$$

де t_3, t_4, t_5 – тривалість технологічних операцій, що їх виконують, відповідно, робітники 3, 4 та 5 груп, хвилин або годин;

N_3, N_4, N_5 – кількість предметів праці, що їх виготовляють робітники, відповідно, 3, 4 та 5 груп, за рік, шт.

Зрозуміло, що:

$$K_{mp} = 100\% - K_{pp}. \quad (2.9)$$

Одним із важливих показників, які характеризують організаційно-технічний рівень виробництва, є рівень охоплення виробництва виробів типовими технологічними процесами.

Рівень охоплення виробництва виробів типовими технологічними процесами K_{tp} (в %) розраховується за формулою:

$$K_{tp} = \frac{\sum_1^m t_T \cdot N_T}{\sum_1^n t_j \cdot N_j} \cdot 100\%, \quad (2.10)$$

де t_T – тривалість технологічних операцій, які виконуються за типовими технологічними процесами, хвилин або годин;

t_j – тривалість технологічних операцій, які виконуються або можуть виконуватись за типовими технологічними процесами, хвилин або годин;

N_T – кількість предметів праці (деталей, виробів), які обробляються за типовими технологічними процесами за рік, шт.;

N_j – кількість предметів праці (деталей, виробів), які обробляються або можуть оброблятися за типовими технологічними процесами за рік, шт.;

m – число типових технологічних процесів;

n – число типових технологічних процесів та таких, які можуть бути виконані із застосуванням типових технологічних процесів.

Чим більшим буде значення показників $K_{мп}$, $K_{мр}$ та $K_{тп}$, тим вищим буде організаційно-технічний рівень виробництва. Максимальне значення, якого можуть досягти ці показники, складає 100%.

Якщо відомі одиничні показники K_i організаційно-технічного рівня виробництва, то *зведений показник* $K_{зв}$ можна розрахувати за формулою:

$$K_{зв} = \sum_1^p \alpha_i \cdot K_i, \quad (2.11)$$

де K_i – певний одиничний показник організаційно-технічного рівня виробництва;

α_i – питома вага кожного одиничного показника організаційно-технічного рівня виробництва, в відн. одиницях. Питома вага кожного одиничного показника визначається експертним шляхом або на основі рекомендацій галузевих науково-дослідних установ. При цьому обов'язково повинна виконуватись умова:

$$\sum_1^p \alpha_i = 1, \quad (2.12)$$

де p – кількість одиничних показників, за допомогою яких визначається організаційно-технічний рівень виробництва.

Якщо за одиничні показники, які характеризують організаційно-технічний рівень виробництва, прийняти показники, розраховані за формулами 2.3 (або 2.5), 2.6 (або 2.9) та 2.10, то зведений показник організаційно-технічного рівня виробництва $K_{зв}$ (в %) можна буде розрахувати за формулою:

$$K_{зв} = \sum_1^p \alpha_i \cdot K_i = \alpha_{мп} \cdot K_{мп} + \alpha_{мр} K_{мр} + \alpha_{тп} \cdot K_{тп}, \quad (2.13)$$

де $\alpha_{мп}$ – питома вага рівня механізації праці у визначенні організаційно-технічного рівня виробництва, в відн. одиницях;

$\alpha_{мр}$ – питома вага рівня механізації робіт у визначенні організаційно-технічного рівня виробництва, в відн. одиницях;

$\alpha_{тп}$ – питома вага рівня охоплення виробництва виробів типовими технологічними процесами у визначенні організаційно-технічного рівня виробництва, в відн. одиницях;

$K_{мп}$ – показник, який характеризує рівень механізації праці, в %;
 $K_{мр}$ – показник, який характеризує рівень механізації робіт, в %;
 $K_{тп}$ – показник, який характеризує рівень охоплення виробництва виробів типовими технологічними процесами, в %.

Чим більшим буде значення зведеного показника $K_{зв}$, тим вищим буде організаційно-технічний рівень виробництва.

2.2 Завдання для самостійного виконання

Цех має дві дільниці “А” та “Б”. В кожній дільниці встановлено по 30 робочих місць (із 50-ти робочих місць, інформація про які наведена в таблиці 2.3). Тривалість технологічних операцій, які виконуються на цих робочих місцях, кількість предметів праці, які обробляються на цих робочих місцях за рік, група робітників за рівнем механізації і автоматизації праці наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Початкові дані для виконання завдання

Дільниця “А”				Дільниця “Б”			
Робочі місця	t, хв.	N, тис.шт.	Група робітників	Робочі місця	t, хв.	N, тис. шт.	Група робітників
1	2	3	4	5	6	7	8
1	4,3	10	1	1	4,1	1	5
2	5,2	3	3	2	1,3	4	5
3	3,8	1	4	3	1,9	5	4
4	2,6	0,8	5	4	2,4	6	4
5	6,2	12	4	5	3,4	0,7	3
6	6,3	6	5	6	6,3	4	3
7	4,4	2	1	7	3,6	0,3	4
8	1,9	0,6	1	8	3,5	43	5
9	4,6	0,4	2	9	7,1	0,9	3
10	4,8	9	3	10	8,5	1	4
11	3,9	7	3	11	4,4	4	2
12	5,1	5	4	12	5,2	3	1
13	5,2	10	5	13	6,2	6	2
14	4,7	12	3	14	3,3	2	3
15	4,5	6	4	15	4,4	3	3
16	2,6	3	5	16	1,9	0,5	2
17	2,8	4	3	17	4,6	0,3	1
18	2,9	1	3	18	4,8	0,1	1
19	4,3	2	2	19	3,9	4	3
20	4,5	3	1	20	4,7	3	4
21	7,4	4	2	21	4,5	0,2	4
22	7,5	0,5	3	22	2,6	5	5
23	1,5	5	4	23	2,8	0,7	4
24	1,8	4	4	24	1,9	12	3
25	5,3	2	3	25	4,6	0,1	4
26	6,4	6	2	26	4,8	21	4

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8
27	5,5	1	2	27	3,9	1,3	3
28	5,4	0,4	2	28	5,1	0,8	2
29	3,5	0,3	1	29	8,5	2	2
30	3,7	6	1	30	4,4	5	3
31	5,5	0,5	2	31	6,3	0,45	3
32	6,3	2,3	2	32	3,2	10,1	2
33	5,1	3,4	3	33	1,6	12	1
34	5,0	0,4	4	34	1,9	6	1
35	4,8	13	5	35	5,3	4	3
36	4,7	0,3	5	36	1,8	2	2
37	4,6	0,8	4	37	5,3	3	4
38	3,6	22	3	38	6,4	0,2	5
39	4,1	3,3	2	39	5,5	0,06	5
40	1,3	4,4	3	40	5,4	1	3
41	1,8	21	4	41	3,5	4	4
42	2,4	0,5	3	42	6,3	0,34	4
43	3,4	0,3	3	43	4,1	9	5
44	6,3	0,5	5	44	1,3	8	5
45	3,6	1	5	45	1,8	2,3	3
46	3,5	2	5	46	2,4	3,4	4
47	7,1	3	4	47	3,4	0,4	5
48	8,5	4	2	48	6,2	0,48	5
49	4,4	0,5	3	49	4,7	5	4
50	5,2	0,45	1	50	5,1	2	4

В таблиці 2.4 наведені дані щодо того, які робочі місця конкретно установлені на ділянках цеху для варіанта, що його повинен виконати студент, а також дані щодо кількості святкових та вихідних днів в році, числа змін та їх тривалості.

Керуючись даними таблиць 2.3 та 2.4, потрібно:

1. Для кожного робочого місця ділянок "А" та "Б", що їх студент повинен проаналізувати згідно зі своїм завданням, розрахувати коефіцієнт спеціалізації та визначити тип виробництва.
2. Визначити тип виробництва на кожній ділянці, зробити порівняння та висновки.
3. Розрахувати для кожної ділянки рівень механізації праці, рівень ручної праці, рівень механізації робіт та рівень ручних робіт.
Примітка. При використанні формул 2.3 та 2.4 враховувати, що на одному робочому місці при одній зміні роботи працює один робітник, при двох змінах – два робітники, при трьох змінах – 3 робітники відповідної групи.
4. Зробити висновки щодо організаційно-технічного рівня виробництва на ділянках "А" та "Б".

Таблиця 2.4 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Номери робочих місць, які конкретно установлені на дільницях	Д _к , дні	Д _в , дні	m _{зм}	T _{зм} , годин
1	з 1 по 30	365	110	1	8
2	з 2 по 31	365	111	2	8
3	з 3 по 32	366	112	1	7,9
4	з 4 по 33	365	113	2	7,7
5	з 5 по 34	365	121	1	8,2
6	з 6 по 35	365	123	2	8,1
7	з 7 по 36	366	134	1	8,15
8	з 8 по 37	365	120	2	8
9	з 9 по 38	365	119	3	8,1
10	з 10 по 39	365	134	2	7,8
11	з 11 по 40	366	132	1	7,9
12	з 12 по 41	365	135	1	8,0
13	з 13 по 42	365	142	2	8,1
14	з 14 по 43	366	129	3	8,15
15	з 15 по 44	365	167	2	8
16	з 16 по 45	365	126	1	8,1
17	з 17 по 46	365	132	2	7,81
18	з 18 по 47	366	137	2	7,9
19	з 19 по 48	365	120	1	8,0
20	з 20 по 49	365	123	1	8,1
21	з 21 по 50	365	132	2	8,15
22	з 22 по 50 та 1	366	143	3	8
23	з 23 по 50 та з 1 по 2	365	132	2	8,1
24	з 23 по 50 та з 1 по 3	365	134	1	7,8
25	з 23 по 50 та з 1 по 4	366	143	2	7,9
26	з 23 по 50 та з 1 по 5	365	128	3	8,0
27	з 23 по 50 та з 1 по 6	365	128	2	7,7
28	з 23 по 50 та з 1 по 7	365	110	2	8,2
29	з 23 по 50 та з 1 по 8	366	109	1	8,0
30	з 23 по 50 та з 1 по 9	365	105	1	8,17

2.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення понять “виробничий процес” та “технологічний процес”. Зробіть порівняльну характеристику цих понять.
2. Дайте означення поняття “технологічна операція”.
3. За якими ознаками можна класифікувати виробничі процеси?
4. Наведіть класифікацію виробничих процесів за роллю, яку вони відіграють в процесі виробництва. Дайте характеристику цих процесів.
5. Наведіть класифікацію виробничих процесів за стадією їх здійснення в процесі виробництва. Дайте характеристику цих процесів.
6. Наведіть класифікацію виробничих процесів за видами засобів праці, які застосовуються у виробництві. Дайте характеристику цих процесів.

7. Наведіть класифікацію виробничих процесів за рівнем організації (або за складністю). Дайте характеристику цих процесів. Сформулюйте головну задачу організатора виробництва (менеджера).
8. Назвіть та охарактеризуйте основні принципи організації виробничого процесу.
9. Дайте означення поняття “тип виробництва”. Які основні типи виробництва ви знаєте?
10. Дайте характеристику одиничного типу виробництва.
11. Дайте характеристику серійного типу виробництва.
12. Дайте характеристику масового типу виробництва.
13. Зробіть порівняльну характеристику одиничного, серійного та масового типів виробництва за такими ознаками, як спеціалізація (номенклатура виробів) та стабільність номенклатури.
14. Зробіть порівняльну характеристику одиничного, серійного та масового типів виробництва за такими ознаками, як ритмічність та обсяги виробництва.
15. Зробіть порівняльну характеристику одиничного, серійного та масового типів виробництва за видами обладнання та технологічного оснащення, що застосовується, а також за кваліфікацією робітників.
16. Зробіть порівняльну характеристику одиничного, серійного та масового типів виробництва за особливостями розробки технологічних процесів.
17. Що означає та як розраховується коефіцієнт спеціалізації робочого місця?
18. Як визначити тип виробництва робочого місця?
19. Як визначити тип виробництва цеху, підприємства?
20. Як розрахувати організаційно-технічний рівень виробництва?
21. Якими одиничними показниками характеризується організаційно-технічний рівень виробництва? Як вони розраховуються?
22. Назвіть групи робітників за рівнем механізації та автоматизації їх праці. Дайте характеристику цих груп робітників.
23. Якими співвідношеннями пов’язані між собою показники “рівень механізації праці” та “рівень ручної праці”, “рівень механізації робіт” та “рівень ручних робіт”?
24. Як розраховується зведений показник, який характеризує організаційно-технічний рівень виробництва?

2.4 Задачі для розв’язування

1. Рівень ручної праці в цеху складає 47%. Після того, як 27 робочих місць, які були раніше установлені в цеху, механізували, рівень ручної праці зменшився до 38%. Загальна кількість робочих місць при цьому не змінилась. Підрахуйте скільки в цеху загалом було робочих місць.

2. Рівень ручної праці в цеху складає 40%. Після того, як в цеху додатково установили 20 механізованих робочих місць, рівень ручної праці зменшився до 30%.

Підрахуйте скільки в цеху було робочих місць до моменту установки додаткових.

3. Рівень ручної праці в цеху складає 45%. Загальна кількість робочих місць в цеху – 120.

Підрахуйте скільки потрібно механізувати наявних робочих місць, щоб рівень ручної праці зменшився до 30%.

4. Рівень ручної праці в цеху складає 45%. Загальна кількість робочих місць в цеху – 120.

Підрахуйте скільки потрібно додатково поставити механізованих робочих місць, щоб рівень ручної праці зменшився до 30%.

5. У зв'язку зі збільшенням обсягу виробництва на 1000 шт. за рік коефіцієнт спеціалізації робочого місця змінився з 12 до 6. Номінальний фонд часу роботи робочого місця за рік складає 2400 годин.

Підрахуйте тривалість технологічної операції на даному робочому місці.

6. У зв'язку з технічним удосконаленням робочого місця тривалість виконання технологічної операції зменшилась і стала 3 хв. Коефіцієнт спеціалізації робочого місця залишився без змін та дорівнює 16. Номінальний фонд часу роботи робочого місця за рік складає 2400 годин.

Підрахуйте на скільки збільшився обсяг обробки виробів на цьому робочому місці, якщо до нововведення на робочому місці здійснювалась обробка 1800 деталей за рік.

7. Рівень механізації праці в цеху складає 27%. Після того, як 30 робочих місць, на яких раніше робота виконувалась вручну, механізували, рівень механізації праці підвищився до 42%. Загальна кількість робочих місць при цьому не змінилась.

Підрахуйте скільки в цеху загалом було робочих місць.

8. Рівень механізації праці в цеху складає 30%. Після того, як в цеху додатково установили 20 механізованих робочих місць, рівень механізації праці підвищився до 42,7%.

Підрахуйте скільки в цеху було робочих місць до моменту установки додаткових.

9. Рівень механізації робіт в цеху складає 20%. Загальна трудомісткість робіт – 100000 нормо-годин за рік. В результаті впровадження технічних удосконалень трудомісткість робіт, що їх виконують робітники першої групи, зросла на 1500 нормо-годин за рік, а загальна трудомісткість зменшилась на 8500 нормо-годин на рік.

Підрахуйте рівень механізації робіт в цеху після впровадження технічних удосконалень.

10. Рівень механізації робіт в цеху складає 25%. Трудомісткість робіт, що їх виконують робітники 1 та 2 групи, складає 50000 нормо-годин за рік. До складу цеху передали ділянку з річною трудомісткістю робіт 20000 нормо-годин, серед них – 4 тис. нормо-годин виконують робітники 1 та 2 груп.

Підрахуйте рівень механізації робіт в цеху після проведених структурних перетворень.

11. На робочому місці за рік здійснюється обробка 3920 деталей. Тривалість технологічної операції – 10 хв. Коефіцієнт спеціалізації робочого місця дорівнює 6. В році 365 календарних днів.

Підрахуйте скільки в цьому році було вихідних та святкових днів, якщо підприємство працює в 2 зміни, тривалість зміни – 8 годин.

12. Загальний організаційно-технічний рівень виробництва дорівнює 62,6% та характеризується 5-ма одиничними показниками. Серед них $K_1 = 34\%$, $K_2 = 74\%$, $K_3 = 50\%$, $K_4 = 24\%$. Питома вага кожного із цих показників в організаційно-технічному рівні виробництва складає, відповідно, 0,2, 0,3, 0,1 та 0,15.

Підрахуйте кількісне значення одиничного показника K_5 .

2.5 Відповіді на задачі

1. 300 місць.
2. 60 місць.
3. 18 місць.
4. 60 місць.
5. 12 хв.
6. 1200 деталей.
7. 200 місць.
8. $90,2 \approx 90$ місць.
9. 23,5 % .
10. 24,5%.
11. 120 днів.
12. 100%.

3

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: “Розрахунок тривалості виробничого циклу простого виробничого процесу”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з основ організації простого виробничого процесу у часі та розвинути практичні навички з розрахунку його тривалості в залежності від виду руху предметів праці в виробництві.

3.1 Теоретична частина

Простим виробничим процесом називається такий процес, при якому технологічні та інші операції послідовно здійснюються над одним або партією предметів праці, в результаті чого виготовляється певна продукція. Однією із основних характеристик виробничого процесу є виробничий цикл.

Виробничий цикл – календарний відрізок часу від початку до закінчення процесу виготовлення того чи іншого виробу (заготовки, деталі, вузла, машини) або партії цих виробів. Протягом цього календарного періоду виріб (або партія виробів) проходить усі операції виробничого процесу або певної його частини і перетворюється на завершений продукт. Під *партією* виробів розуміють певну кількість однакових предметів, які проходять обробку на кожній технологічній операції безперервно, з однократною витратою підготовчо-прикінцевого часу.

Тривалість виробничого циклу виробництва того чи іншого виробу необхідно знати для визначення потреби підприємства в матеріалах, трудових ресурсах, оборотних (обігових) коштах тощо.

Загалом виробничий цикл складається з *робочого періоду* (або *часу оброблення*) та *часу перерв* (або *часу пролежування*). Структура виробничого циклу наведена на рис. 3.1.

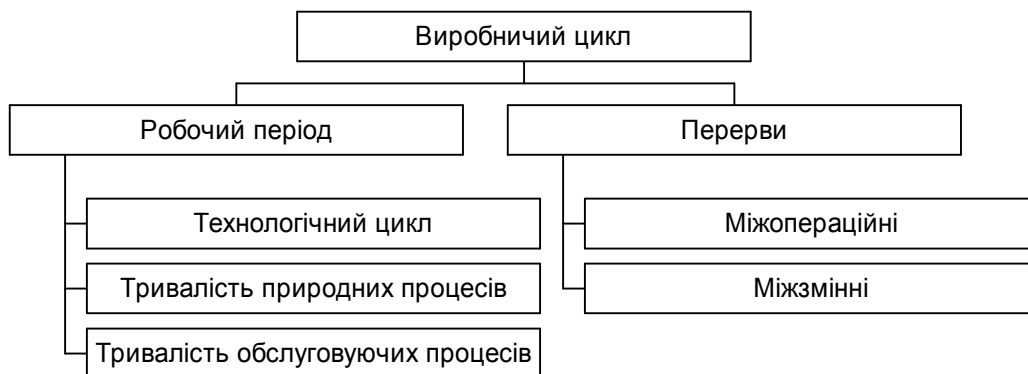


Рисунок 3.1– Структура виробничого циклу

Протягом *робочого періоду (або часу оброблення)* здійснюються технологічні операції, в результаті яких безпосередньо відбувається обробка того чи іншого виробу, проходять обслуговуючі (контрольні, вантажо-розвантажувальні, транспортні, складські) операції та минають природні процеси. До останніх належать, наприклад, повітряна сушка пофарбованих деталей, охолодження нагрітих поковок тощо.

Під час перерв (або під час пролежування) ніяких дій над виробами не проводиться.

Перерви в залежності від причин, що їх викликали, можуть бути поділені на міжопераційні та міжзмінні. *Міжопераційні* перерви, в свою чергу, поділяються на перерви партійності, очікування та комплектування. Перерви *партійності* обумовлені тим, що кожний виріб, який проходить обробку в складі партії, “пролежує” без обробки два рази: один раз до початку, а другий раз після закінчення обробки цього виробу на даній технологічній операції. Перерви *очікування* виникають тоді, коли попередня операція, на якій здійснюється обробка виробу, закінчується раніше, ніж звільняється робоче місце, на якому повинна виконуватись наступна операція над даним виробом. Перерви *комpletування* виникають на складальних операціях, коли готові деталі та вузли, що входять до складу певного виробу, повинні “пролежувати” без подальшої обробки у зв’язку з незакінченістю обробки інших деталей та вузлів, які входять разом з першими до складу даного виробу.

Міжзмінні перерви складають *перерви на обід* (в окремих випадках), *перерви між робочими змінами*, а також *вихідні та святкові дні*.

Тривалість виробничого циклу $T_{\text{ц}}$ структурно можна визначити за формулою:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{т}} + T_{\text{пр}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{пер}}, \quad (3.1)$$

де $T_{\text{т}}$ – тривалість технологічного циклу, одиниць часу;

$T_{\text{пр}}$ – тривалість збігання природних процесів, одиниць часу;

$T_{\text{обс}}$ – тривалість здійснення обслуговуючих процесів, одиниць часу;

$T_{\text{пер}}$ – час перерв, одиниць часу.

Тривалість виробничого циклу обробки того чи іншого виробу залежить від особливостей технології, яка застосовується для його виготовлення, рівня організації праці на виробництві, продуктивності обладнання, що використовується, виду технологічного оснащення, можливості перекриття виконання одних технологічних операцій іншими тощо. У випадку, коли *не враховується* можливість перекриття часу перерв та часу збігання природних процесів іншими технологічними та обслуговуючими операціями, тривалість виробничого циклу $T_{\text{ц}}$ (в календарних днях) виготовлення виробу можна розрахувати за формулою:

$$T_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{т}} + (m - 1) \cdot T_{\text{мо}} + (m_{\text{ц}} - 1) \cdot T_{\text{мц}}}{T_{\text{зм}} \cdot m_{\text{зм}} \cdot 60} \cdot K + \frac{T_{\text{пр}}}{24}, \quad (3.2)$$

де $T_{\text{т}}$ – тривалість технологічного циклу, хв.;
 m – кількість технологічних операцій, шт.;
 $T_{\text{мо}}$ – середня тривалість міжопераційних перерв (пролежування) при виготовленні виробу, хв.;

$m_{\text{ц}}$ – кількість цехів або інших структурних підрозділів, шт.;
 $T_{\text{мц}}$ – середня тривалість міжцехового пролежування при виготовленні виробу, хв.;

$T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, годин;

$m_{\text{зм}}$ – число змін;

K – коефіцієнт перерахунку робочих днів в календарні:

$$K = \frac{365(366)}{D_{\text{р}}};$$

$D_{\text{р}}$ – число робочих днів в даному році;

$1/60$ – коефіцієнт перерахунку хвилин в години;

$T_{\text{пр}}$ – тривалість збігання природних процесів, годин;

$1/24$ – коефіцієнт перерахунку годин в календарні дні.

Основною складовою частиною виробничого циклу є *технологічний цикл*, який являє собою сукупність технологічних операцій з виготовлення певної партії виробів. Технологічний цикл, в свою чергу, складається із низки операційних циклів. *Операційний цикл* – це виконання i -ої технологічної операції над партією виробів на одному робочому місці.

Тривалість операційного циклу T_{oi} або час обробки партії виробів на i -ій технологічній операції розраховується за формулою:

$$T_{\text{oi}} = \frac{n \cdot t_i}{C_i}, \quad (3.3)$$

де n – число виробів (предметів праці), шт.;

t_i – тривалість виконання i -ої технологічної операції, хв.;

C_i – число робочих місць на i -ій технологічній операції.

Тривалість технологічного циклу *не є арифметичною сумою* тривалостей операційних циклів, а залежить від способу передачі виробів (предметів праці) з одного робочого місця на інше або від так званого *руху предметів праці в виробництві*.

Існують послідовний, послідовно-паралельний (або змішаний) та паралельний види руху предметів праці в виробництві.

При *послідовному виді руху* предметів праці в виробництві вся партія виробів, які обробляються, передається з попередньої операції на наступну тільки після повного завершення обробки всіх предметів праці на попередній операції. Даний вид руху предметів праці простий в плануванні, але тривалий за часом та вимагає додаткових площ для складування деталей. Цей вид руху предметів праці характерний для одиничного типу виробництва.

Графік послідовного виду руху для 4-х предметів праці ($n = 4$) та 5-ти операцій ($m = 5$) наведений на рис. 3.2.

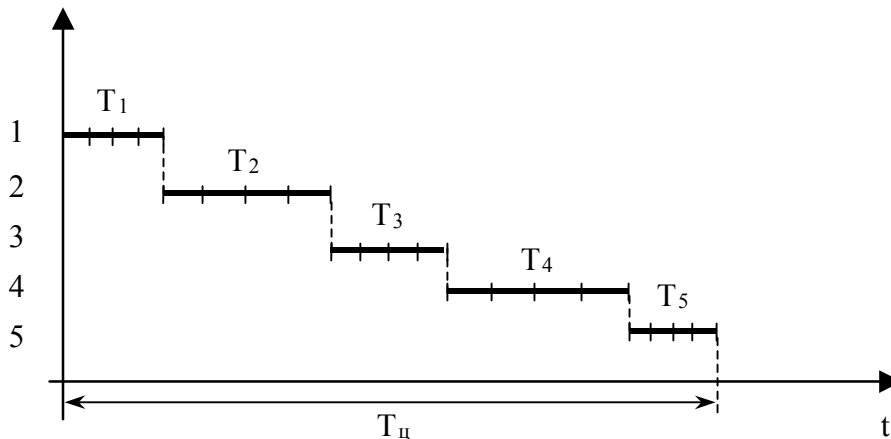


Рисунок 3.2 – Послідовний вид руху предметів праці

Тривалість технологічного циклу $T_{\text{посл}}$ при послідовному виді руху предметів праці у виробництві розраховується за формулою:

$$T_{\text{посл}} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_i}, \quad (3.4)$$

де n – величина партії предметів праці, шт.;

m – число операцій;

t_i – тривалість виконання i -ої технологічної операції, хв.;

C_i – число робочих місць на i -ій технологічній операції.

При *послідовно-паралельному (або змішаному) виді руху* предметів праці у виробництві відбувається часткове перекриття часу виконання суміжних операцій таким чином, що обробка партії виробів на наступній операції починається ще до закінчення обробки всієї партії виробів на попередній операції.

При організації даного виду руху предметів праці дотримуються двох основних правил. По-перше, скорочення тривалості технологічного циклу повинно бути максимальним, а по-друге, виконання технологічних операцій на кожному робочому місці повинно бути безперервним.

Послідовно-паралельний (змішаний) вид руху предметів праці скорочує тривалість технологічного циклу виготовлення партії виробів, але є більш складним для планування та реалізації. Цей вид руху характерний для серійного типу виробництва.

Графік послідовно-паралельного (змішаного) виду руху для 4-х предметів праці ($n = 4$), 5-ти технологічних операцій ($m = 5$) та поштучній передачі виробів з одного робочого місця на інше наведений на рис. 3.3.

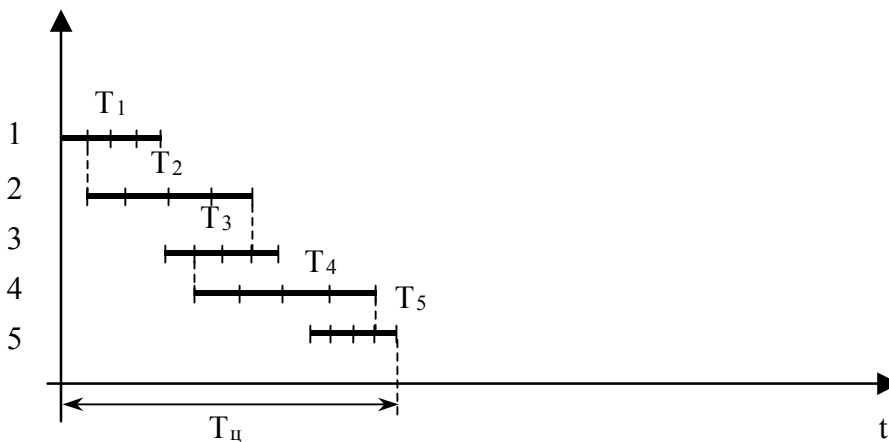


Рисунок 3.3 – Послідовно-паралельний (змішаний) вид руху предметів праці

При побудові графіка руху предметів праці при послідовно-паралельному (змішаному) виді руху предметів праці в виробництві потрібно дотримуватись таких правил:

а) якщо *наступна операція триваліша за попередню*, то передача предметів праці відбувається одразу після закінчення обробки першого предмету праці (або першої транспортної партії) на попередній операції. В цьому випадку графік обробки предметів праці будується праворуч від точки передачі;

б) якщо *наступна операція коротша за попередню*, то спочатку з кінця відрізка, що визначає тривалість обробки партії предметів праці на попередній операції, опускається перпендикуляр. Далі праворуч відкладають тривалість обробки одного предмету праці (або однієї транспортної партії) на наступній операції, а ліворуч – тривалість обробки всіх інших предметів праці (або інших транспортних партій), що залишились, на цій же операції.

Тривалість технологічного циклу $T_{п/п}$ при послідовно-паралельному (або змішаному) виді руху предметів праці розраховується за формулою:

$$T_{п/п} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_i} - (n - p) \sum_{i=1}^{m-1} \left(\frac{t_i}{C_i} \right)_{ж}, \quad (3.5)$$

де p – величина транспортної (або передаточної) партії виробів, шт.;

$\sum_1^{m-1} \left(\frac{t_i}{C_i} \right)_{\text{ж}}$ – сума найбільш коротких операцій із кожної пари суміжних,

хв.

Досить часто при використанні послідовно-паралельного (змішаного) руху предметів праці в виробництві потрібно знати, через який час буде виготовлена перша транспортна партія виробів.

Час виготовлення *першої транспортної партії виробів* при послідовно-паралельному (змішаному) виді руху предметів праці у виробництві $T_{\text{п/п}(1)}$ можна розрахувати за формулою:

$$T_{\text{п/п}(1)} = T_{\text{п/п}} - (n - p) \cdot t_{\text{ост}}, \quad (3.6)$$

де $t_{\text{ост}}$ – тривалість технологічної операції, яка виконується на останньому робочому місці, хв.

При *паралельному виді* руху предметів праці у виробництві окремі вироби (або окремі транспортні партії) передаються з попередньої операції на наступну одразу після закінчення обробки на попередній операції незалежно від всіх інших виробів. В цьому випадку повністю завантажуються обладнання тільки на найбільш трудомісткій операції, а всі інші операції виконуються з перервами.

Паралельний вид руху предметів праці найбільше скорочує тривалість технологічного циклу, але вимагає наявності паралельних робочих місць. Цей вид руху характерний для масового типу виробництва.

При побудові графіка руху предметів праці при паралельному виді руху предметів праці у виробництві потрібно дотримуватись таких правил:

а) спочатку будують графік обробки одного предмету праці (або однієї транспортної партії) на всіх операціях, починаючи від першої і закінчуючи останньою. В результаті отримують графік, який має вигляд сходинок;

б) визначають найбільш трудомістку (найтривалішу) операцію;

в) для найбільш трудомісткої (найтривалішої) операції праворуч безперервно відкладають тривалість обробки всіх інших предметів праці (або всіх інших транспортних партій);

г) через точки, які характеризують час закінчення обробки кожного із предметів праці (кожної із транспортної партії виробів) на найбільш трудомісткій (найтривалішій) операції, будують решту графіків-сходинок, паралельних тому, який був побудований в пункті “а”.

Графік паралельного виду руху предметів праці для 4-х предметів праці ($n=4$), 5-ти технологічних операцій ($m=5$) та поштучній передачі предметів праці з одного робочого місця на інше наведений на рис. 3.4.

Тривалість технологічного циклу $T_{\text{пар}}$ при паралельному виді руху предметів праці у виробництві розраховується за формулою:

$$T_{\text{пар}} = p \sum_1^m \frac{t_i}{C_i} + (n - p) \left(\frac{t_i}{C_i} \right)_d, \quad (3.7)$$

де $\left(\frac{t_i}{C_i} \right)_d$ – тривалість найбільш трудомісткої (головної) операції, хв.

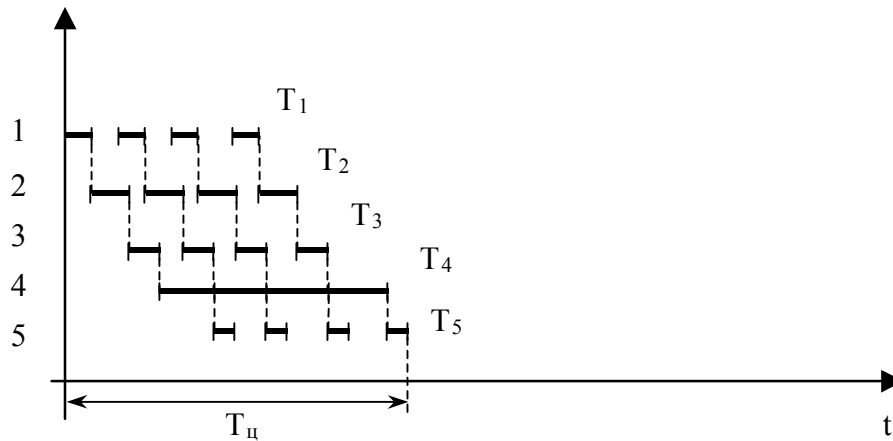


Рисунок 3.4 – Паралельний вид руху предметів праці

Паралельний вид руху характеризується найкоротшою тривалістю технологічного циклу. Разом з цим, паралельний вид руху предметів праці має суттєвий недолік: всі технологічні операції, за винятком найтривалішої, виконуються з перервами, що викликає простій обладнання. Винятком є тільки один випадок, при якому тривалості окремих операцій або рівні між собою, або кратні будь-якому цілому числу. Така ситуація характерна для потокового виробництва.

3.2 Завдання для самостійного виконання

В таблиці 3.1 наведені дані варіантів технологічних процесів обробки партії виробів.

Таблиця 3.1 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Партія виробів n, шт.	Транспортна партія р, шт.	Норми часу на операціях, хв. m=6						Число робочих місць на операціях					
			t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	300	30	10	8	6	4	3	2	1	1	1	2	1	1
2	400	50	8	5	3	7	6	1	2	1	3	1	1	1
3	500	50	9	8	4	7	2	9	3	1	1	1	1	3
4	600	60	8	5	3	2	7	8	2	1	1	1	1	2
5	650	50	7	5	3	9	4	3	1	1	3	3	2	1
6	350	70	1	2	4	7	4	9	1	1	1	1	2	3
7	200	20	3	4	1	6	3	9	1	2	1	2	3	1

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
8	750	50	5	6	3	8	2	1	1	2	1	2	1	1
9	400	80	7	4	2	4	9	6	1	1	2	2	1	1
10	900	100	5	8	3	9	4	1	1	4	1	3	1	1
11	700	70	4	7	5	1	3	5	1	1	1	1	3	1
12	450	90	4	5	2	8	1	4	1	1	1	2	1	1
13	600	100	5	3	8	6	1	3	1	3	1	1	1	1
14	300	30	7	6	5	3	9	7	1	2	1	1	3	1
15	800	160	4	5	9	2	2	1	2	1	3	1	1	1
16	400	80	4	6	2	9	7	5	1	2	1	1	1	1
17	500	100	6	3	5	8	9	1	3	1	1	1	3	1
18	200	40	3	7	4	1	1	9	1	1	1	1	1	3
19	250	50	4	5	7	2	1	8	1	1	1	1	1	2
20	350	70	5	8	3	1	9	5	1	4	1	1	1	1
21	420	60	4	1	1	8	4	3	1	1	1	1	2	1
22	560	70	3	4	8	5	5	2	3	1	2	1	1	1
23	360	90	4	5	8	2	5	5	2	1	2	1	1	1
24	720	80	6	4	2	9	6	2	3	1	1	3	1	1
25	980	140	1	3	8	2	9	1	1	1	4	2	3	1
26	420	70	2	2	2	3	1	1	2	2	1	3	1	1
27	220	44	1	2	9	9	9	4	1	1	3	3	3	2
28	560	80	1	1	10	2	6	7	1	1	1	2	2	1
29	280	40	1	2	3	4	5	6	1	1	3	2	1	2
30	640	80	6	6	7	8	1	1	3	3	1	2	1	1

В таблиці 3.2 наведені дані щодо режимів роботи цеху та інформація про те, після закінчення якої операції відбуваються природні процеси.

Таблиця 3.2 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	$m_{зм}$	$T_{зм}$, годин	$T_{мо}$, хвилин	$T_{пр}$, годин	Після цієї операції відбу- ваються природні процеси	$D_{к}$, дні	$D_{р}$, дні
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	8	200	146	після 1-ої	365	254
2	2	7,9	300	156	після 2-ої	365	267
3	3	8,1	230	153	після 3-ої	365	250
4	2	8,2	400	176	після 4-ої	366	240
5	1	7,8	150	157	після 5-ої	365	243
6	1	8,0	100	100	після 4-ої	365	244
7	2	7,85	90	120	після 3-ої	365	246
8	1	8,15	250	90	після 2-ої	366	252
9	2	8,05	180	100	після 3-ої	365	239
10	3	7,95	320	140	після 4-ої	365	260
11	2	8,01	160	125	після 3-ої	365	265
12	1	8,03	180	154	після 5-ої	366	257
13	2	7,97	240	143	після 1-ої	365	255
14	2	7,98	400	160	після 3-ої	365	245
15	3	8,06	500	97	після 2-ої	365	249
16	2	8,07	580	200	після 4-ої	366	216
17	1	8,09	540	160	після 1-ої	365	218
18	1	8,16	380	170	після 4-ої	365	220
19	2	8,14	760	180	після 3-ої	365	221
20	1	7,95	600	210	після 5-ої	366	222
21	2	7,98	550	210	після 4-ої	365	223
22	3	7,86	500	160	після 3-ої	365	219

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8
23	2	7,84	450	187	після 2-ої	365	243
24	3	7,82	650	190	після 3-ої	366	235
25	1	7,87	470	190	після 4-ої	365	233
26	2	8,0	480	240	після 3-ої	365	231
27	1	8,02	370	120	після 2-ої	365	230
28	1	8,09	200	169	після 5-ої	366	231
29	2	7,99	430	138	після 4-ої	366	220
30	1	8,05	530	185	після 2-ої	365	210

Керуючись даними таблиць 3.1 та 3.2, потрібно:

1. Для визначеного варіанта завдання розрахувати тривалість операційного циклу обробки транспортної та всієї партії деталей на кожній із операцій.
2. Розрахувати тривалість технологічного циклу обробки партії виробів при послідовному, послідовно-паралельному (змішаному) та паралельному видах руху предметів праці в виробництві. Зробити порівняння та висновки.
3. Розрахувати час виготовлення першої партії виробів для послідовно-паралельного (змішаного) виду руху предметів праці у виробництві.
4. Побудувати графіки виготовлення партії виробів при послідовному, послідовно-паралельному (змішаному) та паралельному видах руху предметів праці у виробництві без урахування втрат часу на пролежування виробів та часу збігання природних процесів.
5. Розрахувати тривалість (в календарних днях) виробничого циклу виготовлення партії виробів для послідовного, послідовно-паралельного (змішаного) та паралельного виду руху партії виробів у виробництві.
6. Побудувати графіки виготовлення партії виробів при послідовному, послідовно-паралельному (змішаному) та паралельному видах руху предметів праці у виробництві з урахуванням втрат часу на пролежування виробів між операціями та часу збігання природних процесів.
7. Зробити висновки.

3.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення понять: “простий виробничий процес”, “виробничий цикл”, “партія виробів”.
2. Охарактеризуйте суть, складові та структуру виробничого циклу.
3. Зробіть порівняльний аналіз понять “виробничий цикл” та “технологічний цикл”.
4. Дайте розгорнуту характеристику робочого періоду як складової частини виробничого циклу.

5. Дайте розгорнуту характеристику перерв як складової частини виробничого циклу.
6. Поясніть за яких обставин виникають перерви партійності, очікування, комплектування.
7. Наведіть структурну формулу, за якою можна визначити тривалість виробничого циклу. Поясніть суть цієї формули.
8. За якою формулою можна розрахувати тривалість виробничого циклу (в календарних днях) виготовлення партії виробів? За яких обставин можна користуватись даною формулою?
9. Як можна розрахувати тривалість операційного циклу (або час обробки партії виробів) на певній технологічній операції?
10. Охарактеризуйте суть послідовного, послідовно-паралельного (змішаного) та паралельного видів руху предметів праці у виробництві. Зробіть їх порівняльну характеристику. Наведіть переваги та недоліки кожного із цих видів.
11. Дайте розгорнуту характеристику послідовного виду руху предметів праці у виробництві. Як можна розрахувати тривалість виробничого циклу для цього виду руху предметів праці?
12. Дайте розгорнуту характеристику послідовно-паралельного (змішаного) виду руху предметів праці у виробництві. Як можна розрахувати тривалість виробничого циклу для цього виду руху предметів праці?
13. Якими правилами потрібно користуватись, щоб запровадити послідовно-паралельний (змішаний) вид руху предметів праці у виробництві?
14. Якими правилами потрібно користуватись, щоб побудувати графік послідовно-паралельного (змішаного) виду руху предметів праці у виробництві?
15. В яких випадках виникає потреба визначити час виготовлення першої (другої, третьої тощо) партії виробів при використанні послідовно-паралельного (змішаного) виду руху предметів праці у виробництві?
16. Самостійно виведіть формули, за якими можна розрахувати час виготовлення другої та третьої партії виробів при застосуванні послідовно-паралельного (змішаного) виду руху предметів праці в виробництві.
17. Дайте розгорнуту характеристику паралельного виду руху предметів праці у виробництві. Як можна розрахувати тривалість виробничого циклу для цього виду руху предметів праці?
18. Якими правилами потрібно користуватись, щоб побудувати графік паралельного виду руху предметів праці у виробництві?

3.4 Задачі для розв'язування

1. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій. Норми часу на операціях складають: $t_1 = 6$ хв., $t_2 = 4$ хв., $t_3 = 8$ хв.,

$t_4 = 10$ хв. На третій операції знаходиться 2 робочих місця. Величина партії виробів, що обробляються, дорівнює 100 шт., величина передаточної (або транспортної) партії складає 20 шт.

Визначити як зміниться тривалість технологічного циклу, якщо паралельний вид руху виробів замінити послідовно-паралельним.

2. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій. Норми часу на операціях: $t_1 = 8$ хв., $t_2 = 6$ хв., $t_3 = 10$ хв., $t_4 = 12$ хв. На четвертій операції знаходиться 3 робочих місця. Величина партії виробів, що обробляються, складає 80 шт., величина передаточної (або транспортної) партії 20 шт.

Визначити як зміниться тривалість технологічного циклу, якщо послідовно-паралельний (змішаний) вид руху виробів замінити паралельним.

3. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій. Норми часу на операціях: $t_1 = 8$ хв., $t_2 = 6$ хв., $t_3 = 10$ хв., $t_4 = 12$ хв. На четвертій операції знаходиться 3 робочих місця. Величина партії виробів, що обробляються, складає 80 шт., величина передаточної (транспортної) партії 20 шт. Вид руху виробів у виробництві – послідовно-паралельний (змішаний). Треба скоротити тривалість технологічного циклу виготовлення партії виробів на 160 хвилин.

Як це зробити, не змінюючи при цьому тривалості технологічних операцій та кількості обладнання?

4. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій. Норми часу на операціях: $t_1 = 10$ хв., $t_2 = 8$ хв., $t_3 = 12$ хв., $t_4 = 16$ хв. На четвертій операції знаходиться 4 робочих місця. Величина партії виробів, що обробляються, складає 60 шт., величина передаточної (транспортної) партії 20 шт. Вид руху виробів у виробництві – паралельний. Треба скоротити тривалість технологічного циклу виготовлення партії виробів на 110 хвилин.

Як це зробити, не змінюючи при цьому тривалості технологічних операцій та кількості обладнання?

5. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій. Норми часу на операціях: $t_1 = 8$ хв., $t_2 = 6$ хв., $t_3 = 10$ хв., $t_4 = 12$ хв. На четвертій операції знаходиться 3 робочих місця. Величина партії виробів, що обробляються, складає 120 шт., величина транспортної (передаточної) партії 30 шт. Вид руху виробів у виробництві – послідовно-паралельний (змішаний).

Підрахувати як зміниться тривалість технологічного циклу виготовлення виробу, якщо на другій операції додатково поставити ще одне робоче місце.

6. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій. Норми часу на операціях: $t_1 = 6$ хв., $t_2 = 3$ хв., $t_3 = 12$ хв., $t_4 = 10$ хв. На третій операції знаходиться 3 робочих місця. Величина партії виробів, що обробляються, складає 200 шт., величина передаточної (транспортної) партії 40 шт. Вид руху виробів у виробництві – послідовно-паралельний (змішаний).

Визначити через який час після початку обробки всієї партії виробів буде повністю готова перша передаточна (транспортна) партія виробів.

7. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій. Норми часу на операціях: $t_1 = 6$ хв., $t_2 = 3$ хв., $t_3 = 12$ хв., $t_4 = 10$ хв. На третій операції знаходиться 3 робочих місця, а на четвертій – 2 робочих місця. Величина партії виробів, що обробляються, дорівнює 100 шт., величина передаточної (транспортної) партії складає 25 шт. Вид руху виробів у виробництві – послідовно-паралельний (змішаний).

Визначити через який час після початку обробки всієї партії виробів будуть повністю готові друга та третя передаточні (транспортні) партії виробів.

8. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 3-х операцій з тривалістю технологічних операцій відповідно: $t_1=12$ хв., $t_2=8$ хв., $t_3=16$ хв. На кожній операції знаходиться по 4 робочих місця. Вид руху виробів – паралельний. Величина партії виробів, що проходять обробку, складає 20 шт., а величина передаточної партії – 5 шт.

Визначити як зміниться тривалість технологічного циклу виготовлення партії виробів, якщо з другої операції забрати 2 робочих місця.

9. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій. Вид руху – послідовно-паралельний (змішаний). На кожній операції знаходиться по одному робочому місцю. Величина партії виробів – 12 шт., передаточна партія – 4 вироби. Тривалість технологічного циклу дорівнює 100 хв. Четверта операція коротша за третю.

Визначити тривалість четвертої операції, якщо норми часу виконання операцій такі: $t_1=4$ хв., $t_2=3$ хв., $t_3=5$ хв.

10. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій. Вид руху – послідовно-паралельний (змішаний). На кожній операції знаходиться по одному робочому місцю. Величина партії виробів дорівнює 12 шт., передаточна партія – 4 вироби. Тривалість технологічного циклу складає 128 хв. Четверта операція триваліша за третю.

Визначити тривалість четвертої операції, якщо норми часу виконання операцій такі: $t_1=4$ хв., $t_2=3$ хв., $t_3=5$ хв.

11. Обробляється партія виробів. Вид руху – послідовно-паралельний (змішаний). При зменшенні величини передаточної партії в два рази тривалість технологічного циклу скоротиться на 100 хв.

Визначити якою була величина передаточної партії виробів, якщо сума коротких операцій із кожної пари суміжних дорівнює 50 хв.

12. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій. Вид руху – послідовно-паралельний (змішаний). На кожній операції знаходиться по одному робочому місцю. Величина партії виробів дорівнює 10 шт., передаточна партія – 2 вироби. Тривалість технологічного циклу – 76 хв. Перша технологічна операція триваліша за другу.

Визначити якою була тривалість першої операції, якщо норми часу виконання операцій такі: $t_2=3$ хв., $t_3=5$ хв., $t_4=2$ хв.

13. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій. Вид руху – послідовно-паралельний (змішаний). На кожній технологічній операції знаходиться по два робочих місця. Величина партії виробів – 20 шт., передаточна партія – 4 вироби. Тривалість технологічного циклу – 176 хв. Друга технологічна операція коротша за першу та третю.

Визначити якою була тривалість другої операції, якщо норми часу виконання операцій такі: $t_1=8$ хв., $t_3=10$ хв., $t_4=4$ хв.

14. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій. Вид руху – послідовно-паралельний (змішаний). На кожній технологічній операції знаходиться по одному робочому місцю. Величина партії виробів – 12 шт., передаточна партія – 2 вироби. Тривалість технологічного циклу дорівнює 88 хв. Третя технологічна операція триваліша за другу та четверту.

Визначити якою була тривалість третьої операції, якщо норми часу виконання операцій такі: $t_1=4$ хв., $t_2=3$ хв., $t_4=2$ хв.

15. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 4-х технологічних операцій. Вид руху – паралельний. На кожній технологічній операції знаходиться по одному робочому місцю. Тривалість виконання операцій: $t_1=4$ хв., $t_2=3$ хв., $t_3=4$ хв., $t_4=5$ хв. Величина партії виробів дорівнює 30 шт., передаточна партія – 10 шт. Паралельний вид руху виробів у виробництві замінили послідовно-паралельним (змішаним).

Визначити якою повинна бути в цьому випадку величина передаточної партії виробів, щоб тривалість технологічного циклу не змінилась.

16. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій. Вид руху – послідовно-паралельний (змішаний). На кожній технологічній операції знаходиться по одному робочому місцю. Тривалість виконання

операцій: $t_1=3$ хв., $t_2=2$ хв., $t_3=8$ хв., $t_4=1$ хв. Величина партії виробів 40 шт., передаточна партія – 10 виробів. Послідовно-паралельний (змішаний) вид руху виробів замінили паралельним.

Визначити якою повинна бути в цьому випадку величина передаточної партії, щоб тривалість технологічного циклу не змінилась.

17. Обробляється партія виробів. Вид руху – послідовно-паралельний (змішаний). При збільшенні величини передаточної (транспортної) партії виробів в 2 рази тривалість технологічного циклу збільшилась на 300 хв.

Визначити якою була величина передаточної партії виробів, якщо сума коротких операцій із кожної пари суміжних дорівнює 75 хв.

18. Обробляється партія деталей. Вид руху – паралельний. При збільшенні величини партії деталей в 2 рази тривалість технологічного циклу збільшилась на 2000 хв.

Визначити якою була величина партії деталей, якщо тривалість найбільш трудомісткої (найтривалішої) операції дорівнює 20 хв.

19. Технологічний процес обробки виробу складається з 4-х операцій: $t_1=4$ хв., $t_2=3$ хв., $t_3=5$ хв., $t_4=2$ хв. Вид руху виробів – послідовно-паралельний (змішаний). На кожній технологічній операції знаходиться по одному робочому місцю. Величина партії виробів в 10 раз більша за величину передаточної партії. Тривалість технологічного циклу виготовлення партії виробів дорівнює 680 хв.

Визначити величину партії виробів та величину передаточної (транспортної) партії.

20. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій: $t_1=6$ хв., $t_2=3$ хв., $t_3=5$ хв., $t_4=1$ хв. Вид руху виробів – паралельний. На кожній технологічній операції знаходиться по одному робочому місцю. Величина партії виробів в 6 раз більша за величину передаточної партії. Тривалість технологічного циклу виготовлення партії виробів дорівнює 900 хв.

Визначити величину партії виробів та величину передаточної (транспортної) партії.

21. Величина передаточної (транспортної) партії виробів – 30 шт. Тривалість виконання технологічних операцій: $t_1=2$ хв., $t_2=3$ хв., $t_3=4$ хв. На першій та другій операціях встановлено по одному верстату, а на третій операції – 2 верстати. Середній час міжопераційного пролежування кожного виробу (час перерв) – 20 хв. Робота здійснюється у 2 зміни, тривалість кожної зміни 8 годин. Тривалість збігання природних процесів – 48 годин. Коефіцієнт перерахунку робочих днів в календарні – 1,359.

Розрахувати тривалість виробничого циклу обробки партії виробів кількістю в 300 шт. при послідовно-паралельному (змішаному) виді руху предметів праці у виробництві.

22. Величина передаточної (транспортної) партії виробів – 100 шт. Тривалість виконання технологічних операцій: $t_1=7$ хв., $t_2=3$ хв., $t_3=12$ хв. На першій та другій операціях встановлено по одному верстату, а на третій операції – 3 верстати. Середній час міжопераційного пролежування кожного виробу (час перерв) – 40 хв. Робота здійснюється у 2 зміни, тривалість кожної зміни – 8 годин. Тривалість збігання природних процесів – 120 годин. Коефіцієнт перерахунку робочих днів в календарні – 1,24.

Розрахувати тривалість виробничого циклу обробки партії виробів кількістю в 1000 шт. при паралельному виді руху предметів праці у виробництві.

23. Виробничий процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій: $t_1=4$ хв., $t_2=3$ хв., $t_3=6$ хв., $t_4=1$ хв. Вид руху – послідовно-паралельний (змішаний). На кожній технологічній операції знаходиться по одному робочому місцю. Величина партії виробів 3000 шт., передаточної партії – 500 шт. Середній час міжопераційного пролежування виробів – 200 хв. Робота здійснюється в одну зміну тривалістю 8 годин. Коефіцієнт перерахунку робочих днів в календарні – 1,34. З метою підвищення якості обробки виробів перша операція була розділена на дві операції з тривалістю, відповідно, 3 хв. та 1 хв.

Розрахувати як зміняться тривалості технологічного та виробничого циклу виготовлення партії виробів. Часом збігання природних процесів знехтувати.

24. Виробничий процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій: $t_1=4$ хв., $t_2=3$ хв., $t_3=6$ хв., $t_4=1$ хв. Вид руху – паралельний. На кожній операції знаходиться по одному робочому місцю. Величина партії деталей 1000 шт., передаточної партії – 250 шт. Середній час міжопераційного пролежування виробу – 100 хв. Робота здійснюється в одну зміну тривалістю 8 годин. Коефіцієнт перерахунку робочих днів в календарні – 1,45. З метою підвищення якості обробки виробів третя операція була розділена на дві операції з тривалістю 4 хв. та 2 хв.

Розрахувати як зміняться тривалості технологічного та виробничого циклу виготовлення партії виробів.

25. Виробничий процес виготовлення виробу складається з 3-х операцій: $t_1=5$ хв., $t_2=2$ хв., $t_3=0,5$ хв. Вид руху – паралельний. На кожній операції знаходиться по одному робочому місцю. Величина передаточної (транспорт-

ної) партії – 1 шт. Тривалість зміни – 482,5 хвилини, яку можна прийняти за тривалість технологічного циклу.

Розрахувати скільки виробів виготовлялось за зміну.

Разом з тим постало питання про максимальне збільшення обсягів виробництва. З метою організації виготовлення виробів без перерв на першу та другу операції поставили додаткові робочі місця.

Розрахувати скільки саме потрібно поставити додаткових робочих місць і який при цьому буде максимальний випуск виробів за зміну.

26. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій. Норми часу на операціях: $t_1 = 8$ хв., $t_2 = 6$ хв., $t_3 = 10$ хв., $t_4 = 12$ хв. На четвертій операції знаходиться 3 робочих місця. Величина партії виробів, що обробляються, складає 100 шт., величина транспортної (передаточної) партії 20 шт. Вид руху виробів у виробництві – послідовно-паралельний (змішаний).

Розрахувати як зміниться тривалість технологічного циклу виготовлення партії виробів, якщо першу та другу операції поміняти місцями.

27. Цех отримав замовлення виготовити 200 виробів. Процес обробки виробів складається з 6-ти технологічних операцій: $t_1 = 12$ хв., $t_2 = 20$ хв., $t_3 = 30$ хв., $t_4 = 3$ хв., $t_5 = 6$ хв., $t_6 = 5$ хв. На кожній операції знаходиться по одному робочому місцю. Вид руху виробів у виробництві – послідовно-паралельний (змішаний). Передаточна партія виробів – 40 шт. Цех працює в дві зміни. Тривалість зміни – 8 годин. Коефіцієнт перерахунку робочих днів в календарні – 1,596. Середній час міжопераційного пролежування кожного виробу – 200 хв.

Розрахувати коли саме потрібно розпочати виконувати замовлення, якщо термін його здачі замовнику – 1 липня.

28. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 5-ти технологічних операцій. Тривалість виконання кожної із операцій: $t_1 = 3$ хв., $t_2 = 4$ хв., $t_3 = 8$ хв., $t_4 = 5$ хв., $t_5 = 2$ хв. На кожній операції знаходиться по одному робочому місцю. Величина партії виробів, що обробляються, складає 100 шт., величина транспортної (передаточної) партії 20 шт. Вид руху виробів у виробництві – паралельний.

Є технічна можливість об'єднати четверту та п'яту операції в одну або третю та четверту операції в одну без зміни тривалості кожної із цих операцій.

Розрахувати при якому варіанті об'єднання технологічних операцій тривалість технологічного циклу виготовлення виробів буде найменшою.

3.5 Відповіді на задачі

1. Збільшиться на 160 хв.
2. Зменшиться на 120 хв.
3. Зменшити транспортну партію на 10 шт.
4. Зменшити транспортну партію на 5 шт.
5. Збільшиться на 180 хв.
6. 1400 хв.
7. 800 хв.; 925 хв.
8. Збільшиться на 10 хв.
9. 1 хв.
10. 6 хв.
11. 4 шт.
12. 4 хв.
13. 2 хв.
14. 5 хв.
15. 8 шт.
16. 15 шт.
17. 4 шт.
18. 100 шт.
19. 100 шт. та 10 шт.
20. 120 шт. та 20 шт.
21. 3,5 кал. дн.
22. 15 кал. дн.
23. Збільшиться, відповідно, на 2500 хв. та 7,6 кал. дн.
24. Зменшиться, відповідно, на 1500 хв. та 4,2 кал. дн.
25. 96 шт.; 12 верстатів; 963 шт.
26. Зменшиться на 160 хв.
27. З 17 червня.
28. 1080 хв.; 1080 хв.; 1480 хв.

4

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: “Розрахунок тривалості технологічного циклу виготовлення виробів за груповою технологією”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з основ організації технологічного циклу виготовлення виробів за груповою технологією та розвинути практичні навички з розрахунку його тривалості.

4.1 Теоретична частина

На підприємствах з високим рівнем організації виробничого процесу значна кількість виробів виготовляється за груповими технологіями. *Групова технологія* – це така послідовність технологічних операцій, за допомогою якої можна здійснювати обробку виробів з різними конструктивними, але загальними технологічними ознаками.

Групову технологію обробки виробів можна застосовувати за наявності таких умов:

- а) є група різних виробів, які мають певну конструктивно-технологічну подібність;
- б) із цих виробів можна умовно сконструювати такий виріб, який мав би всі поверхні обробки, характерні для кожного із цих наявних виробів;
- в) всі вироби мають однаковий склад технологічних операцій та порядок їх виконання;
- г) обробка всіх виробів на кожній із операцій здійснюється на спеціальному обладнанні без його переналагодження. Це досягається облаштуванням робочих місць спеціальними пристосуваннями, які дозволяють здійснювати обробку кожного із виробів, урахувавши їх конструктивні особливості.

Особливістю групових технологій є те, що тривалість виконання технологічних операцій на кожному із робочих місць для кожного виду виробу буде *різною, але ця різниця повинна бути незначною*.

Таким чином, вироби (предмети праці) складають групу тільки в тому випадку, коли вони мають однаковий склад і порядок виконання технологічних операцій, хоча кожен виріб на кожній із операцій може мати різну тривалість їх виконання.

Побудова графіків руху групи виробів (предметів праці) по робочих місцях складніша, ніж при застосуванні послідовного, послідовно-паралельного (змішаного) або паралельного видів руху предметів праці в виробництві. Це роблять за допомогою теорії графів з застосуванням ЕОМ. Але для випадків, коли обробляється декілька виробів (предметів праці) при невеликій кількості технологічних операцій, побудувати графіки руху виробів (предметів праці) у виробництві можна вручну.

Розглянемо два основних випадки побудови графіків руху виробів (предметів праці) у виробництві при застосуванні групових технологій.

Побудова графіка руху виробів у виробництві, коли визначена послідовність обробки виробів (предметів праці).

Приклад.

Деталі “А”, “Б”, “В” та “Г”, які утворюють групу, мають однаковий склад технологічних операцій та порядок їх виконання: перша → друга → третя, але різні тривалості (див. таблицю 4.1).

Таблиця 4.1 – Тривалість обробки виробів на кожній із операцій, хв.

Номери операцій та порядок їх виконання	Деталі та тривалість виконання операцій, хв.			
	“А”	“Б”	“В”	“Г”
Перша	2	4	1	3
Друга	3	6	5	3
Третя	2	3	4	1

Потрібно побудувати графік руху деталей (предметів праці) у виробництві та визначити тривалість технологічного циклу виготовлення групи деталей за умови, що послідовність обробки деталей повинна бути такою: А → Б → В → Г. Тривалістю міжопераційних перерв знехтувати.

Розв'язування задачі:

1-й крок: будують графік обробки деталей “А”, “Б”, “В” та “Г” на першій операції так, як це показано на рис. 4.1. Обробка деталей ведеться без перерв.

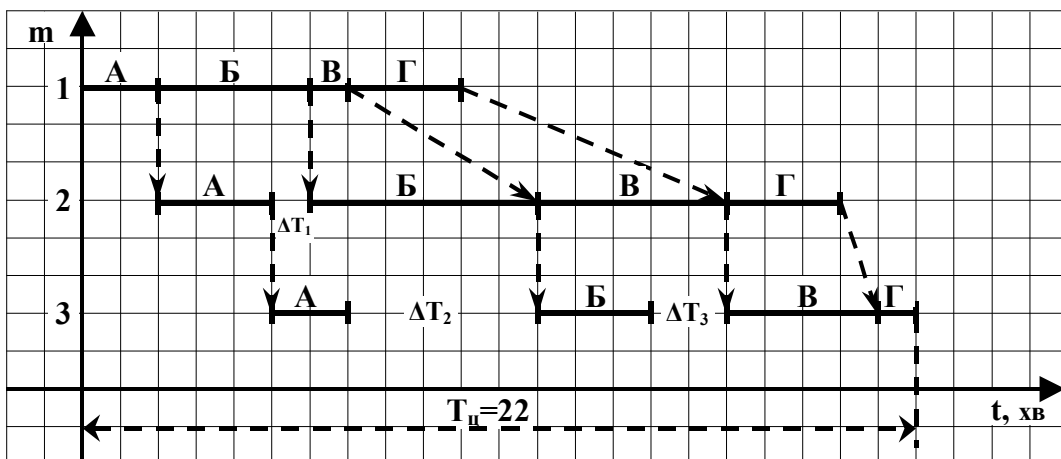


Рисунок 4.1 – Попередній графік руху групи деталей (масштаб: 1 клітинка = 1 хв.)

2-й крок: будують графік обробки деталі “А” на всіх інших операціях. Передача деталі на кожну наступну операцію відбувається одразу ж після закінчення обробки деталі на попередній операції.

3-й крок: будують графіки обробки деталей “Б”, “В” та “Г” на наступних операціях, окрім останньої. При побудові графіків може виникнути “пролежування” деталей на окремих операціях через те, що робоче місце на наступній операції ще не звільнилось від обробки попередньої деталі. Така ситуація відображається на графіку руху деталей пунктирною стрілкою (рис. 4.1). В деяких випадках може виникнути простоювання в роботі обладнання через те, що тривалість попередньої операції, на якій виготовляється певна деталь, буде набагато більшою, ніж тривалість даної операції.

4-й крок: будують графік обробки деталей “Б”, “В” та “Г” на останній операції. Для цієї операції характерним буде наявність часу простоювання в роботі обладнання через те, що немає (і не може бути) синхронізації в обробці деталей на попередніх операціях. Така ситуація відображається на графіку позначеннями ΔT_i .

В результаті отримаємо графік руху деталей у виробництві за груповою технологією, наведений на рис. 4.1.

5-й крок: визначають тривалість технологічного циклу обробки групи деталей. Тривалість технологічного циклу $T_{\text{ц}}$ обробки деталей за груповою технологією буде визначатись найбільшим ланцюжком тривалостей технологічних циклів обробки кожної із деталей, який з’єднує початок обробки першої деталі на першій операції з закінченням обробки останньої деталі на останній операції.

Як видно із рис. 4.1, тривалість технологічного циклу $T_{\text{ц}}$ обробки групи деталей складає 22 хв. Простій в роботі обладнання на другій операції буде $\Delta T_1 = 1$ хв., а на третій операції – $\Delta T_1 + \Delta T_2 = 5 + 2 = 7$ хв.

6-й крок: проводять аналіз побудованого графіка руху групи деталей. Мета аналізу – змінити час початку обробки деталей на операціях таким чином, щоб простої в роботі обладнання на цих операціях мали разовий характер. Оптимальним варіантом буде той графік передачі деталей, який забезпечує мінімальне та разове простоювання в роботі обладнання на кожній із операцій.

Остаточний графік руху групи деталей наведений на рис. 4.2.

Як видно із рис. 4.2, тривалість технологічного циклу обробки групи деталей складає 22 хвилини. Тривалість перерви в роботі обладнання на третій операції буде носити одноразовий характер та дорівнюватиме $\Delta T = 7$ хв.

Побудова графіка руху виробів у виробництві, коли послідовність обробки виробів (предметів праці) не визначена і може бути довільною. Цей випадок є більш поширеним при застосуванні групових технологій.

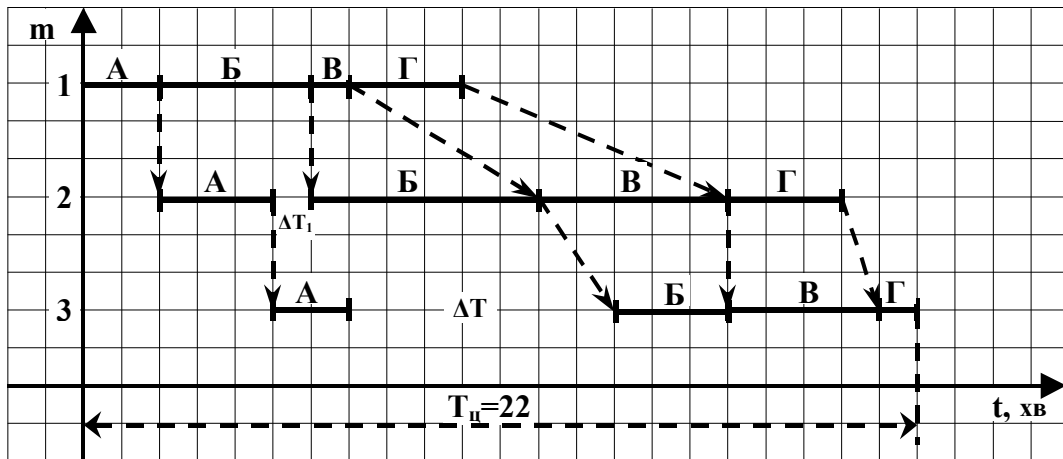


Рисунок 4.2 – Остаточний графік руху групи деталей (масштаб: 1 клітинка = 1 хв.)

Приклад.

Деталі “А”, “Б”, “В” та “Г”, які утворюють групу, мають однаковий склад операцій та порядок їх виконання: перша → друга → третя, але різні тривалості (див. таблицю 4.1).

Потрібно побудувати графік руху деталей та визначити тривалість технологічного циклу виготовлення групи деталей при умові, що послідовність обробки деталей може бути довільною. Тривалістю міжопераційних перерв знехтувати.

Розв'язування задачі:

1-й крок: будують графік обробки деталей “А”, “Б”, “В” та “Г” на першій операції. Послідовність обробки деталей доцільно вибирати таку, щоб починати обробку з тих деталей, які мають більш коротку тривалість. Для нашого прикладу це буде така послідовність: В → А → Г → Б.

2-й крок: будують графік обробки першої деталі на всіх операціях. Для нашого випадку це буде деталь “В”. Передача деталі на кожен наступну операцію відбувається одразу ж після закінчення обробки даної деталі на попередній операції.

3-й крок: будують графіки обробки деталей “А”, “Г” та “Б” на наступних операціях, окрім останньої, за методикою, наведеною в попередньому прикладі.

4-й крок: будують графіки обробки деталей “А”, “Б” та “Г” на останній операції за методикою, наведеною в попередньому прикладі. В результаті отримаємо графік руху групи деталей, наведений на рис. 4.3.

5-й крок: визначають тривалість технологічного циклу обробки групи деталей. Як видно із рис 4.3, тривалість технологічного циклу $T_{ц}$ обробки групи деталей складає 21 хвилину. Простоювання в роботі обладнання на останній операції буде дорівнювати $\Delta T = 5$ хв.

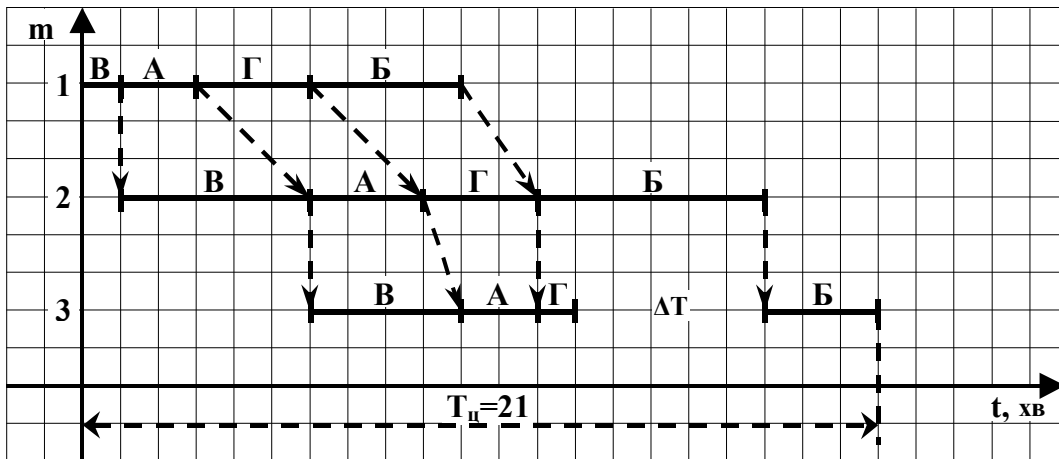


Рисунок 4.3 – Графік руху групи деталей
(масштаб: 1 клітинка = 1 хв.)

6-й крок: проводять аналіз побудованого графіка руху групи деталей. Мета аналізу – змінити час початку обробки деяких деталей на операціях таким чином, щоб простоювання в роботі обладнання на цих операціях, якщо вони немінучі, мали разовий характер. Оптимальним варіантом буде той графік передачі деталей, який забезпечує мінімальне та разове простоювання в роботі обладнання на кожній із операцій.

Для нашого прикладу проводити зміни початку обробки деталей немає потреби.

Примітка. Щоб визначити найкоротшу тривалість технологічного циклу обробки групи деталей потрібно повторити дії кроків з першого по шостий для всіх можливих варіантів послідовності обробки деталей, що входять до групової технології. Кількість таких варіантів визначається числом $N!$, де N – число видів деталей (виробів).

Для нашого прикладу таких варіантів буде $N! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 = 24$. Практична реалізація даного положення можлива тільки при застосуванні комп'ютерної техніки.

4.2 Завдання для самостійного виконання

В таблиці 4.2. наведені дані щодо групи деталей від “А” до “Р”, які можуть виготовлятися за груповою технологією.

Кількість технологічних операцій обробки кожної деталі – 5.

В таблиці 4.3. наведені дані щодо видів деталей, які студент повинен взяти для виконання заданого варіанта завдання.

Таблиця 4.2 – Початкові дані для виконання завдання

Деталі	Технологічні операції, хв.				
	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5
А	4	1	2	5	3
Б	5	3	2	4	6
В	3	2	2	6	7
Г	6	4	5	8	4
Д	5	3	4	1	3
Е	7	5	3	6	2
Ж	1	4	2	3	8
З	4	1	6	6	3
И	5	2	3	1	6
К	6	4	1	3	2
Л	7	2	4	1	6
М	5	9	1	2	3
Н	4	1	2	3	5
О	3	5	4	1	2
Р	7	6	4	3	1

Таблиця 4.3 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Види деталей	Варіант	Види деталей	Варіант	Види деталей
1	А,Б,В,Г,Д	11	Б,Г,Ж,И,К	21	А,В,З,Л,М
2	Б,В,Г,Д,Е	12	Б,В,Г,К,Л	22	А,Г,К,Л,Н
3	В,Г,Д,Е,Ж	13	В,Д,Е,М,Н	23	А,Е,К,Л,О
4	Г,Д,Е,Ж,З	14	Г,Д,Ж,К,Л	24	Б,Г,Ж,З,О
5	Д,Е,Ж,З,И	15	Г,Д,З,М,Н	25	В,Д,Ж,Н,О
6	Е,Ж,З,И,К	16	А,З,К,Л,М	26	Л,М,Н,О,Р
7	Ж,З,И,К,Л	17	А,В,Л,М,Н	27	А,З,К,Л,Р
8	З,И,К,Л,М	18	Ж,И,К,Л,М	28	Б,Г,З,М,Р
9	И,К,Л,М,Н	19	Ж,И,К,М,Н	29	Г,Д,Ж,Н,О
10	А,В,Г,Е,З	20	Д,Е,Ж,М,Н	30	Д,Е,З,Н,Р

Керуючись даними таблиць 4.2. та 4.3., потрібно:

1. Для заданого варіанта завдання побудувати графік руху групи деталей та визначити тривалість технологічного циклу виготовлення групи деталей за умови, що послідовність обробки деталей задана таким чином: $t_1 \rightarrow t_2 \rightarrow t_3 \rightarrow t_4 \rightarrow t_5$.
2. Зробити аналіз побудованого графіка та вибрати оптимальний варіант руху деталей у виробництві, забезпечивши мінімальний простій обладнання на операціях.
3. Побудувати графік руху групи деталей та визначити тривалість технологічного циклу за умови, що послідовність обробки деталей може бути вільною.

4. Зробити аналіз побудованого графіка та вибрати оптимальний варіант руху деталей у виробництві, забезпечивши мінімальне простоювання обладнання на операціях.
5. Зробити висновки.

4.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення поняття “групова технологія”. За яких умов можна застосовувати групову технологію обробки партії виробів?
2. Охарактеризуйте кроки побудови графіка руху предметів праці у виробництві у випадку застосування групових технологій за умови, що послідовність обробки предметів праці визначена.
3. Охарактеризуйте кроки побудови графіка руху предметів праці у виробництві у випадку застосування групових технологій за умови, що послідовність обробки предметів праці не визначена.
4. Охарактеризуйте критерії, за якими здійснюється побудова остаточного варіанта графіка руху предметів праці у виробництві при застосуванні групових технологій обробки партії виробів.
5. Скільки потрібно прорахувати варіантів організації руху предметів праці у виробництві при застосуванні групових технологій, щоб вибрати оптимальний варіант?

5

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: “Розрахунок тривалості виробничого циклу складного процесу в умовах одиничного виробництва”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з основ організації складного виробничого процесу у часі, розвинути практичні навички з розрахунку його тривалості та побудови циклових графіків в умовах одиничного виробництва.

5.1 Теоретична частина

Складним виробничим процесом називається сукупність узгоджених між собою та в часі простих виробничих процесів.

В умовах *одиничного типу виробництва* тривалість технологічного (або виробничого) циклу складного процесу визначається шляхом побудови *циклового графіка* виготовлення конкретного виробу: машини, агрегату, механізму тощо.

Цикловий графік будується на основі *схеми складання виробу* з урахуванням номерів операцій, на які подаються окремі деталі та вузли для подальшої обробки або складання (рис. 5.1).

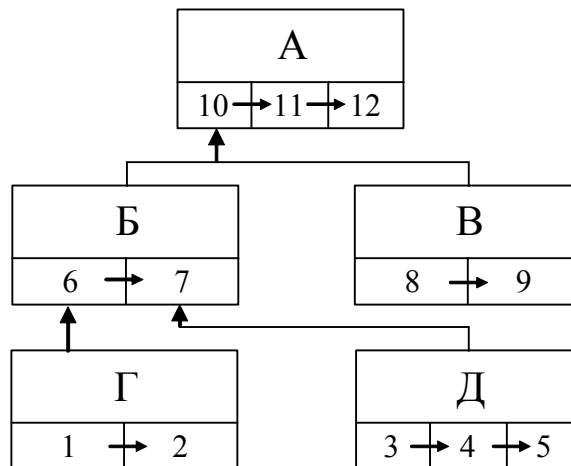


Рисунок 5.1 – Схема складання виробу (машини)
(деталь „Г” подається на 6-у операцію, деталь „Д” – на 7-му,
вузли „Б” та „В” – на 10-у операцію)

Аналізуючи схему складання виробу „А”, яка наведена на рис. 5.1, можна зазначити, що виробництво деталі „Г” складається з двох операцій: першої та другої. Після цього готова деталь „Г” подається на шосту операцію (для складання вузла „Б”). Виробництво деталі „Д” складається з третьої, четвертої та п’ятої операцій. Після цього готова деталь „Д” подається на сьому операцію (для складання вузла „В”).

Вузол „Б” виготовляється за допомогою двох операцій: шостої та сьомої. Вузол „В” виготовляється за допомогою восьмої та дев’ятої операцій. Готові вузли „Б” та „В” подаються на десятую операцію для остаточного складання виробу „А”. Виріб „А” виготовляється за допомогою трьох операцій: десятої, одинадцятої та дванадцятої. Після завершення дванадцятої операції виробництво виробу „А” закінчується.

Побудова циклового графіка складання виробу передбачає здійснення таких робіт:

1-й крок: розраховують тривалості технологічних (або виробничих) циклів кожного із простих процесів виготовлення деталей, вузлів тощо, які входять до складу виробу.

2-й крок: будують цикловий графік. Приймавши строк закінчення всього складного процесу за нуль, ліворуч від нульової відмітки в масштабі часу відкладають відрізки, які характеризують тривалості взаємопов’язаних простих процесів, починаючи від кінцевих операцій, наприклад, складання та випробування виробу; потім відкладають відрізки, що характеризують виконання проміжних операцій, наприклад, виготовлення окремих вузлів; і закінчують побудову графіка відкладанням відрізків, що характеризують виконання початкових операцій, наприклад, виготовлення окремих деталей тощо. Відкладання відрізків, які характеризують тривалості взаємопов’язаних простих процесів, потрібно здійснювати так, як це зазначено в схемі складання виробу.

Приклад циклового графіка, який відповідає раніше наведеній схемі складання виробу „А” (рис. 5.1), показаний на рис. 5.2.

Точки “1”, “2”, “3” ... “12” на графіку показують час початку виконання відповідної технологічної операції відносно нульової відмітки.

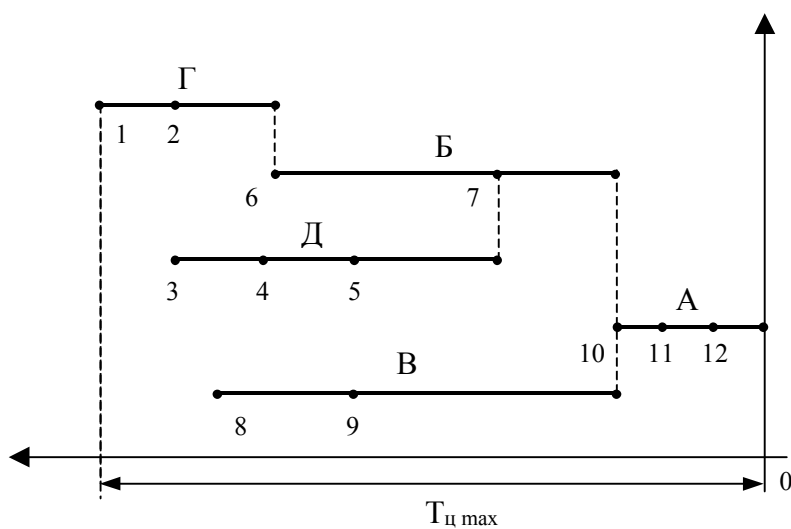


Рисунок 5.2 – Цикловий графік складання виробу

Після побудови циклового графіка визначають тривалість $T_{ц\ max}$ технологічного (або виробничого) циклу складного процесу. Тривалість технологічного (або виробничого) циклу складного процесу визначається як сума тривалостей технологічних (або виробничих) циклів простих процесів, які утворюють найтриваліший взаємопов'язаний ланцюжок простих процесів, починаючи від крайньої лівої точки і закінчуючи точкою "0" циклового графіка.

Для нашого прикладу тривалість технологічного (або виробничого) циклу $T_{ц\ max}$ складного процесу буде визначатись ланцюжком відрізків часу, який утворюють операції $1 \rightarrow 2 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 12$.

Далі розраховують коефіцієнт паралельності складного процесу. *Коефіцієнт паралельності* $K_{пар}$ складного процесу показує скільки в середньому одночасно відбувається простих технологічних (або виробничих) процесів, в результаті яких здійснюється виготовлення виробу. Чим більше значення коефіцієнта паралельності, тим ширше "фронт" робіт, тим більше задіяно паралельних робочих місць, на яких ведеться робота з виготовлення виробу.

Коефіцієнт паралельності $K_{пар}$ складного процесу розраховується за формулою:

$$K_{пар} = \frac{\sum_{i=1}^m T_{ци}}{T_{ц\ max}}, \quad (5.1)$$

де $T_{ци}$ – тривалість технологічного (або виробничого) циклу i -го простого процесу, одиниць часу;

$T_{ц\ max}$ – тривалість технологічного (або виробничого) циклу складного процесу, одиниць часу;

m – число простих технологічних (або виробничих) процесів.

5.2 Завдання для самостійного виконання

В *одиночному виробництві* виготовляється машина, до якої входять окремі вузли, підвузли та деталі. В таблицях 5.1 та 5.2 наведені дані щодо тривалості технологічних циклів простих процесів, із яких складається виготовлення машини, а також шифри деталей "Д", підвузлів "ПВ" та вузлів "В", які утворюють машину "М".

Таблиця 5.1 – Початкові дані для виконання завдання (варіанти 1...15)

Вузол, деталь	Тривалість простих процесів (в календарних днях) за варіантами														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
М	5	8	3	9	8	4	6	5	2	7	6	9	8	7	8
В ₁	6	4	5	3	2	7	6	8	4	5	3	8	6	7	3
В ₂	5	4	2	1	4	3	5	3	4	2	6	5	7	3	4
В ₃	4	7	8	6	4	8	9	6	7	4	5	2	3	4	5

Продовження таблиці 5.1

<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
V ₄	3	6	5	7	4	5	3	5	4	2	3	1	4	2	3
ПВ ₁₋₁	0	4	6	5	6	3	5	8	6	2	4	5	0	6	3
ПВ ₁₋₂	2	0	6	3	8	7	3	6	9	7	5	3	1	0	1
ПВ ₁₋₃	4	3	0	3	3	2	5	3	5	7	2	5	6	1	0
ПВ ₂₋₁	5	4	3	0	5	6	3	1	6	3	4	6	7	8	9
ПВ ₂₋₂	6	7	4	8	0	5	6	2	7	4	7	4	2	2	7
ПВ ₂₋₃	7	8	5	7	5	0	4	6	1	4	6	5	7	9	6
ПВ ₃₋₁	8	9	8	6	7	5	0	3	7	4	5	2	5	7	8
ПВ ₃₋₂	3	4	7	5	6	1	4	0	7	8	3	8	4	5	7
ПВ ₃₋₃	4	3	9	7	8	3	3	7	0	3	5	6	7	8	9
ПВ ₄₋₁	5	6	7	6	7	7	5	6	7	0	3	4	5	6	7
ПВ ₄₋₂	6	7	6	5	9	6	3	7	6	4	0	7	5	6	7
ПВ ₄₋₃	7	8	5	9	8	8	3	6	5	3	4	0	3	5	6
Д ₁₋₁₋₁	0	5	1	8	5	4	3	5	6	8	9	7	0	4	5
Д ₁₋₁₋₂	0	4	2	7	4	4	5	6	7	6	5	4	0	3	4
Д ₁₋₂₋₁	4	0	1	6	6	5	4	5	6	7	6	5	6	0	3
Д ₁₋₂₋₂	6	0	2	5	5	6	4	5	6	7	8	7	6	0	4
Д ₁₋₃₋₁	5	6	0	4	3	7	3	4	5	6	5	6	7	8	0
Д ₁₋₃₋₂	4	6	0	4	3	6	2	3	5	4	6	5	7	6	0
Д ₂₋₁₋₁	2	3	4	0	4	5	6	8	7	9	8	6	5	7	6
Д ₂₋₁₋₂	3	4	5	0	4	5	6	7	8	6	7	8	6	5	3
Д ₂₋₂₋₁	4	7	6	2	0	5	6	7	3	7	6	5	3	8	9
Д ₂₋₂₋₂	2	4	5	5	0	4	5	6	2	4	5	6	2	7	8
Д ₂₋₃₋₁	3	5	7	5	7	0	2	3	4	7	6	5	8	9	7
Д ₂₋₃₋₂	4	5	6	7	3	0	2	4	6	8	7	9	8	6	3
Д ₃₋₁₋₁	4	5	6	2	5	4	0	4	5	6	7	8	9	8	7
Д ₃₋₁₋₂	6	3	5	6	2	5	0	3	6	5	4	8	7	5	3
Д ₃₋₂₋₁	3	4	6	5	7	9	8	0	4	7	6	5	8	7	6
Д ₃₋₂₋₂	3	5	4	6	5	7	6	0	3	4	6	5	7	6	8
Д ₃₋₃₋₁	3	4	5	7	6	8	7	3	0	3	4	6	5	7	6
Д ₃₋₃₋₂	3	5	4	5	6	7	6	4	0	3	5	4	6	5	7
Д ₄₋₁₋₁	3	5	4	7	6	8	7	9	4	0	2	3	4	5	6
Д ₄₋₁₋₂	3	5	4	6	5	8	7	6	9	0	2	3	4	5	6
Д ₄₋₂₋₁	4	5	6	3	5	6	7	8	9	7	0	4	6	5	7
Д ₄₋₂₋₂	4	2	5	6	5	4	3	6	5	7	0	3	4	5	6
Д ₄₋₃₋₁	4	5	6	7	6	4	5	2	5	5	4	0	6	5	4
Д ₄₋₃₋₂	7	6	5	6	3	4	5	4	5	6	5	0	6	6	5

Таблиця 5.2– Початкові дані для виконання завдання (варіанти 16...30)

Вузол, деталь	Тривалість простих процесів (в календарних днях) за варіантами														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
М	14	16	15	12	17	16	19	18	17	8	6	5	9	8	6
V ₁	8	7	6	9	8	7	6	5	3	4	12	4	3	2	5
V ₂	5	5	8	4	7	6	9	7	6	4	4	2	3	5	4
V ₃	8	9	6	7	4	5	2	3	4	5	4	3	7	8	6
V ₄	9	7	5	5	4	8	1	7	4	3	4	3	2	1	6
ПВ ₁₋₁	6	6	8	4	8	4	6	0	6	3	6	7	2	7	3

Продовження таблиці 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ПВ ₁₋₂	4	8	6	10	14	13	11	8	0	8	3	7	8	9	4
ПВ ₁₋₃	12	15	13	5	7	12	15	6	11	0	7	3	6	3	2
ПВ ₂₋₁	8	10	11	8	5	7	12	9	8	9	0	4	3	6	7
ПВ ₂₋₂	8	6	6	7	3	7	9	7	5	3	8	0	4	4	6
ПВ ₂₋₃	0	7	5	11	14	6	15	17	9	16	7	4	0	2	4
ПВ ₃₋₁	15	0	9	8	9	10	12	11	5	8	8	9	7	0	4
ПВ ₃₋₂	10	14	0	17	8	13	8	14	15	17	8	6	4	3	0
ПВ ₃₋₃	13	17	5	0	9	8	6	12	8	9	5	6	3	5	6
ПВ ₄₋₁	8	6	7	8	0	6	8	7	9	10	3	4	5	6	7
ПВ ₄₋₂	4	5	8	7	5	0	4	9	10	7	8	9	8	5	3
ПВ ₄₋₃	8	10	9	5	8	7	0	6	9	12	7	8	9	2	6
Д ₁₋₁₋₁	8	6	8	8	8	9	5	0	9	11	6	7	8	9	7
Д ₁₋₁₋₂	9	8	5	7	9	10	12	0	11	9	5	6	7	8	9
Д ₁₋₂₋₁	9	7	8	6	4	5	5	10	0	9	4	5	6	7	8
Д ₁₋₂₋₂	16	4	15	6	7	8	17	6	0	14	5	6	4	5	6
Д ₁₋₃₋₁	8	7	4	7	10	5	3	13	5	0	4	5	6	5	4
Д ₁₋₃₋₂	6	12	13	5	4	6	15	7	6	0	4	7	6	5	4
Д ₂₋₁₋₁	15	6	8	17	9	8	6	15	7	16	0	3	4	5	3
Д ₂₋₁₋₂	15	6	6	8	5	7	7	6	15	13	0	2	4	7	5
Д ₂₋₂₋₁	15	6	7	13	7	6	15	13	8	9	13	0	2	5	7
Д ₂₋₂₋₂	14	5	6	12	14	5	6	12	7	8	9	0	2	4	5
Д ₂₋₃₋₁	0	12	3	4	17	6	15	8	9	17	4	6	0	1	3
Д ₂₋₃₋₂	0	12	4	6	18	7	9	18	6	13	7	4	0	3	7
Д ₃₋₁₋₁	14	0	14	5	9	7	8	9	8	17	6	5	4	0	1
Д ₃₋₁₋₂	15	0	11	6	7	4	8	7	15	13	2	1	5	0	6
Д ₃₋₂₋₁	9	8	0	14	7	6	15	8	17	16	9	8	7	6	0
Д ₃₋₂₋₂	7	6	0	13	14	6	5	17	6	8	7	3	5	5	0
Д ₃₋₃₋₁	18	7	13	0	13	4	8	5	17	16	8	7	6	4	5
Д ₃₋₃₋₂	17	6	14	0	11	5	7	6	15	17	6	8	9	7	5
Д ₄₋₁₋₁	5	7	9	8	0	12	3	14	5	16	7	5	4	3	6
Д ₄₋₁₋₂	8	6	6	9	0	20	13	4	5	5	5	7	6	4	6
Д ₄₋₂₋₁	16	7	8	9	17	0	4	6	15	7	4	3	8	9	6
Д ₄₋₂₋₂	4	13	16	15	7	0	13	4	5	9	7	6	5	6	5
Д ₄₋₃₋₁	14	5	12	5	15	4	0	16	5	14	6	7	8	9	6
Д ₄₋₃₋₂	4	15	4	15	6	15	0	6	6	5	6	7	3	2	9

Примітка. При виконанні завдання потрібно враховувати, що система адресування деталей, підвузлів та вузлів, а також тривалість їх виготовлення має такі позначення:

- „М” – тривалість складання машини, днів;
- „В_i” – тривалість виготовлення *i*-го вузла, який входить до складу машини, днів;
- „ПВ_{i-j}” – тривалість виготовлення підвузла *j*, який входить до складу вузла „В_i”, днів;
- „Д_{i-j-z}” – тривалість виготовлення деталі *z*, яка входить до підвузла „ПВ_{i-j}”, днів;

- 0 – означає, що ця деталь або підвузол не виготовляються.
Керуючись даними таблиць 5.1 та 5.2, потрібно:
- 1. Для визначеного варіанта завдання нарисувати схему складання машини.
- 2. Побудувати цикловий графік складання машини.
- 3. Визначити тривалість складного процесу виготовлення машини.
- 4. Розрахувати коефіцієнт паралельності складного процесу.
- 5. Зробити висновки.

5.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення поняття “складний виробничий процес”. Як визначається тривалість складного виробничого процесу в умовах одиничного виробництва?
2. Як здійснюється побудова циклового графіка?
3. Що означає і як розраховується коефіцієнт паралельності складного процесу?

5.4 Задачі для розв’язування

1. Загальна тривалість всіх технологічних циклів простих процесів, які утворюють складний процес, складає 1000 годин. Коефіцієнт паралельності складного процесу – 4.

В результаті застосування технічних удосконалень вдалося скоротити тривалість простих процесів, що лежали на найтривалішому ланцюжку і визначали тривалість всього технологічного процесу, на 25 годин. На цю ж величину була скорочена загальна тривалість складного процесу.

Розрахувати яким стане і на скільки зміниться коефіцієнт паралельності складного процесу.

2. Загальна тривалість всіх технологічних циклів простих процесів, які утворюють складний процес, складає 2000 годин. Коефіцієнт паралельності складного процесу – 5.

В результаті застосування технічних удосконалень вдалося скоротити тривалість простих процесів, що лежали на найтривалішому ланцюжку і визначали тривалість всього технологічного процесу, на 250 годин. При цьому на 100 годин була скорочена загальна тривалість складного процесу.

Розрахувати яким стане і на скільки зміниться коефіцієнт паралельності складного процесу.

3. Загальна тривалість всіх технологічних циклів простих процесів, які утворюють складний процес, складає 3000 годин. Коефіцієнт паралельності складного процесу – 5.

В результаті застосування технічних удосконалень вдалося скоротити тривалість простих процесів, що лежали на найтривалішому ланцюжку і визначали тривалість складного процесу. В результаті на цю ж величину була скорочена тривалість всього складного процесу, а коефіцієнт паралельності зріс до 6.

Розрахувати на скільки годин була скорочена тривалість складного технологічного процесу.

4. Тривалість складного виробничого процесу складає 800 годин. Коефіцієнт паралельності – 3.

В результаті застосування технічних удосконалень вдалося скоротити тривалість простих процесів, що лежали на найтривалішому ланцюжку і визначали тривалість складного процесу. В результаті на цю ж величину була скорочена тривалість всього складного процесу, а коефіцієнт паралельності зріс до 3,5.

Розрахувати на скільки годин була скорочена тривалість складного виробничого процесу.

5. Загальна тривалість всіх технологічних циклів простих процесів, які утворюють складний процес, складає 1000 годин. Коефіцієнт паралельності складного процесу – 4.

З метою покращання якості виробу на найтривалішому ланцюжку простих процесів, який визначав тривалість всього технологічного процесу, було додатково впроваджено два простих процеси загальною тривалістю 200 годин. На цю ж величину була збільшена загальна тривалість складного процесу.

Розрахувати яким стане і на скільки зміниться коефіцієнт паралельності складного процесу.

6. Загальна тривалість всіх технологічних циклів простих процесів, які утворюють складний процес, складає 2000 годин. Коефіцієнт паралельності складного процесу – 5.

З метою покращення якості виробу було додатково впроваджено два простих процеси загальною тривалістю 200 годин. При цьому на 100 годин була збільшена загальна тривалість складного процесу.

Розрахувати яким стане і на скільки зміниться коефіцієнт паралельності складного процесу.

7. Загальна тривалість всіх технологічних циклів простих процесів, які утворюють складний процес, складає 3000 годин. Коефіцієнт паралельності складного процесу – 5.

З метою покращання якості виробу на найтривалішому ланцюжку простих процесів, який визначав тривалість всього технологічного процесу, було додатково впроваджено два простих процеси. Це збільшило загальну тривалість складного процесу на тривалість запроваджених простих процесів, а коефіцієнт паралельності зріс до 6.

Розрахувати на скільки годин збільшилась тривалість складного технологічного процесу.

5.5 Відповіді на задачі

1. 4,33; збільшиться на 0,33.
2. 5,83; збільшиться на 0,83.
3. Зменшиться на 120 годин.
4. Зменшиться на 160 годин.
5. 2,66; зменшиться на 1,34.
6. 4,0; зменшиться на 1,0.
7. Збільшилась на 200 годин.

6

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: “Розрахунок тривалості виробничого циклу складного процесу в умовах серійного виробництва”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з основ організації складного виробничого процесу у часі, розвинути практичні навички з розрахунку його тривалості та побудови циклових графіків в умовах серійного виробництва.

6.1 Теоретична частина

Складним виробничим процесом називається сукупність узгоджених між собою та в часі простих виробничих процесів.

В умовах *серійного типу виробництва* тривалість технологічного (або виробничого) циклу складного процесу визначається шляхом побудови *циклового графіка* виготовлення партії виробів: машин, агрегатів, механізмів тощо.

Цикловий графік будується на основі *схеми складання партії виробів* з урахуванням номерів операцій, на які подаються окремі деталі та вузли для подальшої обробки або складання. Вид схеми складання виробів аналогічний тому, який був наведений в попередньому практичному завданні для одного виробництва (див. рис. 5.1)

Разом з тим, в умовах *серійного виробництва* організація складного виробничого процесу значно складніша, ніж в одиничному.

Організація складного виробничого процесу в умовах серійного виробництва передбачає такі етапи робіт:

1-й крок: розраховується *мінімальна величина партії виробів* N_{\min} , яку потрібно запустити у виробництво:

$$N_{\min} = \frac{(100 - \beta) \sum_1^m t_{п/п}}{\beta \sum_1^m t_i}, \quad (6.1)$$

де $t_{п/п}$ – підготовчо-прикінцевий час, який виділяється для виконання i -ої технологічної операції, хв.;

t_i – тривалість i -ої технологічної операції, хв.;

β – втрати робочого часу на переналагодження та ремонт обладнання, в %. Зазвичай $\beta = 3...20\%$;

m – загальне число технологічних операцій, які утворюють складний виробничий процес.

2-й крок: розраховують випуск виробів H_d за добу. Розрахунок можна здійснити за формулою:

$$H_d = \frac{N}{D_p}, \quad (6.2)$$

де N – завдання з виготовлення виробів протягом планового періоду часу, шт.;

D_p – число робочих днів протягом планового періоду часу.

3-й крок: визначається оптимальна величина партії виробів N_o , яку доцільно запустити у виробництво.

Оптимальною партією виробів N_o вважається число однакових виробів, які безперервно виготовляються у виробництві з однократною витратою підготовчо-прикінцевого часу і без переналагодження обладнання.

При цьому повинні виконуватись такі правила:

а) величина N_o обов'язково повинна бути більшою за величину N_{\min} , розраховану за формулою 6.1;

б) величина N_o обов'язково повинна мати значення $N_o=H_d$, або $N_o=2H_d$, або $N_o=3H_d$ тощо.

4-й крок: розраховується так званий *ритм (режим) роботи R* ділянки (цеху). *Ритм роботи* (в робочих днях) – це інтервал часу, протягом якого виготовляється оптимальна партія виробів, яка запускається у виробництво. Ритм роботи R розраховується за формулою:

$$R = \frac{D_p \cdot N_o}{N} = \frac{N_o}{H_d}, \quad (6.3)$$

де N_o – оптимальна партія виробів, яка запускається в виробництво, шт.;

H_d – випуск виробів за добу, шт.

Розраховану за формулою 6.3 величину R потрібно обов'язково порівняти з числом робочих днів в плановому періоді D_p . Величина R повинна бути такою, щоб на неї без залишку можна було б розділити величину D_p . Наприклад, якщо кількість робочих днів $D_p = 21$ день, то ритм роботи R може бути 1, 3, 7 або 21 день.

Якщо ж цього немає, то потрібно збільшувати величину оптимальної партії виробів N_o на величину H_d , або $2H_d$, або $3H_d$ тощо доти, поки не буде виконана умова, за якою кількість робочих днів D_p можна було б без залишку розділити на величину R .

Приклад.

В результаті проведених раніше розрахунків нами були отримані такі дані: $N=2100$ шт., $D_p=21$ доба, $H_o = 100$ шт., $N_o = 200$ шт.

Тоді ритм роботи повинен скласти: $R = \frac{21 \cdot 200}{2100} = 2$ доби.

Але число робочих днів $D_p=21$ не ділиться на ритм $R=2$ без залишку. Тому потрібно збільшити оптимальну партію виробів з $N_o=200$ шт. до $N_o=200+H_o=200+100=300$ шт.

Тоді ритм роботи складе: $R = \frac{21 \cdot 300}{2100} = 3$ доби.

В цьому випадку число робочих днів $D_p=21$ ділиться на $R=3$ без залишку.

В результаті здійснених розрахунків остаточно маємо такі результати: $N_o=300$ шт., $R=3$ дні.

5-й крок: розраховується тривалість операційного циклу T_{oi} (в годинах) виконання кожної технологічної операції з виготовлення оптимальної партії виробів за формулою:

$$T_{oi} = \frac{N_o \cdot \frac{t_i}{K_i} + t_{(п/п)i}}{60}, \quad (6.4)$$

де: N_o – оптимальна партія виробів, яка запускається у виробництво, шт.;

$t_{(п/п)i}$ – підготовчо-прикінцевий час, який виділяється для i -ої технологічної операції, хв.;

K_i – плановий коефіцієнт виконання норм виробітку;

t_i – тривалість виконання i -ої технологічної операції, хв.

6-й крок: в інтервалі вибраного ритму R згідно зі схемою складання виробу, системи адресування деталей, розрахованих операційних циклів виконання кожної технологічної операції будується *початковий варіант циклового графіка* виготовлення оптимальної партії виробів та визначається тривалість складного виробничого процесу $T_{ц \max}$ виготовлення цієї оптимальної партії виробів.

Порядок побудови циклового графіка наведений в практичному завданні 5.

Тривалість складного виробничого процесу $T_{ц \max}$ можна визначити на побудованому цикловому графіку або за найтривалішим ланцюжком взаємопов'язаних простих процесів. Розрахунок доцільно проводити в годинах, змінах, днях тощо.

Мета побудови початкового циклового графіка – визначити чи достатньо на ділянці або в цеху робочих місць для виготовлення визначеної опти-

мальної партії виробів. Якщо в результаті побудови циклового графіка виявиться, що $T_{ц\ max} < R$, то наявного устаткування та робочих місць достатньо для виконання оптимальної партії виробів.

Якщо $T_{ц\ max} > R$, то це означає, що наявних робочих місць не вистачає для виготовлення протягом ритму R оптимальної партії виробів.

Тому для вирішення даної проблеми на технологічних операціях потрібно встановлювати додаткові робочі місця.

Можлива розрахункова кількість робочих місць C_M на кожній із технологічних операцій розраховується за формулою:

$$C_M = \frac{T_{ц\ max}}{R \cdot m_{зм} \cdot T_{зм}}, \quad (6.5)$$

де $T_{ц\ max}$ – тривалість складного процесу виготовлення оптимальної партії виробів, годин;

R – ритм роботи, дні;

$m_{зм}$ – число змін;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, годин.

Якщо величина C_M буде не цілим числом, то за можливу кількість робочих місць $C_{пр}$ на кожній із операцій вибирається найближче до величини C_M ціле число в сторону збільшення.

Зрозуміло, що в реальних умовах на одних технологічних операціях реальна кількість робочих C_{pi} місць може бути більшою за $C_{пр}$, а на інших – меншою за $C_{пр}$. Це визначається конкретними умовами виробництва та проектувальниками дільниці.

7-й крок: вибирається реальна кількість робочих місць C_{pi} на кожній із технологічних операцій. Для тих технологічних операцій, де виконується умова $T_{ц\ max} \ll R$, додаткові робочі місця можна не застосовувати.

8-й крок: з урахуванням реальної кількості робочих місць C_{pi} на кожній із технологічних операцій корегується тривалість операційного циклу $T_{oi(кор)}$ виконання кожної технологічної операції з виготовлення оптимальної партії виробів.

Тривалість скорегованого операційного циклу $T_{oi(кор)}$ виконання кожної технологічної операції з виготовлення оптимальної партії виробів (в годинах) розраховується за формулою:

$$T_{oi(кор)} = \frac{N_o \cdot \frac{t_i}{K_i} + t_{(п/п)i}}{C_{pi} \cdot 60}, \quad (6.6)$$

де C_{pi} – реальна кількість робочих місць на i -й технологічній операції.

9-й крок: з урахуванням скоригованої тривалості операційного циклу $T_{oi(кор)}$ виконання технологічних операцій в інтервалі вибраного ритму R згідно зі схемою складання виробу та системою адресування деталей будується уточнений цикловий графік виготовлення партії виробів.

Примітка. При побудові уточненого циклового виробу доцільно постійно робити його коригування, тобто, зсувати в межах наявних резервів часу початок виготовлення тих чи інших деталей та вузлів, прагнучи до рівномірного завантаження обладнання.

6.2. Завдання для самостійного виконання

В серійному виробництві виготовляється партія машин. Кожна із машин складається з окремих вузлів, підвузлів та деталей. На кожен місяць планується виготовлення певної кількості машин. Схема складання машини наведена на рис. 6.1.

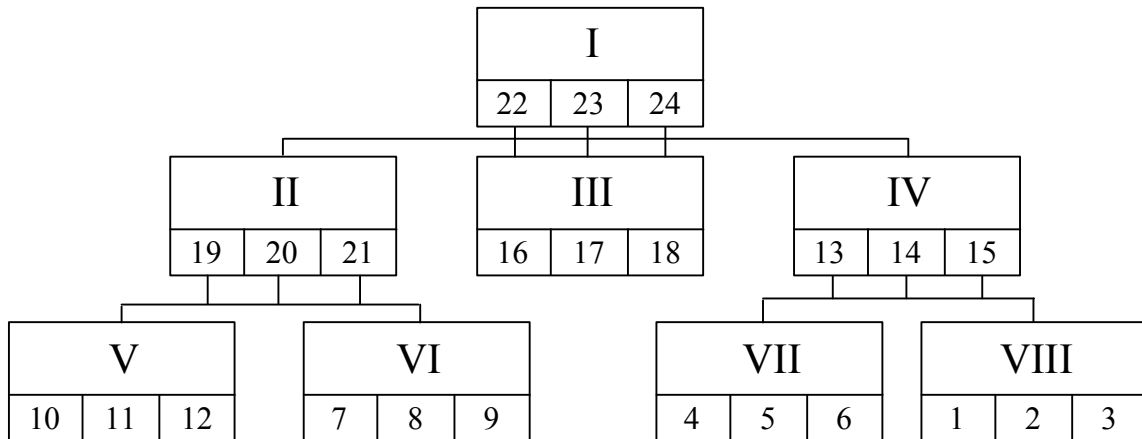


Рисунок 6.1 – Схема складання машини

В таблиці 6.1 наведені дані щодо закріплення технологічних операцій за деталями та вузлами; номери операцій, що на них здійснюється подача деталей та вузлів для наступної обробки або складання (для кодів “А”, “Б”, “В” ... “Ш”); плановий коефіцієнт виконання норм виробітку.

В таблиці 6.2 наведені 10 варіантів даних (“а”, “б”, “в” ... “к”) щодо тривалості технологічних операцій та підготовчо-прикінцевий час кожної із 24-х технологічних операцій, які входять до технологічного процесу виготовлення машини.

В таблиці 6.3 наведені дані щодо конкретних деталей та вузлів (система кодів), які студент повинен взяти для побудови циклового графіка; місячна програма виготовлення машин; число робочих днів в місяці; кількість змін роботи та тривалість зміни; втрати робочого часу на переналагодження та

ремонт обладнання; варіант, який визначає тривалість технологічних операцій та їх підготовчо-прикінцевий час.

Таблиця 6.1 – Початкові дані для виконання завдання

Вузол, деталь	Операція	Номери операцій, що на них здійснюється подача деталей та вузлів						K _i
		На №	Код	На №	Код	На №	Код	
VIII	1	2	А	2	Б	2	В	1,02
	2	3		3		3		1,03
	3	13		14		15		1,04
VII	4	5	Г	5	Д	5	Е	1,01
	5	6		6		6		1,03
	6	13		14		15		1,04
VI	7	8	Ж	8	З	8	И	1,01
	8	9		9		9		1,03
	9	19		20		21		1,05
V	10	11	К	11	Л	11	М	1,00
	11	12		12		12		1,04
	12	19		20		21		1,01
IV	13	14	Н	14	О	14	П	1,03
	14	15		15		15		1,04
	15	22		23		24		1,01
III	16	17	Р	17	С	17	Т	1,03
	17	18		18		18		1,06
	18	22		23		24		1,01
II	19	20	У	20	Ф	20	Х	1,04
	20	21		21		21		1,03
	21	22		23		24		1,01
I	22	23	Ц	23	Ч	23	Ш	1,05
	23	24		24		24		1,00
	24	-		-		-		1,04

Таблиця 6.2 – Початкові дані для виконання завдання

Операція	“а”		“б”		“в”		“г”		“д”		“е”		“ж”		“з”		“і”		“к”	
	t _i , ХВ.	t _{п/пс} , ХВ.	t _i , ХВ.	t _{п/пс} , ХВ.	t _i , ХВ.	t _{п/пс} , ХВ.	t _i , ХВ.	t _{п/пс} , ХВ.	t _i , ХВ.	t _{п/пс} , ХВ.	t _i , ХВ.	t _{п/пс} , ХВ.	t _i , ХВ.	t _{п/пс} , ХВ.	t _i , ХВ.	t _{п/пс} , ХВ.	t _i , ХВ.	t _{п/пс} , ХВ.	t _i , ХВ.	t _{п/пс} , ХВ.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	6	10	6	13	4	17	3	16	6	14	7	11	8	13	7	20	3	13	9	12
2	7	11	7	14	7	18	5	15	5	13	5	10	6	20	5	15	6	14	8	11
3	5	13	5	17	8	15	7	14	3	15	6	11	7	10	6	14	5	15	7	11
4	6	14	4	10	9	10	6	13	5	12	3	13	5	11	4	12	7	13	8	14
5	7	15	7	11	8	12	8	13	7	13	5	14	3	13	5	10	6	12	6	14
6	8	20	8	13	7	10	7	12	6	10	7	15	5	14	7	11	8	10	5	10
7	6	10	9	14	6	11	9	10	8	10	6	20	7	15	3	13	5	10	4	10
8	7	14	8	15	7	13	7	11	7	13	8	10	6	20	5	14	6	11	8	10
9	10	13	7	20	8	14	8	13	9	10	7	14	8	10	7	15	3	13	9	11
10	12	15	6	10	9	15	6	14	7	11	9	13	7	14	6	20	5	14	8	13
11	6	13	7	14	5	20	5	15	8	13	7	15	9	13	8	10	7	15	3	14
12	7	10	8	13	6	10	4	20	6	14	8	13	7	15	7	14	6	20	5	15
13	8	11	9	15	7	14	6	10	5	15	6	10	8	13	9	13	8	10	7	20
14	5	13	5	13	8	13	7	14	4	20	5	11	6	11	7	15	7	14	6	10

Продовження таблиці 6.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
15	7	14	6	17	9	15	9	13	6	10	4	14	5	14	8	13	9	13	8	14
16	6	15	7	16	3	13	4	15	7	14	6	13	4	15	6	10	7	15	7	13
17	7	20	8	10	5	17	5	13	6	13	7	16	6	16	5	14	8	13	9	15
18	8	10	9	14	4	10	6	17	5	15	6	7	7	17	4	13	6	10	7	13
19	10	14	2	13	6	14	5	15	4	13	8	10	8	18	6	15	5	14	8	9
20	14	13	3	15	5	13	8	11	4	11	7	14	6	19	7	13	4	13	6	9
21	6	15	4	13	7	15	8	10	6	9	1	13	4	19	8	12	6	15	5	10
22	7	13	6	9	6	13	3	14	1	10	4	15	3	10	1	13	7	13	4	13
23	8	16	5	8	6	9	3	13	4	14	2	13	1	11	4	11	3	9	6	12
24	5	17	8	9	7	10	2	15	2	13	3	9	8	11	6	10	4	9	7	18

Таблиця 6.3 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант завдання	Система кодів	N, шт.	Д _р , дні	m _{зм}	T _{зм} , годин	β, %	Варіант тривалостей технологічних операцій
1	А-Д-И-М-П-Т-Х-Ш	690	23	2	8	2,1	“а”
2	В-Д-Ж-К-Н-Р-У-Ц	800	25	1	8	3,0	“б”
3	А-Е-З-М-Н-С-Х-Ч	720	24	2	8	4,1	“в”
4	А-Г-З-К-О-Р-Ф-Ш	880	22	1	8	3,1	“г”
5	А-Е-Ж-Л-Н-Т-У-Ч	1000	20	2	8	4,2	“д”
6	Б-Г-И-М-О-С-У-Ш	1000	25	2	8	3,0	“е”
7	Б-Д-Ж-К-О-Р-Ф-Ц	960	24	2	8	1,2	“ж”
8	Б-Е-Ж-К-П-Т-Ф-Ц	840	21	2	8	1,3	“з”
9	Б-Е-З-Л-Н-С-У-Ц	1200	24	1	8	1,4	“і”
10	В-Г-З-М-О-Р-Х-Ш	900	20	1	8	3,0	“к”
11	В-Д-И-Л-О-Р-У-Ч	1050	21	2	8	3,5	“а”
12	В-Г-Ж-Л-П-С-У-Ш	1440	24	2	8	2,4	“б”
13	А-Е-И-Л-Н-Р-У-Ц	1400	20	2	8	2,3	“в”
14	А-Е-З-М-Н-Т-У-Ш	1260	21	3	8	2,4	“г”
15	А-Г-З-Л-Н-Т-Х-Ц	1680	24	2	8	3,4	“д”
16	Б-Г-И-М-О-С-Х-Ш	1250	25	1	8	4,5	“е”
17	Б-Д-Ж-К-Н-Т-У-Ц	1600	20	2	8	3,3	“ж”
18	Б-Е-З-Л-О-Р-Х-Ш	840	21	2	8	3,4	“з”
19	Б-Г-Ж-М-П-Т-Ф-Ц	630	21	2	8	2,5	“і”
20	В-Г-И-М-П-Р-У-Ц	1000	20	2	8	2,4	“к”
21	В-Д-З-Л-О-С-У-Ш	1152	24	1	8	1,3	“а”
22	В-Е-И-К-Н-Р-У-Ц	650	25	2	8	1,94	“б”
23	А-Г-Ж-М-П-Т-Х-Ч	648	24	2	8	1,33	“в”
24	А-Г-Ж-Л-О-С-Ф-Ц	768	24	2	8	1,74	“г”
25	А-Г-З-К-Н-Т-У-Ш	735	21	1	8	1,44	“д”
26	А-Г-З-М-О-Р-Ф-Ц	984	24	2	8	2,3	“е”
27	Б-Г-И-Л-Н-С-Х-Ш	1000	20	2	8	2,7	“ж”
28	Б-Е-Ж-К-П-Р-У-Ш	966	21	2	8	2,5	“з”
29	Б-Г-Ж-М-П-Р-У-Ч	1200	25	1	8	3,2	“і”
30	В-Д-З-К-О-Т-Ф-Ц	1128	24	2	8	3,8	“к”

Керуючись даними таблиць 6.1, 6.2 та 6.3, а також рис. 6.1, потрібно:

1. Вибрати всі необхідні дані для проведення розрахунків згідно з визначеним варіантом завдання.

2. Розрахувати мінімальну партію машин.
3. Розрахувати випуск машин за добу.
4. Визначити оптимальну партію машин, що запускається в виробництво.
5. Розрахувати ритм роботи дільниці (цеху).
6. Порівняти величину ритму з числом робочих днів. При необхідності скоригувати величину оптимальної партії машин, що запускається у виробництво.
7. Розрахувати операційний цикл T_{oi} виконання кожної технологічної операції з виготовлення оптимальної партії виробів.
8. В інтервалі вибраного ритму R згідно зі схемою складання машини, системою адресування деталей побудувати *початковий варіант циклового графіка виготовлення оптимальної партії виробів*. Розрахувати тривалість складного виробничого циклу.
9. При необхідності, розрахувати можливу розрахункову кількість робочих місць на кожній із технологічних операцій. Вибрати реальну кількість робочих місць на кожній із цих операцій.
10. При необхідності, скорегувати тривалість операційного циклу виконання певних (або всіх) технологічних операцій з виготовлення оптимальної партії виробів.
11. Побудувати *уточнений* цикловий графік виготовлення оптимальної партії виробів.
12. Зробити висновки.

6.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення поняття “складний виробничий процес”.
2. Назвіть основні етапи побудови циклового графіка складання партії виробів.
3. Як розраховується мінімальна величина партії виробів, що запускається у виробництво?
4. Як визначається оптимальна партія виробів, що запускається у виробництво? З яких умов потрібно виходити, щоб визначити оптимальну партію виробів?
5. Що означає поняття “ритм роботи” дільниці або цеху?
6. Поясніть різницю між поняттями “початковий варіант циклового графіка” та “уточнений варіант циклового графіка”.
7. Поясніть в якому співвідношенні повинні знаходитись такі показники, як “кількість робочих днів” та “ритм роботи”. Відповідь обґрунтуйте.
8. Який зміст несе поняття “можлива розрахункова кількість робочих місць” на кожній із технологічних операцій?

6.4 Задачі для розв'язування

1. В цеху здійснюється складання агрегатів. Загальна тривалість всіх технологічних операцій при виготовленні одного агрегату 800 хв., загальна тривалість підготовчо-прикінцевого часу – 700 хв., втрати часу на переналагодження обладнання – 2,5%. Добовий випуск агрегатів – 30 шт.

Визначити оптимальну партію агрегатів, яку доцільно запускати в виробництво в січні та в лютому, якщо в січні 24 робочих дні, а в лютому – 21 робочий день.

2. В цеху здійснюється складання виробів. Загальна тривалість всіх технологічних операцій при виготовленні одного виробу 500 хв., загальна тривалість підготовчо-прикінцевого часу – 750 хв., втрати часу на переналагодження обладнання – 2,5%.

Після застосування технічних удосконалень величина втрат на переналагодження робочих місць зменшилась і стала дорівнювати 2%.

Розрахувати як зміниться мінімальна величина партії виробів, що запускається в виробництво.

3. В цеху здійснюється складання виробів. Загальна тривалість всіх технологічних операцій при виготовленні одного виробу 500 хв., загальна тривалість підготовчо-прикінцевого часу – 750 хв., втрати часу на переналагодження обладнання – 2,5%. Випуск виробів за добу дорівнює 60 виробів.

Після застосування технічних удосконалень величина втрат на переналагодження робочих місць зменшилась і стала дорівнювати 2%.

Розрахувати як зміниться оптимальна величина партії виробів, що запускається в виробництво. Кількість робочих днів по місяцях не змінюється.

4. Оптимальна партія виробів, яка запускається в виробництво, визначена в 150 шт., що на 50 шт. більше за мінімальну партію.

Розрахувати загальну величину підготовчо-прикінцевого часу при виготовленні партії виробів, якщо тривалість всіх технологічних операцій при виготовленні одного виробу складає 200 хв., а втрати часу на переналагодження обладнання – 3%.

5. Оптимальна партія виробів, яка запускається в виробництво, визначена в 250 шт., що на 50 шт. більше за мінімальну партію.

Розрахувати загальну тривалість всіх технологічних операцій при виготовленні одного виробу, якщо величина підготовчо-прикінцевого часу при виготовленні партії виробів складає 12 хв., а втрати часу на переналагодження обладнання – 5%.

6. В цеху здійснюється складання виробів, яких за місяць потрібно виготовити 1200 шт. В місяці 24 робочих дні. Оптимальна партія виробів, яка запускається в виробництво, складає 200 шт. Тривалість складного виробничого циклу виготовлення одного виробу дорівнює 320 годин. Цех працює в 2 зміни, тривалість зміни – 8 годин.

Розрахувати яку потрібно мати середню кількість робочих місць на кожній із операцій, щоб в інтервалі, який дорівнює ритму, забезпечити виконання встановленого місячного завдання.

7. Випуск виробів в цеху за добу складає 400 шт. Оптимальна партія виробів, яка запускається в виробництво, складає 800 шт. Цех працює в 2 зміни, тривалість зміни – 8 годин. Середня кількість робочих місць на кожній із технологічних операцій дорівнює 4.

Розрахувати тривалість складного виробничого циклу виготовлення одного виробу.

6.5 Відповіді на задачі

1. 60 шт.; 90 шт.
2. Збільшиться на 15 шт.
3. Збільшиться на 60 виробів.
4. 618,5 хв.
5. 11,4 хв.
6. 5 шт.
7. 128 годин.

7

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: “Визначення рівня прогресивності і оптимальності виробничої структури підприємства”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з основ проектування виробничої структури підприємства та розвинути практичні навички з визначення її прогресивності та оптимальності.

7.1 Теоретична частина

Виробнича структура підприємства – це склад підрозділів підприємства, які виконують певні виробничі функції та утворюють відповідну ланку виробництва, а також форми взаємозв'язку між підрозділами в процесі виготовлення продукції.

В загальному виробнича структура підприємства має вигляд, показаний на рис. 7.1.

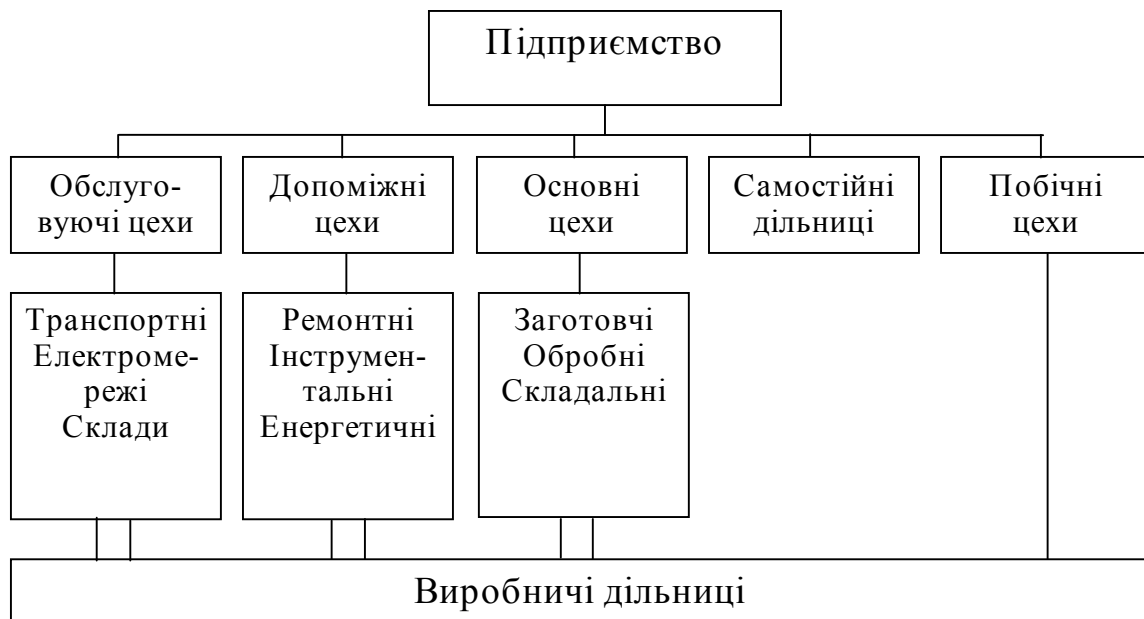


Рисунок 7.1– Виробнича структура підприємства

Цехи – основні виробничі одиниці, які відокремлені в адміністративному та територіальному відношенні. Цехи можуть бути:

- *основні*, в яких виконуються технологічні процеси з виготовлення основної продукції. До основних цехів відносяться ливарні, ковальські, ковальсько-штампувальні, ковальсько-пресові, цехи розкроювання металу, механічні, холодного штампування, термічні, деревообробні, складальні, монтажні, механоскладальні та інші. Конкретна назва основного цеху

- визначається сутністю технологічних операцій, які в ньому виконуються;
- *допоміжні*, в яких виготовляється продукція, що споживається самим підприємством і не підлягає реалізації на стороні. До *допоміжних цехів* відносяться інструментальні, модельні, ремонтно-механічні, електроремонтні, ремонтно-будівельні, тарні, енергетичні, компресорні, газогенераторні станції та інші;
 - *обслуговуючі*, в яких створюються умови для виконання основних та допоміжних технологічних процесів, але нова продукція тут не створюється. До обслуговуючих цехів відносяться склади готової продукції, інструментальні склади, склади палива, запасних частин та інші, енергетичне господарство (підстанції, трансформатори, електромережі, зв'язок та сигналізація тощо), транспортне господарство (депо, гаражі, ремонтні майстерні, вантажно-розвантажувальні засоби тощо);
 - *інші* цехи, а саме: науково-дослідні підрозділи, цехи нестандартного устаткування тощо.

Самостійні виробничі дільниці утворюються тоді, коли кількість робочих місць, устаткування, обладнання, робітників не дозволяють створити цех. Самостійні виробничі дільниці створюються в тому випадку, коли кількість робочих місць менша за 45...50 одиниць, а чисельність робітників менша за 90...100 осіб при двозмінній роботі (хоча можуть бути й інші значення). Самостійні дільниці виконують аналогічні функції, що й цехи.

Виробничі дільниці в складі цехів – це первинні адміністративно-виробничі підрозділи, які входять до складу цехів і де виконується певна закінчена частина виробничого процесу.

На формування виробничої структури підприємства впливає багато факторів. Серед них: вид продукції, яка виготовляється, обсяги виробництва, рівень спеціалізації та кооперування в галузі, особливості технологічних процесів тощо.

Так, виробнича структура *малого підприємства* відрізняється простою. Вона має мінімум або не має зовсім внутрішніх структурних підрозділів. На малих підприємствах досить незначний апарат управління, широко застосовується суміщення управлінських функцій.

Виробнича структура *середніх підприємств* передбачає виділення в їх складі цехів, а при безцеховій структурі – виробничих дільниць. Тут створюються мінімально необхідні для забезпечення функціонування підприємства власні допоміжні та обслуговуючі підрозділи, відділи та служби апарату управління.

Великі підприємства мають у своєму складі повний набір виробничих, допоміжних, обслуговуючих, управлінських підрозділів.

Склад цехів і дільниць, що має місце на підприємстві, утворює так званий *вид виробничої структури підприємства*. В залежності від складу цехів і дільниць розрізняють підприємства:

- з повним технологічним циклом, в яких присутні всі стадії виробничого процесу: заготівельні, обробні та складальні;
- механо-складального типу, в яких відбуваються тільки обробні та складальні виробничі процеси;
- складального типу, в яких присутні тільки складальні виробничі процеси;
- технологічної спеціалізації, які спеціалізуються на виконанні окремих заготівельних процесів: штампування, лиття, пресування тощо;
- подетальної спеціалізації, які спеціалізуються на заготівельних та обробних виробничих процесах.

Проектування виробничої структури підприємства, цеху, дільниці починають з розрахунку кількості робочих місць (обладнання), необхідних для виконання виробничого завдання.

Кількість робочих місць C_p , необхідних для виконання виробничого завдання, розраховується за формулою:

$$C_p = \frac{T}{F_p \cdot K} = \frac{\sum_1^m t_i \cdot N}{(D_k - D_b) \cdot m_{zm} \cdot T_{zm} \cdot (1 - \frac{\beta}{100}) \cdot K_{bh} \cdot 60}, \quad (7.1)$$

де T – загальна трудомісткість річної виробничої програми, нормо-годин;

t_i – час виконання i -ої технологічної операції, хвилин. Визначається режимом роботи обладнання, його продуктивністю, видом матеріалу, який обробляється, тощо;

N – кількість виробів (деталей, заготовок, вузлів тощо), які потрібно виготовити за рік, шт.;

F_p – режимний фонд роботи обладнання за рік, годин;

K_{bh} – коефіцієнт виконання норм часу, який планується.

Режимний фонд роботи обладнання F_p за рік (в годинах) розраховується за формулою:

$$F_p = (D_k - D_b) \cdot m_{zm} \cdot T_{zm} \cdot (1 - \frac{\beta}{100}), \quad (7.2)$$

де D_k – число календарних днів в даному році;

D_b – число святкових та вихідних днів в даному році;

m_{zm} – число змін роботи;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, годин;

β – втрати часу на переналагодження робочих місць, їх ремонт і технічне обслуговування, %. Зазвичай приймають $\beta = 3...10\%$.

Після розрахунку кількості робочих місць, необхідних для виконання виробничого завдання, здійснюють розміщення цих місць на відповідній території, утворюючи цехи, виробничі дільниці тощо. Розміщення обладнання може здійснюватись за технологічною або предметною ознакою, в результаті чого цехи, самостійні виробничі дільниці та виробничі дільниці в складі цехів можуть бути спеціалізовані за *технологічною, предметною або змішаною ознаками*.

Спеціалізація за *технологічною ознакою* передбачає установлення в цехах та на дільницях однотипного обладнання, за допомогою якого виконуються однотипні технологічні операції, наприклад, термічні, гальванічні, хімічні, ковальські тощо над дуже широкою номенклатурою виробів. Така спеціалізація характерна для одиничного типу виробництва.

До позитивних якостей такої спеціалізації відноситься більш повне використання обладнання, висока якість продукції, високий рівень кваліфікації робітників. До недоліків можна віднести ускладнення міжцехових та міждільничих зв'язків, порушення принципу прямоочності виробництва (тому що вироби по декілька разів повертаються до цеху або дільниці для виконання наступних операцій), ускладнення планування та обліку, збільшення тривалості виробничого процесу тощо.

Спеціалізація за *предметною ознакою* передбачає установлення в цехах та на дільницях різнотипного обладнання таким чином, щоб забезпечити можливість виготовлення вузької номенклатури кінцевої продукції. Така спеціалізація характерна для масового типу виробництва. В основі організації даного типу виробництва лежать предметно-замкнуті дільниці.

Позитивні якості предметної спеціалізації: утворюються замкнені технологічні цикли, спрощуються планування та облік, скорочується тривалість виробничого циклу. Але виникають і негативні явища: можливе недовантаження обладнання, погіршення техніко-економічних показників роботи дільниці або цеху.

Спеціалізація за *змішаною ознакою* передбачає, що частина обладнання установлюється за технологічною ознакою, а частина – за предметною. Така форма розміщення обладнання є досить поширеною. Так, наприклад, на заготівельній стадії установлюється здебільшого технологічно однотипне обладнання, а на складальній – різноманітне. Зрозуміло, що в цьому випадку позитивні і негативні якості спеціалізації перекриваються і виявляються тією мірою, в якій переважає та чи інша ознака спеціалізації. Дана спеціалізація характерна для серійного типу виробництва.

Розміщення обладнання за технологічною або предметною ознаками в поєднанні з застосуванням послідовного, послідовно-паралельного та пара-

лельного руху предметів праці у виробництві дає змогу утворити шість основних форм організації виробничого процесу на підприємстві (рис. 7.2).

Із шести можливих форм організації виробничого процесу практично реалізуються три: *перша, п'ята та шоста*. Інші форми організації виробничого процесу неефективні, а за певних обставин (особливо це стосується паралельного виконання різних операцій при розміщенні обладнання за технологічною ознакою) просто неможливі.

Форми організації виробничого процесу	Ознака, за якою розміщується обладнання	Вид руху предметів праці у виробництві
1	За технологічною ознакою	Послідовний
2		Послідовно-паралельний
3		Паралельний
4	За предметною ознакою	Послідовний
5		Послідовно-паралельний
6		Паралельний

Рисунок 7.2 – Форми організації виробничого процесу

Виробничу структуру будь-якого підприємства можна оцінити за двома основними критеріями (показниками): *рівнем прогресивності та оптимальністю*.

Прогресивною вважається така виробнича структура, в якій переважають підрозділи, спеціалізовані за *предметною ознакою*. Для визначення рівня прогресивності виробничої структури можна використовувати одиничні K_i та загальний K_z коефіцієнти прогресивності.

Одиничний коефіцієнт прогресивності K_i виробничої структури підприємства розраховується за формулою:

$$K_i = \frac{A_{\text{пр}(i)}}{A_{\text{пр}(i)} + A_{\text{тех}(i)}}, \quad (7.3)$$

де $A_{\text{пр}(i)}$ – значення i -го показника, який характеризує організацію та виконання окремих частин технологічного процесу в підрозділах підприємства, спеціалізованих за *предметною* ознакою. Такими показниками можуть бути: кількість робочих місць, кількість технологічних операцій, середня тривалість технологічних операцій, середня тривалість виробничого циклу, загальна тривалість транспортних операцій та інші;

$A_{\text{тех}(i)}$ – значення конкретного показника, який характеризує організацію та виконання окремих частин технологічного процесу в підрозділах підприємства, спеціалізованих за *технологічною* ознакою.

Якщо коефіцієнт $K_i = 1$, то це означає, що окрема частина технологічного процесу організована або виконується у підрозділі, який спеціалізований тільки за предметною ознакою.

Загальний коефіцієнт прогресивності K_3 виробничої структури підприємства може бути розрахований за формулою:

$$K_3 = \sum_1^n \alpha_i \cdot K_i, \quad (7.4)$$

де α_i – ваговий коефіцієнт одиничного показника, вибраного для характеристики рівня прогресивності даної виробничої структури;

$$\sum_1^n \alpha_i = 1;$$

n – кількість одиничних показників, вибраних для характеристики рівня прогресивності виробничої структури.

Чим ближче коефіцієнт K_3 до 1, тим прогресивнішою буде виробнича структура підприємства (за тими показниками, які були взяті для аналізу). Коефіцієнт $K_3 = 1$ означає, що на підприємстві функціонують підрозділи, які спеціалізовані тільки за предметною ознакою.

Оптимальною вважається така виробнича структура підприємства, яка забезпечує *мінімальні витрати на її побудову та утримання (в абсолютному вимірі або в розрахунку на одиницю продукції, що випускається)*.

Оптимальність виробничої структури може визначатись і іншими спеціальними показниками. Такими показниками, наприклад, можуть бути: загальна кількість працюючих, кількість технологічних операцій, середня тривалість технологічних операцій, тривалість транспортних операцій, тривалість виробничого циклу виготовлення виробу тощо.

Якщо після переходу підприємства з технологічної на предметну спеціалізацію виробничих підрозділів абсолютне значення цих показників зменшилось, то можна стверджувати про *оптимальність* нової виробничої структури. Якщо, навпаки, ці показники збільшились, то прогресивний характер перетворень виробничої структури, тобто перехід на спеціалізацію підрозділів за предметною ознакою, був економічно невиправданим.

7.2. Завдання для самостійного виконання

Існує 20 цехів, які можуть бути спеціалізовані або за предметною, або за технологічною ознакою. Для оцінювання рівня прогресивності виробничої структури використовуються такі показники: кількість робочих місць, кількість технологічних операцій, середня тривалість технологічних операцій,

загальна тривалість транспортних операцій, середня тривалість технологічного циклу виготовлення партії виробів. Значення показників, які використовуються для оцінювання рівня прогресивності виробничої структури цих цехів, наведені в таблиці 7.1.

Інформація щодо того, які цехи складають виробничу структуру підприємства і які потрібно взяти для аналізу, наведена в таблиці 7.2.

В таблиці 7.3 наведені відомості щодо вагомості одиничних показників, за допомогою яких планується оцінювати рівень прогресивності виробничої структури і які потрібно взяти для розрахунків загального рівня прогресивності.

Таблиця 7.1 – Початкові дані для виконання завдання

Цех	Кількість робочих місць		Кількість технологічних операцій		Середня тривалість технологічних операцій, хв.		Загальна тривалість транспортних операцій, годин		Середня тривалість виробничого циклу, годин	
	Можлива спеціалізація:									
	Технологічна	Предметна	Технологічна	Предметна	Технологічна	Предметна	Технологічна	Предметна	Технологічна	Предметна
1	36	35	577	560	10	10	8	2	120	100
2	65	63	600	590	48	48	10	9	139	130
3	78	70	600	500	50	50	34	30	140	130
4	30	27	460	430	38	38	32	31	400	290
5	77	75	580	550	20	20	50	30	35	30
6	120	108	680	500	10	10	7	6	60	50
7	100	80	1200	1000	13	13	9	8	78	70
8	46	39	500	460	11	11	11	10	80	60
9	76	69	600	500	24	24	13	12	40	36
10	40	30	250	200	13	13	24	23	89	57
11	40	39	266	200	7	7	30	25	120	100
12	86	80	600	450	8	8	20	18	130	110
13	64	58	800	780	9	9	16	15	46	40
14	55	54	600	500	5	5	15	14	50	45
15	26	23	500	400	6	6	17	16	60	40
16	70	54	590	550	12	12	39	36	80	70
17	44	35	490	370	12	12	20	10	60	56
18	90	83	590	300	11	11	18	13	89	79
19	90	89	480	410	10	10	15	10	30	20
20	50	48	200	190	4	4	9	7	70	60

Таблиця 7.2 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Цехи, які беруться для аналізу	Цех має спеціалізацію:		Цехи, які планується перевести на предметну спеціалізацію
		технологічну	предметну	
1	2	3	4	5
1	1-2-3-4	1, 2	3, 4	1
2	2-3-4-5	3, 4	2, 5	4
3	3-4-5-6	3, 6	4, 5	3
4	4-5-6-7	4, 6	5, 7	6
5	5-6-7-8	5, 6	7, 8	5
6	6-7-8-9	6, 7	8, 9	7
7	7-8-9-10	7, 10	8, 9	10
8	8-9-10-11	8, 9	10, 11	8
9	9-10-11-12	9, 10	11, 12	9

Продовження таблиці 7.2

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

Таблиця 7.3 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Коефіцієнт вагомості одиничного показника прогресивності, що характеризує:				
	кількість робочих місць, α_1	кількість технологічних операцій, α_2	середню тривалість технологічних операцій, α_3	загальну тривалість транспортних операцій, α_4	середню тривалість виробничого циклу, α_5
1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1
3	0,24	0,26	0,25	0,12	0,13
4	0,25	0,25	0,2	0,15	0,15
5	0,2	0,25	0,2	0,15	0,2
6	0,23	0,22	0,2	0,16	0,19
7	0,3	0,4	0,1	0,1	0,1
8	0,3	0,3	0,1	0,15	0,15
9	0,35	0,25	0,1	0,17	0,13
10	0,28	0,22	0,1	0,27	0,13
11	0,22	0,28	0,1	0,13	0,27
12	0,2	0,2	0,3	0,15	0,15
13	0,29	0,21	0,2	0,1	0,2
14	0,21	0,29	0,2	0,11	0,19
15	0,4	0,2	0,1	0,16	0,14
16	0,35	0,25	0,1	0,14	0,16
17	0,32	0,28	0,1	0,13	0,17
18	0,5	0,1	0,1	0,1	0,2
19	0,42	0,18	0,2	0,1	0,1
20	0,26	0,24	0,15	0,225	0,125
21	0,3	0,15	0,15	0,2	0,2
22	0,2	0,15	0,3	0,15	0,2
23	0,3	0,2	0,15	0,15	0,2
24	0,21	0,29	0,2	0,11	0,19
25	0,41	0,19	0,11	0,15	0,14
26	0,35	0,26	0,1	0,13	0,16
27	0,32	0,29	0,1	0,12	0,17
28	0,5	0,11	0,1	0,1	0,19
29	0,32	0,28	0,2	0,1	0,1
30	0,5	0,1	0,1	0,1	0,2

Керуючись даними таблиць 7.1, 7.2 та 7.3, потрібно:

1. Для заданого варіанта завдання, яке відображає базову виробничу структуру підприємства, що складається із 2-х цехів предметної та 2-х цехів технологічної спеціалізації, виписати та підрахувати абсолютні значення показників $A_{\text{пр}(i)}$ та $A_{\text{тех}(i)}$, які вибрані для визначення рівня прогресивності виробничої структури підприємства. Наприклад, для першого варіанта завдання загальна кількість робочих місць, які спеціалізовані за технологічною ознакою (цехи 1 та 2), складе $36+65=100$ місць, а загальна кількість робочих місць, які спеціалізовані за предметною ознакою (цехи 3 та 4), складе $70+27=97$ місць.
Примітка. Чисельність робочих місць, кількість технологічних операцій та загальна тривалість транспортних операцій розраховується шляхом складання абсолютних значень цих показників по кожному із цехів, що мають відповідну спеціалізацію. Середня тривалість технологічних операцій та середня тривалість виробничого циклу розраховується як середнє арифметичне із даних показників діяльності цехів, що мають відповідну спеціалізацію.
2. Для базового варіанта виробничої структури підприємства за формулою 7.3 підрахувати значення одиничних коефіцієнтів прогресивності K_i виробничої структури.
3. Для базового варіанта виробничої структури підприємства за формулою 7.4 підрахувати загальний коефіцієнт прогресивності K_z виробничої структури. При цьому врахувати задану вагомість кожного одиничного показника прогресивності (див. таблицю 7.3).
4. З урахуванням того, що один із цехів планується спеціалізувати за предметною ознакою, скласти новий варіант виробничої структури підприємства (згідно з завданням таблиці 7.2).
5. Для нового варіанта виробничої структури підприємства підрахувати абсолютне значення показників $A_{\text{пр}(i)}$ та $A_{\text{тех}(i)}$, які вибираються для визначення рівня прогресивності виробничої структури.
6. Для нового варіанта виробничої структури підприємства за формулою 7.3 підрахувати нові значення одиничних коефіцієнтів прогресивності K_i виробничої структури.
7. Для нового варіанта виробничої структури підприємства за формулою 7.4 підрахувати нове значення загального коефіцієнта прогресивності K_z виробничої структури.
8. Зробити висновки відносно того, чи доцільна запропонована структурна перебудова підприємства з точки зору її прогресивності.
9. Порівнюючи абсолютні значення показників $A_{\text{пр}(i)}$ та $A_{\text{тех}(i)}$, розрахованих в п. 1 та п. 5, зробити висновок щодо *оптимальності* запропонованих на підприємстві структурних перетворень.
10. Зробити загальні висновки.

7.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення поняття “виробнича структура підприємства”. Назвіть складові частини виробничої структури підприємства.
2. Назвіть основні види та дайте характеристику цехів, які складають виробничу структуру підприємства.
3. Зробіть порівняльну характеристику понять “самостійні виробничі дільниці” та “виробничі дільниці у складі цехів”.
4. Зробіть порівняльний аналіз виробничих структур малих, середніх та великих підприємств.
5. Назвіть основні види виробничих структур підприємства та дайте їм характеристику.
6. Як розраховується кількість робочих місць, необхідних для виконання виробничого завдання?
7. Що означає і як розраховується режимний фонд роботи обладнання?
8. Назвіть основні види спеціалізації цехів та дільниць. Зробіть їх порівняльну характеристику.
9. Охарактеризуйте переваги та недоліки спеціалізації підрозділів за предметною ознакою.
10. Охарактеризуйте переваги та недоліки спеціалізації підрозділів за технологічною ознакою.
11. Назвіть основні форми організації виробничого процесу, виходячи із виду спеціалізації підрозділів та виду руху предметів праці у виробництві. Які із форм організації виробничого процесу є ефективними, а які – неефективними?
12. Зробіть порівняльний аналіз понять “рівень прогресивності” виробничої структури та “оптимальність” виробничої структури.
13. Як розраховуються одиничні та загальний коефіцієнти прогресивності виробничої структури?
14. Яка виробнича структура підприємства вважається оптимальною? Як визначається оптимальність виробничої структури підприємства?

7.4 Задачі для розв’язування

1. Для виконання річної виробничої програми в цеху встановлено 120 робочих місць. Цех працює в 2 зміни, тривалість зміни 8 годин. В році 255 робочих днів. Втрати часу на переналагодження обладнання дорівнюють 5%. Коефіцієнт виконання норм часу – 1,05.

Розрахувати трудомісткість річної виробничої програми.

2. Для виконання річної виробничої програми в 961459 нормо-годин в цеху встановлено 150 робочих місць. В році 260 робочих днів. Тривалість

кожної зміни 8 годин. Втрати часу на переналагодження обладнання складають 4%. Коефіцієнт виконання норм часу – 1,07.

Розрахувати скільки змін протягом доби працює цех.

3. Для виконання річної виробничої програми в 557230 нормо-годин в цеху встановлено 136 робочих місць. В році 240 робочих днів. Цех працює в дві зміни. Тривалість кожної зміни 8 годин. Коефіцієнт виконання норм часу – 1,1.

Розрахувати втрати часу на переналагодження обладнання.

4. Річна виробнича програма цеху складає 784800 нормо-годин. В році 250 робочих днів. Цех працює в три зміни. Тривалість кожної зміни 8 годин. Втрати часу на переналагодження обладнання – 4%. Коефіцієнт виконання норм часу – 1,09. З метою підвищення якості продукції в цеху було встановлено нове обладнання, в результаті чого трудомісткість виробничої програми зменшилась на 256150 нормо-годин, а втрати часу на переналагодження обладнання зменшились до 3%, що дало змогу скоротити кількість змін роботи протягом доби.

Розрахувати скільки змін за добу став працювати цех.

5. Для виконання річного виробничого завдання в цеху встановлено 200 робочих місць. В році 250 робочих днів. Цех працює в дві зміни. Тривалість кожної зміни 8 годин. Втрати часу на переналагодження обладнання – 10%. Коефіцієнт виконання норм часу – 1,05.

Розрахувати скільки виробів за рік виготовляється в цеху, якщо середня тривалість однієї технологічної операції складає 30 хв.

6. Для виконання річного виробничого завдання в цеху встановлено 100 робочих місць. В році 220 робочих днів. Цех працює в дві зміни. Тривалість кожної зміни 8 годин. Втрати часу на переналагодження обладнання – 2%. Коефіцієнт виконання норм часу – 1,01.

Розрахувати середню тривалість технологічних операцій, якщо за рік в цеху виготовляється 10 млн. виробів.

7. На підприємстві є такі виробничі підрозділи:

Цехи і господарства	Обсяг виробництва продукції за рік, тис. грн.	Кількість зайнятих, осіб
1. Ливарний цех	3590	270
2. Пресово-заготівельний цех	4360	265
3. Ковальсько-пресовий цех	2200	230
4. Механічний цех	4000	190
5. Зварювальний цех	5000	100
6. Складальний цех	12000	1200

7. Ремонтно-механічний цех	357	87
8. Енергетичний цех	465	97
9. Інструментальний цех	700	120
10. Транспортний цех	800	121
11. Енергоремонтний цех	780	100
12. Цех нестандартного обладнання	400	70
13. Паросильне господарство	200	60
14. Експериментальний цех	1000	60

Підрахувати скільки продукції може бути реалізовано підприємством за рік, якщо безпосередньо на ринок працює складальний цех, до 30% продукції реалізують на ринку ливарний, пресово-заготівельний та ковальсько-пресовий цехи, 10% продукції реалізує на ринку зварювальний цех, 40% продукції реалізують на ринку інструментальний та транспортний цехи.

Розрахувати кількість та питому вагу робітників, які працюють в основному виробництві.

7.5 Відповіді на задачі

1. 488376 нормо-годин.
2. 3 зміни.
3. 3%.
4. 2 зміни.
5. 1,512 млн. шт.
6. 2,09 хв.
7. 16145 тис.грн.; 2255 осіб; 75,9%.

8

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: “Розрахунок оптимального варіанта розміщення обладнання”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання та розвинути практичні навички з розрахунку оптимального варіанта розміщення технологічного обладнання на виробничих дільницях цеху.

8.1 Теоретична частина

Проектування виробничої структури підприємства починається з розрахунку кількості технологічного обладнання (робочих місць), яке потрібно мати для виробництва запланованого обсягу продукції (див. практичне заняття 7).

Після розрахунку кількості обладнання (робочих місць) проводиться його розміщення на виробничій площі цеху або дільниці. Правильне розміщення обладнання на площі цеху або дільниці дуже важливе, оскільки визначає техніко-економічні показники роботи даного підрозділу, довжину транспортних шляхів, обсяг вантажного обороту тощо.

Критерієм оптимальності при розміщенні обладнання на площі цеху або дільниці можуть бути різні показники. Одним із них є *вантажний оборот*, який характеризує загальну масу вантажів, що переміщуються по території дільниці протягом всього часу, поки здійснюється обробка партії виробів. Зрозуміло, що чим меншою буде величина вантажного обороту, тим менше потрібно транспортних робітників, тим ефективніше і з меншими витратами буде працювати дільниця або цех.

Величина *вантажного обороту* Q розраховується за формулою:

$$Q = \sum_1^m N_i \cdot q_i \cdot l_i, \quad (8.1)$$

де N_i – виробниче завдання з виготовлення виробу i -го найменування, шт.;

q_i – середня маса виробу i -го найменування, кг;

l_i – шлях, який проходить виріб i -го найменування за весь цикл виготовлення, м.;

m – число технологічних операцій.

Величина вантажного обороту залежить від того, як розміщено на території цеху або дільниці обладнання. Варіантів розміщення обладнання може бути багато. Кращим буде той варіант розміщення обладнання, який за-

безпечує мінімальний вантажний оборот. Формула, за якою визначається оптимальний варіант розміщення обладнання, має вигляд:

$$Q = \sum_1^m N_i \cdot q_i \cdot l_i \longrightarrow \text{мінімум.} \quad (8.2)$$

Задачу вибору оптимального варіанта розміщення технологічного обладнання на території цеху або ділянки можна вирішити за допомогою застосування матричного методу.

Покажемо це на такому прикладі.

Припустимо, на ділянці виготовляються деталі 3-х видів: “А”, “Б” та “В”. Всі деталі виготовляються за допомогою однакових технологічних операцій, але мають різні маршрути обробки. Домовимося, що деталь “А” має такий маршрут обробки: токарна \rightarrow фрезерна \rightarrow свердлильна операції або $T \rightarrow \Phi \rightarrow C$; деталь “Б” – фрезерна \rightarrow токарна \rightarrow свердлильна операції або $\Phi \rightarrow T \rightarrow C$; деталь “В” – свердлильна \rightarrow фрезерна \rightarrow токарна операції або $C \rightarrow \Phi \rightarrow T$.

Кожна технологічна операція виконується на спеціалізованому робочому місці. Припустимо, що деталь “А” важить 0,2 кг і таких деталей треба виготовити 1000 штук; деталь “Б” важить 0,15 кг і їх треба виготовити 1200 штук; деталь “В” важить 0,3 кг і їх треба виготовити 1400 шт. Технологічне обладнання розміщується на одній лінії, відстань між обладнанням – 3 метри.

Треба вибрати оптимальну схему розміщення обладнання.

Розв’язування задачі.

1-й крок: розраховують загальну масу деталей “А”, “Б” та “В”, які підлягають обробці. Так, маса деталей “А” дорівнює $0,2 \cdot 1000 = 200$ кг, деталей “Б” – $0,15 \cdot 1200 = 180$ кг, деталей “В” – $0,3 \cdot 1400 = 420$ кг.

2-й крок: вибирають будь-який спосіб розміщення обладнання. Припустимо, що обладнання розміщено за схемою токарне \rightarrow фрезерне \rightarrow свердлильне або $T \rightarrow \Phi \rightarrow C$.

3-й крок: розраховують масу деталей, які передаються з однієї технологічної операції на іншу. Розрахунки роблять відповідно до існуючої схеми передачі деталей.

Зрозуміло, що з токарної операції на токарну передається 0 кг деталей, з фрезерної на фрезерну – 0 кг, з свердлильної на свердлильну – 0 кг.

З токарної на фрезерну операцію ($T \rightarrow \Phi$) буде передано тільки 200 кг деталей “А”. З фрезерної на свердлильну ($\Phi \rightarrow C$) – 200 кг деталей “А”. З фрезерної на токарну ($\Phi \rightarrow T$) буде передано 180 кг деталей “Б” та 420 кг деталей “В”. З токарної операції на свердлильну ($T \rightarrow C$) буде передано 180 кг деталей “Б”. З свердлильної операції на фрезерну ($C \rightarrow \Phi$) буде передано

420 кг деталей “В”. З свердлильної операції на токарну передач деталей не буде взагалі.

На основі зроблених розрахунків заповнюють так звану *шахову відомість переміщення деталей* (таблиця 8.1).

Таблиця 8.1 – Шахова відомість переміщення деталей (в кг)

Попередня операція	Наступна операція:		
	Т – токарна	Ф – фрезерна	С – свердлильна
Т – токарна	0	200	180
Ф – фрезерна	180+420	0	200
С – свердлильна	0	420	0

4-й крок: складають так звану *шахову матрицю вантажів*. Шахова матриця вантажів складається на основі розрахунків, зроблених у попередньому пункті, а також шахової відомості переміщення деталей (табл. 8.1).

Для побудови матриці вантажів плюсують масу деталей, які переміщуються між технологічними операціями в обидві сторони, а отримані результати заносять до таблиці (див. таблиці 8.2 або 8.3).

Так, якщо з токарної операції на фрезерну (Т→Ф) переміщується 200 кг деталей “А”, а зустрічно – з фрезерної на токарну (Ф→Т) 180 кг деталей “Б” та 420 кг деталей “В”, то загальний обсяг вантажного обороту між цими операціями складе $200+180+420=800$ кг. Аналогічно, якщо з токарної на свердлильну (Т→С) операцію переміщується 180 кг деталей “Б”, а з свердлильної на токарну (С→Т) – 0 кг, то загальний обсяг вантажного обороту між токарною та свердлильною операціями складе $180+0=180$ кг. Якщо з фрезерної на свердлильну (Ф→С) операцію переміщується 200 кг деталей “А”, а з свердлильної на фрезерну (С→Ф) операцію 420 кг деталей “В”, то загальний обсяг вантажного обороту між цими операціями складе $200+420=620$ кг.

Тоді шахова матриця вантажів буде мати вигляд, показаний в таблиці 8.2 або в таблиці 8.3.

Таблиця 8.2 – Шахова матриця вантажів (варіант 1)

Операції	Т – токарна	Ф – фрезерна	С – свердлильна
Т – токарна	0	800	180
Ф – фрезерна	0	0	620
С – свердлильна	0	0	0

Таблиця 8.3 – Шахова матриця вантажів (варіант 2)

Операції	Т – токарна	Ф – фрезерна	С – свердлильна
Т – токарна	0	0	0
Ф – фрезерна	800	0	0
С – свердлильна	180	620	0

Примітка. Обидва варіанти шахової таблиці вантажів є рівноцінними для проведення подальших розрахунків.

5-й крок: складають так звану шахову *матрицю відстаней*. Для нашого випадку відстань між токарним та фрезерним обладнанням ($T \rightarrow \Phi$), як і відстань між фрезерним та токарним обладнанням ($\Phi \rightarrow T$), складає 3 метри. Відстань між фрезерним та свердлильним ($\Phi \rightarrow C$) обладнанням, як і відстань між свердлильним та фрезерним обладнанням ($C \rightarrow \Phi$), складає 3 метри. Відстань між токарним та свердлильним ($T \rightarrow C$) обладнанням, як і відстань між свердлильним та токарним обладнанням ($T \rightarrow C$), складе $3+3=6$ метрів. Відповідно до цього матриця відстаней буде мати вигляд, наведений в таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 – Шахова матриця відстаней (в м)

Попередня операція	Наступна операція:		
	T – токарна	Φ – фрезерна	C – свердлильна
T – токарна	0	3	6
Φ – фрезерна	3	0	3
C – свердлильна	6	3	0

6-й крок: розраховують величину вантажного обороту для вибраної схеми розміщення обладнання. Для цього треба помножити кожне значення клітини матриці вантажів (таблиця 8.2 або 8.3) на відповідне значення клітини матриці відстаней (таблиця 8.4) та скласти всі отримані результати. Для випадку, коли для аналізу взяті матриця вантажів (таблиця 8.2) та матриця відстаней (таблиця 8.4), отримаємо:

$$Q_1 = 0 \cdot 0 + 800 \cdot 3 + 180 \cdot 6 + 0 \cdot 3 + 0 \cdot 0 + 620 \cdot 3 + 0 \cdot 6 + 0 \cdot 3 + 0 \cdot 0 = 5340 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

7-й крок: розраховують величини вантажного обороту для всіх інших схем розміщення обладнання. Загальна кількість схем розміщення обладнання визначається числом $m!$ (m – кількість технологічних операцій).

Для 3-х технологічних операцій таких схем буде $1 \cdot 2 \cdot 3 = 6$;

для 4-х технологічних операцій – $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 = 24$ і т.п.

Припустимо, що другою схемою розміщення обладнання буде схема, за якою обробка деталей здійснюється за маршрутом $\Phi \rightarrow T \rightarrow C$. Для такої схеми розміщення обладнання матриці вантажів та відстаней, побудовані за методикою, наведеною в кроках 1-5, будуть мати вигляд, наведений в таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Матриці вантажів та відстаней для схеми $\Phi \rightarrow T \rightarrow C$.

	Матриця вантажів			Матриця відстаней		
	Φ	T	C	Φ	T	C
Φ	0	800	620	0	3	6
T	0	0	180	3	0	3
C	0	0	0	6	3	0

Величина вантажного обороту Q_2 для другої схеми розміщення обладнання складе:

$$Q_2 = 0 \cdot 0 + 800 \cdot 3 + 620 \cdot 6 + 0 \cdot 3 + 0 \cdot 0 + 180 \cdot 3 + 0 \cdot 6 + 0 \cdot 3 + 0 \cdot 0 = 6660 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

Зрозуміло, що друга схема розміщення обладнання буде менш ефективною, ніж перша. Другу схему розміщення обладнання, тобто схему розміщення обладнання $\Phi \rightarrow T \rightarrow C$ застосовувати ніяк не можна.

Окрім вже згаданих схем розміщення обладнання є ще чотири. Це: $T \rightarrow C \rightarrow \Phi$, $\Phi \rightarrow C \rightarrow T$, $C \rightarrow T \rightarrow \Phi$ та $C \rightarrow \Phi \rightarrow T$. Розрахунки показують, що для схеми $T \rightarrow C \rightarrow \Phi$ вантажний оборот $Q_3 = 7200 \text{ кг} \cdot \text{м}$; для схеми $\Phi \rightarrow C \rightarrow T$ вантажний оборот $Q_4 = 7200 \text{ кг} \cdot \text{м}$; для схеми $C \rightarrow T \rightarrow \Phi$ вантажний оборот $Q_5 = 6660 \text{ кг} \cdot \text{м}$; для схеми $C \rightarrow \Phi \rightarrow T$ вантажний оборот $Q_6 = 340 \text{ кг} \cdot \text{м}$.

Тобто, найефективнішими схемами розміщення обладнання будуть схеми $T \rightarrow \Phi \rightarrow C$ або $C \rightarrow \Phi \rightarrow T$, які забезпечують мінімальний вантажний оборот або мінімальну загальну масу переміщуваних деталей.

8.2 Завдання для самостійного виконання

На ділянці ведеться обробка чотирьох видів деталей “А”, “Б”, “В” та “Г”. Всі деталі обробляються за допомогою однакових технологічних операцій, але мають різний маршрут обробки. Дані щодо виробничої програми виготовлення деталей за рік, маси деталей, маршрутів обробки деталей та відстаней між обладнанням, яке встановлено в одну лінію, наведені в таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Виробниче завдання, шт.				Маса деталей, кг				Маршрут технологічного процесу				Середня відстань між обладнанням, м
	“А”	“Б”	“В”	“Г”	“А”	“Б”	“В”	“Г”	“А”	“Б”	“В”	“Г”	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15
1	1000	1200	1300	900	0,2	0,3	0,13	0,4	T- Φ -C	Φ -C-T	C-T- Φ	T-C- Φ	3,2
2	800	2000	1500	750	0,1	0,15	0,23	0,25	Φ -T-C	C- Φ -T	T- Φ -C	Φ -C-T	4,4
3	1500	1000	500	800	0,3	0,2	0,1	0,25	C-T- Φ	T-C- Φ	Φ -T-C	C- Φ -T	6,3

Продовження таблиці 8.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15
4	1350	2000	600	750	0,2	0,16	0,1	0,18	Т-Ф-С	Ф-С-Т	С-Т-Ф	Т-С-Ф	8,4
5	400	800	1000	2000	0,3	0,2	0,4	0,1	Ф-Т-С	С-Ф-Т	Т-Ф-С	Ф-С-Т	4,5
6	2000	750	1500	1250	0,2	0,12	0,17	0,4	С-Т-Ф	Т-С-Ф	Ф-Т-С	С-Ф-Т	5,4
7	1300	1000	900	400	0,1	0,3	0,12	0,4	Ф-С-Т	Т-С-Ф	С-Т-Ф	С-Ф-Т	7,5
8	500	750	1000	1500	0,15	0,2	0,3	0,1	С-Ф-Т	Ф-С-Т	Ф-Т-С	Т-Ф-С	9,6
9	1300	2100	650	950	0,4	0,1	0,35	0,2	Т-Ф-С	Т-С-Ф	Ф-С-Т	С-Ф-Т	4,2
10	1000	1200	600	300	0,1	0,2	0,15	0,7	Ф-С-Т	С-Т-Ф	С-Ф-Т	Т-С-Ф	4,8
11	1250	1500	2000	2500	0,2	0,13	0,14	0,5	Т-Ф-С	Ф-С-Т	Ф-Т-С	С-Т-Ф	6,7
12	1000	2000	1250	750	0,3	0,2	0,35	0,1	Ф-Т-С	Т-С-Ф	С-Т-Ф	С-Ф-Т	7,6
13	1250	1750	750	2000	0,15	0,2	0,3	0,6	Т-Ф-С	С-Т-Ф	С-Т-Ф	С-Ф-Т	8,6
14	2000	1300	850	1500	0,4	0,2	0,15	0,3	С-Т-Ф	Т-Ф-С	Ф-Т-С	С-Ф-Т	4,1
15	800	1500	1300	1750	0,1	0,4	0,25	0,15	Т-Ф-С	Ф-Т-С	С-Т-Ф	Т-С-Ф	3,8
16	450	1500	800	1750	0,2	0,15	0,6	0,3	Ф-Т-С	Т-Ф-С	С-Ф-Т	Ф-С-Т	6,9
17	600	1500	900	1750	0,24	0,17	0,1	0,4	С-Ф-Т	Ф-Т-С	Т-Ф-С	Т-С-Ф	9,5
18	1000	750	1500	2000	0,54	0,16	0,39	0,13	Ф-Т-С	Т-Ф-С	С-Т-Ф	Ф-С-Т	9,1
19	1500	1000	950	2000	0,43	0,2	0,3	0,15	Т-Ф-С	Т-С-Ф	Ф-Т-С	С-Т-Ф	4,6
20	2100	900	1500	500	0,2	0,3	0,25	0,5	С-Т-Ф	С-Ф-Т	Ф-Т-С	Т-С-Ф	4,8
21	2000	850	1500	750	0,5	0,2	0,3	0,15	Ф-С-Т	Ф-Т-С	С-Ф-Т	Т-Ф-С	6,2
22	1000	1500	1750	750	0,12	0,25	0,35	0,2	Т-Ф-С	Ф-С-Т	Ф-Т-С	С-Ф-Т	6,5
23	250	3250	1800	2000	0,4	0,1	0,2	0,35	С-Ф-Т	Ф-Т-С	Т-Ф-С	Т-С-Ф	5,3
24	600	1500	1800	2000	0,25	0,15	0,4	0,6	Ф-Т-С	С-Т-Ф	Т-Ф-С	С-Ф-Т	5,7
25	1250	2000	1800	1500	0,6	0,5	0,2	0,3	Т-С-Ф	С-Ф-Т	Ф-Т-С	Ф-С-Т	8,5
26	850	3000	1800	1500	0,4	0,35	0,7	0,25	С-Т-Ф	Т-Ф-С	Ф-Т-С	С-Ф-Т	3,4
27	950	800	1600	1000	0,7	0,4	0,25	0,3	Ф-С-Т	Ф-Т-С	Т-С-Ф	С-Ф-Т	3,7
28	1500	950	1400	1000	0,25	0,45	0,1	0,15	Т-Ф-С	Ф-С-Т	С-Ф-Т	Ф-Т-С	5,9
29	1350	1000	1800	1500	0,45	0,15	0,5	0,25	С-Ф-Т	Т-С-Ф	Ф-Т-С	Т-Ф-С	5,2
30	1500	500	1800	1000	0,3	0,5	0,2	0,7	Ф-Т-С	С-Т-Ф	Т-С-Ф	С-Ф-Т	4,9

Примітка. Умовні позначення технологічних процесів: Т – токарні операції, Ф – фрезерні операції, С – свердлильні операції.

Керуючись даними таблиці 8.6, потрібно:

1. Виписати всі можливі схеми розміщення обладнання, за якими може здійснюватись обробка деталей “А”, “Б”, “В” та “Г”. Зробити відповідні рисунки. Визначити відстані між обладнанням для кожного варіанта його розміщення, враховуючи, що воно розміщується на одній лінії.
2. Для кожного із варіантів розміщення обладнання скласти шахову відомість переміщення деталей, шахову матрицю вантажів та шахову матрицю відстаней.
3. Розрахувати величину вантажного обороту для всіх можливих варіантів розміщення обладнання.
4. Вибрати найефективнішу схему розміщення обладнання.
5. Зробити висновки.

8.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Назвіть критерії (показники), за допомогою яких можна здійснювати розміщення обладнання на території цеху або виробничої дільниці.
2. Дайте означення поняття “вантажний оборот”. Як розраховується цей показник?
3. Охарактеризуйте суть матричного методу, за допомогою якого можна здійснити вибір оптимальної схеми розміщення обладнання на території цеху або дільниці.
4. Зробіть порівняльний аналіз понять “шахова відомість переміщення деталей”, “шахова матриця вантажів”, “шахова матриця відстаней”.
5. Яким чином, маючи матриці вантажів та відстаней, можна розрахувати величину вантажного обороту для визначення оптимальної схеми розміщення обладнання на території цеху або дільниці?

9

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: “Розрахунок основних параметрів безперервно-потоккових ліній”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з основ організації потокового виробництва, розвинути практичні навички з розрахунку основних параметрів безперервно-потоккових ліній.

9.1 Теоретична частина

Потокове виробництво – це така форма організації виробництва, коли досягається ритмічне повторення узгоджених у часі основних і допоміжних операцій, які виконуються на спеціалізованих робочих місцях, розташованих безпосередньо одне біля одного за ходом технологічного процесу. Первинною ланкою потокового виробництва є *потокова лінія*. Потокова лінія являє собою предметно-замкнуту ділянку, призначену для виробництва закінчених видів продукції.

Впровадження потокового виробництва потребує певних передумов. Серед них можна назвати:

- забезпечення *технологічності* виробу, який планується виготовляти на потоковій лінії. Іншими словами, характер технологічних операцій повинен бути таким, щоб їх можна було виконувати на конвеєрі;
- наявність *значного обсягу виробництва*, який міг би забезпечити повне завантаження обладнання;
- забезпечення *надійного режиму обслуговування*, сталості сировини, матеріалів тощо, що надходять у виробництво;
- суворе дотримання *трудового режиму* та правил внутрішнього трудового розпорядку.

В даний час на підприємствах працюють різноманітні потокові лінії, які можна згрупувати за такими ознаками (рис. 9.1).

Ознаки	Види потоккових ліній		
	Однопредметні		Багатопредметні
Ступінь спеціалізації	Однопредметні		Багатопредметні
Ступінь безперервності	Безперервно-потоккові		
Спосіб підтримки ритму	Прямотокові	Регламентований	Вільний
			Прямотокові
Засіб транспортування предметів праці	Конвеєри		Підйомні механізми, транспортери тощо
Характер руху конвеєра	Безперервний		Пульсуючий
Місце виконання технологічних операцій	На конвеєрі		На стаціонарних робочих місцях

Рисунок 9.1 – Класифікація потоккових ліній

За ступенем спеціалізації потокові лінії поділяються на *однопредметні*, на яких виготовляється вироби тільки одного найменування; та *багатопредметні*, на яких можна виготовляти подібні вироби декількох найменувань. Однопредметні лінії характерні для масового виробництва, а багатопредметні – для серійного.

За ступенем *безперервності* потокові лінії поділяються на *безперервно-потокові* (або БПЛ), на яких вироби проходять обробку по всіх операціях безперервно; та на *прямотокові*, на яких в процесі руху виробів можуть бути зупинки, перерви.

Безперервність роботи потоків ліній досягається за допомогою процесу *синхронізації*, тобто приведенням тривалості всіх технологічних операцій до єдиного значення або забезпечення кратності всіх операцій. Безперервно-потокові лінії застосовуються на складальних операціях, де легше здійснити синхронізацію, а прямотокові – при здійсненні механічної обробки виробів, коли синхронізувати технологічні операції важко через неможливість зміни режимів роботи обладнання.

За методом *підтримки ритму* потокові лінії поділяються на лінії з *регламентованим ритмом*, коли ритмічність роботи лінії підтримується примусово за допомогою єдиного транспортного засобу; та лінії з *вільним ритмом*, коли підтримка ритму покладається на самих робітників. В цьому випадку передача виробів з одного робочого місця на інше може здійснюватись з відхиленнями від встановленого ритму. Можливі також різні проміжні варіанти, коли, наприклад, передача виробів здійснюється за допомогою звукових або світлових сигналів.

За *місцем виконання технологічних операцій* потокові лінії поділяються на лінії з *робочим конвеєром*, коли вироби не знімаються з конвеєра і обробляються безпосередньо на конвеєрі; та на лінії з *розподільчим конвеєром*, коли вироби знімаються з конвеєра і обробляються окремо на спеціалізованих стаціонарних робочих місцях. Після закінчення виконання операцій вироби повертаються на стрічку конвеєра.

Потокові лінії з робочим конвеєром характерні для складальних операцій, а лінії з розподільчим конвеєром – для механічних.

Є ще багато ознак, які обумовлюють різноманітність потоків ліній. Наприклад, за *характером руху конвеєра* існують потокові лінії з безперервним та з пульсуючим рухом конвеєра; за *плануванням* – круглі, овальні, прямокутні потокові лінії; за *ступенем механізації* – ручні, механізовані, автоматичні, автоматизовані потокові лінії.

Однією із ознак класифікації потоків ліній є *переміщення робітників і предметів праці один відносно одного*. За цією ознакою розрізняють: а) лінії, на яких предмети праці і робітники рухаються в один бік; б) лінії, на яких предмети праці рухаються, а робітники працюють на стаціонарних ро-

бочих місцях; в) лінії, на яких предмети праці є нерухомими, а робітники рухаються за спеціальними маршрутами (так званий “стаціонарний потік”).

Значне місце серед потокових ліній займають безперервно-потокові лінії. В основі проектування та побудови безперервно-потокових ліній лежить їх синхронізація.

Синхронізація потокової лінії – це узгодження тривалостей всіх операцій між собою. Умова досягнення синхронізації:

$$\frac{t_1}{C_1} = \frac{t_2}{C_2} = \frac{t_3}{C_3} = \dots = \frac{t_i}{C_i} = \Gamma, \quad (9.1)$$

де t_i – тривалість виконання i -ої технологічної операції, хв.;

C_i – кількість робочих місць на i -ій операції;

Γ – такт потокової лінії, хв.

Синхронізація потокових ліній здійснюється в два етапи і передбачає *попередню та остаточну синхронізацію*.

Попередня синхронізація проводиться на стадії проектування потокової лінії. Здійснюється доборою обладнання з відносно однаковою продуктивністю, розчленуванням і поєднанням операцій та їх окремих частин у такий спосіб, щоб забезпечити однакову тривалість виконання всіх операцій та рівномірне завантаження робітників.

При проведенні попередньої синхронізації тривалість кожної технологічної операції повинна бути *приблизно* кратна певному *цілому числу*. Допускаються відхилення тривалостей операцій від певного цілого числа на величину 10...15%.

Приклад проведення синхронізації безперервно-потокової лінії наведений на рис. 9.2.

При проведенні попередньої синхронізації безперервно-потокових ліній потрібно правильно визначити тривалості технологічних операцій, які, в свою чергу, залежать від виду потокової лінії.

Так, для потокових ліній з робочим конвеєром безперервної дії тривалість технологічної операції t_i визначається за формулою:

$$t_i = t_{\text{обр}} + t_{\text{пов}}, \quad (9.2)$$

де $t_{\text{обр}}$ – час безпосередньої обробки виробу робітником на i -ій операції, яка виконується на конвеєрі, що рухається, хв.;

$t_{\text{пов}}$ – час повернення робітника в початкове положення, хв.

Існуючі операції, номери	I		II			III			IV	V		VI	
Тривалість операцій, хв.	1,7		1,8			2,5			1,3	1,1		1,6	
Технологічні переходи, номери	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тривалість переходів, хв.	1	0,7	0,4	0,4	1	0,5	1,1	0,9	1,3	0,7	0,4	0,8	0,8
Нові операції, номери	I	II		III			IV		V		VI		
Тривалість нових операцій, хв.	1	1,1		1,9			2		2		2		

Рисунок 9.2 – Синхронізація потокової лінії

Для поточкових ліній з пульсуючим робочим конвеєром тривалість технологічної операції t_i визначається за формулою:

$$t_i = t_{\text{обр}} + t_{\text{тр}}, \quad (9.3)$$

де $t_{\text{обр}}$ – час безпосередньої обробки виробу робітником на i -ій операції, яка виконується на конвеєрі, що стоїть, хв.;

$t_{\text{тр}}$ – час переміщення виробу з попередньої операції на наступну операцію під час руху конвеєра, хв.

Для поточкових ліній з розподільчим конвеєром безперервної дії тривалість технологічної операції t_i визначається за формулою:

$$t_i = t_{\text{обр}} + t_{\text{зн}}, \quad (9.4)$$

де $t_{\text{обр}}$ – час безпосередньої обробки виробу робітником на i -ій операції, яка виконується на стаціонарному робочому місці, хв.;

$t_{\text{зн}}$ – час зняття виробу з конвеєра, його закріплення на стаціонарному робочому місці та повернення назад на конвеєр, хв.

Для поточкових ліній з розподільчим пульсуючим конвеєром тривалість технологічної операції t_i визначається за формулою:

$$t_i = t_{\text{обр}} + t_{\text{зн}} + t_{\text{тр}}, \quad (9.5)$$

де $t_{\text{обр}}$ – час безпосередньої обробки виробу робітником на i -ій операції, яка виконується на стаціонарному робочому місці, хв.;

t_{zn} – час зняття виробу з конвеєра, його закріплення на робочому місці та повернення назад на конвеєр, хв.;

$t_{тр}$ – час переміщення виробу з попередньої операції на наступну операцію під час руху конвеєра, хв.

Остаточна синхронізація проводиться під час налагодження потокової лінії шляхом запровадження засобів малої механізації, застосування додаткових форм матеріального стимулювання робітників, підвищення їх кваліфікації тощо. Остаточна синхронізація допускає відхилення тривалостей операцій відносно певного цілого числа не більше, ніж на 1...3%.

Розрахунок безперервно-потоккових ліній передбачає визначення таких основних параметрів: такту, ритму, кількості робочих місць та їх завантаження, швидкості руху конвеєра та інших.

Такт потокової лінії – це відрізок часу, через який з потокової лінії сходять один готовий виріб. Такт потокової лінії Γ (в хвиликах) розраховується за формулою:

$$\Gamma = \frac{F_d}{N} = \frac{(D_k - D_v) \cdot m_{zm} \cdot (T_{zm} - T_p)}{N}, \quad (9.6)$$

де F_d – дійсний фонд часу роботи потокової лінії за плановий період, хв.;

N – випуск виробів з потокової лінії за плановий період, шт.;

D_k – число календарних днів в плановому періоді;

D_v – число вихідних та святкових днів в плановому періоді;

m_{zm} – число змін роботи потокової лінії за добу;

T_{zm} – тривалість зміни, хв.;

T_p – тривалість регламентованих перерв за одну зміну, хв.

Примітка. Регламентовані перерви являють собою зупинку в роботі потокової лінії з метою надати робітникам можливості відпочити та виконати природні потреби. Ці перерви включаються до робочого часу і підлягають оплаті.

Якщо технологічний процес виготовлення виробів передбачає планові втрати від можливості появи бракованої продукції, то *такт потокової лінії* Γ розраховується за формулою:

$$\Gamma = \frac{F_d}{N_3} = \frac{(D_k - D_v) \cdot m_{zm} \cdot (T_{zm} - T_p) \cdot (100 - \alpha)}{N_b \cdot 100}, \quad (9.7)$$

де N_3 – програма запуску виробів на поточкову лінію, шт.;

$$N_3 = \frac{N_b \cdot 100}{100 - \alpha},$$

α – планові технологічні втрати або брак, %.

Якщо вироби на потоковій лінії виготовляються партіями, визначають ритм потокової лінії. Ритм потокової лінії R розраховується за формулою:

$$R = \Gamma \cdot p, \quad (9.8)$$

де Γ – такт потокової лінії, хв.;

p – величина транспортної (передаточної) партії виробів, шт.

Розрахункова кількість робочих місць C_i на кожній технологічній операції потокової лінії розраховується за формулою:

$$C_i = \frac{t_i}{\Gamma}, \quad (9.9)$$

де t_i – тривалість i -ої технологічної операції, хв.;

Γ – такт потокової лінії, хв.

Прийнята кількість робочих місць $C_{пр}$ на кожній технологічній операції потокової лінії визначається шляхом округлення розрахункової кількості робочих місць до найближчого цілого числа.

Коефіцієнт завантаження K_3 кожного робочого місця потокової лінії розраховується за формулою:

$$K_3 = \frac{C_i}{C_{пр}}. \quad (9.10)$$

Безперервно-потокова лінія вважається правильно побудованою, якщо коефіцієнт завантаження K_3 знаходиться в межах 0,97...1,03.

Загальна кількість робочих місць $C_{л}$ на потоковій лінії розраховується за формулою:

$$C_{л} = \sum_1^m C_{прі}, \quad (9.11)$$

де m – число технологічних операцій;

$C_{прі}$ – прийнята кількість робочих місць на i -ій операції.

Коефіцієнт серійності K_c потокової лінії розраховується за формулою:

$$K_c = \frac{m}{C_{л}}, \quad (9.12)$$

де m – число технологічних операцій, шт.;

$C_{л}$ – загальна кількість робочих місць на потоковій лінії, шт.

У випадку, коли кожна технологічна операція виконується на потоковій лінії на одному робочому місці, коефіцієнт серійності досягає свого максимального значення $K_c=1$. Це означає, що тривалості всіх технологічних операцій на потоковій лінії абсолютно рівні між собою.

Якщо певні технологічні операції виконуються на декількох робочих місцях, коефіцієнт серійності буде меншим за 1. Це означає, що тривалості технологічних операцій будуть мати певну кратність між собою.

Розрахунок швидкості руху конвеєра потокової лінії залежить від виду лінії. Так, для потокової лінії безперервної дії швидкість руху конвеєра V розраховується за формулою:

$$V = \frac{L_0}{T}, \quad \text{м/хв.}, \quad (9.13)$$

де L_0 – крок конвеєра, тобто відстань між осями двох суміжних виробів, які знаходяться на конвеєрі, м (рис. 9.3).

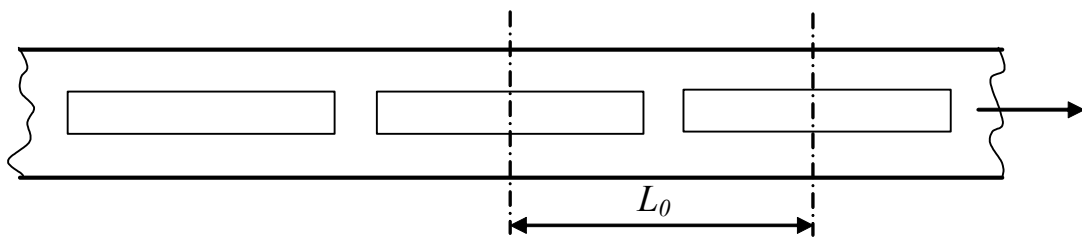


Рисунок 9.3 – Визначення кроку конвеєра

Для потокової лінії з пульсуючим конвеєром швидкість руху конвеєра V розраховується за формулою:

$$V = \frac{L_0}{t_{тр}}, \quad \text{м/хв.}, \quad (9.14)$$

де $t_{тр}$ – час переміщення виробу з попередньої операції на наступну операцію під час руху конвеєра, хв.

Тривалість технологічного циклу $T_{ц}$ виготовлення виробу на безперервно-потоковій лінії розраховується за формулою:

$$T_{ц} = T \cdot C_{л}. \quad (9.15)$$

Розрахунок напрацювань на потоковій лінії здійснюється для кожного виду напрацювань окремо, а потім підраховується їх загальна величина.

Технологічні напрацювання – це сукупність виробів, які знаходяться на робочих місцях потокової лінії в стадії обробки в будь-який момент часу. Технологічні напрацювання Z_T розраховуються за формулою:

$$Z_T = p \cdot C_{л}, \quad (9.16)$$

де p – величина транспортної (передаточної партії), шт.

Транспортні напрацювання – це сукупність виробів, які перебувають в будь-який момент часу в процесі транспортування з однієї операції на іншу. Транспортні напрацювання $Z_{тр}$ розраховуються за формулою:

$$Z_{тр} = p \cdot (C_{л} - 1). \quad (9.17)$$

Резервні напрацювання – це сукупність виробів, які складуються на нестабільних операціях. Резервні напрацювання повинні забезпечити безперервний рух конвеєра при відхиленнях від заданого такту обробки виробів на нестабільних операціях. Резервні напрацювання Z_p розраховуються за формулою:

$$Z_p = \frac{\sum_{i=1}^m t_{пер(i)}}{\Gamma}, \quad (9.18)$$

де $t_{пер(i)}$ – середня тривалість перерв в роботі одного робітника на i -ій операції через відсутність предметів праці, хв.;

m – число технологічних операцій, шт.;

Γ – такт потокової лінії, хв.

Величину резервних напрацювань Z_p можна розрахувати також як (4...5)% від змінного завдання випуску виробів з потокової лінії.

Величина *загальних напрацювань на потоковій лінії* $Z_{заг}$ розраховується за формулою:

$$Z_{заг} = Z_T + Z_{тр} + Z_p. \quad (9.19)$$

Величина *незавершеного виробництва* H на потоковій лінії розраховується за формулою:

$$H = \frac{Z_{\text{заг}} \cdot \left(\frac{\sum_{i=1}^m t_i}{2} + t_{\text{поп}} \right)}{60} \text{ нормо-годин,} \quad (9.20)$$

де t_i – тривалість i -ої технологічної операції, хв.;

$t_{\text{поп}}$ – витрати часу на виготовлення одного виробу в усіх попередніх цехах та підрозділах, хв.;

$1/2$ – коефіцієнт, який враховує середній ступінь готовності виробу, що його виготовляють на потоковій лінії.

Розрахунки основних параметрів безперервно-потоккових ліній, здійснені за формулами 9.6...9.20, є характерними для всіх видів цих ліній. Для окремих видів безперервно-потоккових ліній розраховують додаткові параметри, які визначаються специфікою роботи цих ліній.

9.2 Завдання для самостійного виконання

Перед виробничою дільницею, де встановлена безперервно-потоккова лінія, стоїть завдання виготовити за місяць певну кількість виробів. Тривалість технологічних операцій, режим роботи лінії, виробниче завдання та інші початкові дані наведені в таблиці 9.1.

Керуючись даними таблиці 9.1, потрібно:

1. Розрахувати такт потокової лінії, враховуючи, що лінія працює протягом місяця 20 робочих днів.
2. Здійснити синхронізацію потокової лінії. Для цього об'єднати технологічні операції так, щоб їх тривалість дорівнювала або такту потокової лінії, або була кратна цьому такту.
Примітка. Технологічні операції можна об'єднувати, але *не можна* переставляти місцями.
3. Розрахувати розрахункову кількість робочих місць на кожній операції.
4. Прийняти відповідну кількість робочих місць на кожній операції та розрахувати коефіцієнти їх завантаження.
5. Розрахувати загальну кількість робочих місць на безперервно-потокковій лінії.
6. Підрахувати коефіцієнт серійності безперервно-потоккової лінії.
7. Розрахувати швидкість руху конвеєра, враховуючи, що безперервно-потоккова лінія оснащена конвеєром безперервної дії.
8. Розрахувати тривалість технологічного циклу виготовлення виробу на безперервно-потокковій лінії.

9. Розрахувати всі види напрацювань на потоковій лінії та їх загальну величину. При розрахунках прийняти, що величина передаточної партії виробів дорівнює 1.
10. Приймаючи, що витрати часу на виготовлення одного виробу в усіх попередніх цехах та дільницях даного підприємства знаходяться в межах 40...100 хв. (вибір робить сам студент), розрахувати величину незавершеного виробництва, яка має місце на даній безперервно-потоковій лінії.
11. Зробити висновки.

Таблиця 9.1 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Число змін	Тривалість зміни, хв.	Регламентовані перерви за зміну, хв.	Випуск виробів за місяць, шт.	Послідовність існуючих технологічних операцій та їх тривалість, хв.	Крок конвеєра, м
1	2	480	20	3680	3, 2, 10, 15, 1, 1, 3, 5, 7, 8, 12, 8, 5	1,2
2	3	480	30	3000	9, 27, 4, 5, 30, 6, 8, 10, 9, 15, 3, 45	1,5
3	1	480	20	2300	4, 20, 1, 3, 7, 9, 5, 3, 16, 8, 11, 1, 4	1,4
4	3	480	30	9000	3, 11, 1, 6, 17, 1, 3, 2, 1, 12, 7, 5, 3	1,6
5	3	480	20	4600	6, 9, 3, 12, 23, 1, 17, 1, 6, 24, 29, 1, 6	1,1
6	1	480	30	1800	5, 17, 3, 10, 21, 4, 15, 1, 1, 8, 13, 2, 5	1,7
7	2	480	40	2200	8, 15, 1, 55, 1, 8, 16, 31, 1, 14, 2, 8, 8	1,6
8	3	480	30	2700	10, 19, 1, 26, 14, 20, 45, 5, 27, 3, 10,	1,2
9	1	480	20	4600	2, 7, 1, 5, 3, 4, 8, 9, 1, 12, 1, 1, 2, 4	1,5
10	3	480	40	3300	8, 24, 1, 1, 6, 16, 31, 9, 16, 18, 6, 8	1,1
11	2	480	30	3000	6, 15, 3, 12, 24, 1, 1, 4, 12, 28, 2, 12,	1,3
12	1	480	20	1150	8, 16, 1, 7, 44, 4, 56, 16, 21, 3, 16, 8	1,4
13	1	480	20	1314	7, 16, 5, 14, 3, 4, 23, 5, 14, 21, 34, 1,	1,9
14	3	480	30	5400	5, 7, 3, 15, 20, 1, 1, 3, 5, 34, 1, 20, 15	1,2
15	2	480	40	4400	4, 8, 7, 1, 16, 19, 5, 8, 16, 23, 1, 8, 4	1,6
16	3	480	30	2250	12, 24, 35, 13, 12, 7, 5, 59, 1, 12, 11, 1	1,8
17	2	480	20	1314	14, 42, 18, 10, 60, 10, 28, 7, 5 2, 14, 56	2,0
18	1	480	30	900	10, 21, 9, 35, 15, 6, 14, 10, 50, 56, 4,	2,1
19	3	480	40	3771	7, 21, 1, 1, 12, 28, 13, 15, 35, 20, 1, 14	1,9
20	2	480	50	1911	9, 27, 5, 4, 17, 1, 43, 2, 36, 12, 6, 9, 9	2,5
21	1	480	40	1760	5, 12, 18, 25, 33, 2, 15, 2, 3, 10, 11, 14	1,9
22	1	480	30	600	15, 31, 14, 66, 9, 1, 2, 12, 30, 44, 1, 60	1,4
23	3	480	20	2123	13, 26, 40, 12, 39, 7, 6, 64, 1, 13, 65,	2,0
24	2	480	30	1285	14, 30, 12, 28, 8, 6, 56, 67, 1, 2, 14, 28	2,1
25	3	480	40	3771	7, 1, 6, 35, 28, 30, 12, 15, 6, 28, 3, 4	2,5
26	2	480	40	2514	7, 55, 1, 12, 16, 14, 35, 14, 5, 9, 21, 7	1,5
27	1	480	50	1433	6, 18, 19, 11, 12, 2, 4, 40, 2, 12, 18, 6	3,0
28	2	480	30	1800	10, 56, 14, 30, 45, 5, 12, 28, 20, 40, 60	2,4
29	3	480	20	9200	3, 6, 9, 12, 15, 21, 1, 1, 4, 10, 2, 17, 1	2,3
30	2	480	30	3600	5, 11, 4, 24, 1, 40, 1, 1, 8, 13, 2, 17, 3	3,2

9.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення поняття “потокове виробництво”. Що є первинною ланкою потокового виробництва?
2. Охарактеризуйте основні передумови, які потрібно мати, щоб запровадити потокове виробництво.
3. Наведіть основні ознаки, за якими здійснюється класифікація поточкових ліній.
4. Назвіть основні види поточкових ліній.
5. Дайте характеристику поточкових ліній в залежності від ступеня спеціалізації. Де застосовуються ці лінії?
6. Дайте характеристику поточкових ліній в залежності від ступеня безперервності. Де застосовуються ці лінії?
7. Дайте характеристику поточкових ліній в залежності від способу підтримки ритму.
8. Дайте характеристику поточкових ліній в залежності від місця виконання технологічних операцій. Де застосовуються ці лінії?
9. Назвіть основні випадки переміщення робітників та предметів праці відносно один одного на поточкових лініях. Охарактеризуйте поняття “стаціонарний потік”.
10. Що означає і для чого здійснюється синхронізація поточної лінії? Наведіть математичну умову синхронізації.
11. Охарактеризуйте суть та мету основних етапів здійснення синхронізації поточкових ліній.
12. Зробіть порівняльний аналіз попередньої та остаточної синхронізації поточкових ліній.
13. Яким чином здійснюється розрахунок тривалостей технологічних операцій для поточкових ліній з робочим та з розподільчим конвеєром в залежності від виду руху конвеєра?
14. Дайте означення поняття “такт поточної лінії”. Як він розраховується у випадку відсутності та наявності на поточковій лінії технологічних втрат (браку)?
15. Що означає та як розраховується ритм поточної лінії? В яких випадках він визначається?
16. Як визначається розрахункова та прийнята кількість робочих місць на кожній технологічній операції поточної лінії?
17. Як розраховується загальна кількість робочих місць на поточковій лінії?
18. Як розраховуються коефіцієнти завантаження робочих місць на поточковій лінії? Поясніть, для чого робляться ці розрахунки.
19. Як розраховується і що означає коефіцієнт серійності поточної лінії? Яку максимальну величину він може мати? В якому випадку це може статися?

20. Як розраховується швидкість руху конвеєра на потокових лініях безперервної дії та на потокових лініях з пульсуючим конвеєром? Поясніть різницю в розрахунках. Як ви вважаєте, чи є обмеження в величині швидкості руху конвеєра?
21. Дайте означення поняття “крок конвеєра”. Як визначається крок конвеєра?
22. Як розраховується тривалість технологічного циклу виготовлення виробу на безперервно-потоковій лінії? Що означає ця тривалість?
23. Які напрацювання створюються на безперервно-потоковій лінії? Назвіть основні види цих напрацювань.
24. Як розраховуються технологічні напрацювання на безперервно-потоковій лінії? Яка суть цих напрацювань?
25. Як розраховуються транспортні напрацювання на безперервно-потоковій лінії? Яка суть цих напрацювань?
26. Як розраховуються резервні напрацювання на безперервно-потоковій лінії? Яка суть цих напрацювань?
27. Як розраховуються загальні напрацювання на безперервно-потоковій лінії?
28. Як розраховується величина незавершеного виробництва, яка має місце на безперервно-потокових лініях? Яку інформацію потрібно знати, щоб розрахувати величину незавершеного виробництва?
29. Що означає показник “ступінь готовності” виробу на потоковій лінії?

10

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: “Розрахунок безперервно-потоккових ліній з робочим та розподільчим конвеєром”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з основ організації безперервно-потоккових ліній з робочим і з розподільчим конвеєрами та розвинути практичні навички з розрахунку основних параметрів цих ліній.

10.1 Теоретична частина

Розрахунки основних параметрів безперервно-потоккових ліній, здійснені за формулами 9.6...9.20, є характерними для всіх видів цих ліній. Для окремих видів безперервно-потоккових ліній розраховують додаткові параметри, які визначаються специфікою роботи цих ліній.

Так, для *безперервно-потоккових ліній з робочим конвеєром* додатково розраховують *робочі зони, довжину замкнутої стрічки транспортера та площу конвеєра*.

Схематичний план безперервно-потоккової лінії з робочим конвеєром із зазначенням робочих зон, наведений на рис. 10.1.

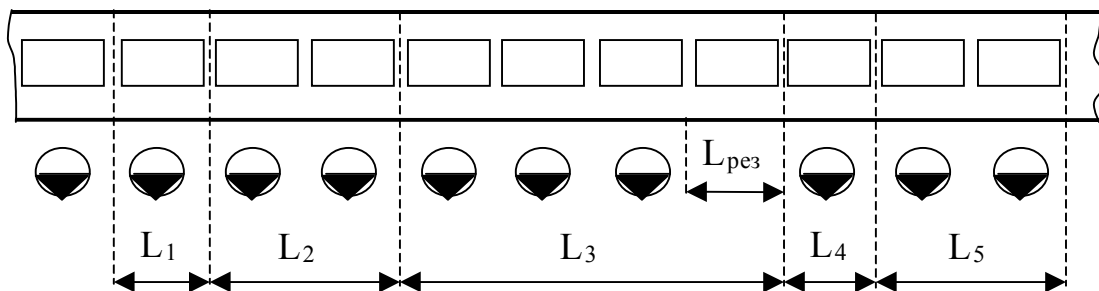


Рисунок 10.1 – Схема безперервно-потоккової лінії з робочим конвеєром та нанесеними робочими зонами

Робочу зону L_i кожної операції безперервно-потоккової лінії з робочим конвеєром розраховують за формулою:

$$L_i = L_o \cdot [C_{п(i)} + \Delta_{(j)}], \quad (10.1)$$

де L_o – крок конвеєра, м.;

$C_{п(i)}$ – число прийнятих робочих місць на i -ій операції;

$\Delta_{(j)}$ – число додаткових робочих місць на операції, якщо вона є нестабільною. Для стабільних операцій $\Delta = 0$.

Резервну робочу зону $L_{рез}$, яка створюється на нестабільних операціях, розраховують за формулою:

$$L_{рез} = L_o \cdot \frac{t_{max} - \Gamma}{\Gamma} = L_o \cdot \Delta_{(j)}, \quad (10.2)$$

де t_{max} – максимальна тривалість нестабільної операції, хв.;

$\Delta_{(j)} = 1, 2, 3 \dots$ або інше ціле число, яке характеризує ступінь нестабільності даної технологічної операції;

Γ – такт потокової лінії, хв.

Довжину робочої частини конвеєра L_k безперервно-потокової лінії розраховують за формулою:

а) при розміщенні робочих місць на потоковій лінії з одного боку:

$$L_k = L_o \sum_1^m [C_{п(i)} + \Delta_{(j)}], \quad (10.3)$$

де m – число технологічних операцій;

б) при розміщенні робочих місць на потоковій лінії з двох боків:

$$L_k = \frac{L_o \sum_1^m [C_{п(i)} + \Delta_{(j)}]}{2}. \quad (10.4)$$

Довжину замкнутої стрічки конвеєра L_3 розраховують за формулою:

$$L_3 = 2 \cdot L_k + 2\pi \cdot R_6, \quad (10.5)$$

де R_6 – радіус барабана, що натягує стрічку конвеєра, м.

Величину площі конвеєра S розраховують за формулою:

$$S = L_k \cdot Ш, \quad (10.6)$$

де $Ш$ – ширина потокової лінії, яка включає ширину конвеєра, а також проходи до конвеєра з обох сторін, м.

Для поточкових ліній з розподільчим конвеєром додатково розраховується період конвеєра, робиться розмічування конвеєра та визначається довжина замкнутої стрічки конвеєра.

Період конвеєра – це мінімальний комплект знаків різної форми або кольору, що їх потрібно мати для розмічування конвеєра.

Наприклад, якщо період конвеєра дорівнює 6, то це означає, що потрібно мати 6 видів різних знаків (цифр, букв, малюнків, фігур тощо), які наносяться послідовно на стрічку конвеєра через відстань, яка дорівнює кроку конвеєра (рис. 10.2).

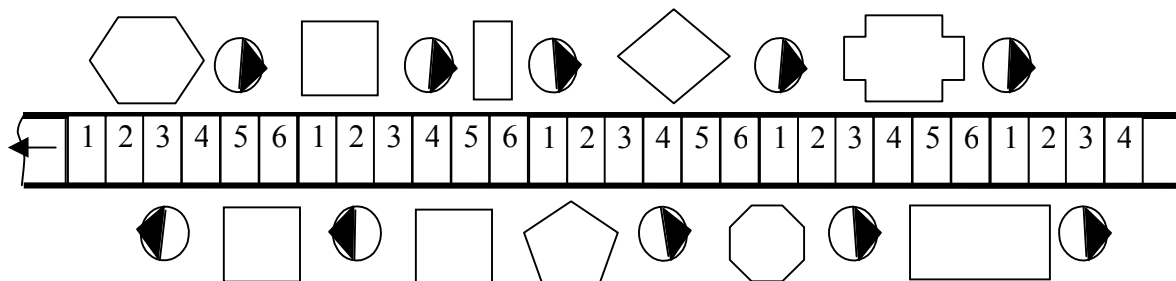


Рисунок 10.2 – Схема безперервно-поточної лінії з розподільчим конвеєром та нанесеними знаками

Період конвеєра Π розраховується як найменше спільне кратне (НСК) із числа робочих місць на кожній технологічній операції:

$$\Pi = \text{НСК}\{C_1, C_2, C_3 \dots C_m\}. \quad (10.7)$$

Наприклад, для випадку, коли на першій технологічній операції встановлено 3 робочих місця, на другій – 2 робочих місця, а на третій – 4 робочих місця, найменше спільне кратне складе 12.

Розмічування конвеєра полягає в тому, що конкретні знаки (цифри, фігури, букви) закріплюються за кожним робочим місцем. Розмічування конвеєра для вищенаведеного прикладу буде мати вигляд, показаний на рис. 10.3:

Номери операцій	Порядкові номери робочих місць	Знаки, які закріплюються за робочими місцями
1	1	1, 4, 7, 10
	2	2, 5, 8, 11
	3	3, 6, 9, 12
2	1	1, 3, 5, 7, 9, 11
	2	2, 4, 6, 8, 10, 12
3	1	1, 5, 9
	2	2, 6, 10
	3	3, 7, 11
	4	4, 8, 12

Рисунок 10.3 – Закріплення знаків на розподільчому конвеєрі

Якщо значення періоду конвеєра перевищує 60, то рекомендується робити дворядове розмічування – цифрове та кольорове. Це дає змогу робітни-

кові надійно запам'ятати кольорові номери, на яких лежать вироби, що підлягають обробці саме на цьому робочому місці.

Довжина замкнутої стрічки розподільчого конвеєра L_3 розраховується за формулою:

$$L_3 = L_0 \cdot \Pi \cdot K, \quad (10.8)$$

де L_0 – крок конвеєра, м.;

Π – період розподільчого конвеєра;

K – число повторів періоду конвеєра по його довжині. Визначається конструктивними особливостями потокової лінії і обов'язково є цілим числом.

10.2 Завдання для самостійного виконання

Перед виробничою дільницею, де установлена безперервно-потокова лінія, стоїть завдання виготовити за місяць певну кількість виробів. Тривалість технологічних операцій, режим роботи лінії, виробничі завдання та інші початкові дані наведені в таблиці 10.1.

Таблиця 10.1 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Число змін	Тривалість зміни, хв.	Регламентовані перерви за зміну, хв.	Випуск виробів за місяць, шт.	Послідовність існуючих технологічних операцій та їх тривалість, хв.	Крок конвеєра, м.
1	2	3	4	5	6	7
1	2	480	20	3680	5, 10, 15, 5, 5, 15, 20, 5	1,2
2	3	480	30	3000	9, 27, 9, 36, 18, 9, 18, 45	1,5
3	1	480	20	2300	4, 20, 4, 16, 8, 16, 8, 12, 4	1,4
4	3	480	30	9000	3, 12, 6, 18, 3, 3, 12, 12, 3	1,6
5	3	480	20	4600	6, 12, 12, 24, 18, 6, 24, 30, 6	1,1
6	1	480	30	1800	5, 20, 10, 25, 15, 10, 15, 5	1,7
7	2	480	40	2200	8, 16, 56, 8, 16, 32, 16, 8, 8	1,6
8	3	480	30	2700	10, 20, 40, 20, 50, 30, 10,	1,2
9	1	480	20	4600	2, 8, 8, 4, 8, 10, 12, 2, 2, 4	1,5
10	3	480	40	3300	8, 24, 8, 16, 40, 16, 24, 8	1,1
11	2	480	30	3000	6, 18, 12, 24, 6, 12, 30, 12,	1,3
12	1	480	20	1150	8, 16, 8, 48, 56, 16, 24, 16, 8	1,4
13	1	480	20	1314	7, 21, 14, 7, 28, 14, 21, 35,	1,9
14	3	480	30	5400	5, 10, 15, 20, 5, 5, 35, 20, 15	1,2
15	2	480	40	4400	4, 8, 8, 16, 24, 8, 16, 24, 8, 4	1,6
16	3	480	30	2250	12, 24, 48, 12, 12, 60, 12, 12	1,8
17	2	480	20	1314	14, 42, 28, 70, 28, 7, 7, 14, 56	2,0
18	1	480	30	900	10, 30, 50, 20, 10, 50, 60	2,1

Продовження таблиці 10.1

1	2	3	4	5	6	7
19	3	480	40	3771	7, 21, 14, 28, 28, 35, 21, 14	1,9
20	2	480	50	1911	9, 27, 9, 18, 45, 36, 18, 9, 9	2,5
21	1	480	40	1760	5, 30, 25, 35, 15, 5, 10, 25	1,9
22	1	480	30	600	15, 45, 75, 15, 30, 45, 60	1,4
23	3	480	20	2123	13, 26, 52, 39, 13, 65, 13, 65,	2,0
24	2	480	30	1285	14, 42, 28, 14, 56, 70, 14, 28	2,1
25	3	480	40	3771	7, 7, 35, 28, 42, 21, 28, 7	2,5
26	2	480	40	2514	7, 56, 28, 14, 35, 14, 14, 21, 7	1,5
27	1	480	50	1433	6, 18, 30, 12, 6, 42, 12, 18, 6	3,0
28	2	480	30	1800	10, 70, 30, 50, 40, 20, 40, 60	2,4
29	3	480	20	9200	3, 6, 9, 12, 15, 21, 6, 12, 18	2,3
30	2	480	30	3600	5, 15, 25, 40, 10, 15, 20	3,2

Керуючись даними таблиці 10.1, потрібно:

1. Розрахувати такт потокової лінії, враховуючи, що лінія працює протягом місяця 20 робочих днів.
2. Розрахувати кількість робочих місць на кожній операції.
3. Припустивши, що потокова лінія має *робочий* конвеєр, розрахувати:
 - робочу зону кожної операції,
 - довжину робочої частини конвеєра,
 - довжину замкнутої стрічки транспортера. Радіус натяжного барабана прийняти в межах (1...1,8) м.
4. Припустивши, що потокова лінія має *розподільчий* конвеєр, розрахувати період конвеєра та зробити його розмічування.
5. Зробити висновки.

10.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Зробіть порівняльну характеристику безперервно-потоккових ліній з робочим та з розподільчим конвеєром
2. Які додаткові показники розраховуються на безперервно-потоккових лініях з робочим конвеєром?
3. Поясніть як визначаються і як розраховуються робочі зони на безперервно-потокковій лінії з робочим конвеєром.
4. Поясніть як визначаються і як розраховуються резервні робочі зони на безперервно-потокковій лінії з робочим конвеєром.
5. Наведіть формули, за якими розраховується довжина робочої частини конвеєра безперервно-потоккової лінії.
6. Як розраховується довжина замкнутої стрічки конвеєра для безперервно-потоккової лінії з робочим конвеєром?
7. Які додаткові показники розраховуються на безперервно-потоккових лініях з розподільчим конвеєром?
8. Що означає і як розраховується період розподільчого конвеєра?

9. Як розмічується розподільчий конвеєр? Мета цього розмічування?
10. Як розраховується довжина замкнутої стрічки конвеєра для безперервно-потокової лінії з розподільчим конвеєром? Відмінності по відношенню до поточкових ліній з робочим конвеєром.

10.4 Задачі для розв'язування за темами 9 та 10

1. На поточковій лінії безперервної дії здійснюється складання радіоприймачів. Випуск виробів за добу – 1000 шт. Режим роботи поточної лінії – 2 зміни по 8 годин, регламентовані перерви дорівнюють 30 хв. за зміну. Тривалість технологічного циклу складання одного виробу на лінії дорівнює 1,98 години. Крок конвеєра – 1,8 м. Робочі місця розташовані з одного боку конвеєра.

Розрахувати такт поточної лінії, число робочих місць на лінії та швидкість руху конвеєра.

2. На поточковій лінії безперервної дії за зміну збирається 100 виробів. Конвеєр працює в одну зміну, тривалість зміни 8 годин. Регламентовані перерви – 30 хв. за зміну. Довжина виробу, який виготовляється, складає 4 метри, відстань між суміжними виробами, які знаходяться на лінії, дорівнює 1 м. Загальна кількість робочих місць на конвеєрі – 20. Ширина конвеєра – 2 м., підходи з обох боків – по 2 м.

Розрахувати такт поточної лінії, швидкість руху конвеєра, довжину робочої частини конвеєра, площу конвеєра, тривалість технологічного циклу складання одного виробу на конвеєрі.

3. За добу (2 зміни по 8 годин, регламентовані перерви – 30 хв. за зміну) на безперервно-потоковій лінії з розподільчим конвеєром виготовляється 300 виробів. Технологічний процес складається з 5-ти операцій, які мають тривалість: $t_1=18$ хв., $t_2=3$ хв., $t_3=27$ хв., $t_4=12$ хв., $t_5=9$ хв.

Розрахувати такт поточної лінії, число робочих місць на лінії, тривалість технологічного циклу виготовлення виробу, період конвеєра. Зробити розмічування конвеєра.

4. Технологічний процес виготовлення виробу на безперервно-потоковій лінії з робочим конвеєром складається з 4-х операцій. Тривалість операцій: $t_1=3,6$ хв., $t_2=7,2$ хв., $t_3=5,4$ хв., $t_4=9$ хв. За добу (2 зміни по 8 годин, регламентовані перерви дорівнюють 30 хв. за зміну) на лінії виготовляється 500 виробів. Крок конвеєра – 1,5 м.

Розрахувати такт поточної лінії, загальне число робочих місць на лінії, тривалість виготовлення одного виробу на поточковій лінії, довжину робочої

частини конвеєра, довжину замкнутої стрічки конвеєра (якщо радіус натяжного барабана дорівнює 1 м).

5. На безперервно-потоковій лінії, яка оснащена робочим пульсуючим конвеєром, налічується 14 робочих місць. Швидкість руху стрічки конвеєра в момент її переміщення – 16 м/хв. Тривалість виконання кожної операції на конвеєрі, що стоїть, дорівнює 4,9 хв. Крок конвеєра – 1,6 м. Потокова лінія працює в 2 зміни по 8 годин, регламентовані перерви дорівнюють 30 хв. за зміну.

Розрахувати такт потокової лінії, довжину робочої частини конвеєра, добову програму випуску виробів з потокової лінії.

6. На безперервно-потоковій лінії з розподільчим конвеєром виконується 4 операції. Число робочих місць по операціях: $C_1=3$, $C_2=5$, $C_3=6$, $C_4=8$. За добу на лінії виготовляється 900 штук виробів, а сама лінія працює в одну зміну, яка триває 480 хв. Регламентовані перерви – 30 хв. за зміну.

Розрахувати тривалість технологічного циклу виготовлення одного виробу на потоковій лінії.

7. Тривалість технологічного циклу обробки виробу на безперервно-потоковій лінії складає 60 хв. На лінії розташовано 20 робочих місць. Крок конвеєра дорівнює 1,5 м.

Розрахувати швидкість руху конвеєра.

8. Такт безперервно-потокової лінії з робочим конвеєром дорівнює 1,2 хв. Довжина замкнутої стрічки конвеєра – 206,28 м. Радіус натяжного барабана – 1 м. Крок конвеєра – 2 м.

Розрахувати кількість робочих місць на потоковій лінії та тривалість технологічного циклу виготовлення виробу на цій лінії.

9. За добу на безперервно-потоковій лінії з пульсуючим конвеєром виробляється 300 виробів. Лінія працює в 2 зміни по 8 годин, регламентовані перерви складають 30 хв. за зміну. Тривалість обробки виробу на конвеєрі, що стоїть, складає 2,8 хв. На лінії встановлено 40 робочих місць. Довжина робочої частини конвеєра становить 120 м.

Розрахувати швидкість руху стрічки конвеєра під час переміщення виробів з однієї операції та іншу.

10. За добу на безперервно-потоковій лінії з пульсуючим конвеєром виробляється 450 виробів. Лінія працює в 2 зміни по 8 годин, регламентовані перерви складають 30 хв. за зміну. На лінії встановлено 40 робочих місць, а довжина робочої частини конвеєра дорівнює 160 м.

Розрахувати час виконання робітником технологічної операції на стоячому конвеєрі, якщо швидкість руху конвеєра під час переміщення виробів з однієї операції на іншу дорівнює 16 м/хв.

11. Довжина робочої частини конвеєра безперервно-поточної лінії безперервної дії – 100 м. На лінії встановлено 50 робочих місць. Лінія працює в 3 зміни по 8 годин. Регламентовані перерви – 40 хв. за зміну. Швидкість руху конвеєра – 2 м/хв.

Розрахувати такт безперервно-поточної лінії та добову програму випуску виробів з цієї лінії.

12. Безперервно-потокова лінія з робочим конвеєром безперервної дії має такі параметри: довжина робочої частини – 90 м, тривалість виготовлення виробу на поточної лінії – 50 хв., крок конвеєра – 1,8 м. Потокова лінія працює в 2 зміни по 8 годин. Регламентовані перерви – 30 хв. за зміну.

Розрахувати такт поточної лінії та кількість виробів, які виготовляються на поточної лінії за добу.

13. Довжина замкнутої стрічки конвеєра на безперервно-поточної лінії з робочим конвеєром складає 106,28 м. Радіус натяжного барабана дорівнює 1 м. На поточної лінії розташовано 25 робочих місць. Всі місця розташовані з одного боку.

Розрахувати крок та швидкість руху конвеєра, якщо такт поточної лінії дорівнює 4 хвилини.

14. Довжина замкнутої стрічки конвеєра на безперервно-поточної лінії з робочим конвеєром складає 306,28 м. Радіус натяжного барабана – 1 м. На лінії розташовано 50 робочих місць. Швидкість руху конвеєра – 3 м/хв.

Розрахувати крок конвеєра та такт поточної лінії.

15. Обробка виробу на безперервно-поточної лінії складається з п'яти операцій. Тривалість перших чотирьох операцій така: $t_1=5$ хв., $t_2=10$ хв., $t_3=15$ хв., $t_4=20$ хв. За добу на лінії виробляється 180 виробів. Лінія працює в 2 зміни по 8 годин, регламентовані перерви складають 30 хв. за зміну. На поточної лінії встановлено 11 робочих місць.

Розрахувати тривалість 5-ої технологічної операції.

16. Технологічний процес виготовлення виробу на безперервно-поточної лінії з робочим конвеєром складається з 4-х операцій. Тривалість операцій: $t_1=3,6$ хв., $t_2=7,2$ хв., $t_3=5,4$ хв., $t_4=9$ хв. За добу (дві зміни по 8 годин, регламентовані перерви – 30 хв. за зміну) на лінії виготовляється 500 штук виробів. Вироби передаються з операції на операцію поштучно.

Розрахувати загальну величину напрацювань на цій потоковій лінії, якщо величина резервних напрацювань, які створюються на лінії, визначається як 6% від величини змінного завдання.

17. Виготовлення виробу здійснюється на безперервно-потоківій лінії, яка оснащена робочим конвеєром пульсуючого типу. Тривалість технологічного циклу складання виробу на конвеєрі складає 36 хв. Швидкість руху конвеєра під час переміщення виробів – 6 м/хв. Час переміщення виробу з одного робочого місця на суміжне в 5 разів менший часу виконання кожної технологічної операції на нерухомому конвеєрі. Крок конвеєра – 1,8 м. Радіус натяжного барабана дорівнює 0,3 м. Режим роботи потокової лінії: 2 зміни за добу, тривалість зміни – 8 годин; регламентовані перерви на відпочинок – 30 хв. за зміну.

Розрахувати такт потокової лінії, число робочих місць на лінії, довжину робочої частини конвеєра, довжину замкнутої стрічки конвеєра, випуск виробів з потокової лінії за добу.

18. Безперервно-потокова лінія працює в одну зміну, тривалість якої дорівнює 442 хв. Норми часу на виконання операцій складають:

Номер операції	1	2	3	4
Тривалість операції, хв.	2,1	4,0	1,9	2,0

Розрахувати скільки на лінії потрібно обладнати робочих місць, щоб дана лінія працювала як безперервно-потокова, а також випуск виробів з потокової лінії за зміну.

19. На безперервно-потоківій лінії з розподільчим конвеєром виконуються 4 операції. За добу на лінії виготовляється 900 штук виробів, а сама лінія працює в одну зміну, яка триває 480 хвилин. Регламентовані перерви – 30 хв. за зміну. Тривалість технологічного циклу виготовлення виробу – 11 хв. Крок конвеєра – 2 м.

Розрахувати довжину робочої частини конвеєра.

20. Безперервно-потокова лінія з розподільчим конвеєром працює протягом доби в 2 зміни тривалістю по 8 годин. Регламентовані перерви – 30 хв. за зміну. Випуск виробів за добу складає 300 шт. Тривалість виконання технологічних операцій: $t_1 = 3$ хв., $t_2 = 6$ хв., $t_3 = 9$ хв., $t_4 = 12$ хв., $t_5 = 15$ хв. Крок конвеєра – 4 м.

Розрахувати такт потокової лінії, кількість робочих місць на лінії, період конвеєра, довжину замкнутої стрічки конвеєра. При цьому врахувати, що період відкладається на стрічці конвеєра 5 разів.

10.5 Відповіді на задачі

1. 0,9 хв.; 132 шт.; 2,0 м/хв.
2. 4,5 хв.; 1,11 м/хв.; 100 м; 600 кв.м; 90 хв.
3. 3 хв.; 23 місця; 69 хв.; 36.
4. 1,8 хв.; 14 місць; 25,2 хв.; 21 м; 48,28 м.
5. 5 хв.; 22,4 м; 180 шт.
6. 11 хв.
7. 0,5 м/хв.
8. 50 місць; 60 хв.
9. 15 м/хв.
10. 1,75 хв.
11. 1 хв.; 1320 шт.
12. 1 хв.; 900 шт.
13. 2 м; 0,5 м/хв.
14. 3 м; 1 хв.
15. 5 хв.
16. 42 шт.
17. 1,8 хв.; 20 місць; 36 м.; 73,88 м; 500 шт.
18. 5 місць, 221 шт.
19. 44 м.
20. 3 хв.; 15 місць; 60; 1200 м.

11

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: “Розрахунок основних параметрів прямококових ліній”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з основ проектування і побудови прямококових ліній та розвинути практичні навички з розрахунку їх основних параметрів.

11.1 Теоретична частина

Прямококові лінії – це такі потокові лінії, на яких технологічні операції *не рівні* між собою і *не кратні* ніякому цілому числу. В результаті цього безперервність руху виробів по робочих місцях порушується, досягти синхронізації технологічних операцій *за період, який дорівнює такту*, не вдасться.

Щоб організувати за таких умов потокове виробництво, потрібно здійснити певні організаційні заходи. Так, можна взяти відрізок часу, що *перевищує такт*, і в цьому відрізку часу *спробувати синхронізувати технологічні операції*. Але синхронізувати не за рахунок вирівнювання тривалості технологічних операцій, а за рахунок *організації переходів робітників з одних операцій на інші*. Це дасть змогу, з одного боку, раціонально організувати виробничий процес на дільниці, а з другого, забезпечити ритмічний випуск продукції з потокової лінії.

Відрізок часу, протягом якого здійснюється синхронізація прямококової лінії, *називається збільшеним ритмом*.

Тривалість збільшеного ритму може бути будь-яка: одна година, чверть зміни, півзміни тощо. Чим менша тривалість збільшеного ритму, тим в більшій мірі прямококова лінія буде наближатись до безперервно-потокової. Але при цьому виникає суттєвий недолік: робітникам прийдеться дуже часто переходити з однієї операції на іншу, що буде знижувати продуктивність їх праці.

Чим тривалішим буде збільшений ритм, тим рідше робітники будуть переходити з одного робочого місця на інше, але при цьому збільшуються міжопераційні запаси (напрацювання), що потребує додаткових площ, ускладнює планування роботи потокової лінії та її обслуговування.

Найдоцільніше збільшений ритм вибирати тривалістю в зміну або півзміни. Рекомендації з цього представлені в таблиці 11.1.

Таблиця 11.1 – Залежність вибору тривалості збільшеного ритму від величини такту

Такт, хв.	До 2 хв.	До 8 хв.	До 30 хв.	Понад 30 хв.
Збільшений ритм	60 хв.	120 хв.	240 хв.	480 хв.

Розрахунок прямої токової лінії передбачає здійснення таких робіт:

1-й крок: розраховують такт роботи прямої токової лінії.

Такт прямої токової лінії розраховується аналогічно такту безперервно-потокової лінії. Для цього користуються формулами 9.6...9.7, які були наведені в практичному занятті 9.

2-й крок: вибирають величину збільшеного ритму, в межах якого планується здійснити синхронізацію технологічних процесів. За такий інтервал можна взяти будь-який час: одну годину, 0,25 зміни, 0,5 зміни тощо (див. таблицю 11.1).

3-й крок: розраховують (за формулою 9.9) розрахункову кількість робочих місць C_i на кожній операції. Після цього приймають певну кількість робочих місць на кожній операції $C_{пр}$, проводячи округлення величини C_i завжди в більший бік. Далі, за формулою 9.10 розраховують коефіцієнт завантаження кожного робочого місця.

Але ці розрахунки роблять інакше, ніж для безперервно-потокової лінії (!). Наприклад, якщо такт потокової лінії дорівнює 5 хвилин, тривалість технологічної операції 17 хвилин, то розрахункове число робочих місць буде дорівнювати $C_i = 17/5 = 3,6$. Для безперервно-потокової лінії ми прийняли би кількість робочих місць $C_{пр} = 4$, а коефіцієнт їх завантаження склав би $K_i = 3,6/4 = 0,9$.

Для прямої токової лінії роблять інакше. Три з чотирьох робочих місць завантажують повністю, тобто на 1. Тоді останнє, четверте місце буде завантажено відповідно на $3,6 - 3 \cdot 1 = 0,6$. Це означає, що четвертий робітник буде завантажений тільки на 0,6. Для того, щоб забезпечити повне завантаження цього робітника, потрібно після закінчення виконання ним технологічної операції на першому робочому місці *перевести* його на інше робоче місце таким чином, щоб завантаження робітника на новому робочому місці складало 0,4. Тоді загальне завантаження цього робітника буде дорівнювати $0,6 + 0,4 = 1,0$. Перерв в роботі робітника не буде.

4-й крок: складають план-графік роботи прямої токової лінії, тобто графік, за яким було б видно, коли робітники протягом часу, який дорівнює збільшеному ритму, переходять з однієї операції на іншу.

При цьому можуть виникати такі ситуації:

- якщо коефіцієнт завантаження дорівнює 1, то на цій операції до роботи ставлять *стільки робітників, скільки є робочих місць*. Всі робітники працюють від початку і до закінчення часу, який дорівнює збільшеному ритму, не змінюючи місця своєї роботи;

- якщо коефіцієнт завантаження дробове число, більше за 1, то до роботи на цій операції залучається стільки робітників, скільки визначено *цілою частиною* цього числа. Ці робітники будуть працювати весь визначений інтервал часу (тобто, збільшений ритм) і не змінюють свого робочого місця.

Окрім цього, до роботи на цій операції залучається *ще один робітник*, який на цій операції буде працювати стільки часу, скільки визначено дробовою частиною коефіцієнта завантаження. Після цього цей робітник переводиться на іншу операцію, а саме на таку операцію, на якій коефіцієнт завантаження також має дробову частину, яка в сумі з дробовою частиною раніше описаної операції дасть 1. Тобто в цьому випадку потрібно робити переведення робітника з одного робочого місця на інше, щоб забезпечити його повне завантаження;

- якщо коефіцієнт завантаження дробове число, менше за 1, то до роботи залучається *тільки один робітник*, який на цій операції буде працювати стільки часу, скільки визначено дробовою частиною коефіцієнта завантаження. Після цього цей робітник переводиться на іншу операцію, а саме на таку операцію, на якій коефіцієнт завантаження також має дробову частину, яка в сумі з дробовою частиною раніше описаної операції дасть 1. Тобто і в цьому випадку потрібно робити переведення робітника з одного робочого місця на інше, щоб забезпечити його повне завантаження.

Приклад.

Припустимо, потрібно організувати потокову лінію для виготовлення 96 виробів за зміну. Тривалість зміни 8 годин. Технологічний процес складається з шести операцій: $t_1=12,5$ хв., $t_2=7,5$ хв., $t_3=1,25$ хв., $t_4=8,75$ хв., $t_5=2$ хв., $t_6=3$ хв. Як це зробити?

Розв'язування задачі.

Розрахуємо такт роботи потокової лінії: $\Gamma = \frac{8 \cdot 60}{96} = 5$ хв./шт.

Виберемо збільшений ритм тривалістю 120 хв. Всі інші розрахунки та дії з організації потокової лінії наведені в таблиці 11.2.

Як видно із таблиці 11.2, для побудови потокової лінії потрібно мати 10 робочих місць та 7 робітників, організуючи при цьому переведення робітників "В", "Д" та "Ж" протягом зміни з одного робочого місця на інше. В результаті таких переведень загальне завантаження всіх робітників буде дорівнювати 1, що характерно для безперервно-потоккових ліній. Тобто на відрізку часу, який дорівнює збільшеному ритму, вдалося добитися синхронізації технологічних операцій.

5-й крок: розраховують максимальну величину оборотних міжопераційних напрацювань.

Таблиця 11.2 – Розрахунок основних параметрів прямотокової лінії

Операція	t_i , хв.	$C_i = \frac{t_i}{\Gamma}$	$C_{п(i)}$	Робоче місце	$K_i = \frac{C_i}{C_{пр}}$	Робітники	Регламент роботи лінії, хв.				
							0	30	60	90	120
1	12,5	2,5	3	I	1	А					
				II	1	Б					
				III	0,5	В					
2	7,5	1,5	2	IV	1	Г					
				V	0,5	В					
3	1,25	0,25	1	VI	0,25	Д					
4	8,75	1,75	2	VII	1	Е					
				VIII	0,75	Д					
5	2	0,4	1	IX	0,4	Ж					
6	3	0,6	1	X	0,6	Ж					
Всього робочих місць:				Всього робітників:							
10				7							

Суттєвою відмінністю прямотокових ліній від безперервно-потоккових є утворення на них *оборотних міжопераційних напрацювань*, які змінюються в інтервалі збільшеного ритму від нульової відмітки до певного максимального значення, а потім знов повертаються до нульової відмітки.

Повернемося до умов попередньої задачі. Звернемо увагу на першу та другу операції. З регламенту роботи лінії видно, що протягом першої половини збільшеного ритму на першій операції працює 3 робітники, а на другій операції – тільки один. Запас виробів між першою та другою операціями буде зростати, бо один робітник, який працює на другій операції, не зможе вчасно обробляти вироби, що надходять від трьох робітників, які працюють на першій операції. Справді:

$$\frac{t_1}{C_1} = \frac{12,5}{3} = 4,17 < \frac{t_2}{C_2} = \frac{7,5}{1} = 7,5.$$

Протягом другої половини збільшеного ритму на першій операції залишиться тільки 2 робітники (бо один із них перейде працювати на другу операцію), а на другій операції стане теж два робітники. Виникне нове співвідношення сил:

$$\frac{t_1}{C_1} = \frac{12,5}{2} = 6,25 > \frac{t_2}{C_2} = \frac{7,5}{2} = 3,75.$$

Тобто двоє робітників на другій операції почнуть зменшувати запас виробів між першою та другою операціями і врешті-решт зведуть його до нуля. Поточкова лінія повернеться в початковий стан, після чого цикл виробництва повторюється.

Максимальна величина міжопераційних оборотних напрацювань ΔZ_{i-j} між кожною парою суміжних операцій розраховується за формулою:

$$\Delta Z_{i-j} = \frac{T \cdot C_i}{t_i} - \frac{T \cdot C_{i+1}}{t_{i+1}}, \quad (11.1)$$

де T – інтервал часу (частина збільшеного ритму), протягом якого умови роботи між двома суміжними операціями на потоковій лінії *не змінюються*, хв.;

C_i – число робочих місць, на яких ведеться робота в інтервалі часу T , на попередній (верхній) операції, шт.;

C_{i+1} – число робочих місць, на яких ведеться робота в інтервалі часу T , на наступній (нижній) операції, шт.;

t_i – тривалість виконання попередньої (верхньої) операції, хв.;

t_{i+1} – тривалість виконання наступної (нижньої) операції, хв.

Якщо величина ΔZ_{i-j} буде мати знак “плюс”, то це означає, що за час, який дорівнює інтервалу T , величина напрацювань між операціями буде зростати. Якщо величина ΔZ_{i-j} буде мати знак “мінус”, то, навпаки, величина напрацювань буде зменшуватись. Знак “мінус” також означає, що перед тим, як розпочати роботу на потоковій лінії, між відповідними операціями потрібно заздалегідь створити запас виробів величиною ΔZ_{i-j} .

6-й крок: будують графік зміни міжопераційних напрацювань між кожною парою суміжних операцій.

Кожна пара суміжних операцій має свій графік накопичення та використання міжопераційних напрацювань. При його побудові можливі такі ситуації:

- напрацювання збільшуються в інтервалі періоду T_1 збільшеного ритму, а потім в наступному періоді T_2 збільшеного ритму зменшуються;
- напрацювання зменшуються в інтервалі періоду T_1 збільшеного ритму, а потім в наступному періоді T_2 збільшеного ритму збільшуються.

В *першому* випадку на осі ординат на початку періоду T_1 фіксується точка $Y_1=0$. Наприкінці періоду T_1 ритму відмічається друга точка, ордината якої визначається за формулою:

$$Y_2 = 0 + \Delta Z_{i-j}, \quad (11.2)$$

де ΔZ_{i-j} – максимальна величина оборотних напрацювань між суміжними операціями протягом періоду T_1 збільшеного ритму, шт.

Наприкінці періоду, який дорівнює періоду T_2 збільшеного ритму, фіксується третя точка $Y_3=0$, ордината якої знову дорівнює нулю.

В *другому* випадку на осі ординат на початку періоду T_1 збільшеного ритму фіксується точка $Y_1=\Delta Z_{i-j}$. Наприкінці періоду T_1 відмічається друга точка Y_2 , ордината якої дорівнює нулю. Наприкінці періоду T_2 збільшеного ритму фіксується третя точка Y_3 , ордината якої визначається за формулою:

$$Y_3 = 0 + \Delta Z_{i-j}. \quad (11.3)$$

При наявності трьох або більше періодів, протягом яких умови роботи на потоковій лінії між суміжними операціями не змінюються, розрахунок значень ординат Y , які визначають величину оборотних напрацювань, проводиться аналогічним способом за тим винятком, що збільшується кількість значень ординат Y .

Покажемо це на прикладі, який був наведений раніше.

Візьмемо *першу* та *другу* операції. Визначимо інтервали часу, протягом яких умови роботи на потоковій лінії між цими операціями будуть незмінні. Таких періодів буде два: перший – тривалістю 60 хвилин, коли на першій операції працюють 3 робітники, а на другій – один робітник; і другий інтервал тривалістю теж 60 хвилин, коли на першій операції працюють 2 робітники, а на другій – теж 2 робітники.

Тоді в першому інтервалі часу $T_1 = 60$ хвилин максимальна величина оборотних напрацювань складе:

$$\Delta Z_{1-2}^1 = \frac{60 \cdot 3}{12,5} - \frac{60 \cdot 1}{7,5} = 6,4 \approx 6 \text{ шт.}$$

Це означає, що протягом перших 60 хвилин величина напрацювань між першою та другою операціями збільшується на 6 виробів.

Протягом другого інтервалу часу $T_2 = 60$ хвилин максимальна величина оборотних напрацювань між першою та другою операціями складе:

$$\Delta Z_{1-2}^2 = \frac{60 \cdot 2}{12,5} - \frac{60 \cdot 2}{7,5} = -6,4 \approx -6 \text{ шт.}$$

Це означає, що протягом наступних 60 хвилин величина напрацювань між першою та другою операціями зменшується на 6 виробів і повертається до початкового стану, тобто, до нуля.

Якщо взяти *другу* та *третю* операції, то можна виділити три інтервали часу, протягом яких умови роботи на лінії між цими операціями будуть незмінні. Це, відповідно, 30 хвилин, 30 хвилин та 60 хвилин.

Максимальна величина оборотних напрацювань між цими операціями в визначених інтервалах складе:

- в першому інтервалі, який дорівнює $T_1 = 30$ хвилин:

$$\Delta Z_{2-3}^1 = \frac{30 \cdot 1}{7,5} - \frac{30 \cdot 1}{1,25} = -20 \text{ шт.},$$

тобто в цьому інтервалі величина оборотних напрацювань зменшиться на 20 виробів;

- в другому інтервалі, який також дорівнює $T_2 = 30$ хвилин:

$$\Delta Z_{2-3}^2 = \frac{30 \cdot 1}{7,5} - \frac{30 \cdot 0}{1,25} = 4 \text{ шт.},$$

тобто в цьому інтервалі величина оборотних напрацювань збільшиться на 4 вироби;

- в третьому інтервалі, який дорівнює $T_3 = 60$ хвилин:

$$\Delta Z_{2-3}^3 = \frac{60 \cdot 1}{7,5} - \frac{60 \cdot 0}{1,25} = 16 \text{ шт.},$$

тобто в цьому інтервалі величина оборотних напрацювань збільшиться на 16 виробів.

Графіки зміни величини міжопераційних напрацювань між першою і другою та другою і третьою операціями наведені на рис 11.1.

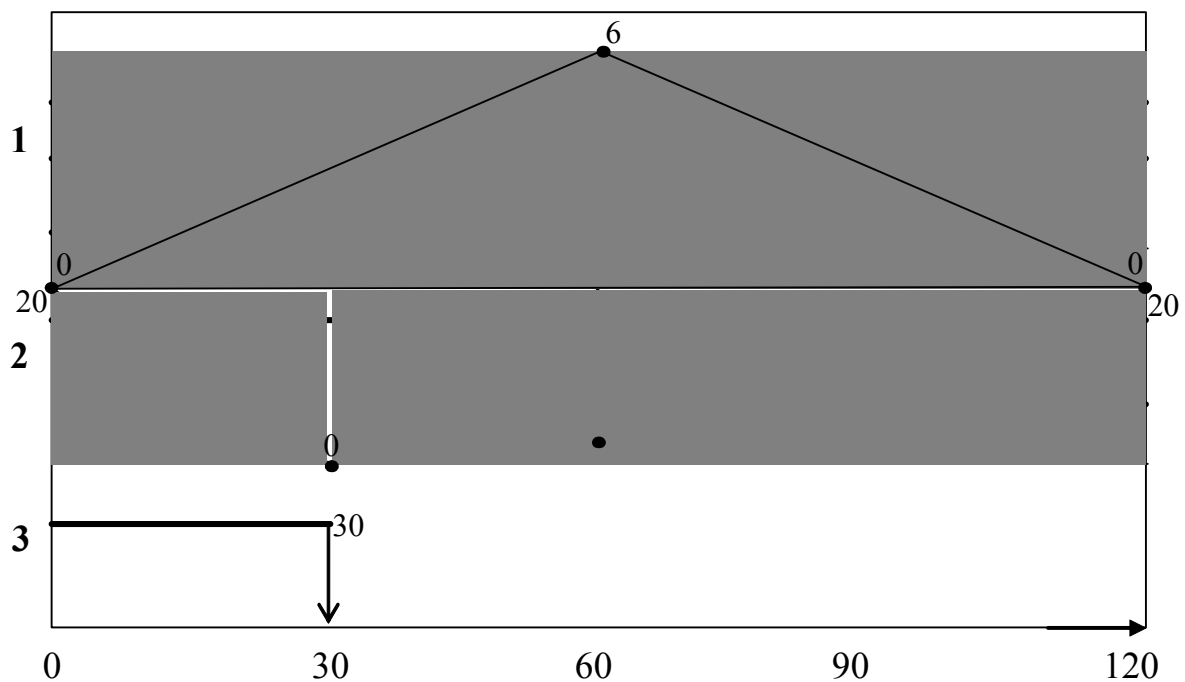


Рисунок 11.1 – Графік зміни величини міжопераційних напрацювань між 1-ою і 2-ою та 2-ою і 3-ою операціями

11.2 Завдання для самостійного виконання

Вироби виготовляються на прямотоковій лінії. Процес виготовлення виробів складається з 6-ти операцій. Такт потокової лінії та тривалість виконання технологічних операцій наведені в таблиці 11.3.

Таблиця 11.3 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Такт, хв.	Норми часу виконання операцій, хв.					
		t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆
1	5	8	15	6	12	14	10
2	6	13,2	10,8	18	9	3	12
3	5	4	12	20	13	16	10
4	7	14	10	16	18	12	21
5	4	9	12	9,6	10,4	7	8
6	3	12	7	9	11	15	6
7	5	10	12	11	18	19	15
8	6	16,2	7	24	19,8	29	12
9	10	20	17	45	15	33	30
10	5	20	16	21,5	14	8,5	15
11	4	20,8	13,6	7,2	6,4	12	8
12	8	18,4	24	13,6	12	20	16
13	10	16	30	12	24	28	20
14	9	11,7	27	33,3	13,5	22,5	18
15	4	17	12	7	6	10	16
16	6	18	13,2	8,4	28,8	21,6	12
17	5	21,5	20	16	8,5	14	15
18	4	20,8	13,6	8	7,2	6,4	12
19	3	9	11	15	12	7	12
20	6	7	24	29	19,8	16,2	12
21	5	17	9	13	11	25	15
22	7	8	12	13	23	28	14
23	8	18	9	14	24	15	16
24	5	18	19	10	12	11	15
25	4	7	6	10	17	12	8
26	7	10	16	12	18	14	21
27	8	9	14	24	15	32	18
28	9	33,3	22,5	13,5	27	11,7	36
29	4	7	6	10	12	4	17
30	6	9	3	18	13,2	10,8	18

Керуючись даними таблиці 11.3, потрібно:

1. Розрахувати кількість робочих місць на операціях та їх завантаження. Обґрунтувати прийнятну кількість робочих місць.
2. Розставити робітників по робочих місцях.
3. Керуючись рекомендаціями таблиці 11.1, вибрати тривалість збільшеного ритму.
4. Побудувати план-графік роботи прямотокової лінії.

5. Розрахувати максимальну величину міжопераційних оборотних напрацювань між першою і другою, другою і третьою, третьою і четвертою, четвертою і п'ятою, п'ятою і шостою технологічними операціями.
6. Побудувати епюри зміни напрацювань між суміжними технологічними операціями.
7. Зробити висновки.

11.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення поняття “прямотокова лінія”.
2. Охарактеризуйте принципові відмінності прямотокової лінії від безперервно-потокової.
3. Які організаційні заходи потрібно здійснити, щоб побудувати прямотокову лінію? Охарактеризуйте ці заходи?
4. Дайте означення поняття “збільшений ритм”. Із яких міркувань він вибирається? Поясніть, що відбудеться на потоковій лінії у випадку збільшення та зменшення тривалості збільшеного ритму.
5. Поясніть яка величина збільшеного ритму є оптимальною. Чому?
6. Які розрахунки потрібно здійснити, щоб організувати прямотокову лінію?
7. Поясніть відмінності в розрахунку робочих місць та їх завантаження на безперервно-потоковій та на прямотоковій лініях.
8. Поясніть як складається план-графік роботи прямотокової лінії.
9. Поясніть яким чином досягається рівномірність завантаження робітників на прямотоковій лінії.
10. Що означає поняття “міжопераційні оборотні напрацювання?” Коли і де вони виникають, що характеризують?
11. Як розраховується максимальна величина міжопераційних оборотних напрацювань?
12. Поясніть що означає вислів “умови роботи на потоковій лінії між суміжними операціями не змінюються”.
13. Поясніть як будується графік (епюри) зміни оборотних міжопераційних напрацювань на прямотоковій лінії.
14. Поясніть що означає додатне значення величини оборотних міжопераційних напрацювань на прямотоковій лінії. Коли можливий такий випадок? Відповідь обґрунтуйте.
15. Поясніть що означає від’ємне значення величини оборотних міжопераційних напрацювань на прямотоковій лінії. Коли можливий такий випадок? Відповідь обґрунтуйте.
16. Наведіть сфери застосування прямотокових ліній. Які вони мають переваги?

11.4 Задачі для розв'язування

1. На прямотоковій лінії за добу (2 зміни по 8 годин) виготовляється 160 виробів. Технологічний процес виготовлення виробу складається з 4-х операцій: $t_1 = 15$ хв., $t_2 = 25,2$ хв., $t_3 = 9$ хв., $t_4 = 10,8$ хв. Період комплектування напрацювань на потоковій лінії (або тривалість збільшеного ритму) дорівнює 240 хв.

Побудувати план-графік роботи прямотокової лінії.

Розрахувати і побудувати графік (епюри) зміни міжопераційних оборотних напрацювань між 1-ою і 2-ою операціями.

2. На прямотоковій лінії виготовляються певні вироби. Такт випуску виробів дорівнює 6 хв. Технологічний процес виготовлення виробів складається з 4-х операцій: $t_1 = 15$ хв., $t_2 = 25,2$ хв., $t_3 = 9$ хв., $t_4 = 10,8$ хв. Величина збільшеного ритму складає 480 хв.

Побудувати план-графік роботи прямотокової лінії.

Розрахувати і побудувати графік (епюри) зміни міжопераційних оборотних напрацювань між 2-ою та 3-ою операціями.

3. На прямотоковій лінії виготовляються вироби з тактом випуску виробів 6 хв. Технологічний процес складається з 4-х операцій: $t_1 = 15$ хв., $t_2 = 25,2$ хв., $t_3 = 9$ хв., $t_4 = 10,8$ хв. Тривалість збільшеного ритму складає 960 хв.

Побудувати план-графік роботи прямотокової лінії.

Розрахувати і побудувати графік (епюри) зміни міжопераційних оборотних напрацювань між 3-ою та 4-ою операціями.

4. На прямотоковій лінії виготовляються вироби. Технологічний процес складається з чотирьох операцій. Тривалість операцій відповідно дорівнює: $t_1 = 1,92$ хв., $t_2 = 1,12$ хв., $t_3 = 2,08$ хв., $t_4 = 1,28$ хв. Програма випуску виробів за місяць складає 12600 шт. В місяці 21 робочий день. Режим роботи: 2 зміни по 8 годин кожна. Тривалість збільшеного ритму рекомендується прийняти в 240 хв.

Розрахувати такт потокової лінії, число робочих місць та їх завантаження, кількість робітників на лінії.

Побудувати план-графік роботи прямотокової лінії, величину міжопераційних оборотних напрацювань між кожною парою суміжних операцій.

5. На прямотоковій лінії за добу виготовляється 192 вироби. Режим роботи лінії: 2 зміни по 8 годин. Технологічний процес складається з п'яти операцій. Тривалість операцій відповідно дорівнює: $t_1 = 7$ хв., $t_2 = 10$ хв., $t_3 = 13$ хв., $t_4 = 30$ хв., $t_5 = 20$ хв.

Розрахувати величину міжопераційних напрацювань між кожною парою суміжних операцій. Тривалість укрупненого ритму прийняти в 480 хв.

11.5 Відповіді на задачі

1. 0 шт.; +3 шт., -3 шт.
2. +4 шт.; +3 шт.; -15 шт.
3. +(3...4) шт.; -21 шт.; +(17...18) шт.
4. 1,6 хв.; 6 робочих місць.

Завантаження робочих місць: 100%, 20%, 70%, 100%, 30%, 80%.

На потоковій лінії в одну зміну працює 4 робітники.

Напрацювання: а) +7 шт.; -44 шт.; +37 шт.;

б) +69 шт., -69 шт.; в) +23 шт.; -36 шт.; +13 шт.

5. а) +(16...17) шт., -(16...17) шт.; б) +9 шт., -9 шт.;

в) -9 шт., +9 шт.; г) 0.

12

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: “Розрахунок основних параметрів багатопредметних потокових ліній”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з основ проектування багатопредметних потокових ліній та розвинути практичні навички з розрахунку їх основних параметрів.

12.1 Теоретична частина

Багатопредметні потокові лінії – це лінії, на яких здійснюється обробка однотипних виробів декількох найменувань. За своєю організацією багатопредметні потокові лінії складніші за однопредметні і застосовуються в серійному та дрібносерійному виробництві.

Існує декілька основних різновидів багатопредметних потокових ліній, що обумовлює і різні підходи до їх розрахунків.

Групові потокові лінії – це такі багатопредметні лінії, на яких здійснюється обробка виробів однакової трудомісткості за загальним технологічним процесом на одному і тому ж обладнанні практично без витрат часу на переналагодження.

Сутність групового методу полягає в тому, що всі вироби групуються за ознакою конструктивної спільності. Із кожної групи виробів вибирається найскладніший, який має властиві іншим виробам конструктивні і технологічні елементи. Для цього виробу розробляється технологічний процес, за яким можна обробляти всі інші різновиди виробів. Потокова лінія оснащується при цьому різними пристосуваннями, що дає змогу водночас вести обробку виробів різних найменувань.

Примітка. Якщо такого найскладнішого виробу немає, то можна уявити собі такий виріб, котрий об’єднував би в собі всі інші вироби, й проектувати на такий виріб потокову лінію.

Розрахунок групової потокової лінії передбачає визначення такту, загальної кількості робочих місць на потоковій лінії, швидкості руху конвеєра.

Такт групової потокової лінії Γ розраховується за формулою:

$$\Gamma = \frac{F_d}{\sum_1^m N_i} = \frac{(D_k - D_b) \cdot m_{zm} \cdot (T_{zm} - T_p)}{\sum_1^m N_i}, \quad (12.1)$$

де F_d – дійсний фонд часу роботи потокової лінії за плановий період, хв.;

N_i – випуск виробів кожного найменування з потокової лінії за плановий період, шт.;

m – кількість найменувань (видів) виробів;

D_k – число календарних днів в плановому періоді;

D_b – число вихідних та святкових днів в плановому періоді;

m_{zm} – число змін роботи потокової лінії за добу;

T_{zm} – тривалість зміни, хв.;

T_p – тривалість регламентованих перерв, хв.

Загальна кількість робочих місць C_l на груповій поточковій лінії розраховується за формулою:

$$C_l = \frac{\sum_1^m N_i \cdot T_i}{F_d}, \quad (12.2)$$

де T_i – трудомісткість виготовлення виробу i -го найменування, хв.

Швидкість руху конвеєра V групової поточної лінії розраховується за формулою:

$$V = \frac{L_o}{\Gamma}, \quad (12.3)$$

де L_o – крок конвеєра, м. (див. рис. 9.3).

Характерні особливості групових поточкових ліній зведені до таблиці 12.1.

Різновидом групових поточкових ліній є такі багатопредметні лінії, де більшість виробів, що обробляються, мають однакову трудомісткість і тільки один або два вироби мають дещо іншу трудомісткість обробки. *Такі поточкові лінії потребують витрат часу на переналагодження.*

Розрахунок поточкових ліній даного різновиду передбачає визначення такту, кількості робочих місць на лінії, необхідних для обробки кожного конкретного виду виробу, швидкості руху конвеєра.

Такт даної потокової лінії Γ розраховується за формулою:

$$\Gamma = \frac{F_d \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right)}{\sum_1^m N_i} = \frac{(D_k - D_b) \cdot m_{zm} \cdot (T_{zm} - T_p) \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right)}{\sum_1^m N_i}, \quad (12.4)$$

де α – витрати часу на переналагодження потокової лінії, %.

Кількість робочих місць $C_{\text{пр}(i)}$, які необхідно установити на лінії для обробки виробу i -го найменування, розраховується за формулою:

$$C_{\text{пр}(i)} = \frac{T_i}{\Gamma} \quad (12.5)$$

Швидкість руху конвеєра V розраховується за формулою 12.3.

Характерні особливості поточкових ліній даного різновиду зведені до таблиці 12.1.

Змінно-поточкові лінії – це такі багатопредметні лінії, де здійснюється обробка виробів *різної трудомісткості*. На таких лініях витрачається певний час на переналагодження лінії при переході на випуск виробів іншого найменування.

Розрахунок поточкових ліній даного різновиду передбачає визначення *часткових тактів*, за якими буде вестись обробка виробів кожного найменування. Існує три основних методи розрахунку часткових тактів.

1. Розрахунок часткових тактів методом умовного об'єкта.

При застосуванні цього методу трудомісткість одного із видів виробів приймається за базову (так званий умовний об'єкт). Коефіцієнт зведення для цього виробу буде дорівнювати 1.

Для всіх інших видів виробів *коефіцієнт зведення* K_i розраховується за формулою:

$$K_i = \frac{T_i}{T_y} \quad (12.6)$$

де T_i – трудомісткість обробки виробу i -го найменування, хв. Величина T_i визначається як сума тривалостей виготовлення виробу i -го найменування на всіх операціях;

T_y – трудомісткість обробки виробу, який був прийнятий за умовний об'єкт, хв.

Далі, для виробу кожного найменування розраховується *зведена програма випуску* виробів $N_{\text{зв}(i)}$ з поточної лінії за формулою:

$$N_{\text{зв}(i)} = N_i \cdot K_i \quad (12.7)$$

де N_i – кількість виробів i -го найменування, які необхідно виготовити на поточковій лінії за плановий період, шт.

Далі розраховується *загальний умовний такт* Γ_y поточної лінії:

$$\Gamma_y = \frac{F_d \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right)}{\sum_1^m N_{зв(i)}}, \quad (12.8)$$

де α – витрати часу на переналагодження, %;

$N_{зв(i)}$ – зведена програма випуску виробів кожного найменування (виду), шт.;

m – кількість найменувань виробів, які обробляються на лінії.

І, нарешті, розраховуються *часткові такти* Γ_i , які будуть використовуватись на потоковій лінії для випуску виробів кожного найменування:

$$\Gamma_i = \Gamma_y \cdot K_i. \quad (12.9)$$

Розрахунок кількості робочих місць на кожній із операцій та їх завантаження, загальної кількості робочих місць на потоковій лінії, швидкості руху конвеєра при виготовленні виробу кожного найменування здійснюється за допомогою тих же формул, що і для безперервно-потоккових ліній, а саме: за формулами 9.9, 9.10, 9.11 та 9.13.

2. *Розрахунок часткових тактів за тривалістю випуску виробів кожного найменування.*

Цей метод доцільно використовувати, коли вироби на потоковій лінії обробляються послідовними партіями.

При використанні цього методу спочатку розраховують *фонд часу* Φ_i , який необхідний для виготовлення партії виробів кожного найменування:

$$\Phi_i = F_d \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right) \cdot \frac{N_i \cdot T_i}{\sum_1^m N_i \cdot T_i}, \quad (12.10)$$

де N_i – кількість виробів i -го найменування, шт.;

T_i – трудомісткість виготовлення виробу i -го найменування, хв.

Далі визначають *часткові такти* Γ_i виготовлення виробу кожного найменування:

$$\Gamma_i = \frac{\Phi_i}{N_i}. \quad (12.11)$$

При використанні даного методу доцільно побудувати графік роботи потокової лінії, вигляд якого для трьох найменувань виробів (вироби умовні) наведений на рис. 12.1.

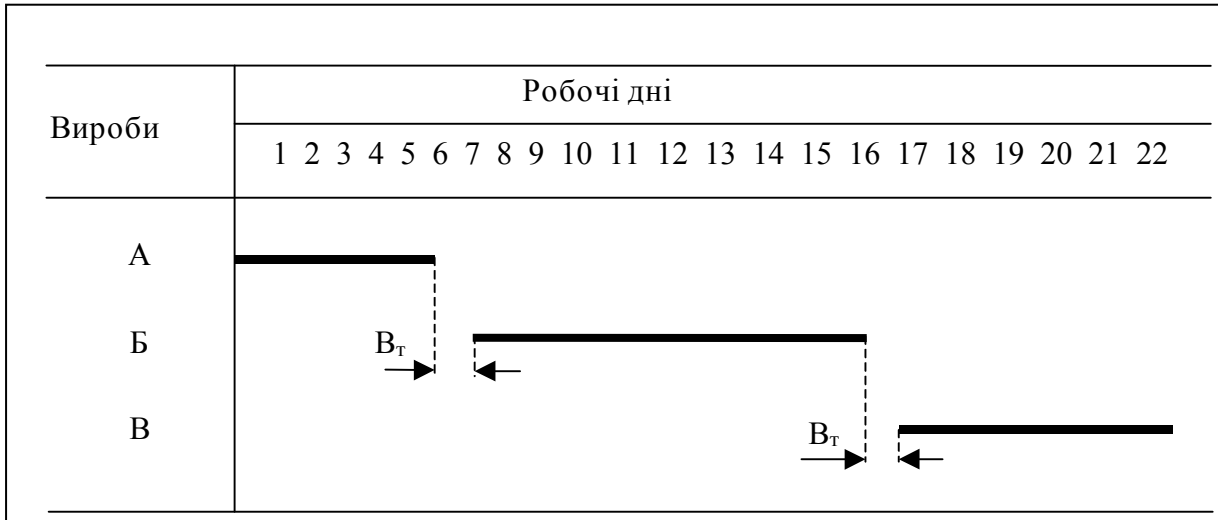


Рисунок 12.1 – Графік роботи багатопредметної потокової лінії

Витрати часу V_T на переналагодження потокової лінії, коли вона переходить на випуск нового виду виробу, розраховуються за формулою:

$$V_T = \frac{D_p \cdot m_{зм} \cdot T_{зм} \cdot \alpha}{100 \cdot (m - 1)}, \quad (12.12)$$

де $D_p = (D_k - D_v)$ – число робочих днів в плановому періоді;

D_k – число календарних днів в плановому періоді;

D_v – число вихідних та святкових днів в плановому періоді;

$m_{зм}$ – число змін роботи потокової лінії за добу;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, хв.;

α – витрати часу на переналагодження потокової лінії, %;

m – кількість найменувань виробів.

3. Розрахунок часткових тактів за ступенем відмінності в трудомісткості виробів.

При застосуванні цього методу спочатку розраховують загальну кількість робочих місць C_l на потоковій лінії:

$$C_l = \frac{\sum_{i=1}^m N_i \cdot T_i}{F_d \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right)}. \quad (12.13)$$

Часткові такти T_i виготовлення виробів кожного найменування розраховуються за формулою:

$$\Gamma_i = \frac{T_i}{C_{\text{л}}}. \quad (12.14)$$

Основні риси змінно-потоккових ліній наведені в таблиці 12.1.

Різновидом змінно-потоккових ліній є такі багатопредметні лінії, де здійснюється обробка *невеликих легких виробів різної трудомісткості*.

Розрахунок цих ліній здійснюється таким чином. Спочатку одним із наведених вище методів розраховуються *часткові такти*, за якими буде вестись обробка виробів кожного найменування. Далі, оскільки вироби, які обробляються на лінії, невеликі і легкі, то з метою забезпечення постійної швидкості руху конвеєра, знаходять найменше спільне кратне (НСК) для чисел, які дорівнюють раніше розрахованим частковим тактам.

Найменше спільне кратне (НСК) буде визначати *ритм роботи* R потокової лінії.

Потім для кожного найменування (виду) виробів розраховують величину передаточної партії p_i , яка запускається на потокову лінію при обробці кожного найменування (виду) виробів:

$$p_i = \frac{\text{НСК}}{\Gamma_i}, \quad (12.15)$$

де НСК – найменше спільне кратне для чисел, які дорівнюють частковим тактам, хв.;

Γ_i – частковий такт виготовлення виробу i -го найменування, хв.

Приклад.

На змінно-потоковій лінії обробляються три види невеликих легких виробів “А”, “Б” та “В”. Виріб “А” оброблюється з тактом 2 хвилини, виріб “Б” – 3 хвилини, а виріб “В” – 4 хвилини. Крок конвеєра 2,4 м.

Як зробити так, щоб потокова лінія працювала з однаковою швидкістю?

Розв’язування:

Знайдемо найменше спільне кратне для чисел 2, 3 та 4. Найменше спільне кратне (або ритм роботи) буде дорівнювати 12.

Тоді швидкість руху конвеєра складе:

$$V = \frac{2,4}{12} = 0,2 \text{ м/хв.}$$

Для забезпечення постійної швидкості руху конвеєра передаточна партія для виробів “А” повинна скласти $12/2 = 6$ шт., для виробів “Б” – $12/3 = 4$ шт., для виробів “В” – $12/4 = 3$ шт.

Тобто, якщо на потокову лінію одночасно ставити 6 виробів “А”, або 4 вироби “Б”, або 3 вироби “В”, то ми зможемо водночас здійснювати обробку всіх цих виробів при дотриманні єдиного загального ритму і постійній швидкості конвеєра.

Характерні особливості поточкових ліній даного різновиду зведені до таблиці 12.1.

Таблиця 12.1 – Порівняльна характеристика багатопредметних ліній

Різновиди багатопредметних поточкових ліній	Такт	Швидкість руху конвеєра	Кількість робочих місць на лінії	Ритм
Групові поточкові лінії	Постійний	Постійна	Постійна	
Групові поточкові лінії, де обробляються вироби практично однакової трудомісткості (за винятком одного-двох виробів)	Постійний	Постійна	Різна	
Змінно-поточкові лінії, на яких здійснюється обробка виробів різної трудомісткості	Різний	Різна	Постійна	
Змінно-поточкові лінії, на яких здійснюється обробка невеликих та легких виробів різної трудомісткості	Різний	Постійна	Постійна	Постійний

12.2 Завдання для самостійного виконання

На змінно-поточковій лінії протягом місяця здійснюється обробка виробів 5-ти найменувань: “А”, “Б”, “В”, “Г” та “Д”. Основні показники роботи поточної лінії наведені в таблиці 12.2.

Таблиця 12.2 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Число робочих днів в місяці	Число змін	Тривалість зміни, годин	Витрати часу на налагодження, %	Місячна програма випуску виробів, штук	Тривалість технологічних операцій, хв.						
						t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	t ₇
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	20	1	8	1	А=280	5,1	10,3	15,2	20,6	10,1	4,9	15,4
					Б=346	22,1	5,5	11,3	16,5	5,4	16,1	11,1
					В=390	12,3	18,5	6,1	18,2	12	24,5	6,0
					Г=640	20,5	5,4	15,4	5,2	10,3	10,6	15,8
					Д=103	13,6	4,4	9,4	13	4,6	19,6	9,0
2	20	2	8	2	А=206	13,7	4,3	9,4	13	4,6	19,5	9,1
					Б=560	5,1	10,3	15,2	20,6	10,1	4,9	15,4
					В=1280	20,6	5,3	15,4	5,2	10,4	10,5	15,8
					Г=780	12,4	18,4	6,1	18,2	12,1	24,4	6,0
					Д=692	22,2	5,4	11,3	16,5	5,4	16,1	11,1

Продовження таблиці 12.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	20	3	8,1	3	A=1038	22,0	5,5	11,4	16,6	5,3	16,3	10,9
					Б=1170	12,5	18,3	6,1	18,4	12,0	24,3	6,0
					В=840	5,1	10,5	15,0	20,9	10,1	4,9	15,1
					Г=1920	20,8	5,1	15,6	5,2	10,1	10,4	16,0
					Д=309	13,8	4,2	9,5	12,9	4,6	19,7	8,9
4	22	1	8,2	5	A=350	4	4,1	15,9	20,5	4,2	16	7,3
					Б=415	18,1	4,5	9,1	9,3	12,4	23	4,6
					В=738	7,7	11,6	3,8	11,2	15,5	7,8	10,8
					Г=99	9,5	9,2	19,3	4,7	18,8	4,9	18,2
					Д=890	17	13	8,5	8,1	4,2	4	20,8
5	22	2	8,2	5	A=1476	7,8	11,5	3,8	11,4	15,3	7,9	10,7
					Б=700	4	4,2	15,8	20,5	4,0	16,1	7,4
					В= 830	18,1	4,5	9,1	9,3	12,4	23	4,6
					Г= 1780	17,2	12,9	8,3	8,1	4,3	4,1	20,7
					Д=198	9,6	9,1	19,2	4,8	18,7	4,9	18,3
6	21	1	8,1	2	A=875	3	6,2	9,3	13	11,5	11	6
					Б=350	7,8	2,5	10,8	2,4	12	5,2	9,3
					В=141	13	5,9	3,1	12,6	15	3,3	9,1
					Г=182	2,2	9,6	9,0	2,4	2,6	5	17,2
					Д=2187	9	4,6	11	2,1	4,7	6,1	6,5
7	21	2	8,15	4	A=282	12,9	5,9	3,2	12,4	15,2	3,2	9,2
					Б=1750	3,1	6,3	9,1	12,6	11,9	11,1	5,9
					В=750	7,7	2,6	10,7	2,5	12	5,1	9,4
					Г=4374	9,1	4,5	11	2,2	4,6	6,2	6,4
					Д=364	2,3	9,5	9,1	2,3	2,5	5	17,3
8	20	1	7	3	A=101	8	16,4	33	23,5	31,8	15,9	23,4
					Б=224	19	9	27,5	26,9	36,5	18,4	33,7
					В=142	17	26,5	8,5	27	35	17,1	30,4
					Г=255	31	18,1	36	9,5	28	19,2	38,7
					Д=161	30,5	21	49	41	10	10,5	28
9	20	2	7,2	4	A=448	18,8	9,2	27,3	27,1	36,3	18,4	33,9
					Б=284	17,2	26,3	8,5	26,5	35,3	17,0	30,7
					В=510	30,6	18,1	36,4	9,5	28,4	19,2	38,3
					Г=322	30,5	20,5	49,5	40,5	10	10,5	28,5
					Д=202	8	16,2	33	23,7	31,6	15,9	23,6
10	20	3	7,3	6	A=426	17,2	26,3	8,6	27,1	35,1	16,8	30,4
					Б=765	30	19,1	37	9,5	27	19,2	38,7
					В=483	31,5	20	51	39	10	10	28,5
					Г=303	7,8	16,2	33	23,9	31,6	16,1	23,4
					Д=672	18,5	9	28	26,5	36,7	18,4	33,9
11	20	1	7,4	7	A= 84	20	41,9	59	19	21	84	56
					Б= 66	39	19,2	56	58	21	39	53
					В= 140	55	35,1	18	38	53	17	54
					Г= 49	32	19,7	36	17	54	16	81
					Д=130	30	33,9	29,5	17	16	51	64
12	20	2	7,5	5	A= 280	56	36,4	18,9	38	51	17	54
					Б= 98	33	18,3	36,4	17	54	17	80
					В= 260	31	32,6	29,8	16	16	52	64
					Г = 168	20,8	42,5	58,2	18	22	84	56
					Д = 132	38,9	19,2	57,1	58	20	39	54,9

Продовження таблиці 12.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
13	21	3	7,25	8	A = 390	30,3	33	28,9	18	16	52	63,5
					Б = 252	21,2	40	60,7	18	21	83	57,7
					В = 198	38,7	19,3	57,4	58	22	38	53,3
					Г = 420	54,5	36,1	19,6	38	52	17	54,7
					Д = 147	32,1	19	36,8	18	53,9	17	80,2
14	23	1	7	3	A = 122	10,8	9,7	32	21	19,3	42	37
					Б = 272	16,9	9,3	28	20	44,8	17,1	19
					В = 255	42,3	15,5	8,3	17	23,2	24	7,5
					Г = 116	15,5	22,6	14	7,8	32,1	8,9	21
					Д = 475	7,9	12,8	19	24	6,9	8	26
15	23	2	7,1	3,5	A = 510	41,3	16,7	8	16	23	25	7,9
					Б = 232	14,6	21,2	14	7,9	34	8,6	21,7
					В = 950	6,7	13,1	19	24,3	6,9	8	26,4
					Г = 244	10,3	9,9	31	21,2	20	42	37,3
					Д = 544	17	9	28	19,7	44	18	18,7
16	23	3	7,15	3	A = 1425	7,9	13	19	24	6	8	25
					Б = 366	11	9,3	31	21	19	41	38
					В = 816	17,2	8	28,2	19	45	17	19
					Г = 765	42	14,8	8	18,1	23	23	8
					Д = 348	15	21	17,9	7	30,9	8	21
17	21	1	6,5	8	A = 60	11,4	23	45	64	12	53,1	12
					Б = 138	49	12	50	23	61,1	24	21,3
					В = 178	40	51,2	13	12	66	13,4	65
					Г = 71	53,3	84	29,7	14	41	29	30,7
					Д = 88	61	44,1	31	39	15	61	58
18	21	2	6	4	A = 276	48,7	12	50,1	24	61	24,2	21
					Б = 356	39	50,5	13	12,1	66	13	65,7
					В = 142	52,8	84	29,1	14	42,8	29	30
					Г = 176	60	44,1	31	30,1	15	61,1	59
					Д = 120	11	23	45,5	64	12,9	53	12,3
19	24	3	6,4	9	A = 534	39,5	52	13	12,1	66	14,5	64
					Б = 213	52	24,7	29	14	42,3	29	30,1
					В = 264	60	44	31,8	30	15	60,1	60
					Г = 180	11,4	23	45	64	12,2	53	12,9
					Д = 414	48	12,1	50	24	61	24,8	21
20	22	4	6	1,5	A = 284	52,4	84	29,1	14	42	29	30,8
					Б = 352	60	49,4	31	30,1	15	61	59
					В = 240	11	23	45,2	64	12,1	53,7	12
					Г = 552	48,3	12	50	24,1	61	25	20,4
					Д = 712	38	53,7	13	12	68	13,1	65
21	23	3	7	3	A = 1125	7,8	23	19,9	24,1	6	18	15,6
					Б = 336	11,7	9,9	41	21	19,2	41,1	38
					В = 819	17,2	18	28,3	19	45	17,7	19,4
					Г = 762	42,9	14	18	9	23	23,4	8
					Д = 383	15,5	21	17	17	33	8,7	21
22	21	1	6,3	2	A = 80	11,9	23,2	45	64	12	53	12
					Б = 148	49	12	50,2	23	61	24	21
					В = 138	40,3	51	13	12,2	66	13	65
					Г = 79	53	84,8	29	14	41,8	29	30
					Д = 89	61	44	31,9	30	15	61,7	58

Продовження таблиці 12.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
23	21	2	6,8	1,5	A= 374	38,3	12	50	24,1	61,4	24	21,2
					Б = 456	79	52,8	13	12	66	13,2	65
					В= 242	33,9	84	39,1	17	42	29	30,2
					Г = 276	60	44,3	31	30,9	15	61	59
					Д = 220	21	23	45,9	64	22	53	12
24	19	3	6,3	2,5	A = 538	29,7	52	13	12	66,4	24	54
					Б = 218	52,1	84,2	29	14	42	29,2	30,6
					В = 164	60	44	31,8	30	15	60	60
					Г = 280	11,5	23	45	61	12,9	53	12,2
					Д = 314	48	12,7	50	24	61	24,9	21
25	21	4	6	10	A = 294	32,3	84	29,8	14	42	29	39,9
					Б = 332	60	44,9	31	30,1	15	61	59
					В = 210	11,1	23	45,1	64	42	53	12
					Г = 512	48	12,3	50	24,1	61	25,8	20
					Д = 212	38,1	53	13,1	12	66,6	13	65,2
26	23	3	7,3	3,5	A = 1500	7,9	13,8	19	24	6	18,9	25
					Б = 316	21,1	9,3	31,1	21	19,9	41	38,3
					В = 416	19	8,9	28	19,1	25	17,4	19
					Г = 265	42,7	14	8,5	18	23,7	23	28,7
					Д = 348	15	22,1	37	13,8	30	8,9	21
27	18	1	6,2	5,4	A = 67	21,7	23	42,1	64	12	53	12,3
					Б = 178	49	12,2	50	23,3	61	27,5	21
					В = 138	40,9	51	13,9	12	63,1	13	65,1
					Г = 171	53	34,4	29	14,1	41	29,4	30
					Д = 88	61,2	44	31,2	30	15,1	61	58
28	21	2	6,9	6,3	A = 275	48	12,1	50	24,1	61	24,4	21
					Б = 256	39,8	52	23,3	12	6,9	13,2	65,1
					В = 149	52	84	29	14,4	42	29	32
					Г = 276	60,1	41,1	31,2	30	15,5	61	51,1
					Д = 220	16	22,2	45	64	12	53,3	12
29	25	3	6,2	7,2	A = 434	39,2	52	13	12,3	26,2	14	64,4
					Б = 113	52	34,9	29	14	42,1	29,1	30
					В = 364	30,5	24,7	31,3	30	15	60,2	20,5
					Г = 280	11,2	23	45	64,8	12	53	12
					Д = 414	48	12,5	30,6	24	31,5	24	21,2
30	21	4	6	3,8	A = 214	52,2	74,3	29	14	42	29	30
					Б = 312	60,1	44	31,2	30	15,9	61	59
					В = 140	19	23	45	14,8	12	53,3	12
					Г = 352	38,3	12,4	50	24	51,3	25	20,4
					Д = 612	38,7	51	13	12	66	13,8	65

Використовуючи дані таблиці 12.2, потрібно:

1. Керуючись методом умовного об'єкта, методом розрахунку за тривалістю випуску кожного виробу, методом розрахунку за ступенем відмінності в трудомісткості розрахувати часткові такти роботи змінно-поточної лінії для випуску виробів кожного найменування.
2. Побудувати графік роботи поточної лінії за місяць при умові випуску виробів послідовними партіями.
3. Розрахувати кількість робочих місць на кожній операції та їх завантаження.

4. Розрахувати загальну кількість робочих місць на потоковій лінії.
5. Розрахувати швидкість руху конвеєра при випуску виробів кожного найменування. Прийняти, що крок конвеєра дорівнює $L_0 = (1 \dots 4)$ м.
6. Зробити висновки.

12.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення поняття “багатопредметна потокова лінія”. Назвіть основні види багатопредметних поточкових ліній.
2. Які поточкові лінії називаються груповими? Назвіть відмінності цих ліній. Як розраховується такт групової поточкової лінії?
3. Які різновиди групових поточкових ліній ви знаєте? Назвіть їх та дайте їм характеристику. Як розраховується такт на таких лініях?
4. Дайте означення поняття “змінно-поточкові лінії”. Назвіть основні методи розрахунку змінно-поточкових ліній.
5. Охарактеризуйте суть розрахунку змінно-поточкових ліній методом умовного об’єкта.
6. Охарактеризуйте суть розрахунку змінно-поточкових ліній за тривалістю випуску виробів кожного найменування. Коли доцільно застосовувати цей метод?
7. Охарактеризуйте суть розрахунку змінно-поточкових ліній за ступенем відмінності в трудомісткості. Коли доцільно застосовувати цей метод?
8. Охарактеризуйте суть розрахунку багатопредметних ліній, де здійснюється обробка невеликих легких виробів різної трудомісткості.
9. Поясніть що означає поняття “частковий такт обробки виробів на змінно-поточковій лінії”.
10. Поясніть яким чином змінно-поточкова лінія може працювати при обробці виробів різного найменування з однаковою швидкістю руху конвеєра.
11. Зробіть порівняльну характеристику багатопредметних ліній за такими ознаками, як такт, швидкість руху конвеєра, кількість робочих місць на потоковій лінії.

12.4 Задачі для розв’язування

1. На змінно-поточковій лінії виготовляються п’ять видів виробів. Місячна програма виготовлення виробів складає: “А” – 500 шт., “Б” – 1000 шт., “В” – 1000 шт., “Г” – 1500 шт., “Д” – 1000 шт. Режим роботи лінії: 2 зміни за добу по 8 годин. В місяці 22 робочих дні. Витрати часу на переналагодження лінії складають 4%. Технологічний процес виготовлення виробів має вигляд, наведений в таблиці 12.3.

Розрахувати часткові такти при виготовленні п'яти виробів "А", "Б", "В", "Г" та "Д". При розрахунках доцільно використати всі три методи розрахунку змінно-потоккових ліній.

Таблиця 12.3 – Дані для рішення задачі

Номер операції	Тривалість технологічних операцій з виготовлення виробів, хв.:				
	"А"	"Б"	"В"	"Г"	"Д"
1	5,0	4,7	8,6	7,1	8,0
2	10,26	9,5	13,0	7,2	11,4
3	14,96	14,2	22,0	14,2	21,0
4	61,75	47,0	41,0	51,0	40,0
5	48,93	59,7	37,3	25,0	36,4
Всього	140,9	135,1	121,9	104,5	116,8

2. На змінно-потокковій лінії виготовляються вироби трьох найменувань: "А", "Б" та "В". Трудомісткість виготовлення кожного із виробів дорівнює: "А" – 30 хв., "Б" – 40 хв., "В" – 50 хв. Кількість виготовлених виробів за добу складає: "А" – 2000 шт., "Б" – 1500 шт., "В" – 3000 шт. Режим роботи лінії: 2 зміни по 8 годин. Витрати часу на переналагодження дорівнюють 6%.

Розрахувати часткові такти роботи потоккової лінії методом тривалості випуску виробів кожного найменування.

3. На змінно-потокковій лінії за добу виготовляється 1000 виробів "А", 1500 виробів "Б" та 2000 виробів "В". Трудомісткість виготовлення кожного із виробів: "А" – 20 хв., "Б" – 30 хв., "В" – 15 хв. Лінія працює в 2 зміни по 8 годин. Витрати часу на переналагодження – 5%.

Розрахувати часткові такти виготовлення виробу кожного найменування методом умовного об'єкта.

4. На змінно-потокковій лінії за зміну виготовляється 1000 виробів "А" та 1500 виробів "Б". Трудомісткість виготовлення кожного із виробів складає: "А" – 20 хв., "Б" – 30 хв. Потоккова лінія працює в одну зміну, тривалість зміни 8 годин. Витрати часу на переналагодження – 5%.

Розрахувати кількість робочих місць на лінії та часткові такти виготовлення виробу кожного найменування методом відмінності в трудомісткості.

5. На змінно-потокковій лінії виготовляються вироби "А" і "В". Трудомісткість виготовлення кожного із виробів: "А" – 30 хв., "В" – 50 хв. Кількість виготовлених виробів за добу: "А" – 2000 шт., "В" – 3000 шт. Режим роботи лінії: 2 зміни по 8 годин. Витрати часу на переналагодження дорівнюють 6%.

Розрахувати тривалість виготовлення на лінії всіх виробів "А" та частковий такт роботи потоккової лінії з випуску виробу "А".

6. На змінно-потоківій лінії протягом місяця (20 робочих днів, 2 зміни, тривалість кожної зміни 8 годин, витрати часу на переналагодження – 5%) виготовляється 1000 виробів “А” та 2000 виробів “Б”. На виготовлення виробів “А” витрачається 60% дійсного фонду часу роботи лінії, а на виготовлення виробів “Б” – 40%.

Розрахувати часткові такти роботи лінії з виготовлення кожного виду виробів “А” та “Б”.

7. На змінно-потоківій лінії виготовляються вироби “А” та “Б”. Дійсний фонд часу роботи лінії за місяць з урахуванням витрат часу на переналагодження складає 19000 хв. Частковий такт роботи лінії для обробки виробу “А” складає 5 хв., а для обробки виробу “Б” – 6 хв.

Розрахувати кількість виготовлених за місяць виробів “А”, якщо виробів “Б” було виготовлено 1000 шт.

8. На змінно-потоківій лінії за місяць обробляється 2000 виробів “А” та 1500 виробів “Б”. Дійсний фонд часу роботи лінії за місяць з урахуванням витрат часу на переналагодження складає 20000 хв.

Розрахувати частковий такт роботи лінії для обробки виробу “А”, якщо для виробу “Б” він складає 5 хвилин.

9. На змінно-потоківій лінії за місяць виготовляється 800 виробів “А” та 1200 виробів “Б”. Частковий такт для обробки виробу “А” складає 6 хв., а для виробу “Б” – 8 хвилин.

Розрахувати витрати часу на переналагодження (в хвилинах) лінії, якщо дійсний фонд часу роботи лінії за місяць складає 15000 хв.

10. На груповій потоківій лінії за місяць виготовляється 1000 виробів “А”, 2000 виробів “Б” та 5000 виробів “В”. Дійсний фонд часу роботи лінії за місяць складає 20000 хв. Крок конвеєра 2,5 м.

Розрахувати швидкість руху конвеєра.

11. На груповій потоківій лінії виготовляються вироби двох найменувань: “А” та “Б”. Дійсний фонд часу роботи потоківій лінії за місяць складає 16000 хв. Такт лінії дорівнює 5 хв. Виробів “Б” за місяць виготовляється 1000 шт.

Розрахувати скільки за місяць виготовляється виробів “А”.

12. На змінно-потоківій лінії за місяць виготовляється 1000 виробів “А” та 2000 виробів “Б”. Дійсний фонд часу роботи лінії за місяць з урахуванням витрат на переналагодження складає 16000 хв. Трудомісткість виготовлення виробу “Б” складає 10 хв.

Розрахувати трудомісткість виготовлення виробу “А”, якщо тривалість виготовлення всіх виробів “А” складає 12000 хв.

13. На груповій лінії виготовляються вироби “А”, “Б” та “В”. Дійсний фонд часу роботи лінії за місяць 24000 хв. Такт лінії 6 хв. Виробів “А” виготовляється 1000 шт., а виробів “Б” – 1600 шт.

Розрахувати скільки виготовляється на лінії виробів “В”.

14. На змінно-потоківій лінії за місяць виготовляється 1500 виробів “А” та 2000 виробів “Б”. Дійсний фонд часу роботи лінії за місяць з урахуванням витрат часу на переналагодження складає 26000 хв. Трудомісткість виготовлення виробу “Б” дорівнює 15 хв.

Розрахувати трудомісткість виготовлення виробу “А”, якщо тривалість виготовлення виробу “Б” на потоківій лінії складає 14000 хв.

15. На змінно-потоківій лінії виготовляються вироби “А” та “Б”. Трудомісткість виготовлення одного виробу “А” складає 10 хв., а одного виробу “Б” – 20 хв. За місяць на лінії виготовлено 1000 шт. виробів “А”. Дійсний фонд часу роботи лінії за місяць з урахуванням витрат часу на переналагодження складає 21000 хв.

Розрахувати скільки виготовляється на лінії виробів “Б”, якщо тривалість виготовлення виробів “А” дорівнює 15000 хв.

16. На змінно-потоківій лінії виготовляються вироби “А” та “Б”. Трудомісткість виготовлення одного виробу “А” складає 10 хв., а одного виробу “Б” – 20 хв. За місяць на лінії виготовлено 190 шт. виробів “А”. Дійсний фонд часу роботи лінії за місяць з урахуванням витрат часу на переналагодження складає 20000 хв.

Розрахувати скільки виготовляється на лінії виробів “Б”, якщо тривалість виготовлення виробів “Б” дорівнює 10000 хв.

12.5 Відповіді на задачі

1. 4,75 хв.; 4,56 хв.; 4,11 хв.; 3,53 хв., 3,94 хв.
2. 0,1 хв.; 0,13 хв.; 0,167 хв.
3. 0,19 хв.; 0,29 хв.; 0,145 хв.
4. 143 місяця; 0,14 хв.; 0,21 хв.
5. 257,8 хв.; 0,129 хв.
6. 10,9 хв.; 3,65 хв. 7. 2600 шт. 8. 6,25 хв.
9. 600 хв. 10. 2 м/хв. 11. 2200 шт.
12. 60 хв. 13. 1400 шт. 14. 17,1 хв.
15. 200 шт.
16. 95 шт.

Тема: “Розрахунок основних параметрів автоматичних потокових ліній”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з основ організації автоматизованого виробництва та розвинути практичні навички з розрахунку основних параметрів автоматичних потокових ліній.

13.1 Теоретична частина

В умовах масового та великосерійного виробництва широке застосування знаходять автоматичні потокові лінії.

Автоматичні потокові лінії – це сукупність розташованих за ходом технологічного процесу машин-автоматів, які автоматично, без безпосередньої участі людини, виконують основні технологічні операції, здійснюють транспортування, контроль якості продукції тощо.

Перші автоматичні потокові лінії були побудовані ще в середині 50-х років ХХ століття. З їх появою висловлювались надії на значне підвищення продуктивності праці робітників, що частково справдилось. Але цим автоматичним лініям не вистачало гнучкості, а їх переналагодження вимагало великих витрат часу та коштів.

Автоматичні потокові лінії можуть бути різних видів.

Так, за *складом обладнання* автоматичні потокові лінії поділяються на лінії, які складаються із:

- агрегатних верстатів і уніфікованих агрегатних вузлів. Такі лінії відрізняються високою продуктивністю, надійністю в роботі, скороченими строками проектно-налагоджувальних робіт;
- універсальних верстатів. Такі лінії оснащуються механізмами автоматичного навантаження та розвантаження;
- спеціального обладнання. Такі лінії мають найвищу продуктивність і використовуються в умовах масового виробництва, але для свого створення вимагають значних витрат.

За ступенем *спеціалізації* автоматичні потокові лінії поділяються на *однопредметні*, на яких виготовляються вироби одного найменування, та *багатопредметні*, на яких виготовляються вироби декількох найменувань.

За *кількістю виробів*, які одночасно обробляються на потоковій лінії, автоматичні лінії поділяються на лінії з *поштучною обробкою*, коли окремо обробляється кожен виріб, та лінії з *багатодетальною обробкою*, коли водночас обробляється вся партія виробів.

За характером *транспортування виробів і типом кінематичного зв'язку* між верстатами-автоматами всі автоматичні лінії поділяються на:

- *прямотокові* автоматичні лінії, тобто лінії з безпосередньою передачею виробів з одного верстата на інший через стабільний відрізок часу, який дорівнює такту. Зв'язок між верстатами-автоматами жорсткий. На таких лініях обов'язково утворюються технологічні напрацювання виробів (рис. 13.1, а);
- *потоківі* автоматичні лінії, тобто лінії з передачею виробів за допомогою транспортера. Зв'язок між верстатами-автоматами жорсткий. На таких лініях обов'язково утворюються транспортні напрацювання виробів (рис. 13.1, б);
- *бункерні* потоківі лінії, коли окремі верстати-автомати мають бункери, куди спрямовуються вироби після обробки на даному верстаті-автоматі. Всі бункери зв'язані між собою транспортерами. Зв'язок між верстатами-автоматами гнучкий. У разі виходу із ладу одного із них лінія ще деякий час буде працювати, забираючи вироби для обробки з бункера попереднього верстата (рис. 13.1, в).

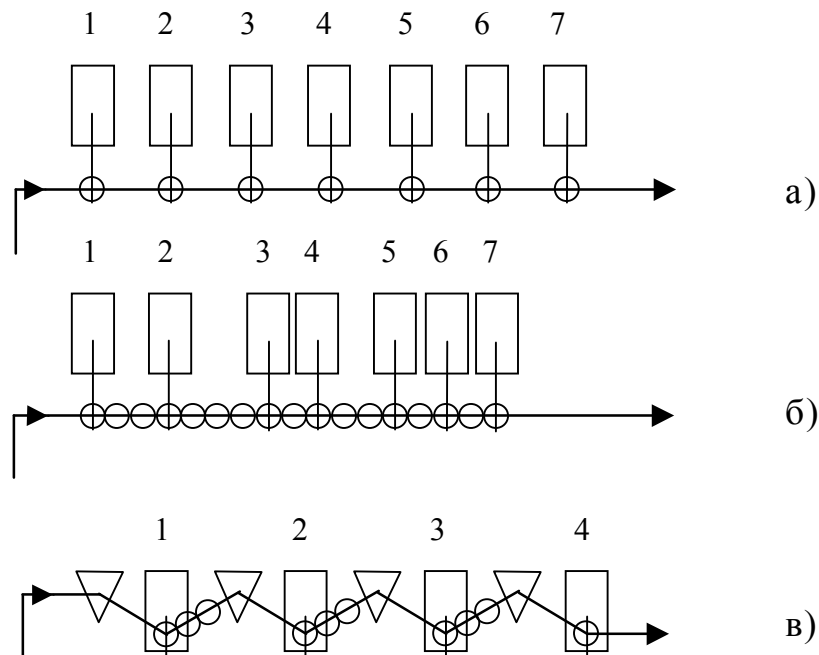


Рисунок 13.1 – Класифікація автоматичних ліній за характером транспортування виробів (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – верстати-автомати)

Окремий різновид автоматичних потоківих ліній складають *роторні лінії*. Якщо традиційна обробка виробів передбачає транспортування виробу, його закріплення на робочому місці, обробку, зняття та переміщення на нове робоче місце, то роторна лінія поєднує всі ці функції в одному механізованому вузлі – *роторі*.

Ротор – це диск, по діаметру якого розташовані робочі органи з інструментами (рис. 13.2). В ячейках цього диска закріплюються вироби. Безперер-

вно обертаючись, ротор захоплює вироби і за повний оберт диска здійснює обробку виробу на даній технологічній операції. Далі виріб передається в сусідній ротор, де здійснюється наступна операція, тощо.

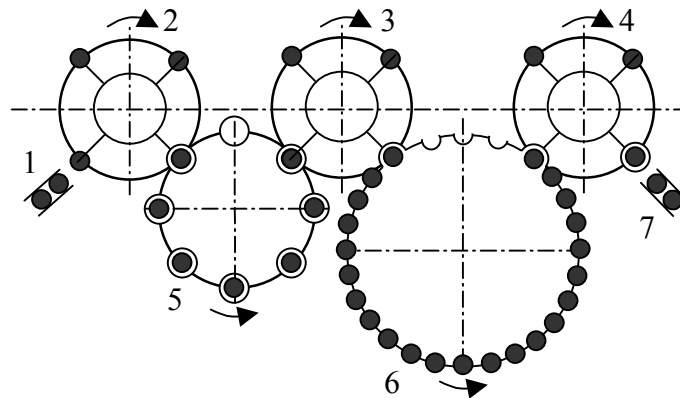


Рисунок 13.2 – Схема роторної лінії
(1 – вхід, 7 – вихід; 5,6 – робочі ротори, 2,3,4 – транспортні ротори)

Розрахунок автоматичних потокових ліній передбачає проведення таких етапів робіт:

1-й крок: розраховують *такт (або ритм)* Γ роботи потокової лінії. Для прямопотокових автоматичних ліній такт (або ритм) визначається тільки технічними параметрами верстатів-автоматів і розраховується за формулою:

$$\Gamma = t_o + t_d + t_{тр}, \quad (13.1)$$

де t_o – основний час обробки виробу на верстаті-автоматі, хв.;

t_d – допоміжний час обробки виробу, який включає час установлення, закріплення та зняття виробу з верстата-автомата, хв.;

$t_{тр}$ – час транспортування виробу з одного верстата-автомата до іншого, хв.

При цьому $(t_o + t_d) = T_{ц}$ – цикл роботи потокової лінії, хв.

2-й крок: розраховують *циклову (максимально можливу) продуктивність* $g_{ц}$ (шт./годину) потокової лінії за умови повної відсутності простоїв обладнання:

$$g_{ц} = \frac{N_{ц} \cdot 60}{T_{ц}}, \quad (13.2)$$

де $N_{ц}$ – кількість виробів, які виготовляються на потоковій лінії за один цикл, шт.

3-й крок: розраховують *потенційну продуктивність* g_{Π} потокової лінії (шт./годину):

$$g_{\Pi} = \frac{N_{\Pi} \cdot 60}{T_{\Pi} + t_{\text{тех}}}, \quad (13.3)$$

де $t_{\text{тех}}$ – витрати часу на технічне обслуговування (регулювання, налагодження) потокової лінії в перерахунку до такту (ритму) її роботи., хв.

4-й крок: розраховують *фактичну продуктивність* g_{Φ} потокової лінії:

$$g_{\Phi} = \frac{N_{\Pi} \cdot 60}{T_{\Pi} + t_{\text{тех}} + t_{\text{орг}}}, \quad (13.4)$$

де $t_{\text{орг}}$ – витрати часу на організаційне обслуговування потокової лінії в перерахунку до такту (ритму) її роботи, хв.

5-й крок: розраховують *коефіцієнт технічного використання* K_T потокової лінії (або технічний рівень автоматичної потокової лінії):

$$K_T = \frac{g_{\Pi}}{g_{\Pi}}. \quad (13.5)$$

6-й крок: розраховують *коефіцієнт загального використання* $K_{\text{заг}}$ потокової лінії (або організаційно-технічний рівень автоматичної потокової лінії):

$$K_{\text{заг}} = \frac{g_{\Phi}}{g_{\Pi}}. \quad (13.6)$$

7-й крок: у випадку, коли автоматична лінія складається з окремих самостійних ділянок, які працюють з різними тактами, розраховують *компенсаційні напрацювання (або запаси)*. Ці напрацювання створюються між суміжними ділянками. Метою компенсаційних напрацювань є синхронізація роботи автоматичної потокової лінії.

Розрахунок компенсаційних напрацювань (запасів) виробів Z між ділянками здійснюють за формулою:

$$Z = t_k \cdot \left(\frac{1}{\Gamma_{\text{min}}} - \frac{1}{\Gamma_{\text{max}}} \right) = t_k \cdot \frac{\Delta\Gamma}{\Gamma_{\text{min}} \cdot \Gamma_{\text{max}}}, \quad (13.7)$$

де t_k – час створення напрацювань (запасів), який дорівнює тривалості зміни, півзміни, доби тощо, хв.;

Γ_{\min} і Γ_{\max} – мінімальний і максимальний такти роботи на суміжних ділянках, хв.;

$\Delta\Gamma$ – допустима величина відхилення тактів роботи на суміжних верстатах-автоматах, хв.

При цьому $\Delta\Gamma = (\Gamma_{\max} - \Gamma_{\min})$.

Компенсаційні напрацювання обов'язкові для бункерних потокових ліній. Якщо значення компенсаційних напрацювань буде від'ємне, то це означає, що їх потрібно створити між верстатами-автоматами до початку роботи лінії. Якщо значення компенсаційних напрацювань буде додатне, то це означає, що такі напрацювання будуть автоматично створюватись і накопичуватись в бункері поточної лінії.

8-й крок: розраховують випуск виробів N з автоматичної потокової лінії за плановий період часу:

$$N = \frac{(\Gamma_{\max} - \Gamma_{\min}) \cdot m_{\text{зм}} \cdot T_{\text{зм}} \cdot 60 \cdot (1 - \frac{\alpha}{100})}{\Gamma} \cdot N_{\text{ц}}, \quad (13.8)$$

де Γ_{\max} – число календарних днів в плановому періоді;

Γ_{\min} – число вихідних днів в плановому періоді;

$m_{\text{зм}}$ – число змін роботи за добу;

$T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, годин;

Γ – такт (ритм) роботи потокової лінії. хв.;

$N_{\text{ц}}$ – кількість виробів, які виготовляються на потоковій лінії за один цикл, шт.;

$\alpha = \frac{t_{\text{тех}} + t_{\text{орг}}}{\Gamma} \cdot 100\%$ – витрати часу на технічне та організаційне об-

слуговування потокової лінії, %;

$t_{\text{тех}}$ – витрати часу на технічне обслуговування потокової лінії протягом такту (ритму) її роботи, хв.;

$t_{\text{орг}}$ – витрати часу на організаційне обслуговування потокової лінії протягом такту (ритму) її роботи, хв.

13.2 Завдання для самостійного виконання

Автоматична потокова лінія складається з 3-х ділянок "А", "Б" та "В", кожна із яких являє собою самостійну прямолинійну автоматичну лінію і складається з низки верстатів-автоматів. Параметри роботи верстатів-автоматів, а також інші параметри, які характеризують роботу потокової лінії, наведені в таблиці 13.1.

Керуючись даними таблиці 13.1, потрібно:

1. Для вибраного варіанта завдання розрахувати такти та цикли роботи автоматичних прямотокових ліній “А”, “Б” та “В”.
2. Розрахувати циклову (максимально можливу) продуктивність роботи кожної прямотокової автоматичної лінії “А”, “Б” та “В”.
3. Розрахувати потенційну продуктивність роботи кожної прямотокової автоматичної лінії “А”, “Б” та “В”.
4. Розрахувати фактичну продуктивність роботи кожної прямотокової автоматичної лінії “А”, “Б” та “В”.
5. Розрахувати коефіцієнт технічного використання кожної прямотокової автоматичної лінії “А”, “Б” та “В”.

Таблиця 13.1 – Початкові дані для виконання завдання

Ва-ріант	Діль-ниці	Параметри, хв.					Д _к	Д _в	m _{зм}	T _{зм} , год.	N _ц , шт.	t _к , хв.
		t _о	t _д	t _{тр}	t _{тех}	t _{орг}						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	А	2,1	0,3	0,6	0,1	0,12	100	26	2	8	1	480
	Б	2,4	0,1	0,6	0,12	0,15						
	В	2,0	0,3	0,6	0,15	0,17						
2	А	3,6	0,4	1,0	0,2	0,1	80	20	1	8	2	240
	Б	3,7	0,4	1,0	0,14	0,09						
	В	3,4	0,5	1,0	0,12	0,08						
3	А	5,5	1,5	1,0	0,14	0,1	70	24	3	7,5	3	450
	Б	5,9	0,9	1,0	0,18	0,14						
	В	5,0	2,2	1,0	0,11	0,09						
4	А	3,0	1,1	0,3	0,2	0,13	60	14	2	8	1	480
	Б	3,2	1,1	0,3	0,21	0,1						
	В	2,8	1,2	0,3	0,19	0,13						
5	А	4,0	1,8	1,2	0,14	0,12	76	16	1	8	4	240
	Б	4,5	1,5	1,2	0,13	0,17						
	В	4,3	1,3	1,2	0,1	0,13						
6	А	6,0	2,0	1,1	0,1	0,13	100	21	3	7,5	5	450
	Б	6,1	1,5	1,1	0,15	0,16						
	В	6,7	1,6	1,1	0,18	0,19						
7	А	4,0	1,0	1,8	0,1	0,11	90	23	2	8	3	120
	Б	4,2	1,1	1,8	0,12	0,13						
	В	3,9	0,9	1,8	0,1	0,17						
8	А	3,1	0,3	0,6	0,1	0,12	110	28	2	8	1	480
	Б	3,4	0,1	0,6	0,12	0,15						
	В	3,0	0,3	0,6	0,15	0,17						
9	А	2,6	0,4	1,0	0,2	0,1	180	40	1	8	2	240
	Б	2,7	0,4	1,0	0,14	0,09						
	В	2,4	0,5	1,0	0,11	0,08						
10	А	5,5	1,0	1,0	0,14	0,1	75	21	3	7,5	3	450
	Б	5,9	0,4	1,0	0,18	0,14						
	В	5,0	1,7	1,0	0,11	0,09						
11	А	3,0	0,7	0,3	0,2	0,13	160	44	2	8	2	480
	Б	3,0	0,5	0,3	0,21	0,1						
	В	2,8	1,2	0,3	0,19	0,13						

Продовження таблиці 13.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12	А	4,0	1,6	1,9	0,18	0,12	96	26	1	8	4	240
	Б	4,5	1,3	1,9	0,13	0,17						
	В	4,3	1,1	1,9	0,1	0,1						
13	А	4,9	2,0	1,1	0,1	0,13	100	28	3	7,5	5	225
	Б	5,2	1,5	1,1	0,15	0,16						
	В	5,8	1,5	1,1	0,18	0,19						
14	А	4,0	1,05	1,28	0,1	0,11	190	43	2	8	1	120
	Б	4,2	1,15	1,28	0,12	0,13						
	В	3,9	0,95	1,28	0,1	0,17						
15	А	2,0	0,3	0,65	0,1	0,12	120	36	2	8	1	480
	Б	2,3	0,1	0,65	0,12	0,15						
	В	1,9	0,3	0,65	0,15	0,17						
16	А	3,4	0,4	1,02	0,2	0,1	88	22	1	8	2	240
	Б	3,5	0,4	1,02	0,14	0,09						
	В	3,2	0,5	1,02	0,12	0,08						
17	А	5,2	1,5	1,09	0,14	0,1	76	25	3	7,5	3	450
	Б	5,6	0,9	1,09	0,18	0,14						
	В	4,7	2,2	1,09	0,11	0,09						
18	А	3,1	1,1	0,31	0,2	0,13	60	15	2	8	1	480
	Б	3,3	1,1	0,31	0,21	0,1						
	В	2,9	1,2	0,31	0,19	0,13						
19	А	4,2	1,8	1,22	0,14	0,12	76	17	1	8	4	960
	Б	4,7	1,5	1,22	0,13	0,17						
	В	4,5	1,3	1,22	0,1	0,13						
20	А	6,0	1,0	1,13	0,1	0,13	140	29	3	7,5	5	450
	Б	6,1	0,5	1,13	0,15	0,16						
	В	6,7	0,6	1,13	0,18	0,19						
21	А	12,1	0,3	0,62	0,21	0,12	100	26	2	8	1	480
	Б	12,4	0,1	0,62	0,22	0,15						
	В	12,0	0,3	0,62	0,25	0,17						
23	А	13,6	0,4	1,10	0,2	0,21	80	20	1	8	2	240
	Б	13,7	0,4	1,10	0,14	0,29						
	В	13,4	0,5	1,10	0,22	0,28						
23	А	15,5	1,5	1,50	0,24	0,1	70	24	3	7,5	3	450
	Б	15,9	0,9	1,50	0,28	0,14						
	В	15,0	2,2	1,50	0,21	0,09						
24	А	13,0	1,1	0,23	0,2	0,23	60	14	2	8	1	480
	Б	13,2	1,1	0,23	0,21	0,19						
	В	12,8	1,2	0,23	0,19	0,23						
25	А	14,0	1,8	1,62	0,24	0,22	76	16	1	8	4	240
	Б	14,5	1,5	1,62	0,23	0,17						
	В	14,3	1,3	1,62	0,29	0,13						
26	А	16,0	2,0	1,61	0,19	0,13	100	21	3	7,5	5	450
	Б	16,1	1,5	1,61	0,15	0,26						
	В	16,7	1,7	1,61	0,18	0,19						
27	А	14,0	1,0	1,85	0,1	0,21	90	23	2	8	3	960
	Б	14,2	1,1	1,85	0,12	0,23						
	В	13,9	0,9	1,85	0,1	0,27						

Продовження таблиці 13.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
28	А	13,1	0,3	0,68	0,1	0,12	110	28	2	8	1	480
	Б	13,4	0,1	0,68	0,12	0,15						
	В	13,0	0,3	0,68	0,15	0,17						
29	А	12,6	0,4	1,30	0,2	0,1	180	40	1	8	2	240
	Б	12,7	0,4	1,30	0,14	0,09						
	В	12,4	0,5	1,30	0,11	0,08						
30	А	10,6	0,4	1,90	0,24	0,14	280	50	1	8	2	960
	Б	10,7	0,4	1,90	0,24	0,29						
	В	10,4	0,5	1,90	0,21	0,28						

- Розрахувати коефіцієнт загального використання кожної прямотокової автоматичної лінії “А”, “Б” та “В”.
- Взявши до уваги, що прямотокові автоматичні лінії “А”, “Б” та “В” об’єднуються в одну – бункерну, розрахувати величину компенсаційних напрацювань між дільницями “А” і “Б” та “Б” і “В”.
- Розрахувати допустиму величину коливання тактів ΔT на суміжних дільницях “А” і “Б” та “Б” і “В”.
- Для кожної прямотокової автоматичної лінії “А”, “Б” та “В” розрахувати витрати часу на їх технічне та організаційне обслуговування (в %).
- Розрахувати випуск виробів N з кожної прямотокової автоматичної лінії “А”, “Б” та “В” за плановий період роботи лінії.
- Розрахувати загальний випуск виробів з бункерної лінії за плановий період її роботи. Для цього скористатись формулою 13.8, замінивши значення такту „ T ” на максимальне значення такту „ T_{\max} ”, який має одна із ліній “А”, “Б” або “В”.
- Зробити висновки.

13.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

- Дайте означення поняття “автоматична потокова лінія”. Назвіть її переваги та недоліки.
- Зробіть класифікацію автоматичних поточкових ліній за складом обладнання, ступенем спеціалізації, кількістю виробів, що одночасно обробляються.
- Класифікація автоматичних поточкових ліній за характером транспортування і типом кінематичного зв’язку між верстатами-автоматами: суть, види ліній та їх характеристика.
- Що являють собою роторні поточкові лінії? Чим вони відрізняються від звичайних автоматичних поточкових ліній?
- Назвіть етапи розрахунку автоматичних поточкових ліній.

6. Як розраховується циклова, потенційна та фактична продуктивність автоматичної потокової лінії? Зробіть порівняльну характеристику цих понять.
7. Як розраховуються коефіцієнти технічного та загального використання автоматичної потокової лінії? Зробіть порівняльну характеристику цих понять.
8. В яких випадках на автоматичних лініях створюються компенсаційні напрацювання? Як вони розраховуються?
9. Що означає додатне та від'ємне значення компенсаційних напрацювань?
10. Як розраховується випуск виробів з автоматичної потокової лінії за плановий період часу?

13.4 Задачі для розв'язування

1. Визначити величину компенсаційних напрацювань між дільницями автоматичної лінії, якщо такти роботи суміжних дільниць дорівнюють 0,79 хв. та 0,81 хв., а час комплектування напрацювань – 480 хв.

2. В накопичувачі деталей, який розміщений між суміжними дільницями автоматичної лінії, можна розмістити 100 деталей. Час комплектування напрацювань – 480 хв. Мінімальний такт однієї із дільниць дорівнює 3 хв. Розрахувати такт роботи іншої дільниці, а також допустиму величину відхилення тактів.

3. Коефіцієнт технічного використання автоматичної лінії складає 0,8, а коефіцієнт загального використання – 0,7. Розрахуйте фактичну продуктивність лінії, якщо її потенційна продуктивність дорівнює 24 вироби за годину.

4. Коефіцієнт технічного використання автоматичної лінії складає 0,85, а коефіцієнт загального використання – 0,75. Розрахувати потенційну продуктивність лінії, якщо її фактична продуктивність дорівнює 15 виробів за годину.

5. Циклова продуктивність автоматичної потокової лінії дорівнює 150 виробів за годину. За один цикл на лінії обробляється 4 вироби.

Розрахувати такт роботи лінії, якщо час транспортування виробу з одного верстата-автомата на суміжний дорівнює 0,4 хв.

6. Циклова продуктивність автоматичної потокової лінії дорівнює 180 виробів за годину. За один цикл на лінії обробляється 2 вироби.

Розрахувати час транспортування виробу з одного верстата-автомата на суміжний, якщо такт роботи лінії дорівнює 0,8 хв.

7. Потенційна продуктивність автоматичної потокової лінії складає 16 виробів за годину, а циклова – 20 виробів за годину. За один цикл на лінії обробляються 2 вироби.

Розрахувати витрати часу на технічне обслуговування потокової лінії протягом такту її роботи.

8. Фактична продуктивність автоматичної потокової лінії дорівнює 20 виробів за годину, а циклова – 24 вироби за годину. За один цикл на лінії обробляються 3 вироби. Розрахувати витрати часу на технічне обслуговування лінії протягом такту її роботи, якщо витрати часу на організаційні заходи складають 0,5 хв.

9. Такт роботи автоматичної лінії – 5 хв. Витрати часу на технічне та організаційне обслуговування лінії в перерахунку до такту її роботи складають 2 хв. Протягом місяця лінія працює 400 годин.

Розрахувати кількість виготовлених виробів за місяць, якщо за один цикл виготовляється 5 виробів.

10. Величина компенсаційних напрацювань між дільницями автоматичної лінії дорівнює 200 шт. Такти роботи суміжних дільниць дорівнюють 0,8 та 1,2 хв. Розрахувати час комплектування напрацювань.

13.5 Відповіді на задачі

1. 15 шт.
2. 8 хв.; 5 хв.
3. 21 шт./год.
4. 17 шт./год.
5. 2 хв.
6. 0,133 хв.
7. 1,5 хв.
8. 1 хв.
9. 14400 шт.
10. 480 хв.

Тема: “Розрахунок основних параметрів робототехнічного комплексу”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з основ організації роботи робототехнічних комплексів та розвинути практичні навички з розрахунку їх основних параметрів.

14.1 Теоретична частина

Робототехніка – це прогресивна галузь науки і техніки, яка вирішує питання створення промислових роботів і робототехнічних комплексів.

Робототехнічні комплекси – це технологічні комірки, дільниці, лінії, цехи, заводи тощо, які призначені для отримання заготовок, обробки деталей, виконання складальних, контрольних та транспортних операцій тощо, які здійснюються автоматично, без безпосередньої участі робітників, а тільки під їх наглядом. Відмінністю робототехнічних комплексів є їх *універсальність та гнучкість*. Особливо ефективні ці комплекси при переході на випуск нових видів продукції та при виконанні принципово нових операцій. Транспортними засобами в робототехнічних комплексах виступають *промислові роботи*.

Критерієм ефективності функціонування робототехнічного комплексу є забезпечення найповнішого завантаження обладнання, яке входить до складу цього комплексу. На це впливають такі фактори: схема робототехнічного комплексу, вид транспортних засобів, трудомісткість деталей, які обробляються, співвідношення часу роботи обладнання та обслуговуючих транспортних засобів тощо.

Оптимальний режим роботи робототехнічного комплексу визначається шляхом *моделювання великої кількості виробничих ситуацій*, на основі аналізу яких вибирається такий режим роботи обладнання та транспортних засобів, який забезпечує найповніше використання обладнання.

Для нескладних робототехнічних комплексів, коли використовується однотипне технологічне обладнання та один промисловий робот, оптимальний режим роботи цього комплексу визначається шляхом побудови *циклограм завантаження обладнання та промислового робота*.

Приклад.

Є *робототехнічний комплекс*, який складається з *робота Р*, *накопичувача деталей Н*, *чотирьох верстатів А, Б, В та Г*, на яких виконуються *однотипні технологічні операції t*. *Відстань між суміжними верстатами, відстань між верстатом А та накопичувачем деталей Н дорівнює величині L_0* (див. *рис. 14.1*). *Потрібно описати роботу цього комплексу.*

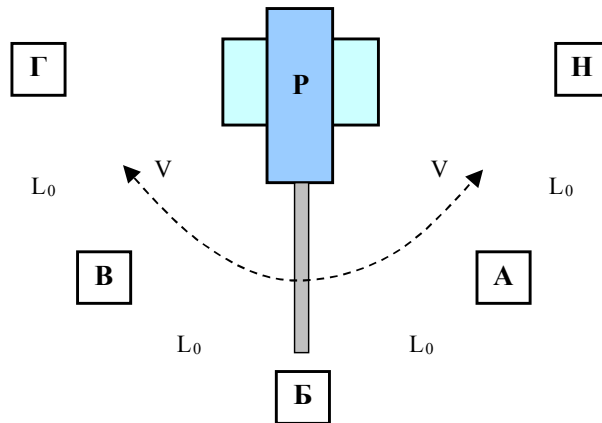


Рисунок 14.1 – Схема робототехнічного комплексу

Робототехнічний комплекс працює так: робот Р переміщується по колу з постійною швидкістю V . Спочатку робот бере з накопичувача Н деталь та переміщує її до першого верстата А. Деталь закріплюється на верстаті А, на якому в автоматичному режимі починається її обробка. Час обробки – t секунд. Далі робот з тією ж швидкістю повертається назад до накопичувача, бере наступну деталь і прямує до наступного верстата Б. Там деталь закріплюється на верстаті, де починається її обробка в автоматичному режимі з часом t . Далі робот знову повертається до накопичувача, бере наступну деталь і прямує до верстата В і т.д.

Після закінчення обробки кожної деталі здійснюється автоматичне зняття деталі з верстата і спрямування її за допомогою окремих транспортних засобів на наступні операції або в накопичувач готових деталей.

Визначення оптимального режиму роботи комплексу полягає в тому, щоб шляхом підбору швидкості V руху робота та тривалості t технологічних операцій, які виконуються на верстатах, домогтись такої ситуації, коли б всі верстати працювали без простою, а робот встигав би обслуговувати всі верстати деталями для обробки. Зрозуміло, що варіантів співвідношень швидкості руху робота та тривалості технологічних операцій, які пропонується брати для аналізу, буде дуже багато.

Розглянемо окремі співвідношення L_0 , V та t , якими можна задатися при створенні робототехнічного комплексу, та виберемо оптимальний варіант.

1-й крок: задамося, наприклад, такими значеннями L_0 , V та t : $L_0=1$ м, $V=0,1$ м/сек., $t = 45$ сек. та побудуємо циклограму роботи робототехнічного комплексу, взявши до уваги, що робот завжди доставляє деталь до найближчого верстата, який в даний час буде вільним від роботи. Вид циклограми наведений на рис. 14.2.

Так, промисловий робот бере одну деталь в накопичувачі Н і за час $t=L_0/V=1/0,1=10$ секунд доставляє її до верстата А, де починається обробка цієї деталі, яка триває 45 секунд.

Далі, за час $t=L_0/V=1/0,1=10$ секунд робот повертається до накопичувача Н, бере наступну деталь і за час $t=2L_0/V=2/0,1=20$ секунд доставляє її до верстата Б, де починається обробка цієї деталі, яка теж триває 45 секунд. Нагадаємо, що в цей же час верстат А буде зайнятий обробкою першої деталі.

Далі робот за час $t=2L_0/V=2/0,1=20$ секунд знову повертається до накопичувача Н, бере наступну, третю деталь і починає рух в напрямку верстатів. За час $t=L_0/V=1/0,1=10$ секунд робот знову пройде біля верстата А, на якому обробка першої деталі вже завершилася (бо пройшло 60 секунд від моменту початку обробки першої деталі на верстаті А), і цей верстат буде вільний для роботи. Зрозуміло, що деталь знову потрапить для обробки на верстат А. Далі процес обробки деталей буде повторюватись.

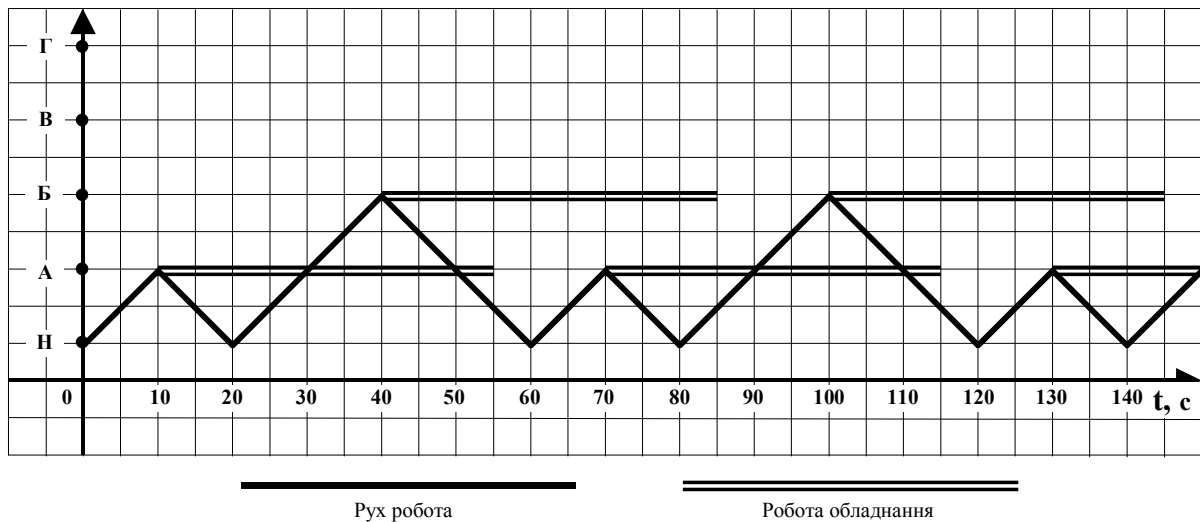


Рисунок 14.2 – Циклограма роботи робототехнічного комплексу для швидкості руху робота $V=0,1$ м/сек.

Аналіз циклограми на рис. 14.2 показує, що робот може обслуговувати тільки верстати А та Б. На верстати В та Г деталі ніколи не будуть подані, тому що обробка деталей на верстатах А і Б завжди буде закінчуватись раніше, ніж робот встигне захопити наступну деталь та доставити її до верстата В, а тим більше – до верстата Г.

Розрахуємо коефіцієнт завантаження обладнання. На циклограмі виберемо відрізки часу, через які процес роботи верстатів буде повторюватись. Для верстата А це буде відрізок часу тривалістю в 60 секунд (наприклад, з 10-ої до 70-ої секунди). Протягом цього періоду часу верстат А працює 45 секунд (з 10-ої до 55-ої секунди), а 15 секунд – простоє (з 55-ої до 70-ої сек.). Коефіцієнт завантаження верстата А складе: $K_A=45/60=0,75$.

Аналогічно розраховується коефіцієнт завантаження верстата Б. На відріжку часу від 40-ої до 100-ої секунди цей верстат 45 секунд працює (з 40-ої до 85-ої секунди), а 15 секунд – простоє (з 85-ої до 100-ої секунди). Коефіцієнт завантаження верстата Б складе: $K_B=45/60=0,75$.

Оскільки верстати В та Г працювати взагалі не будуть, то їх завантаження буде дорівнювати нулю.

Загальне завантаження обладнання робототехнічного комплексу складе $K_z = (0,75+0,75+0+0)/4 = 0,375$. Таке завантаження обладнання є недостатнім, а робота робототехнічного комплексу – неефективною.

2-й крок: задамося іншими значеннями L_0 , V та t , наприклад, $L_0=1$ м, $V=0,2$ м/сек., $t = 45$ сек.

Побудуємо циклограму роботи робототехнічного комплексу для цього режиму роботи. Вид циклограми наведений на рис. 14.3.

Так, промисловий робот бере одну деталь в накопичувачі Н і за час $t=L_0/V=1/0,2=5$ секунд доставляє її до верстата А. На верстаті А починається обробка цієї деталі, яка триває 45 секунд.

Далі робот за час $t=L_0/V=1/0,2=5$ секунд повертається до накопичувача Н, бере наступну деталь і за час $t=2L_0/V=2/0,2=10$ секунд доставляє її до верстата Б, де починається обробка цієї деталі, яка теж триває 45 секунд. В цей час верстат А буде зайнятий обробкою першої деталі.

Далі робот за час $t=2L_0/V=2/0,2=10$ секунд повертається до накопичувача, бере наступну, третю деталь і починає рух в напрямку верстатів. Робот пройде повз верстати А та Б, на яких здійснюється обробка перших двох деталей, і через відрізок часу $t=3L_0/V=3/0,2=15$ секунд доставить третю деталь до верстата В, де починається її обробка.

Після цього робот за час $t=3L_0/V=3/0,2=15$ секунд повертається до накопичувача Н, бере наступну, четверту деталь і так далі.

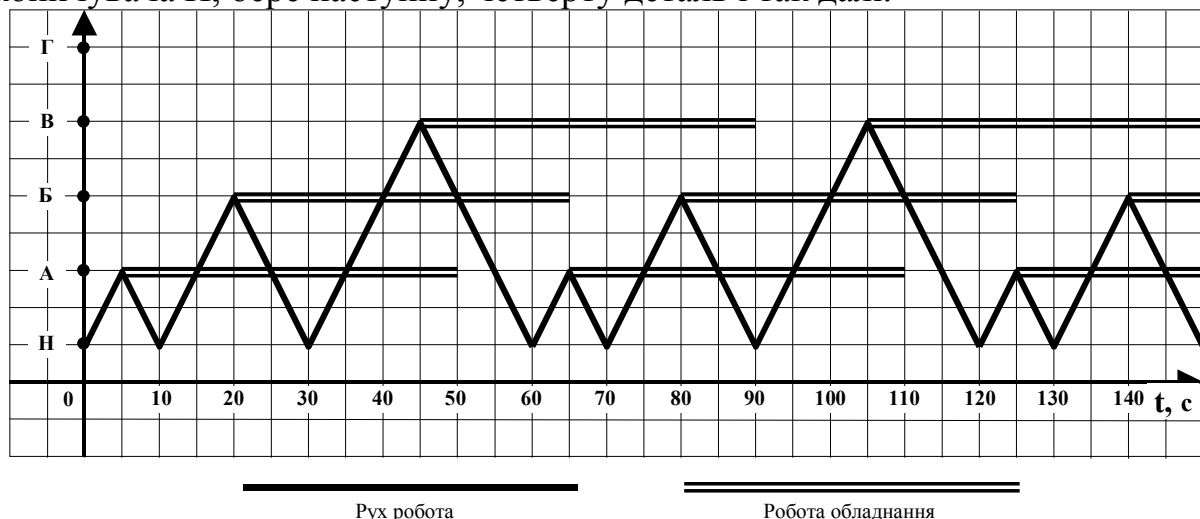


Рисунок 14.3 – Циклограма роботи робототехнічного комплексу для швидкості руху робота $V=0,2$ м/сек.

Аналіз циклограми на рис. 14.3 показує, що робот може вже обслужити верстати А, Б та В. На верстат Г деталі ніколи не будуть подані, тому що обробка деталей на верстатах А, Б і В завжди буде закінчуватись раніше, ніж робот встигне захопити наступну деталь та доставити її до верстата Г.

Розрахуємо коефіцієнт завантаження обладнання. На циклограмі виберемо відрізки часу, через які процес роботи верстатів буде повторюватись. Для верстата А це буде відрізок часу в 60 секунд (наприклад, з 5-ої до 65-ої секунди). Протягом цього періоду часу верстат А працює 45 секунд (з 5-ої до 50-ої секунди), а 15 секунд – простоює (з 50-ї до 65-ої сек.). Коефіцієнт завантаження верстата А складе: $K_A=45/60=0,75$.

Аналогічно розраховується коефіцієнт завантаження для верстата Б. На відрізку часу від 20-ої до 80-ої секунди цей верстат 45 секунд працює (з 20-ої до 65-ої сек.), а 15 секунд – простоює (з 65-ої до 80-ої секунди). Коефіцієнт завантаження верстата Б складе: $K_B=45/60=0,75$.

Верстат В на відрізку часу від 45-ої до 105-ої секунди працює 45 секунд (з 45-ої до 90-ої сек.), а 15 секунд – простоює (з 90-ї до 105-ої сек.). Коефіцієнт завантаження верстата В складе: $K_V=45/60=0,75$.

Оскільки верстат Г працювати взагалі не буде, то його завантаження буде дорівнювати нулю.

Загальне завантаження обладнання робототехнічного комплексу складе: $K_z = (0,75+0,75+0,75+0)/4 = 0,562$. Таке завантаження обладнання є також недостатнім, а робота робототехнічного комплексу – неефективною.

3-й крок: задамося іншими значеннями L_0 , V та t , наприклад, $L_0=1$ м, $V=0,4$ м/сек., $t = 45$ сек.

Побудуємо циклограму роботи робототехнічного комплексу для цього режиму роботи. Вид циклограми наведений на рис. 14.4.

Так, промисловий робот бере одну деталь в накопичувачі Н і за час $t=L_0/V=1/0,4=2,5$ секунд доставляє її до верстата А. На верстаті А починається обробка цієї деталі, яка триває 45 секунд... Далі процес побудови графіка здійснюється за методикою, яка описана вище.

Аналіз циклограми на рис. 14.4 показує, що всі верстати А, Б, В та Г будуть завантажені роботою.

Розрахуємо коефіцієнт завантаження обладнання робототехнічного комплексу. На циклограмі виберемо відрізки часу, через які процес роботи верстатів буде повторюватись. Для верстата А це буде відрізок часу інтервалом в 50 секунд (наприклад, з 2,5-ої до 52,5-ої секунди). Протягом цього періоду часу верстат А працює 45 секунд (з 2,5-ої до 47,5-ої секунди), а 5 секунд (з 47,5-ої до 52,5-ої секунди) – простоює. Коефіцієнт завантаження верстата А складе: $K_A=45/50=0,9$.

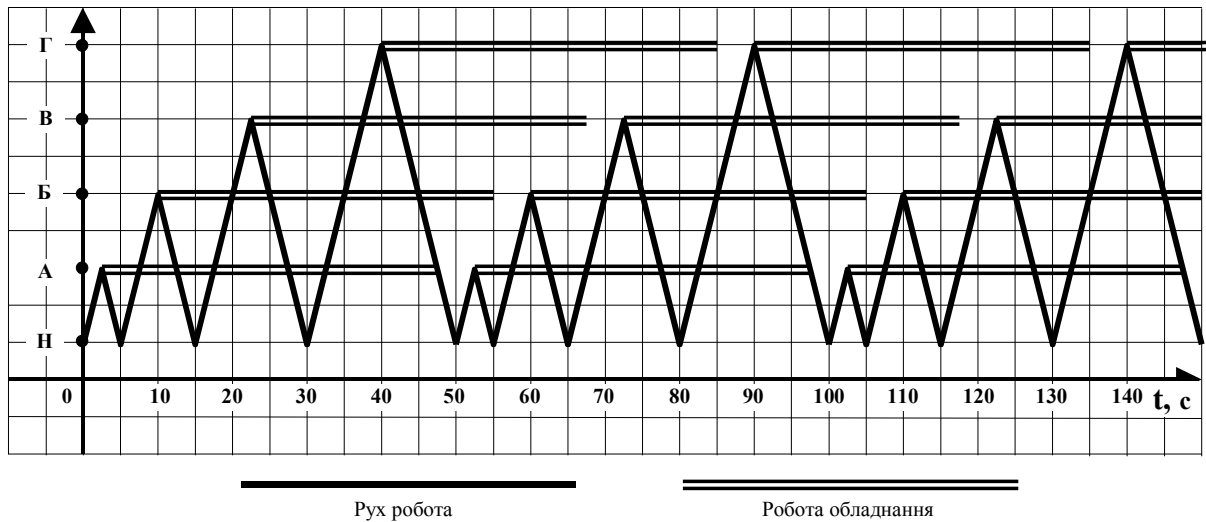


Рисунок 14.4 – Циклограма роботи робототехнічного комплексу для швидкості руху робота $V=0,4$ м/сек.

Аналогічно розраховується коефіцієнт завантаження для верстата Б. На відрізку часу від 10-ої до 60-ої секунди цей верстат 45 секунд працює (з 10-ої до 55-ої секунди), а 5 секунд – (з 55-ої до 60-ої секунди) простоює. Коефіцієнт завантаження верстата Б складе $K_B=45/50=0,9$.

Аналогічним чином визначається коефіцієнт завантаження верстатів В та Г, який буде дорівнювати для кожного із верстатів 0,9.

Загальне завантаження обладнання робототехнічного комплексу складе: $K_3 = (0,9+0,9+0,9+0,9)/4 = 0,9$. Таке завантаження обладнання є більш прийнятним, а робота робототехнічного комплексу може вважатися ефективною.

4-й крок: розраховуємо максимально можливий випуск продукції з робототехнічного комплексу за плановий період роботи. Максимально можливий випуск продукції N за плановий період роботи розраховується за формулою:

$$N = \frac{F_d \cdot (1 - \beta) \cdot 3600}{t} = \frac{(D_k - D_b) \cdot m_{zm} \cdot T_{zm} \cdot (1 - \beta) \cdot 3600}{t} \cdot C \cdot K_3, \quad (14.1)$$

де F_d – дійсний (або ефективний) фонд часу роботи робототехнічного комплексу за плановий період, годин;

D_k – кількість календарних днів в плановому періоді;

D_b – кількість вихідних днів в плановому періоді;

m_{zm} – число змін роботи;

T_{zm} – тривалість зміни, годин;

t – тривалість технологічної обробки деталі на верстаті, сек.;

C – кількість верстатів, які входять до складу робототехнічного комплексу, шт.;

K_3 – середній коефіцієнт завантаження верстатів;
 β – витрати часу на технічне та організаційне обслуговування робото-
 технічного комплексу, $\beta = 0,03 \dots 0,2$;
 3600 – коефіцієнт перерахування годин в секунди.

14.2 Завдання для самостійного виконання

Робототехнічний комплекс має вигляд, наведений на рис. 14.5. Він складається з робота Р, накопичувача деталей Н, чотирьох верстатів А, Б, В та Г, на яких виконуються однотипні технологічні операції, які мають однакову тривалість обробки t .

Відстань між суміжними верстатами та між верстатом А та накопичувачем деталей дорівнює L_i .

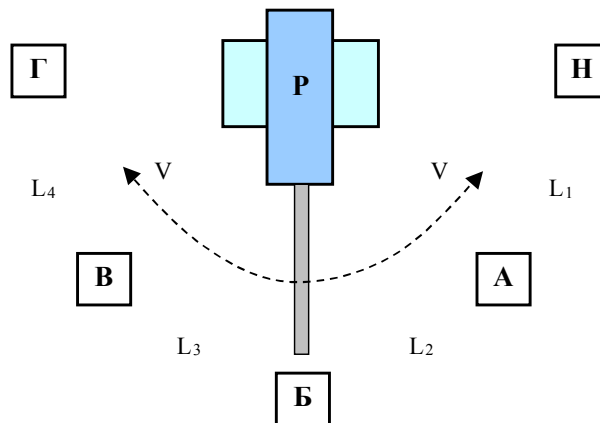


Рисунок 14.5 – Схема робототехнічного комплексу

В таблиці 14.1 наведені дані щодо режимів роботи робототехнічного комплексу.

Керуючись рисунком 14.5 та даними таблиці 14.1, потрібно:

1. Нарисувати схему робототехнічного комплексу. Показати на схемі відстані між верстатами та верстатами і накопичувачем, які задані в завданні.
2. Для трьох можливих швидкостей V_1 , V_2 та V_3 руху промислового робота нарисувати циклограми роботи верстатів та промислового робота, користуючись принципом, що промисловий робот завжди доставляє деталь до найближчого верстата, який в даний час простоює.
3. Для кожного із нарисованих варіантів циклограми розрахувати коефіцієнт завантаження кожного верстата та загальний коефіцієнт завантаження.
4. Вибрати таку можливу швидкість руху робота, при якій досягається найбільше завантаження обладнання робототехнічного комплексу.

Примітка. При цьому враховувати, що робот ніколи не може доставляти деталь до верстата, який в даний час зайнятий обробкою іншої деталі. Такий варіант роботи робототехнічного комплексу просто не може бути реалізований.

5. Для вибраного варіанта швидкості руху робота розрахувати можливий випуск виробів з робототехнічного комплексу за плановий період часу.
6. Зробити висновки.

Таблиця 14.1 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	t, сек.	Відстань між верстатами, м				Можливі швидкості руху робота, м/сек.			F _д , годин	β
		L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	V ₁	V ₂	V ₃		
1	45	1	1,2	1,4	1,1	0,1	0,23	0,4	320	0,23
2	49	1	2	1,1	1,1	0,11	0,2	0,42	600	0,3
3	100	2	2	3	2,5	0,1	0,2	0,45	200	0,14
4	90	1,8	1,9	2	4	0,13	0,3	0,5	300	0,32
5	75	1,5	1,5	3	1,6	0,1	0,2	0,4	600	0,2
6	25	1	2	1	1	0,2	0,4	0,8	700	0,14
7	50	1,1	1,2	1,3	1,2	0,1	0,25	0,5	300	0,24
8	48	1	2	1,4	1,1	0,11	0,23	0,45	370	0,23
9	49	1,2	1,2	3	1,0	0,1	0,2	0,4	650	0,3
10	110	2	2	2,1	4	0,12	0,2	0,45	1200	0,14
11	92	1,8	1,9	3	2,1	0,15	0,3	0,53	390	0,22
12	75	1,5	2	1,6	1,5	0,1	0,22	0,4	1600	0,2
13	25	1	1,2	1	1	0,22	0,42	0,85	730	0,14
14	50	1,2	2	1,0	1,0	0,1	0,25	0,52	380	0,25
15	27	1	2	3	1	0,2	0,6	1,0	500	0,2
16	55	1,2	1,2	1,4	3	0,1	0,23	0,45	1320	0,23
17	49	1	1	2	1,1	0,11	0,2	0,42	1600	0,3
18	110	2,3	2	2	2,5	0,1	0,2	0,45	1200	0,14
19	94	1,8	1,9	2	2	0,13	0,32	0,5	1300	0,32
20	76	1,5	2	1,6	1,7	0,1	0,2	0,42	1600	0,2
21	25	1,3	1	3	1	0,2	0,4	0,83	1700	0,14
22	50	1,15	1,25	1,3	4	0,1	0,25	0,51	1300	0,24
23	48	1	1,3	3	1,1	0,11	0,23	0,45	1370	0,23
24	49	1,2	2	1,1	1,0	0,1	0,2	0,4	1650	0,3
25	110	1	2	2,1	2,5	0,12	0,2	0,45	1200	0,14
26	92	1,9	1,9	2,1	2,1	0,15	0,3	0,53	1390	0,22
27	75	1,5	1,5	3	1,5	0,1	0,22	0,4	1600	0,2
28	25	1	1,2	1	4	0,22	0,42	0,85	1730	0,14
29	50	1,2	1,2	1,0	1,0	0,1	0,25	0,52	1380	0,25
30	28	0,9	1,9	1,9	1	0,2	0,6	1,0	1500	0,2

14.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення поняття “робототехнічний комплекс”. Охарактеризуйте його основні ознаки, відмінності та сфери застосування.
2. Що є критерієм ефективності функціонування робототехнічного комплексу? Відповідь обґрунтуйте.

3. Яким чином визначається оптимальний режим роботи робототехнічного комплексу?
4. Дайте означення поняття “циклограма завантаження обладнання та промислового робота”.
5. Охарактеризуйте механізм роботи робототехнічного комплексу, який складається з однотипного технологічного обладнання та одного промислового робота.
6. Як розраховується коефіцієнт завантаження обладнання, яке входить до складу робототехнічного комплексу?
7. Яким чином розраховується максимально можливий випуск продукції з робототехнічного комплексу за плановий період часу?

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з основ організації управління якістю та конкурентоспроможністю продукції на підприємстві, а також розвинути практичні навички з вимірювання якості продукції, яка виготовляється на підприємстві та використовується споживачами.

15.1 Теоретична частина

15.1.1 Якість продукції: суть, значення, показники

Сучасна ринкова економіка висуває принципово нові вимоги до якості продукції. Це пов'язано з тим, що будь-яке підприємство може “вижити” та забезпечити стабільне положення на ринку товарів тільки в тому випадку, коли його продукція є конкурентоспроможною.

Конкурентоспроможність – це здатність продукції мати такі якісні характеристики, які дозволяють їй конкурувати на ринку з аналогічною продукцією інших підприємств, забезпечуючи при цьому отримання підприємством прийняттого прибутку. Конкурентоспроможність пов'язана з дією декількох десятків факторів, серед яких можна виділити два основних – *рівень ціни* та *якість продукції*. Причому, другий фактор поступово виходить на перше місце [16].

Сьогодні вважається, що якість продукції є найефективнішим засобом задоволення вимог споживачів і одночасно з цим – зниження витрат виробництва. Один із засновників світового руху якості японський професор Каору Ісікава афористично сказав: “Не можна економити на якості, оскільки якість сама є економією” [16, С. 202].

Міжнародний стандарт ISO (укр. ICO) 8402 “Якість. Словник” визначає *якість продукції* як сукупність її властивостей, які обумовлюють придатність продукції задовольняти певні потреби споживачів відповідно до свого призначення.

Примітка. ISO (International Standart Organization) – Міжнародна організація зі стандартизації.

Властивість продукції – це об'єктивна її особливість, яка виявляється при створенні, експлуатації (використанні) або споживанні цієї продукції. Продукція однієї назви, але різного призначення, може мати різні властивості. Наприклад, радіоприймач у побуті повинен бути естетично оформлений, мати багато діапазонів радіохвиль для прийому передач, широку смугу зву-

кового каналу. Радіоприймач у літаку повинен бути надійним, економічним, не боятися перевантажень, настроєним на одну або декілька радіохвиль.

Кількісне оцінювання властивостей продукції здійснюється за допомогою показників якості (рис. 15.1).

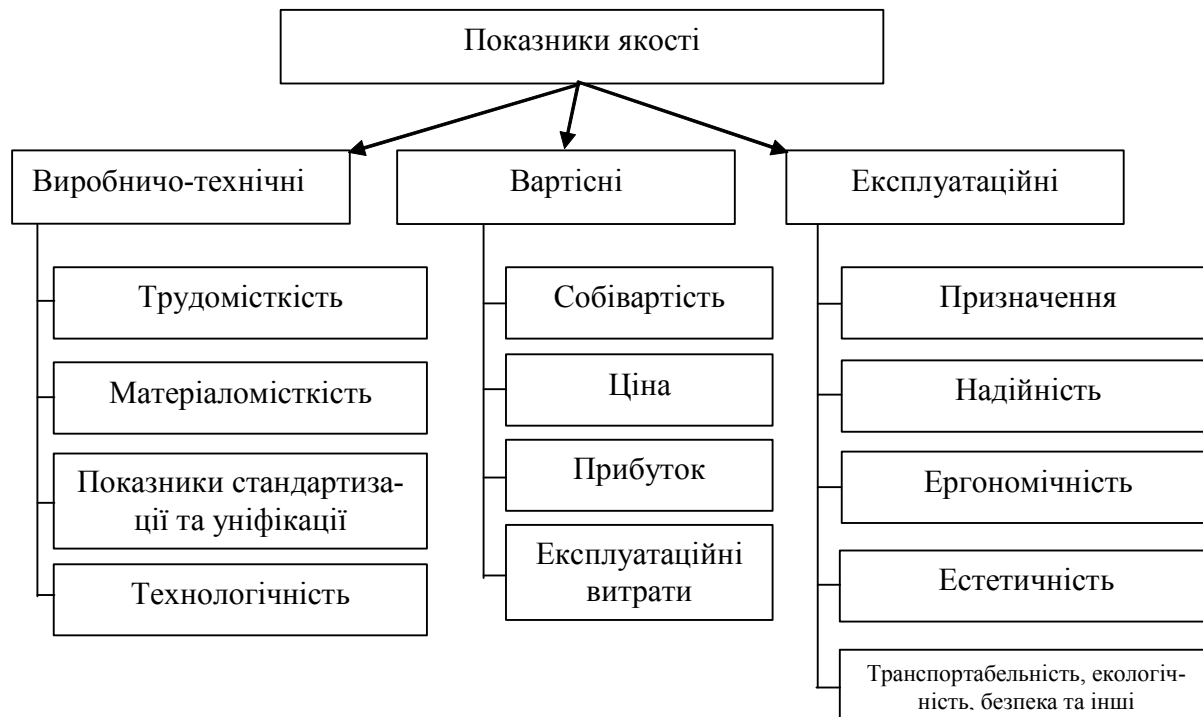


Рисунок 15.1 – Класифікація показників якості продукції

Виробничо-технічні показники характеризують продукцію у процесі виготовлення і тому особливо важливі для виробника. До них належать: *трудомісткість* – витрати часу на виготовлення продукції; *матеріаломісткість* – витрати всіх видів матеріалів на виготовлення продукції; *рівень стандартизації і уніфікації* – питома вага стандартних та відомих деталей у загальній кількості найменувань деталей; *технологічність* – можливість виготовлення продукції в конкретних умовах виробництва тощо.

Експлуатаційні показники якості характеризують продукцію у процесі її використання і тому особливо важливі для споживача. До них належать: *показники призначення*, які кількісно характеризують основні функції даної продукції (наприклад, потужність, швидкість руху, вантажопідйомність тощо); *надійність*, тобто властивість продукції зберігати роботоздатність протягом певного часу за умов дотримання заданих режимів і умов експлуатації; *естетичність* – виразність продукції, цільність композиції; *ергономічність* – відповідність продукції фізіологічним та психологічним особливостям людини; *транспортабельність* – можливість перевезення продукції певним видом транспорту; *екологічність* – це відповідність рівня шкідливих впливів на зовнішнє середовище, які виникають при експлуатації або споживанні продукції

ції, чинним нормам; *безпе́чність* – це відповідність продукції нормативним вимогам безпечного користування для користувачів та обслуговуючого персоналу при монтажі, обслуговуванні, ремонті, зберіганні, транспортуванні, споживанні тощо.

Вартісні показники характеризують витрати на виготовлення та експлуатацію продукції і тому важливі як для виробника, так і для споживача. До них належать: *виробнича собівартість, ціна, прибуток, експлуатаційні витрати* тощо.

Якщо всі показники продукції (окрім вартісних) знаходяться у визначених межах, відповідають технічним умовам, стандартам тощо, то така продукція вважається *доброякісною* або придатною для використання. Продукція, яка має відхилення від чинних стандартів, технічних умов, вважається *дефектною* або бракованою. Кожна окрема невідповідність продукції встановленим вимогам називається *дефектом*.

В останній час до вартісних показників якості продукції стали відносити показник, який отримав назву “ціна якості”.

Ціна якості – це сума витрат, які підприємство витрачає на контроль якості продукції, а також втрат, які несе підприємство у випадку відмови (поломки) вироблених ним виробів, що знаходяться в експлуатації у споживачів. Наприклад, опитування вищих керівників підприємств Франції [16, С. 207] показало, що ціна якості продукції на їх підприємствах складає від 5% до 20% виручки за виготовлену та поставлену продукцію. В свою чергу, ціна якості складається з двох частин: ціни відповідності та ціни невідповідності.

Ціна відповідності містить всі витрати на виявлення та попередження браку, на випробування та тестування продукції, на навчання та підготовку кадрів, на складання звітів, калькуляцій тощо. Ці витрати складають до 25% ціни якості. *Ціна невідповідності* – це витрати, які пов’язані з усуненням недоліків у продукції, що випускається, а саме: з проведенням ремонту цієї продукції протягом гарантійного періоду; з покриттям збитків від продукції, яка визнана остаточним браком; з витратами на внесення змін у технологічний процес; з витратами на відшкодування шкоди, заподіяної іншим підприємствам, які отримали неякісну продукцію, тощо. Ці витрати складають до 75% ціни якості.

15.1.2 Забезпечення якості продукції на підприємствах

Під *забезпеченням якості продукції* розуміється сукупність запланованих та систематично здійснюваних заходів, спрямованих на забезпечення високої якості та конкурентоспроможності продукції.

В даний час існують два протилежних підходи до забезпечення якості продукції, кожен із яких в принципі може привести до досягнення заплано-

ваного результату. Це: а) *організація на підприємстві суцільного контролю якості продукції* та б) *створення на підприємстві системи формування якості продукції*.

Суцільний контроль якості продукції здійснюється на багатьох підприємствах США, Японії, Західної Європи і передбачає дотримання таких *принципів*: якість визнається основною стратегічною метою підприємства, на забезпечення якої повинні виділятися відповідні кошти; якість продукції повинна постійно підвищуватись; заходи з підвищення якості продукції повинні охоплювати всі підрозділи та всіх працюючих; особливу увагу потрібно приділяти якості науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, що обумовлено прискоренням темпів науково-технічного прогресу; постійна увага підвищенню кваліфікації кадрів та мотивації персоналу в питаннях забезпечення якості продукції та інші.

Прикладом організації суцільного контролю якості продукції може слугувати метод автономного контролю усіх складових виробу на робочих місцях самими виконавцями, запроваджений в японському концерні “Тойота” [6, С. 100]. Цей метод отримав назву метод “Дзідока”. Суть методу полягає в тому, що той, хто першим безпосередньо виявив дефект виробу, повинен миттєво вжити заходів для усунення причин, які викликали появу цього браку. За допомогою даного методу контроль якості здійснюється на “Тойоті” не тільки у виробничій сфері, а й в усіх ланках функціонального управління.

Для того, щоб метод “Дзідока” працював бездоганно, необхідно дотримуватись таких основних правил:

- обов’язкове навчання всіх робітників методам контролю якості;
- дефекти повинні виявлятися неозброєним оком;
- кожен робітник повинен мати право зупинити конвеєр у разі виявлення браку;
- за якість відповідає безпосередній виконавець;
- робітник повинен сам виправити допущений ним брак;
- робітник повинен здійснювати поточний контроль і обслуговування обладнання, на якому він працює;
- кожна деталь має проходити контроль, якщо можливо, з використанням автоматичних засобів.

Застосування методу “Дзідока” дозволило значно зменшити кількість перевірок якості продукції, що їх проводять контролери. А перевірка кінцевої продукції здійснюється *не для виявлення дефектів*, а для вивчення відхилень від встановлених споживчих властивостей продукції або для розробки рекомендацій щодо удосконалення управління виробництвом.

Останнім часом все більшого поширення набуває відхід від суцільного контролю якості продукції та перехід до *створення на підприємстві системи забезпечення якості продукції*. На думку відомого фахівця в сфері управлін-

ня якістю Філіпа Кросбі [16, С. 210] для створення системи забезпечення якості продукції потрібно вирішити такі основні питання:

- розробити чітку політику в сфері якості та довести її до свідомості кожного працівника підприємства;
- всі співробітники повинні навчитись працювати без дефектів; орієнтир в їх роботі – “нуль” дефектів;
- всі вимоги, які визначають рівень якості продукції, підлягають неухильному виконанню;
- вимоги, які визначають рівень якості продукції, можуть коригуватись тільки в бік посилення;
- будь-які компроміси, відхилення та коливання у питаннях якості не допускаються;
- “ціна невідповідності” повинна стати основним показником для вимірювання якості продукції;
- система формування якості повинна бути спрямована не на перевірку й оцінювання, а на запобігання відхилень від встановлених споживчих властивостей продукції.

Таким чином, можна зробити висновок, що на кожному підприємстві необхідно розробити таку систему заходів, яка б орієнтувала всю сукупність технічних, організаційних, соціальних факторів виробництва на досягнення такого рівня якості продукції, який найповніше відповідав би стратегічній меті підприємства. Ця система заходів передбачає:

- формування на підприємстві стратегії управління якістю;
- розробку та впровадження системи управління якістю продукції;
- визначення нормативних вимог до якості продукції тощо.

Сучасна стратегія управління якістю продукції повинна базуватись на таких положеннях: 1) визнається, що якість продукції забезпечується не тільки технічними службами підприємства, а й всіма його підрозділами та службами; 2) новому поняттю якості повинна відповідати нова організаційна структура управління підприємством; 3) якість продукції повинна бути орієнтована на задоволення вимог (потреб) споживачів, а не виробника; 4) питання якості актуальні не тільки в межах виробничого циклу, а й в процесі розробки, конструювання, маркетингу, післяпродажного обслуговування продукції тощо; 5) підвищення якості продукції може бути досягнуто тільки при зацікавленій участі всіх працівників підприємства та інші.

Для практичного забезпечення високої якості та конкурентоспроможності продукції на підприємствах створюється система управління якістю продукції.

Система управління якістю – це сукупність підрозділів і нормативних документів (стандартів підприємства), а також здійснюваних на підприємстві заходів (технічних, організаційних, економічних тощо) з метою забезпечення високої якості продукції на всіх етапах її життєвого циклу та запровадження

механізму постійного підвищення якості продукції в довгостроковому періоді. В світі така система управління якістю продукції отримала назву система TQM (Total Quality Management) – система загального управління якістю.

Згідно з цією системою якість повинна бути “вмонтована” в продукцію; всі підрозділи підприємства і всі працівники повинні взяти на себе повну відповідальність за якість продукції на кожному етапі її створення та запровадити такі методи, які б дозволили “робити тільки те, що треба і що необхідно, з першого разу [16, С. 283].” В системі TQM якість стає найголовнішою стратегією підприємства, постійною турботою не тільки його вищого керівництва, а й всіх працівників.

Система управління якістю продукції повинна охоплювати всі етапи розробки, виробництва та експлуатації продукції. Це наочно демонструє так звана “петля” якості продукції” (рис. 15.2), яка визначає 11 етапів життєвого циклу продукції, які впливають на її якість.

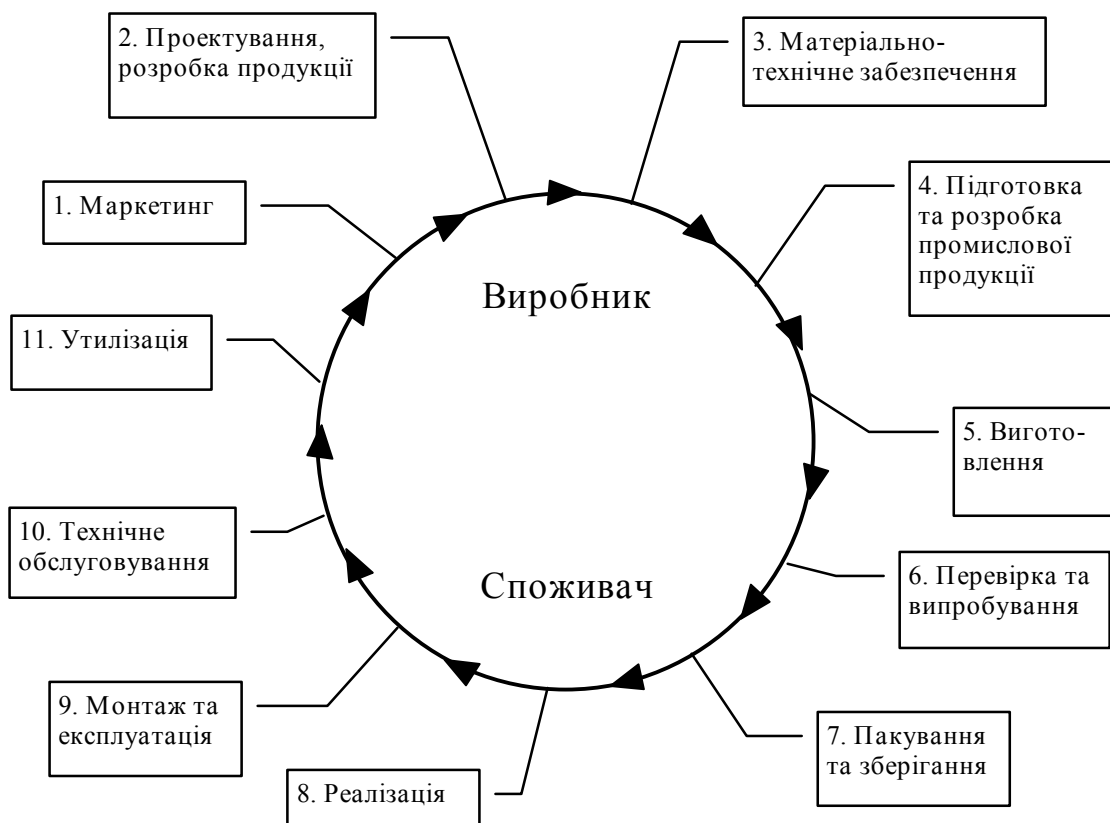


Рисунок 15.2 – “Петля” якості продукції

“Петля” якості свідчить, що виготовлення якісної продукції передбачає тісну взаємодію виробників і споживачів, в результаті чого задовольняються потреби споживачів і знаходяться найефективніші способи виробництва даної продукції. “Петля” якості також свідчить, що якість повинна підтримува-

тись на всіх етапах життєвого циклу продукції: висока якість, досягнута на одних етапах життєвого циклу, може бути втрачена на інших.

Примітки.

1. Суттєвий внесок в розробку систем управління якістю продукції внесли такі організатори виробництва та вчені, як У.Едвінг Демінг, Ф.Б.Кросбі, Дж.М.Джуран, К.Ісікава, Ф.Шухарт та інші.

2. В колишньому СРСР були розроблені та запроваджені численні системи управління якістю продукції. Серед них – система бездефектного виготовлення продукції та здачі її відділу технічного контролю з першого пред’явлення (система БВП); система “якість, надійність, ресурс з перших виробів” (система ЯНАРЗПВ); система “наукова організація робіт зі збільшення моторесурсу” (система НОРМ); комплексні системи управління якістю продукції (системи КСУЯП) та інші. З основними положеннями цих систем можна ознайомитись в [12, С. 290-298; 6, С. 137-146].

Масовий характер створення на підприємствах систем управління якістю викликав необхідність стандартизації вимог до цих систем. В 1987 році були затверджені міжнародні стандарти ІСО серії 9000, в яких був відображений світовий досвід управління якістю продукції на підприємствах. Основними є: стандарт ІСО 9000, в якому дається загальний опис системи управління якістю; стандарти ІСО 9001, ІСО 9002 та ІСО 9003, в яких визначаються моделі, за допомогою яких може здійснюватись оцінювання системи управління якістю; стандарт ІСО 9004, який визначає порядок розробки та впровадження системи управління якістю продукції. Зазначені стандарти ІСО серії 9000 були переглянуті в 1994 та 2000 роках і увібрали в собі всі ті зміни, які мали місце протягом даного періоду.

З 2004 року чинними є стандарти ІСО серії 9000 в редакції 2000 року.

Стандарти ІСО серії 9000 в редакції 2000 року були узгоджені зі стандартами ІСО серії 14000 (це стандарти екологічної серії), які регулюють сферу управління навколишнім середовищем.

Нормативні вимоги до якості продукції, що їх повинні забезпечувати системи управління якістю, базуються на чинних стандартах, передовому досвіді інших підприємств, потребах споживачів, передових досягненнях науки і техніки тощо.

15.1.3 Вимірювання якості продукції

З поняттям якості тісно пов’язане поняття технічний рівень продукції. *Технічний рівень продукції* – це відносна характеристика якості, яка ґрунтується на порівнянні показників якості даної продукції з показниками якості продукції, яка взята за основу (базу).

Існує кілька основних методів визначення технічного рівня якості продукції.

Експериментальний метод – полягає в безпосередньому вимірюванні значення основних показників якості за допомогою спеціальних технічних засобів, стрілкових або цифрових приладів, людських органів почуттів тощо. Може бути використаний й альтернативний метод, коли величина якості безпосередньо не вимірюється, а перевіряється за допомогою калібрів, еталонів тощо за принципом “придатний – непридатний”.

Розрахунковий метод – полягає в розрахунку вартості основного показника якості, характерного для даного виробу. Наприклад, вартість 1 кВт потужності двигуна, вартість перевезення однієї тонни вантажу на відстань 1 км тощо.

Диференційний метод – передбачає порівняння декількох показників якості певної продукції з відповідними показниками якості іншої (базової) продукції. В цьому випадку розраховуються так звані диференційні індекси якості I_i .

Диференційні індекси якості I_i можна розрахувати за формулами:

$$I_a = \frac{A_2}{A_1}, \quad I_b = \frac{B_2}{B_1}, \quad I_v = \frac{V_2}{V_1}, \quad \dots \quad I_n = \frac{N_2}{N_1}, \quad (15.1)$$

де $A_2, B_2, V_2, \dots, N_2$ – одиничні показники якості даної продукції;

$A_1, B_1, V_1, \dots, N_1$ – одиничні показники якості базової продукції.

Якщо $I_i > 1$, то за даним одиничним показником якості дана продукція буде краще за базову для випадку, коли збільшення основного показника приводить до покращання якості продукції.

Якщо $I_i < 1$, то за даним одиничним показником якості дана продукція буде краще за базову для випадку, коли збільшення основного показника призводить до погіршення якості продукції.

Зрозуміло, що при застосуванні диференційного методу може статись ситуація, коли за певними показниками якості кращим буде один вид продукції, а за іншими показниками – другий (базовий) вид продукції.

Комплексний метод – передбачає попарне порівняння одиничних показників якості даної продукції з одиничними показниками якості базової продукції з урахуванням коефіцієнтів вагомості (питомої ваги) β кожного із цих показників в загальному рівні якості продукції та наступним плюсуванням отриманих результатів.

В результаті отримаємо *загальний коефіцієнт якості $K_{\text{заг}}$* продукції, який розраховується за формулою:

$$K_{\text{заг}} = \beta_1 \cdot \frac{A_2}{A_1} + \beta_2 \cdot \frac{B_2}{B_1} + \dots + \beta_n \cdot \frac{N_2}{N_1} = \sum_1^n \beta_i \cdot I_i, \quad (15.2)$$

де β_i – коефіцієнт вагомості (питома вага), який має даний одиничний показник якості в загальному рівні якості продукції, у відн. од.;

n – кількість показників якості, за якими ведеться розрахунок технічного рівня продукції;

I_i – диференційний показник якості продукції.

При цьому повинна виконуватись умова, що $\sum_1^n \beta_i = 1$.

Формула 15.2 застосовується в тому випадку, коли збільшення значення кожного із основних одиничних показників приводить до підвищення рівня якості продукції. У випадку, коли збільшення значення основного одиничного показника, наприклад, показника A , призводить до погіршення якості продукції, то в формулу 15.2 замість співвідношення A_2/A_1 потрібно підставити співвідношення A_1/A_2 . Це правило діє для всіх аналогічних випадків.

Якщо $K_{\text{заг}} > 1$, то технічний рівень даного виду продукції буде вищим, ніж базової. І навпаки, при $K_{\text{заг}} < 1$ технічний рівень даної продукції буде нижчим, ніж базової.

Застосування комплексного методу визначення технічного рівня продукції передбачає проведення таких робіт.

1-й крок: вибирають одиничні показники якості, які характеризують дану продукцію. Припустимо, що такими показниками якості продукції будуть показники “А”, “Б”, “В”, “Г”, “Д” та “Е”.

2-й крок: запрошують експертів, які визначають вагомість (питому вагу) кожного із показників, які характеризують якість даного виду продукції.

Кожен експерт оцінює важливість показників якості продукції шляхом присвоєння їм відповідних *рангів*. Найважливішому показнику встановлюється ранг 1; наступному показнику, менш важливому, встановлюється ранг 2 і т.д. Якщо експерт вважає показники якості рівноцінними, то їм проставляється однаковий ранг. Наприклад, при рівності 1-го та 2-го показників якості кожному із них проставляється ранг 1,5; при рівності 2-го та 3-го показників якості кожному із них проставляється ранг 2,5; при рівності 3-го та 4-го показників – ранг 3,5 тощо. Приклад фіксації думок 5-ти запрошених експертів наведений в таблиці 15.1 (приклад умовний).

Як видно із таблиці 15.1, сума рангів, виставлених кожним із експертів 6-ти показникам якості продукції, дорівнює 21. Наприклад, для першого експерта сума виставлених ним рангів для всіх 6-ти показників якості продукції складе: $1,5+6+3,5+1,5+5+3,5=21$.

3-й крок: здійснюється математична обробка думок експертів на предмет довіри чи недовіри до встановлених ними рангів. Послідовність розрахунків така:

Таблиця 15.1 – Приклад фіксації думок експертів щодо важливості показників якості продукції

Одиничні показники якості	Ранги r_i , що їх виставили експерти					R_i	Δi	Δi^2
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й			
Перший – “А”	1,5	2,5	1,5	1	3	9,5	- 8	64
Другий – “Б”	6	4,5	4	6	6	26,5	9	81
Третій – “В”	3,5	2,5	5,5	3,5	1,5	16,5	- 1	1
Четвертий – “Г”	1,5	1	1,5	2	1,5	7,5	- 10	100
П’ятий – “Д”	5	4,5	5,5	5	5	25	7,5	56,25
Шостий – “Е”	3,5	6	3	3,5	4	20	2,5	6,25
Разом	21	21	21	21	21	105	0	308,5

а) визначається *сума рангів* R_i для кожного показника якості продукції (табл. 15.1):

$$R_i = \sum_1^m r_i, \quad (15.3)$$

де r_i – ранг, встановлений кожним експертом для i -го показника якості продукції;

m – кількість експертів;

б) розраховується *середня сума рангів* $R_{\text{сер}}$ для кожного показника якості за формулою:

$$R_{\text{сер}} = \frac{\sum_1^n R_i}{n}, \quad (15.4)$$

де n – кількість одиничних показників, за якими оцінюється рівень якості продукції.

Для нашого випадку: $R_{\text{сер}} = 105 / 6 = 17,5$;

в) визначається *відхилення* Δi_i суми рангів R_i для кожного показника якості від середньої суми рангів $R_{\text{сер}}$:

$$\Delta i_i = R_i - R_{\text{сер}}. \quad (15.5)$$

Так, для показника якості “А” маємо, що $\Delta i_A = 9,5 - 17,5 = -8$, для показника якості “Б” – $\Delta i_B = 26,5 - 17,5 = 9$ тощо. Сума відхилень для всіх показників якості повинна дорівнювати нулю;

г) розраховується квадрат відхилень Δi_i^2 для кожного показника якості та загальна сума квадратів відхилень (таблиця 15.1). Для нашого випадку $\Delta i_i^2 = 308,5$.

4-й крок: розраховується коефіцієнт узгодженості W думок експертів за формулою:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{m^2 \cdot (n^3 - n)}. \quad (15.6)$$

У разі повної узгодженості поглядів експертів коефіцієнт $W=1$. Чим більше розбіжностей в думках експертів, тим меншою буде величина W . Допустимим визнається коефіцієнт $W>0,66$. Для нашого випадку:

$$W = \frac{12 \cdot 308,5}{5^2 \cdot (6^3 - 6)} = 0,705.$$

5-й крок: виявляються пріоритетні показники якості із кожної пари порівнюваних показників. Для цього визначаються всі пари показників якості і послідовно порівнюються ранги цих показників. Наприклад, візьмемо першу пару показників якості „А” та „Б” та порівняємо ранги цих показників. Бачимо, що всі експерти оцінили важливість першого показника „А” вище, ніж другого „Б”. Тому в таблиці пріоритетів (таблиця 15.2) у відповідних клітинках проставляється знак „>”, тобто „більше”. Це означає, що важливість показника „А” буде вищою, ніж показника „Б”.

Візьмемо наступну пару показників якості „Б” та „В” і порівняємо ранги цих показників. Бачимо, що 1-й, 2-й, 4-й та 5-й експерти вище оцінили важливість показника „В”, тому у відповідних клітинках таблиці пріоритетів ставимо знак „<”, тобто „менше”. Це означає, що другий показник якості „Б” менш важливий, ніж третій „В”. Третій експерт, навпаки, оцінив показник якості „Б” вище, ніж показник „В”. Тому у відповідній клітинці таблиці пріоритетів ставимо знак „>”, тобто „більше”.

Якщо ранги показників однакові, то у відповідних клітинках таблиці пріоритетів ставиться знак „=”, тобто „рівність”. Результати попарного порівняння показників зведені до таблиці 15.2.

6-крок: кількісно оцінюється пріоритет кожного показника якості. Оцінювання пріоритету здійснюється у два етапи. Спочатку проводиться попереднє оцінювання, яке полягає в тому, що підраховується кількість пріоритетів у кожного показника якості, який входить до пари показників, взятих для порівняння. У випадку більшої кількості пріоритетів у певного показника йому виставляється оцінка 0,75. Гіршому показнику якості виставляється оцінка $1 - 0,75 = 0,25$. Наприклад, при порівнянні першого показника якості „А” з другим показником якості „Б” видно, що всі експерти віддали перевагу першому показнику „А”. Тому йому виставляється оцінка 0,75. Показнику „Б” буде виставлена оцінка $1 - 0,75 = 0,25$.

Таблиця 15.2 – Таблиця пріоритетів показників якості

Показники якості, які порівнюються	Пріоритет у експертів					Оцінка попарного пріоритету показників X_i та X_{i+1}	
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	Попередня	Остаточна
“А” та “Б”	>	>	>	>	>	0,75 та 0,25	0,75 та 0,25
“А” та “В”	>	=	>	>	<	0,75 та 0,25	0,6 та 0,4
“А” та “Г”	=	<	=	>	<	0,25 та 0,75	0,45 та 0,55
“А” та “Д”	>	>	>	>	>	0,75 та 0,25	0,75 та 0,25
“А” та “Е”	>	>	>	>	>	0,75 та 0,25	0,75 та 0,25
“Б” та “В”	<	<	>	<	<	0,25 та 0,75	0,35 та 0,65
“Б” та “Г”	<	<	<	<	<	0,25 та 0,75	0,25 та 0,75
“Б” та “Д”	<	=	>	<	<	0,25 та 0,75	0,4 та 0,6
“Б” та “Е”	<	>	<	<	<	0,25 та 0,75	0,35 та 0,65
“В” та “Г”	<	<	<	<	=	0,25 та 0,75	0,3 та 0,7
“В” та “Д”	>	>	=	>	>	0,75 та 0,25	0,7 та 0,3
“В” та “Е”	=	>	<	=	>	0,75 та 0,25	0,55 та 0,45
“Г” та “Д”	>	>	>	>	>	0,75 та 0,25	0,75 та 0,25
“Г” та “Е”	>	>	>	>	>	0,75 та 0,25	0,75 та 0,25
“Д” та “Е”	<	>	<	<	<	0,25 та 0,75	0,35 та 0,65

Порівнюючи, наприклад, перший “А” та четвертий “Г” показники якості, бачимо, що більшість експертів віддали перевагу четвертому показнику якості “Г”. Тому оцінки, виставлені цим показникам, будуть дорівнювати 0,25 для показника „А” та 0,75 для показника „Г” (таблиця 15.2).

Після попереднього оцінювання проводиться *остаточне кількісне* оцінювання пріоритету кожного із показників якості. Для цього слід підрахувати, скільки саме експертів віддали перевагу тому чи іншому показнику якості із кожної пари порівнюваних.

Якщо всі експерти віддали перевагу одному із показників якості, то остаточна кількісна оцінка залишається такою ж, як і попередня, наприклад, 0,75 та 0,25 або 0,25 та 0,75. Якщо ж один із експертів висловив протилежну думку, то вищезазначені співвідношення коригуються на величину 0,1. Тобто, більше число 0,75 буде зменшено до величини $0,75-0,1=0,65$, а менше число буде збільшено до величини $0,25+0,1=0,35$.

Якщо ж два експерти висловили протилежну думку, то вищезазначені співвідношення коригуються на величину 0,2. Тобто, більше число 0,75 буде зменшено до величини $0,75-0,2=0,55$, а менше число буде збільшено до величини $0,25+0,2=0,45$. При рівності показників якості у одного із експертів, коригування їх кількісної оцінки здійснюється на величину 0,05. Тобто, більше число 0,75 буде зменшено до величини $0,75-0,05=0,7$, а менше число буде збільшено до величини $0,25+0,05=0,3$ (таблиця 15.2).

7-й крок: розраховують коефіцієнти вагомості (питому вагу) β кожного із одиничних показників якості. Для цього складають спеціальну матрицю

(таблиця 15.3), в яку виписуються кількісні оцінки пріоритетів показників, визначені в попередній таблиці 15.2. Далі, за методикою, наведеною в таблиці 15.3, розраховуються коефіцієнти вагомості (питому вагу) β кожного із одиничних показників якості.

Таблиця 15.3 – Розрахунок коефіцієнтів вагомості показників якості продукції

	Показники якості та їх оцінка						Сума оцінок F_i	$\beta = \frac{F_i}{D}$
	“А”	“Б”	“В”	“Г”	“Д”	“Е”		
“А”		0,75	0,6	0,45	0,75	0,75	3,3	$3,3 : 15 = 0,22$
“Б”	0,25		0,35	0,25	0,4	0,35	1,6	$1,6 : 15 = 0,11$
“В”	0,4	0,65		0,3	0,7	0,55	2,6	$2,6 : 15 = 0,17$
“Г”	0,55	0,75	0,7		0,75	0,75	3,5	$3,5 : 15 = 0,23$
“Д”	0,25	0,6	0,3	0,25		0,35	1,75	$1,75 : 15 = 0,12$
“Е”	0,25	0,65	0,45	0,25	0,65		2,25	$2,25 : 15 = 0,15$
Всього – D							15	$\sum_{i=1}^6 \beta_i = 1$

8-й крок: за формулою 15.2 розраховують загальний коефіцієнт якості продукції і роблять висновки щодо рівня її якості відносно базової продукції.

15.2 Завдання для самостійного виконання

Існує 10 видів однотипної продукції, якість яких вимірюється показниками “А”, “Б”, “В”, “Г”, “Д”, “Е” та “Ж” (таблиця 15.4). Для оцінювання вагомості (питомої ваги) β кожного із цих показників в загальному рівні якості були запрошені 14 експертів, які виставили показникам якості певні ранги. Думки цих експертів зведені до таблиці 15.5.

Таблиця 15.4 – Початкові дані для виконання завдання

Види продукції	Показники якості (в абсолютних одиницях)						
	“А”	“Б”	“В”	“Г”	“Д”	“Е”	“Ж”
1	15	67	4	100	35	1200	23
2	14	65	5	98	36	1260	25
3	10	78	6	110	40	1100	28
4	11	76	6	121	41	1270	29
5	16	58	7	130	51	1400	31
6	17	48	8	140	35	1000	26
7	18	74	9	119	39	1420	41
8	20	80	7	140	46	1500	27
9	21	89	8	145	43	1350	22
10	22	60	3	143	44	1290	32

Таблиця 15.5 – Початкові дані для виконання завдання

Показники	Експерти та виставлені ними ранги показників якості продукції													
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV
“А”	2	1,5	2,5	2	3	1	2	1	1,5	2	3	1	1,5	3
“Б”	3	4	2,5	3,5	2	3	3	4	3	4	1,5	3	3	1,5
“В”	4	3	4	3,5	4	4,5	4,5	3	5	3	5	5	4	5
“Г”	1	1,5	1	1	1	2	1	2	1,5	1	1,5	2	1,5	1,5
“Д”	5	5	5	5	5	4,5	4,5	5,5	4	5	4	4	5	4
“Е”	6	6	7	7	7	6	7	5,5	6	7	6	6	7	6,5
“Ж”	7	7	6	6	6	7	6	7	7	6	7	7	6	6,5

В таблиці 15.6. наведені дані щодо того, які види продукції потрібно взяти для порівняння та які саме експерти були запрошені для оцінювання вагомості (питомої ваги) показників якості.

Керуючись даними таблиць 15.4, 15.5 та 15.6, потрібно:

1. Виписати значення основних показників тих видів продукції, які потрібно взяти для порівняння.
2. Скласти таблицю, в якій відобразити ранги показників якості, виставлені експертами, що були запрошені для оцінювання вагомості цих показників (згідно з завданням).
3. Для кожного показника якості розрахувати величини R_i , $R_{сер}$, Δi_i , Δi_i^2 та загальну суму квадратів відхилень.

Таблиця 15.6 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Види продукції для порівняння	Експерти, які були запрошені	Варіант	Види продукції для порівняння	Експерти, які були запрошені
1	1 – 3	I-II-III-IV-V	16	1 – 7	VI-VIII-X-XII-XIV
2	6 – 9	II-III-IV-V-VI	17	1 – 2	I-IV-V-VIII-XII
3	2 – 4	III-IV-V-VI-VII	18	1 – 6	I-II-IX-X-XIV
4	3 – 5	IV-V-VI-VII-VIII	19	1 – 8	II-III-V-VIII-XII
5	4 – 6	V-VI-VII-VIII-IX	20	1 – 9	II-VI-VII-X-XI
6	5 – 7	VI-VII-VIII-IX-X	21	2 – 8	III-IV-V-VIII-XI
7	6 – 8	VII-VIII-IX-X-XI	22	2 – 9	III-VII-X-XII-XIV
8	7 – 9	VIII-IX-X-XI-XII	23	2 – 3	IV-V-VII-IX-XI
9	8 – 10	IX-X-XI-XII-XIII	24	2 – 10	IV-VI-IX-X-XIII
10	1 – 5	X-XI-XII-XIII-XIV	25	3 – 8	V-VI-VIII-XI-XII
11	2 – 6	I-III-V-VII-IX	26	4 – 9	V-VII-IX-X-XIII
12	3 – 7	II-IV-VI-VIII-X	27	4 – 10	VI-VII-IX-XI-VIX
13	4 – 8	III-V-VII-IX-XI	28	5 – 8	VII-VIII-X-XI-XIII
14	5 – 9	IV-VI-VIII-X-XII	29	6 – 7	VII-VIII-XI-XIII-XIV
15	6 – 10	V-VII-IX-XI-XIII	30	5 – 10	VIII-IX-X-XI-XIV

4. Розрахувати коефіцієнт узгодженості думок експертів та зробити висновок про можливість використання виставлених ними рангів показникам якості для подальшого аналізу.

5. Користуючись думками експертів, виявити попарні пріоритети показників якості. Для цього скласти таблицю за зразком таблиці 15.2.
6. Попередньо та остаточно кількісно оцінити пріоритети кожного із показників якості продукції.
7. Скласти спеціальну матрицю (за зразком таблиці 15.3) та розрахувати коефіцієнти вагомості (питому вагу) β кожного із одиничних показників якості.
8. Шляхом розрахунку загального коефіцієнта якості $K_{\text{заг}}$ продукції оцінити рівень якості видів продукції, взятих для аналізу згідно з завданням. Для цього один вид продукції вибрати (довільно) за базовий.

Примітка. Студенти, які виконують *парний варіант завдання*, повинні вважати, що збільшення показників “Б”, “Г” та “Ж” призводить до погіршення якості продукції. Збільшення інших показників приводить до покращання якості продукції.

Студенти, які виконують *непарний варіант завдання*, повинні вважати, що збільшення показників “А”, “В” та “Е” призводить до погіршення якості продукції. Збільшення інших показників приводить до покращання якості продукції.

15.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення понять “якість продукції” та “конкурентоспроможність продукції”.
2. Поясніть як ви розумієте афористичний вислів японського фахівця з якості Каору Ісікава: “Не можна економити на якості, оскільки якість сама є економією”.
3. Дайте означення понять “властивість продукції”, “показник якості” та “технічний рівень продукції”. Наведіть приклади, які б підтверджували ваші міркування.
4. Поясніть яке значення для виробників продукції та її споживачів має підвищення якості продукції в умовах розвитку в Україні ринкових відносин.
5. Дайте характеристику виробничо-технічних показників якості продукції. Для кого важливі ці показники?
6. Дайте характеристику експлуатаційних показників якості продукції. Для кого важливі ці показники?
7. Дайте характеристику вартісних показників якості продукції. Для кого важливі ці показники?
8. Що розуміється під поняттям “ціна якості”?
9. Поясніть відмінність в поняттях “ціна відповідності” та “ціна невідповідності”.

10. Що розуміється під поняттям “забезпечення якості продукції”? Якими основними шляхами можна забезпечувати високу якість продукції на підприємствах?
11. Охарактеризуйте основні положення системи, яка забезпечує організацію суцільного контролю якості продукції на підприємствах. Визначить переваги та недоліки цієї системи. Наведіть приклади таких систем контролю якості.
12. Охарактеризуйте основні положення системи забезпечення якості продукції на підприємстві. Визначить переваги та недоліки такої системи.
13. Охарактеризуйте основні положення сучасної стратегії управління якістю продукції на підприємствах. Які основні питання вирішує ця стратегія?
14. Охарактеризуйте суть та значення систем управління якістю продукції, які створюються на підприємствах. Назвіть приклади таких систем та дайте їм характеристику.
15. Що являє собою так звана “петля” якості продукції?
16. Які основні етапи життєвого циклу товару визначає “петля” якості. Поясніть практичне значення цих етапів при розробці системи управління якістю продукції на підприємствах?
17. Суть, значення та основні положення міжнародних стандартів ІСО серії 9000.
18. Назвіть основні методи визначення рівня якості продукції.
19. Дайте характеристику експериментальному методу вимірювання якості продукції.
20. Дайте характеристику розрахунковому методу вимірювання якості продукції.
21. Дайте характеристику диференційному методу вимірювання якості продукції. Як розраховуються диференційні індекси якості продукції?
22. В яких випадках диференційний індекс якості продукції, більший за одиницю, свідчить про те, що якість даної продукції буде вищою, ніж якість базової продукції.
23. В яких випадках диференційний індекс якості продукції, менший за одиницю, свідчить про те, що якість даної продукції буде вищою, ніж якість базової продукції.
24. Дайте характеристику комплексному методу вимірювання якості продукції. Як розраховуються загальний коефіцієнт якості продукції?
25. Охарактеризуйте методіку, за якою експерти визначають вагомість кожного із показників якості продукції.
26. Яким чином здійснюється математична обробка думок експертів на предмет довіри чи недовіри до виставлених ними рангів показникам якості продукції?

27. Як розраховується коефіцієнт узгодженості думок експертів при виставленні ними рангів показникам якості продукції?
28. Охарактеризуйте методику, за якою здійснюється виявлення пріоритетів для кожної пари показників якості продукції, які вибираються для порівняння? Поясніть, як складається таблиця пріоритетів показників якості.
29. Охарактеризуйте методику, за якою попередньо кількісно оцінюються пріоритети кожного із показників якості продукції, взятих для аналізу та оцінювання.
30. Охарактеризуйте методику, за якою остаточно кількісно оцінюються пріоритети кожного із показників якості продукції, взятих для аналізу та оцінювання.
31. Охарактеризуйте методику, за якою здійснюються розрахунки вагомості (питомої ваги) показників якості продукції, взятих для аналізу та оцінювання.
32. Наведіть власні міркування з приводу того, яким чином пов'язані між собою поняття “якість продукції” та “конкурентоспроможність продукції”. Чи завжди підвищення якості продукції спричинює підвищення її конкурентоспроможності? Наведіть приклади.

16

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: “Аналіз якості продукції за допомогою діаграм Парето”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання та розвинути практичні навички з проведення аналізу якості продукції, що випускається на підприємстві, на основі застосування діаграм Парето.

16.1 Теоретична частина

Як відомо, незадовільна якість продукції, що її випускає підприємство, може обернутись для цього підприємства значними матеріальними та фінансовими втратами. Щоб не допустити цього, потрібно застосовувати відповідні заходи попередження зниження якості продукції. Ці заходи базуються на певних методиках, одна із яких передбачає застосування так званих *діаграм Парето*.

Вільфредо Парето – відомий італійський економіст та соціолог (1848–1923 рр.), який в 1897 р. вивів формулу, згідно з якою матеріальні та інші блага розподіляються між людьми нерівномірно, причому найбільша частка благ належить невеликій кількості людей. В подальшому теоретичні висновки В.Парето було запропоновано використовувати в сфері контролю продукції для класифікації різноманітних причин зниження її якості. Було доведено, що в більшості випадків *переважаюча кількість дефектів продукції і пов’язаних з ними витрат виникає через відносно невелику кількість причин*. Визначення залежності між кількістю дефектів продукції та причинами, що їх спричиняють, робиться на підставі побудови так званих *діаграм Парето*.

Застосування діаграм Парето для аналізу якості продукції передбачає здійснення таких етапів робіт:

- побудова діаграми Парето за результатами діяльності;
- побудова діаграми причин і результатів;
- побудова діаграми Парето за причинами;
- розробка та впровадження заходів з усунення причин появи основних дефектів продукції;
- побудова нової діаграми Парето за результатами діяльності;
- розрахунок величини зниження рівня дефектності продукції.

Розглянемо основні етапи робіт більш докладно.

Перший етап: побудова діаграми Парето за результатами діяльності. Даний етап передбачає такі роботи:

1-й крок: вибираються результати діяльності підприємства, які *небажані* для підприємства, наприклад: дефекти продукції, поломки, помилки, відмови, рекламації, ремонти, повернення продукції споживачами, обсяги

втрат, витрати на усунення дефектів, зриви строків поставок продукції, відсутність комплектуючих, аварії, нещасні випадки на виробництві тощо. Домовимося, що за результати діяльності візьмемо *дефекти* в продукції, яка випускається підприємством за певний термін.

2-й крок: визначається період проведення контролю та кількість виробів, які підлягають контролю за даний період. Припустимо, період контролю визначений в 1 місяць, а кількість виробів, які виготовляються за даний період і підлягають контролю, дорівнює 5000 шт.

3-й крок: здійснюється контроль якості продукції, під час якого виявляються дефекти кожного виду. Припустимо, що такими видами виявлених дефектів будуть: відхилення від розмірів, подряпини, раковини, тріщини, плями, розриви та інші.

Кожен вид дефекту шифрується. Якщо певний вид дефекту виявлений, він фіксується в спеціальних картах (рис. 16.1.) Потім підраховується загальна кількість виявлених дефектів. Припустимо, що для нашого прикладу вона складає 200 дефектів за місяць.

Види дефектів	Шифри дефектів	Спостереження (реєстрація) виявлених дефектів	Кількість виявлених дефектів
Тріщини	А	//// //	10
Подряпини	Б	//// //// //// //// //// //// //// //// //	42
Плями	В	//// /	6
Відхилення від розмірів	Г	//// ////	104
Розриви	Д	////	4
Раковини	Е	//// //// //// ////	20
Інші	Ж	//// //// ////	14
Всього		200	

Рисунок 16.1 – Карта реєстрації дефектів

4-й крок: здійснюється обробка отриманої інформації. Для цього виявлені види дефектів розміщуються у порядку зменшення їх кількості так, як показано в таблиці 16.1. Паралельно здійснюються розрахунки накопичувальної кількості дефектів та накопичувального процента.

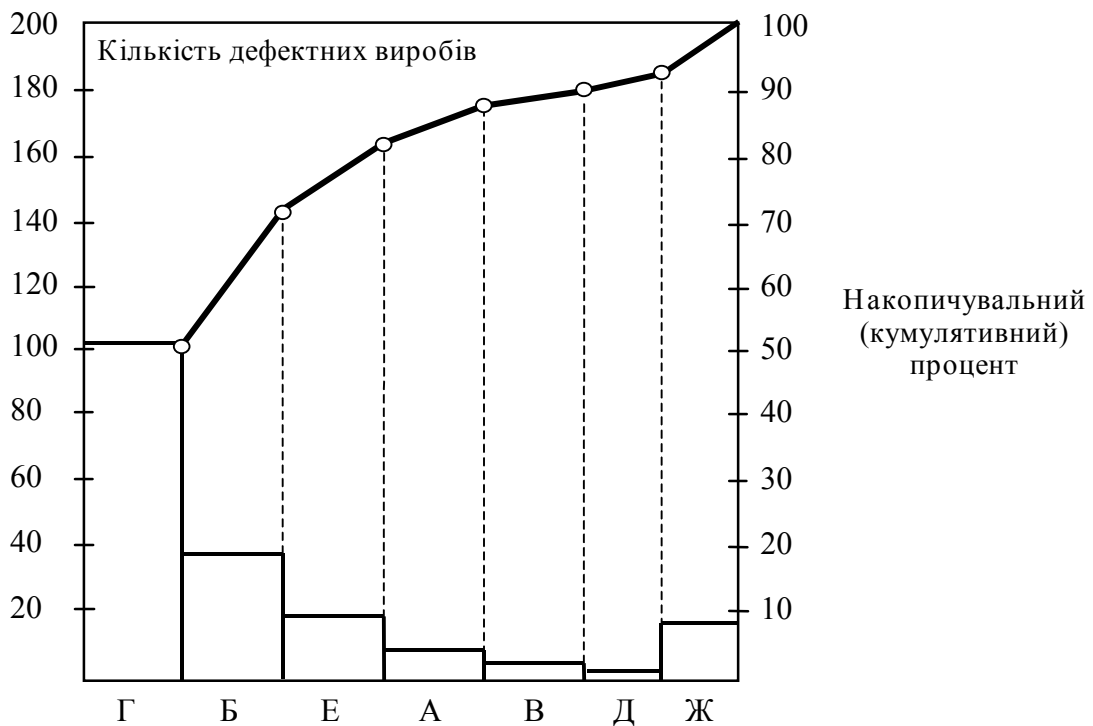
5-й крок: будують діаграму Парето за результатами.

На основі даних таблиці 16.1 будується діаграма Парето за результатами, а в нашому випадку – *діаграма Парето за видами дефектів*. Для цього на вертикальній осі, яка знаходиться ліворуч, наноситься шкала з інтервалами чисел від 0 до числа, яке відповідає загальній кількості виявлених дефектів (для нашого прикладу – 200). На вертикальній осі, яка знаходиться праворуч, наноситься шкала процентів від 0% до 100%. Горизонтальна вісь розділяється на рівні інтервали, які відповідають кількості виявлених видів дефектів. Для нашого випадку таких інтервалів буде 7.

Для видів дефектів будується стовпчикова діаграма, яка показує кількість виявлених дефектів кожного виду, а для процентних накопичуваних значень дефектів будується графічна діаграма (рис. 16.2).

Таблиця 16.1 – Накопичувальні кількості дефектів та процентів

Види дефектів	Шифри дефектів	Кількість дефектів	Накопичувальна кількість дефектів	Процент кожного виду дефекту в загальній кількості (%)	Накопичувальний (кумулятивний) процент (%)
Відхилення від розмірів	Г	104	104	52	52
Подряпини	Б	42	146	21	73
Раковини	Е	20	166	10	83
Тріщини	А	10	176	5	88
Плями	В	6	182	3	91
Розриви	Д	4	186	2	93
Інші	Ж	14	200	7	100
Всього	-	200	200	100	-



А - тріщини; Г - відхилення від розмірів;
 Б - подряпини; Д - розриви;
 В - плями; Е - раковини;
 Ж - інші види дефектів

Рисунок 16.2 – Діаграма Парето за результатами (видами дефектів)

Аналіз діаграми Парето, наведеної на рисунку 16.2, показує, що найбільшу групу дефектів, а саме 52% від загальної кількості дефектів, складають відхилення від розмірів.

Другий етап: побудова *діаграми причин і результатів*, яка показує причини виникнення кожного виду дефектів.

Побудова діаграми причин і результатів потребує значного досвіду роботи, знання технології, організації виробництва, теорій мотивації тощо. Для пошуку причин дефектів можна застосовувати метод “розумового штурму”, запропонований американцем А.Ф.Осборном.

Побудова діаграми причин і результатів передбачає такі роботи:

1-й крок: визначається вид дефекту, який *найбільше* впливає на зниження якості продукції. Для нашого прикладу це буде відхилення від визначених розмірів продукції. Цей вид дефекту записують посередині аркуша паперу так, як це показано на рис. 16.3.

2-й крок: визначаються головні причини, які можуть викликати появу такого відхилення. Такими причинами можуть, наприклад, бути робітники, зміни, бригади, досвід робітників, їх вік та кваліфікація, емоційний стан робітників, вид обладнання, вид оснащення, вид технології, моделі, штампи, сировина, умови виробництва та багато інших. Припустимо, що для нашого випадку це будуть робітники, обладнання, матеріали та вид технології.

Головні причини, які можуть викликати відхилення від визначених розмірів продукції, наносяться на аркуш паперу в вигляді “великих кісток хребта” так, як це показано на рис. 16.3.

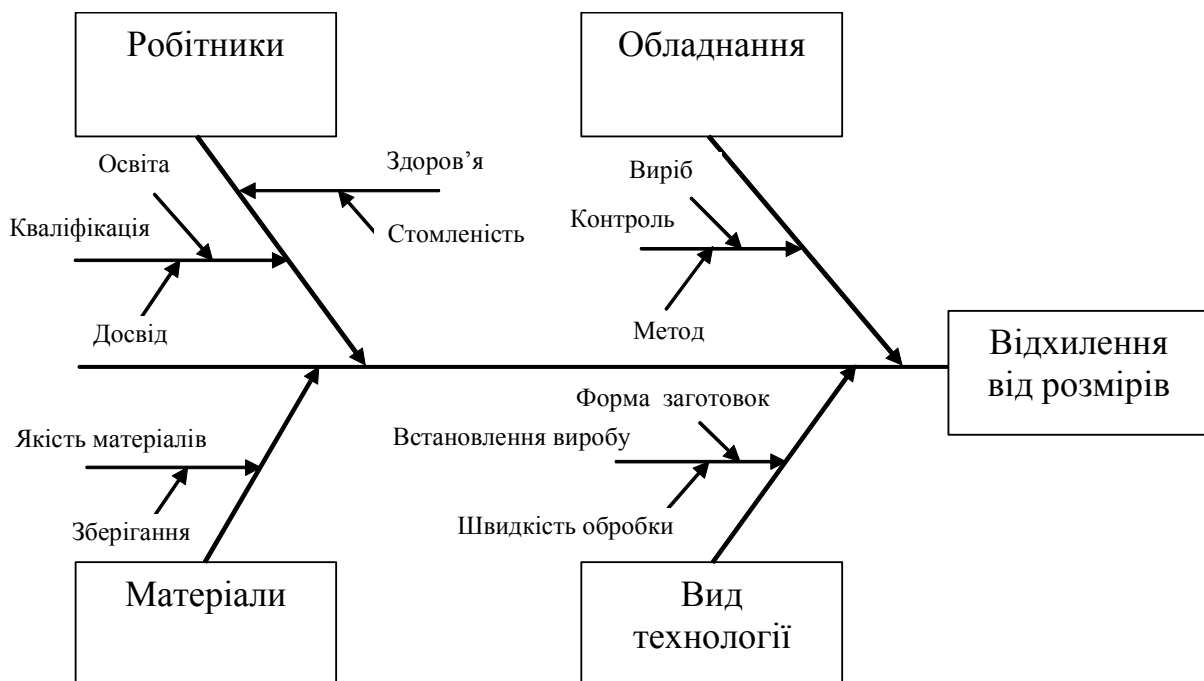


Рисунок 16.3 – Діаграма причин і результатів

3-й крок: визначаються причини першого та другого порядку, які можуть викликати появу головних причин. Наприклад, для головної причини “робітники” причинами першого порядку можуть бути “здоров’я” та “кваліфікація”. Причини першого порядку, які складають так звані “середні кістки хребта”, дорисовуються до кожної головної причини так, як це показано на рис. 16.3. Далі, до причин першого порядку дорисовують причини другого порядку, так звані “малі кістки хребта”. Наприклад, для причини першого порядку “кваліфікація” це можуть бути “освіта” та “досвід” робітників. Інші причини першого та другого порядку, які можуть викликати появу головних причин, теж наведені на рис. 16.3.

Слід зазначити, що в ході здійснення контролю за якістю продукції потрібно постійно удосконалювати діаграму причин і результатів. Окремі елементи при цьому перевіряються, уточнюються, модифікуються, додаються або викидаються. Тільки в цьому випадку можуть бути отримані надійні результати, які дозволять ефективно контролювати якість продукції.

Третій етап: побудова діаграми Парето за причинами.

Для цього досліджують вироби, які дали найбільшу кількість дефектів, та визначають які саме причини (із вказаних нами на діаграмі причин та результатів) привели до появи таких відхилень. Припустимо, що на відхилення від визначених розмірів продукції безпосереднім чином впливали форма заготовок, стан оснащення, встановлення виробу, швидкість обробки та інші причини. Отримані результати заносяться до таблиці 16.2. Паралельно здійснюються розрахунки накопичувальної кількості причин дефектів та накопичувального процента.

Таблиця 16.2 – Накопичувальні кількості причин дефектів та процента

Причини	Шифри причин	Кількість спостережень	Накопичувальна кількість причин	Процент кожної причини в загальній кількості (%)	Накопичувальний (кумулятивний) процент (%)
Форма заготовок	X	62	62	60	60
Стан оснащення	Y	21	83	20	80
Встановлення виробу	Z	10	93	10	90
Швидкість обробки	P	3	96	3	93
Інші	S	8	104	7	100
Всього	-	104	104	100	-

На підставі даних таблиці 16.2 будують діаграму Парето за причинами (рис.16.4).

Аналіз діаграми Парето за причинами дає змогу визначити причину, яка найбільше спричинює появу основного виду дефекту. Для нашого випадку виходить, що відхилення від установлених розмірів продукції найбільшою

мірою викликані недосконалою формою заготовок, які подаються на обробку.

Четвертий етап: розробка та впровадження заходів з усунення причини, яка викликає появу основного виду дефекту. На цьому етапі менеджери, конструктори, технологи повинні проаналізувати причину, яка викликає появу основного виду дефекту, та розробити і впровадити заходи щодо її усунення.

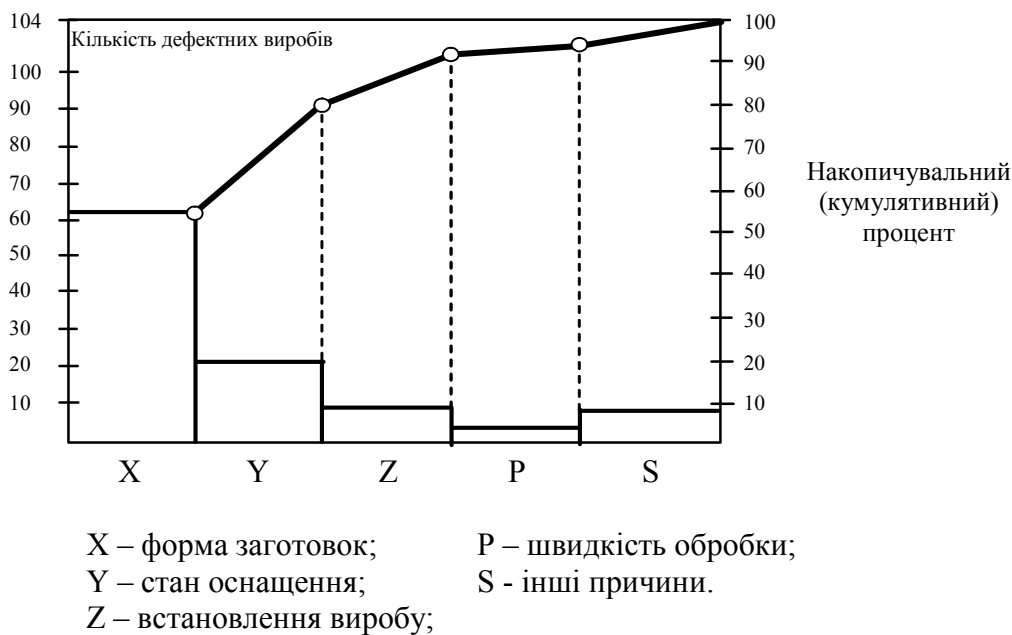


Рисунок 16.4 – Діаграма Парето за причинами

П'ятий етап: побудова нової діаграми Парето за результатами.

Після впровадження запропонованих удосконалень знову проводяться дослідження якості продукції аналогічні тим, що були описані в першому етапі, та будується нова діаграма Парето за результатами. Якщо впроваджені заходи були ефективні, то кількість відхилень від визначених розмірів продукції повинна зменшитись.

Припустимо, що для партії виробів в 5000 шт., які були виготовлені протягом місяця і підлягали контролю, кількість відхилень від визначених розмірів (дефект "Г") після впровадження розроблених заходів зменшилась з 104-х до 15-ти, а кількість дефектів інших видів не змінилась. Отримані результати заносяться до таблиці 16.3, на підставі яких будується нова діаграма Парето за результатами після усунення причини виникнення основного виду дефекту (рис. 16.5).

Далі розраховують *новий рівень дефектності* K_n продукції:

$$K_n = \frac{N_n}{N_{д2}} \cdot 100\%, \quad (16.2)$$

де N_n – число дефектних виробів із загальної їх кількості, які підлягали дослідженню, після усунення причин виникнення основного виду дефекту, шт.;

$N_{д2}$ – загальна кількість виробів, що підлягали дослідженню після усунення причин виникнення основного виду дефекту, шт.

І, нарешті, розраховують *зниження рівня дефектності* ΔD продукції за формулою:

$$\Delta D = \frac{K_p - K_n}{K_p} \cdot 100\%. \quad (16.3)$$

Якщо отриманий результат буде додатним, то це означає, що запроваджені заходи з підвищення якості продукції були обгрунтовані.

16.2 Завдання для самостійного виконання

На підприємстві провели аналіз якості продукції і отримали результати, наведені в таблиці 16.4.

Таблиця 16.4 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	N, шт.	Вид продукції, що досліджувалась	Дефекти та кількість дефектних виробів, шт.							
			Основний дефект "А"	"Б"	"В"	"Г"	"Д"	"Е"	"Ж"	"З"
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	600	Телевізори	120	13	15	26	32	11	2	35
2	800	Взуття	121	32	14	16	24	32	17	7
3	1200	Комп'ютери	284	6	9	8	14	23	43	50
4	650	Консерви	55	3	6	9	12	10	21	23
5	950	М'ячі	79	6	12	17	16	6	9	8
6	750	Автомобілі	100	7	15	32	21	11	12	5
7	600	Книги	120	9	22	14	12	17	10	24
8	900	Авторучки	98	21	7	9	24	31	10	13
9	850	Ножиці	96	13	9	11	4	26	32	8
10	720	Тканина	80	13	9	7	4	15	19	12
11	1280	Портфелі	120	2	21	20	17	19	30	9
12	910	Часи	132	5	10	13	15	18	27	2
13	1020	Телефони	124	8	4	13	21	20	27	9

Продовження таблиці 16.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
14	940	Калькулятори	110	7	10	4	10	17	24	22
15	890	Електролампи	111	22	12	9	7	16	13	18
16	1100	Парфуми	280	26	32	11	2	35	11	23
17	800	Зубна паста	170	16	24	32	17	7	14	17
18	1560	Посуд	300	8	14	23	43	50	17	20
19	1300	Праски	160	9	12	10	21	23	15	13
20	1400	Шкарпетки	130	17	16	6	9	8	23	21
21	800	Підшипники	150	32	21	11	12	5	26	19
22	400	Дивани	50	14	12	17	10	4	5	2
23	600	Крісла	120	9	24	11	10	13	7	3
24	300	Ліжка	43	10	4	6	2	8	12	1
25	2000	Сорочки	160	7	4	15	19	12	32	40
26	500	Холодильники	80	20	7	9	3	19	21	6
27	500	Газові плити	90	13	15	18	27	2	10	9
28	1000	Олівці	200	13	21	20	27	9	19	30
29	1000	Фломастери	180	4	10	17	24	22	23	42
30	400	Люстри	70	9	7	16	13	18	5	2

Керуючись даними таблиці 16.4., потрібно:

1. Сформулювати вид основного дефекту “А”, який міг би бути характерним для виду продукції, якість якої досліджувалась. Описати інші можливі дефекти “Б”, “В”, “Г”, “Д”, “Е”, “Ж” та “З”, які можуть бути характерні для даного виду продукції.
2. Побудувати діаграму Парето за видами дефектів.
3. Визначити причини, які б могли спричинити дефекти, характерні для виду продукції, якість якої досліджується. На підставі визначених причин побудувати діаграму причин та результатів.
Примітка. Причин появи дефектів повинно бути не менше 8-ми.
4. Виписати основні причини, які можуть викликати основний вид дефекту, характерний для даного виду продукції. Ці причини позначені в таблиці 16.5 символами “Х”, “У”, “Z”, “G” та “R”. Кількість дефектних виробів, викликаних цими причинами, також наведена в таблиці 16.5.
5. Побудувати діаграму Парето за причинами. Визначити основну причину, яка викликає появу найбільшої кількості дефектних виробів.
6. Вважати, що в результаті запровадження заходів щодо усунення цієї основної причини кількість дефектних виробів з основним видом дефекту зменшилась на величину ΔN (табл. 16.5).
7. Побудувати нову діаграму Парето за результатами (видами дефектів), враховуючи, що контролю підлягали ті ж N виробів, а кількість дефектних виробів з іншими видами дефектів залишилася без змін (табл. 16.4).
8. Нову діаграму Парето за результатами порівняти з діаграмою Парето за результатами, яка була побудована до впровадження заходів щодо покращання якості продукції.
9. Розрахувати зниження рівня дефектності продукції.
10. Зробити висновки.

Таблиці 16.5 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	ΔN , шт.	Причини дефектів та кількість дефектних виробів, шт.					Варіант	ΔN , шт.	Причини дефектів та кількість дефектних виробів, шт.				
		X	Y	Z	G	R			X	Y	Z	G	R
1	70	26	36	10	8	40	16	240	14	28	36	54	148
2	80	25	9	27	19	41	17	155	15	18	40	34	63
3	180	38	74	21	50	101	18	270	28	43	50	78	101
4	40	5	7	18	12	13	19	143	11	22	56	37	78
5	59	10	14	19	15	21	20	118	13	18	29	38	32
6	82	16	23	27	9	25	21	125	9	14	37	49	41
7	87	17	24	10	36	33	22	40	2	5	17	11	15
8	79	6	15	26	17	34	23	99	8	18	25	29	40
9	96	7	16	22	19	32	24	40	1	4	11	13	14
10	65	5	11	17	20	27	25	151	14	17	28	37	64
11	100	13	16	28	33	30	26	67	5	11	19	21	24
12	110	11	17	29	30	45	27	70	31	28	13	12	6
13	114	32	23	15	20	34	28	169	65	43	36	29	27
14	90	25	14	9	29	33	29	170	76	43	26	20	15
15	87	10	19	30	27	25	30	65	8	16	29	15	2

16.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Викладіть суть теорії В.Парето та доведіть можливість її застосування для аналізу якості продукції.
2. Охарактеризуйте основні етапи робіт застосування діаграм Парето для аналізу якості продукції.
3. Як будується діаграма Парето за результатами? Кроки побудови діаграми. Про що свідчить ця діаграма?
4. Як будується діаграма причин і результатів. Охарактеризуйте призначення цієї діаграми.
5. Як будується діаграма Парето за причинами? Кроки побудови діаграми. Про що свідчить ця діаграма?
6. Як розраховується зниження рівня дефектності продукції в результаті впровадження заходів щодо покращення якості продукції?

Тема: “Здійснення статистичного контролю якості продукції методом середньоарифметичних значень та розкидів”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з основ організації технічного контролю на підприємстві та розвинути практичні навички проведення статистичного поточного попереджувального контролю якості продукції методом середньоарифметичних значень та розкидів.

17.1 Теоретична частина

Для забезпечення високої якості продукції, виявлення і попередження браку тощо на підприємствах створюється *служба управління якістю*, яка є складовою частиною загальної системи управління якістю продукції (так званої системи TQM - Total Quality Management).

На службу якості продукції покладається вирішення таких задач:

- захист ділового іміджу підприємства;
- захист споживачів від дефектної продукції;
- скорочення непродуктивних робіт;
- попередження браку тощо.

Значна частина управлінських рішень в сфері якості продукції, які приймаються службою управління якістю, розробляється та реалізується в процесі здійснення так званого *технічного контролю*.

Технічний контроль – сукупність методів, засобів, операцій і робіт з контролю якості продукції та стану технологічного процесу, які здійснюються у відповідності до чинної нормативної документації на всіх стадіях та етапах виробництва, починаючи від контролю початкових матеріалів та сировини і закінчуючи контролем готової продукції.

Задачі технічного контролю:

- визначення (вимірювання) якості готової продукції;
- попередження впливу випадкових та суб'єктивних факторів на якість продукції;
- забезпечення дотримання заданого технологічного режиму всіма учасниками виробництва тощо.

Виконання задач технічного контролю на підприємствах покладається на *відділ технічного контролю, центральну метрологічну лабораторію, лабораторії цехів, групи контролю* тощо.

Об'єктами технічного контролю виступають: основні та допоміжні матеріали, напівфабрикати, комплектувальні вироби, заготовки на всіх стадіях виробництва, деталі на різних стадіях обробки, вузли та вироби на різних

стадіях складання, засоби виробництва, технологічні процеси та їх режими тощо.

Виконавцями контрольних операцій можуть бути: робітники, які безпосередньо виконують технологічні операції, працівники відділу технічного контролю, майстри виробництва, керівники структурних підрозділів тощо.

Класифікація *основних видів технічного контролю*, які характерні для підприємств машинобудівного профілю, наведена на рис. 17.1.

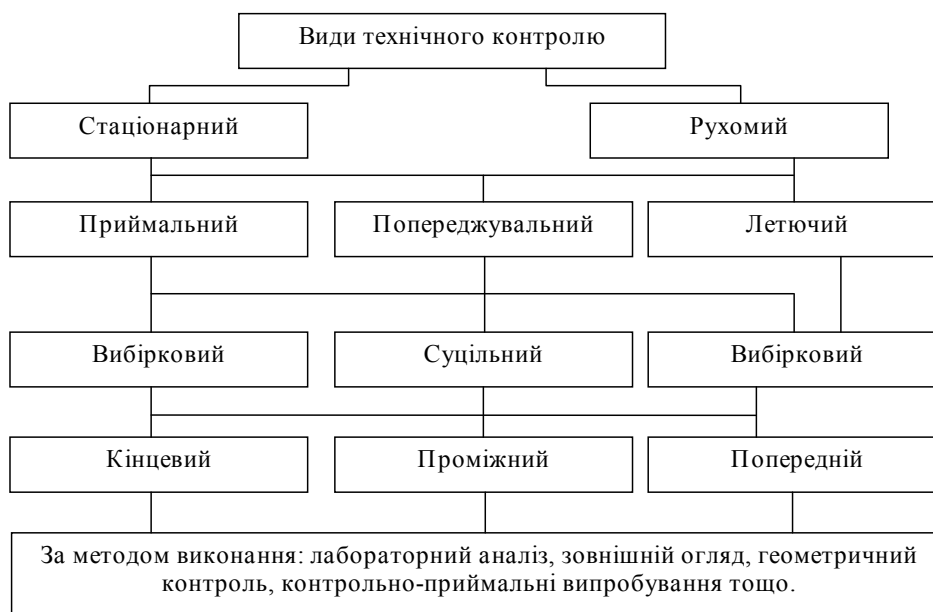


Рисунок 17.1 – Класифікація видів технічного контролю

За *місцем виконання* контрольних операцій розрізняють стаціонарний та рухомий (пересувний) технічний контроль. *Стаціонарні* контрольні операції виконуються на стаціонарних контрольних пунктах, які створюються безпосередньо в цехах та дільницях. *Рухомі (пересувні)* контрольні операції виконуються безпосередньо на робочих місцях.

За *призначенням* розрізняють приймальний, попереджувальний, летючий контроль. *Приймальний* контроль застосовується при прийманні продукції, яка була виготовлена робітником на робочому місці, а також продукції, яка була отримана підприємством зі сторони. *Попереджувальний* контроль слугує для аналізу якісного стану технологічного процесу з метою попередження браку. *Летючий* контроль є різновидом попереджувального контролю і виконується контролером над останніми виробами, виготовленими робітником на робочому місці.

За *ступенем охоплення* продукції технічний контроль поділяється на суцільний та вибірковий. *Суцільний* контроль характеризується стопроцентною перевіркою всіх об'єктів контролю. *Вибірковий* контроль здійснюється

шляхом перевірки декількох виробів і передбачає застосування статистичних методів контролю.

За часом виконання розрізняють попередній, проміжний та кінцевий технічний контроль. *Попередній* контроль передбачає перевірку якості сировини, матеріалів та напівфабрикатів до початку їх обробки в даному підрозділі, а також деталей – до початку складання. *Проміжний* контроль передбачає здійснення контрольних операцій під час виконання технологічного процесу. Проміжні контрольні операції призначені для вилучення із подальшої обробки неякісних напівфабрикатів. *Кінцевий* контроль виконується над заготовками, деталями, вузлами, виробами, які повністю пройшли обробку в даному підрозділі або на підприємстві.

За методом виконання контрольні операції можуть передбачати здійснення лабораторного аналізу, геометричного контролю, проведення зовнішнього огляду виробів, контрольних-приймальних випробувань тощо.

Одним із найефективніших методів контролю є *статистичний контроль* якості продукції. Справа в тому, що при обробці деталей великими партіями неможливо забезпечити суцільний контроль якості виробів через те, що трудомісткість виготовлення самого виробу буває набагато меншою, ніж трудомісткість проведення контрольних операцій. Наприклад, нарізання різьби на мілкому болті займає біля 1 с, а перевірка її різьбовими калібрами – 25-30 с. В цьому випадку доцільно використовувати статистичні методи контролю якості.

Сутність статистичних методів полягає в тому, що на основі перевірки обмеженої кількості виробів (тобто вибіркового контролю) і проведення відповідних розрахунків (за допомогою математичної статистики) робиться висновок про якість всієї партії продукції. Причому статистичні методи контролю можуть застосовуватись як для контролю кількісних параметрів, так і якісних (наприклад, наявність плям, якість фарбування тощо).

В основі статистичного контролю лежить той факт, що значення того чи іншого параметра при великій кількості виробів розташовуються біля середнього параметра згідно з нормальним законом розподілу. Нормальний закон розподілу випадкової змінної величини характеризується кривою Гаусса (Карл Фрідріх Гаусс – нім. вчений, 1777-1855 рр.) та визначається рівнянням:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\alpha)^2}{2\sigma^2}}, \quad (17.1)$$

де y – частота появи певного значення випадкової змінної величини, наприклад, певного параметра виробу (y відносних одиниць);

x – значення випадкової змінної величини, наприклад, значення параметра виробу;

σ – середньоквадратичне відхилення випадкової змінної величини від центра розподілу (групування);

σ^2 – дисперсія;

α – центр розподілу (групування), тобто це таке значення випадкової змінної величини, при якому величина y буде максимальною;

ℓ – основа натуральних логарифмів: $\ell = 2,718281828459045\dots$

Графічно нормальний закон розподілу випадкової змінної має вигляд, наведений на рис. 17.2.

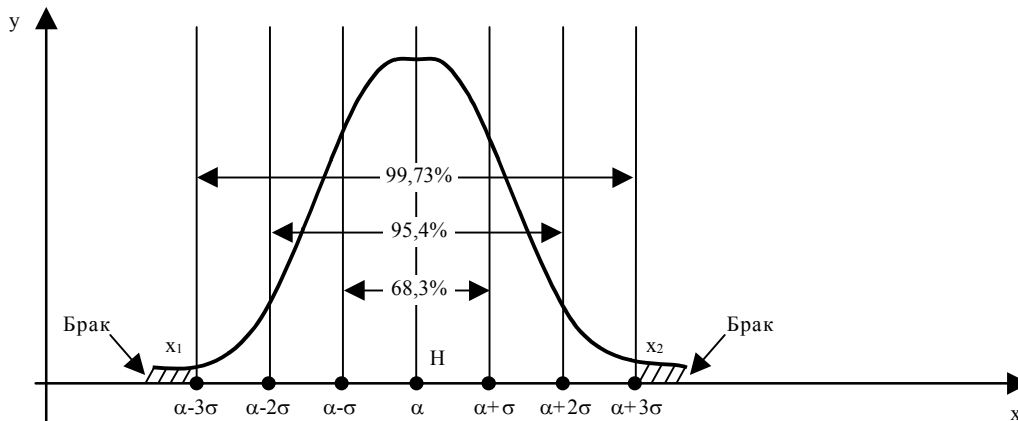


Рисунок 17.2. – Крива нормального закону розподілу випадкових змінних величин (крива Гаусса)

Вірогідність $p(x)$ попадання будь-якої випадкової змінної величини x в інтервал $[x_1 < x < x_2]$ розраховується за формулою:

$$p(x) = \int_{x_1}^{x_2} y dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{x_1}^{x_2} \ell^{-\frac{(x-\alpha)^2}{2\sigma^2}} dx. \quad (17.2)$$

Якщо зробити підстановки: $x = \alpha + t\sigma$, $x_1 = \alpha + t_1\sigma$, $x_2 = \alpha + t_2\sigma$, а також провести досить складні математичні перетворення [1, С. 353], то отримаємо:

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{x_1}^{x_2} \ell^{-\frac{(x-\alpha)^2}{2\sigma^2}} dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t_1}^{t_2} \ell^{-\frac{t^2}{2}} dt = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t \ell^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad (17.3)$$

де t – умовний змінний параметр.

Останній інтеграл носить назву функції Лапласа (П'єр Симон Лаплас – франц. математик, 1749-1827 рр.) і позначається $\Phi(t)$:

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (17.4)$$

Обчислення цього інтегралу здійснюється за допомогою спеціальних таблиць. Розрахунки показують, що будь-яка випадкова величина x з вірогідністю 0,9973 знаходиться в межах інтервалу $[\alpha - 3\sigma < x < \alpha + 3\sigma]$; з вірогідністю 0,9540 – в межах інтервалу $[\alpha - 2\sigma < x < \alpha + 2\sigma]$; з вірогідністю 0,6830 – в межах інтервалу $[\alpha - \sigma < x < \alpha + \sigma]$.

Це означає, що якщо взяти допустиме відхилення параметра $\pm 3\sigma$ від центра групування α , то в межах поля допуску $\Delta \leq 6\sigma$ буде знаходитись 99,73% всіх параметрів виробів, які були виготовлені; інші 0,27% виробів будуть браковані. Якщо взяти допустиме відхилення параметра $\pm 2\sigma$ від центра групування α , то в межах поля допуску $\Delta \leq 4\sigma$ буде знаходитись 95,4% всіх параметрів виробів, які були виготовлені; інші 4,6% виробів будуть браковані. Якщо взяти допустиме відхилення параметра $\pm \sigma$ від центра групування α , то в межах поля допуску $\Delta \leq 2\sigma$ буде знаходитись 68,3% всіх параметрів виробів, які були виготовлені, інші 31,7% виробів будуть браковані. На рис. 17.2 показана ситуація з бракованими виробами, коли поле допуску $\Delta \leq 6\sigma$.

На підставі цього і були розроблені основи статистичного методу контролю. *Так, якщо технологічний процес відбувається згідно з чинними вимогами, то центром розподілу (групування) випадкових величин, якими є певний параметр виробу, буде номінал цього параметра H . Знаючи величину партії виробів, номінал параметра H , який нас цікавить, задаючись допустимим відхиленням від цього параметра (полем допуску), допустимою величиною бракованої продукції в даній партії виробів тощо, можна розрахувати відповідні показники та скласти відповідні співвідношення, при виконанні яких визначена нами якість продукції буде гарантована.*

Якщо ж технологічний процес відбувається з порушеннями, то центр розподілу (групування) \bar{X} випадкових величин зсунеться відносно номіналу цього параметра праворуч або ліворуч (рис. 17.3), в результаті чого кількість бракованих виробів зросте. Це автоматично приведе до порушення раніше розрахованих показників та співвідношень, що може бути зафіксовано під час проведення статистичного контролю.

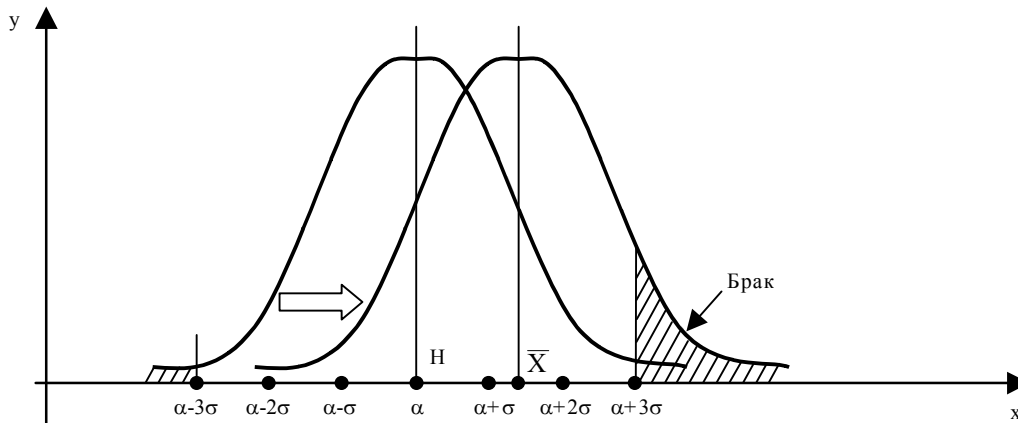


Рисунок 17.3 – Теоретичні основи статистичного контролю якості продукції

Основними видами статистичного контролю є поточний попереджувальний статистичний контроль та приймальний статистичний контроль.

Поточний попереджувальний статистичний контроль дозволяє в результаті обробки даних, отриманих в ході здійснення вибіркового контролю, визначити якість всієї виготовленої партії продукції, а також, якщо це необхідно, прийняти рішення *щодо коригування технологічного процесу ще до моменту* появи бракованої продукції.

В загальному вигляді застосування поточного попереджувального статистичного контролю передбачає проведення таких етапів робіт:

- Вибір методу проведення контролю.
- Здійснення вибіркового контролю параметрів виробу.
- Складання карти контролю якості та обробка результатів.
- Визначення ступеня достовірності отриманих результатів.
- Висновки щодо якості партії виробів.

Поточний попереджувальний статистичний контроль може здійснюватись різними методами. Основними з яких є: метод середніх арифметичних значень та розкидів; метод медіан та індивідуальних значень; метод сортування (групування) виробів; метод контролю декількох ознак (оцінювання за балами) та інші.

Розглянемо практичне застосування поточного попереджувального статистичного контролю, який здійснюється методом *середніх арифметичних значень та розкидів*. З іншими методами контролю більш детально можна ознайомитись в [1, 4, 10].

Застосування поточного попереджувального статистичного контролю методом середніх арифметичних значень та розкидів передбачає проведення таких етапів робіт:

1-й крок: вибирається параметр виробу, який підлягає контролю, та визначається згідно з чинними стандартами поле допуску цього параметра.

Припустимо, що виготовляється деталь, яка має діаметр 10 мм. Поле допуску $\Delta = 1$ мм визначено в межах $\pm 0,5$ мм від номіналу, тобто всі деталі будуть вважатися такими, що відповідають вимогам стандартів, якщо їх діаметр знаходиться в межах від 9,5 мм до 10,5 мм.

2-й крок: здійснюється вибірковий контроль даного параметра деталей з фіксацією отриманих результатів в таблиці.

Припустимо, контролер кожну годину приходить на робоче місце робітника та робить заміри 10 останніх деталей. За зміну контролер зробив 6 замірів, результати яких зведені в таблицю 17.1.

Таблиця 17.1 – Фіксація значень параметрів деталей (в мм)

Номер деталі	Номер вибірки					
	1	2	3	4	5	6
1	9,65	9,85	10,15	9,9	10,20	9,95
2	9,55	9,75	9,95	10,25	9,60	10,00
3	9,65	10,25	9,70	10,20	9,75	9,70
4	10,00	9,75	9,60	10,30	9,90	10,40
5	9,75	9,55	9,60	10,45	10,25	9,75
6	9,80	9,80	10,00	10,30	10,00	9,70
7	10,35	9,65	9,70	9,80	10,40	10,25
8	10,40	9,60	9,75	10,10	9,75	10,00
9	10,20	9,75	10,25	10,45	9,6	9,75
10	10,25	9,7	9,75	10,45	10,00	9,80

Як видно із даних таблиці 17.1, бракованих деталей контролер не виявив, тобто параметр жодної з деталей не має значень, які б перевищували 10,5 мм або були меншими за 9,5 мм. Але це ще не означає, що бракованих деталей немає, бо контролер робив тільки вибірковий контроль.

3-й крок: здійснюється статистична обробка отриманих результатів, яка передбачає:

а) розрахунок середньоарифметичного значення X_i параметра в кожній із вибірок. Для першої вибірки:

$$X_1 = \frac{9,65 + 9,55 + 9,65 + 10 + 9,75 + 9,8 + 10,35 + 10,4 + 10,2 + 10,25}{10} = 9,96 \text{ мм.}$$

Аналогічно для інших вибірок отримаємо: $X_2 = 9,765$ мм, $X_3 = 9,845$ мм, $X_4 = 10,22$ мм, $X_5 = 9,945$ мм, $X_6 = 9,93$ мм;

б) розрахунок розкидів R_i в кожній із вибірок як різниці між найбільшим та найменшим значеннями параметрів у виборці. Для першої вибірки маємо:

$$R_1 = 10,4 - 9,55 = 0,85 \text{ мм;}$$

для інших вибірок:

$$\begin{aligned}R_2 &= 10,25 - 9,55 = 0,7 \text{ мм}; \\R_3 &= 10,25 - 9,6 = 0,65 \text{ мм}; \\R_4 &= 10,45 - 9,8 = 0,65 \text{ мм}; \\R_5 &= 10,4 - 9,6 = 0,8 \text{ мм}; \\R_6 &= 10,4 - 9,7 = 0,7 \text{ мм}.\end{aligned}$$

4-й крок: розраховують регулюючі кордони для середньоарифметичних значень та для розкидів параметрів виробів.

Регулюючі кордони – це такі значення параметрів, вихід за межі яких ще не означає появу браку, а тільки попереджає про те, що якщо не зробити регулювання технологічного процесу, такий брак може з'явитися найближчим часом.

Для середньоарифметичних значень параметрів *верхнє значення регулюючого кордону* V_p розраховується за формулою:

$$V_p = V_d - \frac{\Delta}{2} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{n}}\right), \quad (17.5)$$

де V_d – верхнє допустиме значення параметра, мм;

Δ – поле допуску, мм;

n – число деталей в одній вибірці, шт.

Для нашого випадку:

$$V_p = 10,5 - \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{10}}\right) = 10,158 \text{ мм}.$$

Для середньоарифметичних значень параметрів *нижнє значення регулюючого кордону* H_p розраховується за формулою:

$$H_p = H_d + \frac{\Delta}{2} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{n}}\right), \quad (17.6)$$

де H_d – нижнє допустиме значення параметра, мм.

Для нашого випадку:

$$H_p = 9,5 + \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{10}}\right) = 9,842 \text{ мм}.$$

Регулюючий кордон R_p для розкидів розраховується за формулою:

$$R_p = \frac{d + 3T}{6} \cdot \Delta = V \cdot \Delta, \quad (17.7)$$

де d та T – коефіцієнти, які залежать від величини вибірки і розраховуються за спеціальними формулами. Конкретні значення цих коефіцієнтів для деяких величин вибірок наведені в таблиці 17.2.

Таблиця 17.2 – Значення коефіцієнтів d та T

Величина вибірки n	4	5	6	7	8	9	10
d	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078
T	0,88	0,863	0,848	0,838	0,802	0,800	0,797
V	0,783	0,819	0,846	0,869	0,875	0,895	0,911

Для нашого випадку: $R_p = 0,911 \cdot 1 = 0,911$ мм.

5-й крок: нанесення регулюючих кордонів V_d , H_d , V_p , H_p та R_p на карту контролю якості, вид якої наведений на рис. 17.4.

6-й крок: нанесення середньоарифметичних значень X_i параметрів, розрахованих для кожної вибірки, та значень розкидів R_i для кожної вибірки на карту контролю якості.

При цьому потрібно пам'ятати, що якщо у вибірці середньоарифметичне значення параметра X_i не виходить за верхню або нижню межі регулюючих кордонів V_p та H_p , а величина розкиду R_i не виходить за межу регулюючого кордону для розкидів R_p , то технологічний процес вважається таким, що забезпечує в даний момент таку якість виготовлених деталей, яка відповідає чинним стандартам та технічним умовам.

Якщо середньоарифметичне значення параметра X_i в вибірці виходить за межі регулюючих кордонів V_p та H_p (але не виходить за визначене поле допуску V_d та H_d) або величина розкиду R_i виходить за межу регулюючого кордону для розкидів R_p , то це означає, що браку ще немає, але *починається розладнання технологічного процесу* і тому потрібно негайно його переналагоджувати. Інакше, виникає висока вірогідність появи бракованих виробів найближчим часом. Ці випадки показані на рис. 17.4 стрілками.

7-й крок: здійснюють попередній аналіз результатів проведеного статистичного контролю.

Аналіз діаграми якості на рис. 17.4 показує, що в другій вибірці деталей середньоарифметичне значення параметра вийшло за нижню межу регулюючого кордону, а в четвертій вибірці середньоарифметичне значення параметра вийшло за верхню межу регулюючого кордону. В кожному випадку повинно бути здійснено корегування технологічного процесу. Що ж стосується

розкидів, то в жодній із вибірок величина розмаху не вийшла за межі регулюючого кордону.

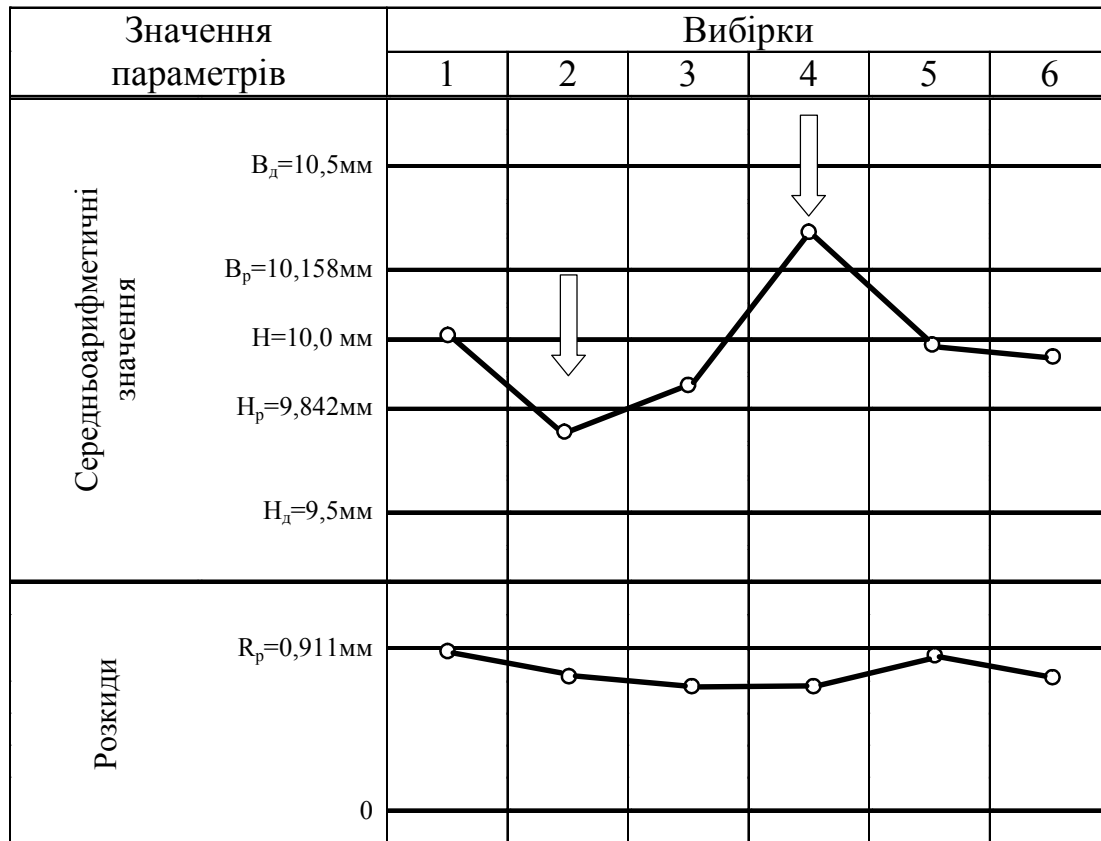


Рисунок 17.4 – Карта контролю якості для випадку застосування методу середньоарифметичних значень та розкидів

8-й крок: розраховують ступінь надійності зроблених висновків щодо якості налагодження технологічного процесу.

Для цього здійснюють такі операції та математичні розрахунки:

а) вибирають величину інтервалу ΔC , в якому знаходяться параметри x_i , що підлягають контролю. Чим меншим буде інтервал ΔC , тим точнішими будуть розрахунки.

Прийmemo величину інтервалу $\Delta C = 0,25\text{ мм}$;

б) здійснюють розрахунки проміжних показників b , $b \cdot m_i$ і $b^2 \cdot m_i$ за методикою, наведеною в таблиці 17.3. За величину α приймається таке значення показника x_i , яке має найбільшу частоту повторення. В нашому випадку $\alpha = 9,75$, що пояснюється тим, що саме це значення параметра повторюється в таблиці 17.1 десять разів;

Таблиця 17.3 – Розрахунок проміжних показників

Інтервали значень параметра, мм	Середнє значення інтервалу X_{ci} , мм	Частота повторення параметра x_i в даному інтервалі – m_i	$\delta = \frac{X_{ci} - \alpha}{\Delta C}$	$\delta \cdot m_i$	$\delta^2 \cdot m_i$
9,50 – 9,75	9,625	25	- 0,5	- 12,5	6,25
9,76 – 10,00	9,88	15	0,52	7,8	4,056
10,01 – 10,25	10,13	11	1,52	16,72	25,414
10,26 – 10,50	10,38	9	2,52	22,68	57,15
Всього:		60	+4,06	34,7	92,87

в) розраховують величину *середньоквадратичного відхилення* σ за формулою:

$$\sigma = \Delta C \cdot \sqrt{\frac{\sum \delta^2 \cdot m_i}{\sum m_i} - \left(\frac{\sum \delta \cdot m_i}{\sum m_i}\right)^2}. \quad (17.8)$$

Для нашого випадку:

$$\sigma = 0,25 \cdot \sqrt{\frac{92,87}{60} - \left(\frac{34,7}{60}\right)^2} = 0,27 \text{ мм};$$

г) розраховують *щільність налагодження технологічного процесу* Ψ_T за формулою:

$$\Psi_T = \frac{6 \cdot \sigma}{\Delta}, \quad (17.9)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення параметра, мм;

Δ – поле допуску параметра, мм.

Якщо $\Psi_T = 1$, то щільність налагодження технологічного процесу вважається задовільною, якщо $0 \leq \Psi_T \leq 1$, то – доброю, якщо $\Psi_T > 1$, то – незадовільною. Графічне зображення щільності налагодження технологічного процесу наведено на рис. 17.5.

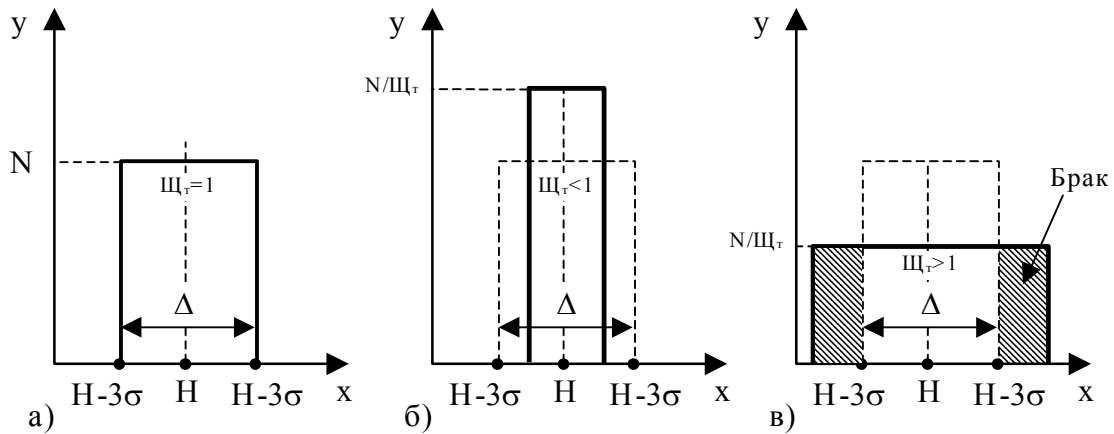


Рисунок 17.5 – Графічне зображення щільності налагодження технологічного процесу
(N – висота стовпчика, вибирається довільно)

Аналіз графіків на рис. 17.5 показує, що для випадку в), коли щільність налагодження технологічного процесу $\Psi_T > 1$, параметри значної кількості виробів будуть виходити за межі поля допуску Δ . Такий технологічний процес потребує негайного переналагодження, а результати попереднього аналізу, зроблені в п. 7, вважаються ненадійними.

Для нашого випадку:

$$\Psi_T = \frac{6 \cdot 0,27}{1} = 1,62.$$

Це означає, що результати зроблених в п. 7 попередніх висновків щодо якості налагодження технологічного процесу будуть ненадійними, а сам технологічний процес потребує негайного переналагодження.

9-й крок: розраховують допустимий коефіцієнт точності налагодження технологічного процесу.

Допустимий коефіцієнт точності налагодження показує, на яку величину (у відносних одиницях поля допуску) може відхилитись середньоарифметичне значення параметра \bar{X} від номіналу N , при якій буде гарантуватись задана якість продукції.

Допустимий коефіцієнт точності налагодження e_d розраховується за формулою:

$$e_d = \frac{\Delta - 6 \cdot \sigma}{2 \cdot \Delta} = \frac{1 - \Psi_T}{2}. \quad (17.10)$$

Як видно із формули 17.10, показники Ψ_T та e_d пов'язані між собою. Так, якщо щільність налагодження техпроцесу $\Psi_T = 1$, то:

$$e_d = \frac{1-1}{2} = 0.$$

Це свідчить про те, що середньоарифметичне значення параметра \bar{X} повинно точно збігатися з номіналом параметра N , який контролюється. В будь-якому іншому випадку технологічний процес буде налагоджений незадовільно і приведе до появи браку (див. рис. 17.5, а).

Для випадку, коли $\text{Щ}_T=0$, тобто коли всі параметри виробів, що контролювались, мають однакове значення, допустимий коефіцієнт точності налагодження технологічного процесу e_d складе:

$$e_d = \frac{1-0}{2} = 1/2.$$

Це означає, що середньоарифметичне значення параметра \bar{X} може максимально відхилитись від номіналу N ліворуч або праворуч на величину $1/2$ поля допуску (у відносних одиницях), тобто на величину $\pm 1/2 \cdot \Delta$. Іншими словами, величина $\bar{X} = \pm \frac{1}{2} \cdot \Delta$ (де Δ – поле допуску).

Таким чином, можна зробити висновок, що допустимий коефіцієнт точності налагодження e_d технологічного процесу може знаходитися в межах $0 \leq e_d \leq 1/2$.

Якщо ж допустимий коефіцієнт точності налагодження e_d технологічного процесу має *від'ємне значення*, то це означає, що якість технологічного процесу в будь-якому випадку є незадовільною і він потребує негайного корегування. Цей висновок можна підтвердити розрахунками, зробленими для нашого прикладу:

$$e_d = \frac{1-1,62}{2} = -0,31.$$

Зазначена ситуація показана на рис. 17.5, в.

10-й крок: розраховують фактичний коефіцієнт точності e_ϕ налагодження технологічного процесу.

Фактичний коефіцієнт точності e_ϕ налагодження технологічного процесу показує, на яку величину (в відносних одиницях поля допуску) від номіналу N фактично відхиляється середньоарифметичне значення параметра \bar{X} . Фактичний коефіцієнт точності налагодження технологічного процесу e_ϕ розраховується за формулою:

$$e_\phi = \frac{\bar{X} - N}{\Delta}, \quad (17.11)$$

де \bar{X} – середньоарифметичне значення параметра всіх виробів, що контролювались, мм.

Середньоарифметичне значення параметра \bar{X} всіх виробів, що підлягали вимірюванню (для 6-ти вибірок), розраховується за формулою:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6}{6}, \quad (17.12)$$

де $X_1, X_2 \dots X_6$ – середньоарифметичні значення параметра в кожній із вибірок, мм.

Для нашого прикладу:

$$\bar{X} = \frac{9,96 + 9,765 + 9,845 + 10,22 + 9,945 + 9,93}{6} = 9,944 \text{ мм.}$$

Якщо фактичний коефіцієнт налагодження технологічного процесу e_ϕ буде мати від'ємне значення, то це означає, що середньоарифметичне значення параметра \bar{X} буде знаходитись ліворуч від номіналу, тобто технологічний процес налагоджений ліворуч від номіналу.

Якщо фактичний коефіцієнт налагодження технологічного процесу e_ϕ буде мати додатне значення, то це означає, що середньоарифметичне значення параметра \bar{X} буде знаходитись праворуч від номіналу, тобто технологічний процес налагоджений праворуч від номіналу.

Якщо фактичний коефіцієнт налагодження технологічного процесу e_ϕ буде дорівнювати нулю, то це означає, що середньоарифметичне значення параметра \bar{X} буде точно збігатися з номіналом.

Для нашого прикладу:

$$e_\phi = \frac{9,944 - 10}{1} = -0,056.$$

Це свідчить про те, що середньоарифметичне значення параметра \bar{X} буде фактично відхилено *ліворуч* від номіналу $N=10$ мм на величину $0,056 \cdot \Delta = 0,056 \cdot 1 = 0,056$ мм.

11-й крок: робиться загальний висновок щодо надійності отриманих в п. 7 результатів щодо якості технологічного процесу, який підлягав статистичному контролю.

Тут можливі такі випадки:

а) коли щільність налагодження технологічного процесу $\text{Щ}_T > 1$. В цьому випадку результати попереднього аналізу, зроблені в п. 7, вважаються ненадійними, а сам технологічний процес потребує негайного переналагодження;

б) коли $0 \leq \text{Щ}_T \leq 1$, $0 \leq e_d \leq 1/2$ та $|e_\phi| < e_d$, то результати попереднього аналізу, зроблені в п. 7, вважаються надійними, а сам технологічний процес є якісним і не потребує переналагодження;

в) коли $0 \leq \text{Щ}_t \leq 1$, $0 \leq e_d \leq 1/2$ та $|e_\phi| > e_d$, то результати попереднього аналізу, зроблені в п. 7, вважаються надійними, а сам технологічний процес потребує негайного переналагодження.

17.2 Завдання для самостійного виконання

На підприємстві запроваджений поточний попереджувальний статистичний контроль якості продукції. Номінал параметра, який контролюється, $H=20$ мм. Поле допуску $\Delta=3$ мм. Верхнє допустиме значення параметра $V_d=21,5$ мм, нижнє допустиме значення параметра $H_d=18,5$ мм. В таблиці 17.4 наведені дані щодо 30 вибірок, які були зроблені контролером протягом зміни, а також інформація щодо того, які вибірки потрібно взяти для аналізу.

Таблиця 17.4 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Номери вибірок, які студент повинен взяти для аналізу	№ вибірки	Значення параметрів деталей, які зафіксував контролер, мм									
			Номери деталей									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1, 2, 3, 4, 5, 30	1	20,15	21,40	21,30	20,75	20,50	20,75	21,40	21,25	21,25	21,00
2	2, 3, 4, 5, 6, 25	2	19,50	19,75	19,00	19,50	19,25	20,00	19,75	20,10	20,25	19,00
3	3, 4, 5, 6, 7, 27	3	19,25	19,00	19,75	19,75	19,8	19,90	20,00	21,00	19,75	21,40
4	4, 5, 6, 7, 8, 29	4	19,40	19,75	19,00	20,00	19,75	19,75	20,00	21,00	20,25	19,00
5	5, 6, 7, 8, 9, 16	5	20,00	19,90	19,50	19,25	19,25	19,50	19,75	19,00	19,00	18,75
6	6, 7, 8, 9, 10, 19	6	18,75	18,75	19,00	19,00	18,80	18,60	18,75	18,75	19,00	19,00
7	7, 8, 9, 10, 11, 20	7	18,65	18,75	18,75	18,50	18,75	18,75	18,85	18,75	18,75	20,00
8	8, 9, 10, 11, 12, 21	8	18,75	18,70	18,75	19,00	19,00	19,25	19,25	19,25	19,25	19,00
9	9 10, 11, 12, 13, 22	9	19,25	19,50	19,50	19,25	19,50	19,50	19,9	19,50	19,75	19,9
10	10, 11, 12, 13, 14, 23	10	19,75	20,00	20,00	9,75	19,75	20,00	20,00	19,75	19,75	20,50
11	11, 12, 13, 14, 15, 24	11	20,00	20,25	20,25	20,25	20,50	20,50	20,50	20,25	20,25	20,50
12	12, 13, 14, 15, 16, 25	12	20,25	21,25	21,50	21,50	20,50	20,75	20,50	20,75	20,50	20,50
13	13, 14, 15, 16, 17, 27	13	20,50	20,50	21,25	21,50	21,25	21,50	20,75	20,50	20,75	20,50
14	14, 15, 16, 17, 18, 21	14	20,50	20,75	20,75	20,75	21,00	21,00	21,45	21,30	20,75	21,40
15	15, 16, 17, 18, 19, 30	15	20,75	20,75	21,00	21,30	20,75	20,75	21,45	21,40	21,30	21,25
16	16, 17, 18, 19, 20, 24	16	21,00	21,00	21,25	21,25	21,25	21,50	21,25	21,25	21,45	21,45
17	17, 18, 19, 20, 21, 8	17	11,50	21,45	21,30	21,75	21,75	21,75	21,50	21,50	21,45	21,50
18	18, 19, 20, 21, 22, 3	18	21,50	21,25	21,25	21,25	21,00	21,00	21,00	21,25	21,30	21,40
19	19, 20, 21, 22, 23, 1	19	21,25	21,25	21,00	21,00	20,75	20,75	20,75	20,50	20,50	20,75
20	20, 21, 22, 23, 24, 2	20	21,50	21,00	21,00	20,75	20,75	20,50	20,50	20,75	20,50	20,25
21	21, 22, 23, 24, 25, 7	21	20,75	20,75	20,25	20,25	20,25	20,00	20,00	19,75	19,75	20,00
22	22, 23, 24, 25, 26, 9	22	20,25	20,25	20,00	20,00	19,75	19,75	20,00	19,50	19,50	19,50
23	23, 24, 25, 26, 27, 10	23	20,00	19,75	19,75	20,00	19,50	19,50	19,50	19,75	19,25	19,25
24	24, 25, 26, 27, 28, 4	24	19,75	19,75	19,50	19,50	19,50	19,25	19,50	19,50	19,25	19,50
25	25, 26, 27, 28, 29, 5	25	19,50	19,50	19,50	19,75	19,50	19,25	19,50	19,25	19,25	19,25
26	26, 27, 28, 29, 30, 6	26	19,35	19,25	19,40	19,25	19,00	19,00	19,20	18,75	19,00	19,75
27	27, 28, 29, 30, 1, 15	27	19,25	19,00	19,00	18,75	19,00	18,75	18,75	18,75	19,00	18,50
28	28, 29, 30, 1, 2, 13	28	19,00	19,00	18,75	18,75	19,00	18,75	18,50	18,50	18,50	18,65
29	29, 30, 1, 2, 3, 11	29	18,75	18,50	18,50	18,75	18,50	18,85	18,60	18,75	18,60	18,75
30	30, 1, 2, 3, 4, 19	30	19,90	18,75	19,00	19,25	19,00	19,25	19,25	19,25	19,50	19,90

Керуючись даними таблиці 17.4, потрібно:

1. Виписати значення параметрів тих вибірок, які відповідають завданню, та скласти таблицю, аналогічну табл. 17.1.
2. Застосовуючи метод середньоарифметичних значень та розкидів, зробити висновок щодо якості технологічного процесу. Для цього:
 - а) розрахувати середньоарифметичне значення параметрів в кожній вибірці;
 - б) розрахувати величину розкидів в кожній із вибірок;
 - в) розрахувати величини регулюючих кордонів для середньоарифметичних значень та розкидів;
 - г) нарисувати карту контролю якості та нанести на неї всі регулюючі кордони, середньоарифметичні значення та розкиди.
 - д) зробити попередній висновок щодо якості налагодження технологічного процесу, який підлягав контролю.
3. Оцінити ступінь надійності отриманих результатів. Для цього:
 - а) розрахувати величину середньоквадратичного відхилення σ , для чого скласти таблицю за зразком таблиці 17.3 та провести відповідні розрахунки. Значення інтервалу ΔC прийняти таким:

Варіант	ΔC , мм	Варіант	ΔC , мм	Варіант	ΔC , мм	Варіант	ΔC , мм	Варіант	ΔC , мм
1	0,1	7	0,15	13	0,25	19	0,25	25	0,2
2	0,15	8	0,2	14	0,3	20	0,1	26	0,25
3	0,2	9	0,25	15	0,1	21	0,15	27	0,3
4	0,25	10	0,3	16	0,15	22	0,2	28	0,1
5	0,3	11	0,2	17	0,2	23	0,25	29	0,15
6	0,2	12	0,1	18	0,25	24	0,1	30	0,2

- б) розрахувати щільність налагодження технологічного процесу та побудувати графік, аналогічний графіку на рис. 17.5;
 - в) розрахувати допустимий коефіцієнт точності налагодження технологічного процесу;
 - г) розрахувати фактичний коефіцієнт точності налагодження технологічного процесу.
4. Визначити надійність отриманих попередніх результатів щодо якості налагодження технологічного процесу.
5. Зробити висновки.

17.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Охарактеризуйте суть та основні задачі, які повинна вирішувати служба управління якістю підприємства.

2. Суть, значення та задачі технічного контролю.
3. Об'єкти та виконавці контрольних операцій.
4. Наведіть класифікацію основних видів технічного контролю та дайте їм характеристику.
5. Охарактеризуйте види технічного контролю за місцем виконання контрольних операцій.
6. Охарактеризуйте види технічного контролю за ознакою "призначення".
7. Охарактеризуйте види технічного контролю за ступенем охоплення продукції.
8. Охарактеризуйте види технічного контролю за часом виконання контрольних операцій.
9. В чому полягає сутність статистичних методів контролю якості продукції? Причини запровадження та переваги статистичного контролю.
10. Крива Гаусса: математичний запис та нормальний закон (графік) розподілу випадкових змінних.
11. Теоретичні основи запровадження статистичних методів контролю якості продукції.
12. Види статистичного контролю та їх характеристика.
13. Розрахунок та призначення регулюючих кордонів при проведенні статистичного контролю якості продукції.
14. Яким чином складається карта якості продукції при проведенні поточного попереджувального статистичного контролю якості продукції?
15. Яку інформацію несе карта якості продукції при проведенні поточного попереджувального статистичного контролю якості продукції? Які висновки повинен зробити менеджер, аналізуючи карту якості?
16. Як розраховується щільність налагодження технологічного процесу? Які значення щільності налагодження технологічного процесу сигналізують про задовільну або незадовільну якість технологічного процесу?
17. Як пов'язані між собою щільність налагодження технологічного процесу та допустимий коефіцієнт точності налагодження технологічного процесу? Яку інформацію несуть ці показники?
18. Які співвідношення між допустимим та фактичним коефіцієнтом точності налагодження технологічного процесу потрібно проаналізувати, щоб зробити висновок щодо ступеня надійності результатів, отриманих в процесі здійснення поточного попереджувального статистичного контролю?
19. Нарисуйте графік, який би зображував точність налагодження технологічного процесу для випадку, коли $\text{Щ}_T=1$, а $\bar{X} = H$.
20. Нарисуйте графік, який би зображував точність налагодження технологічного процесу для випадку, коли $\text{Щ}_T=1$, а $\bar{X} < H$.

21. Нарисуйте графік, який би зображував точність налагодження технологічного процесу для випадку, коли $\text{Щ}_T=1$, а $\bar{X} > H$.
22. Нарисуйте графік, який би зображував точність налагодження технологічного процесу для випадку, коли $\text{Щ}_T=0,5$, а $\bar{X} = H$.
23. Нарисуйте графік, який би зображував точність налагодження технологічного процесу для випадку, коли $\text{Щ}_T=1,5$, а $\bar{X} = H$.

Тема: “Здійснення статистичного контролю якості продукції методом індивідуальних значень та медіан”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання та розвинути практичні навички проведення поточного попереджувального статистичного контролю якості продукції методом індивідуальних значень та медіан.

18.1 Теоретична частина

Теоретичні основи застосування статистичного контролю якості продукції та їх види розглянуті в практичному занятті 17. Нагадаємо, що основними видами статистичного контролю є поточний попереджувальний статистичний контроль та приймальний статистичний контроль.

Застосування статистичного поточного попереджувального контролю передбачає проведення таких етапів робіт:

1. Вибір методу проведення контролю.
2. Здійснення вибіркового контролю параметрів виробу.
3. Складання карти контролю якості та обробка результатів.
4. Визначення ступеня достовірності отриманих результатів.
5. Висновки щодо якості партії виробів.

Розглянемо практичне застосування поточного попереджувального статистичного контролю, який здійснюється *методом індивідуальних значень та медіан*. З іншими методами контролю більш детально можна ознайомитись в [1, 4, 10].

Застосування поточного попереджувального статистичного контролю методом індивідуальних значень та медіан передбачає проведення таких етапів робіт:

1-й крок: вибирається параметр виробу, який підлягає контролю, та визначається згідно з чинними стандартами поле допуску цього параметра.

Припустимо, що виготовляється деталь, яка має діаметр 10 мм. Поле допуску $\Delta = 1$ мм визначено в межах $\pm 0,5$ мм від номіналу, тобто всі деталі будуть вважатися такими, що відповідають вимогам стандартів, якщо їх діаметр знаходиться в межах від 9,5 мм до 10,5 мм.

2-й крок: здійснюється вибіркового контроль даного параметра деталей з фіксацією отриманих результатів в таблиці.

Припустимо, контролер кожну годину приходить на робоче місце робітника та робить заміри 10 останніх деталей. За зміну контролер зробив 6 замірів (вибірок), результати яких зведені в таблицю 18.1.

Таблиця 18.1 – Фіксація значень параметрів деталей (в мм)

Номер деталі	Номер вибірки					
	1	2	3	4	5	6
1	9,65	9,85	10,15	9,90	10,20	9,95
2	9,55	9,75	9,95	10,25	9,60	10,00
3	9,65	10,25	9,70	10,20	9,75	9,70
4	10,00	9,75	9,60	10,30	9,90	10,40
5	9,75	9,55	9,60	10,45	10,25	9,75
6	9,80	9,80	10,00	10,30	10,00	9,70
7	10,35	9,65	9,70	9,80	10,40	10,25
8	10,40	9,60	9,75	10,10	9,75	10,00
9	10,20	9,75	10,25	10,45	9,60	9,75
10	10,25	9,70	9,75	10,45	10,00	9,80

Як видно із даних таблиці 18.1, бракованих деталей контролер не виявив, тобто параметр жодної з деталей не має значень, які б перевищували 10,5 мм або були меншими за 9,5 мм. Але це ще не означає, що бракованих деталей немає, бо контролер робив тільки вибіркового контролю.

3-й крок: здійснюється статистична обробка отриманих результатів, яка передбачає визначення медіани в кожній із вибірок. *Медіаною* в математичній статистиці називається середнє значення упорядкованої послідовності зростаючих або спадних чисел. Наприклад, для послідовності чисел 1, 3, 6, 14, 19 медіаною вважається число 6, тому що воно знаходиться всередині ряду чисел, що зростають.

Для нашого прикладу медіани в кожній із вибірок виділені більш темним кольором. Для першої вибірки – це 10,00 мм, для другої – 9,75 мм, для третьої – 9,75 мм, для четвертої – 10,30 мм, для п'ятої – 10,00 мм, для шостої – 9,95 мм;

4-й крок: розраховують регулюючі кордони для індивідуальних значень параметрів та для медіан.

Верхнє значення регулюючого кордону V_{pi} для індивідуальних значень розраховується за формулою:

$$V_{pi} = V_d - \Delta \cdot \left(\frac{3 - k_i}{6} \right), \quad (18.1)$$

де V_d – верхнє допустиме значення параметра, мм.;

Δ – поле допуску, мм;

k_i – спеціальний коефіцієнт, який залежить від величини вибірки. Значення коефіцієнтів k_i наведені в таблиці 18.2.

Таблиця 18.2 – Значення коефіцієнтів k_i

Величина вибірки n	3	5	7	9	10	11	13	15
k_i	2,32	2,5	2,62	2,7	2,74	2,77	2,82	2,87

Нижнє значення регулюючого кордону H_{pi} для індивідуальних значень розраховується за формулою:

$$H_{pi} = H_d + \Delta \cdot \left(\frac{3 - k_i}{6} \right), \quad (18.2)$$

де H_d – нижнє допустиме значення параметра, мм.

Верхнє значення регулюючого кордону V_{pm} для медіан розраховується за формулою:

$$V_{pm} = V_d - \Delta \cdot \left(\frac{3 - k_m}{6} \right), \quad (18.3)$$

де k_m – спеціальний коефіцієнт, який залежить від величини вибірки. Значення коефіцієнтів k_m наведені в таблиці 18.3.

Таблиця 18.3 – Значення коефіцієнтів k_m

Величина вибірки n	3	5	7	9	10	11	13	15
k_m	2,0	1,55	1,32	1,18	1,10	1,06	1,0	0,91

Нижнє значення регулюючого кордону H_{pm} для медіан розраховується за формулою:

$$H_{pm} = H_d + \Delta \cdot \left(\frac{3 - k_m}{6} \right). \quad (18.4)$$

Для нашого прикладу:

$$V_{pi} = V_d - \Delta \cdot \left(\frac{3 - k_i}{6} \right) = 10,5 - 1 \cdot \left(\frac{3 - 2,74}{6} \right) = 10,456 \text{ мм},$$

$$H_{pi} = H_d + \Delta \cdot \left(\frac{3 - k_i}{6} \right) = 9,5 + 1 \cdot \left(\frac{3 - 2,74}{6} \right) = 9,543 \text{ мм},$$

$$V_{pm} = V_d - \Delta \cdot \left(\frac{3 - k_m}{6} \right) = 10,5 - 1 \cdot \left(\frac{3 - 1,1}{6} \right) = 10,18 \text{ мм},$$

$$H_{pm} = H_d + \Delta \cdot \left(\frac{3 - k_m}{6} \right) = 9,5 + 1 \cdot \left(\frac{3 - 1,1}{6} \right) = 9,82 \text{ мм.}$$

5-й крок: нанесення регулюючих кордонів V_{pi} , H_{pi} , V_{pm} та H_{pm} на карту якості продукції, вид якої наведений на рис. 18.1.

6-й крок: нанесення індивідуальних значень параметрів та медіан на карту контролю якості.

При цьому потрібно пам'ятати, якщо всі індивідуальні значення параметрів у вибірці входять в межі регулюючих кордонів V_{pi} та H_{pi} , а медіана вибірки входить в межі регулюючого кордону V_{pm} і H_{pm} для медіан, то технологічний процес вважається стабільним і не потребує переналагодження.

Якщо індивідуальні значення параметрів входять в межі поля допуску Δ , але виходять за межі власних верхнього або нижнього регулюючих кордонів, то браку ще немає, але він може з'явитись в найближчий час. Тому потрібне термінове переналагодження технологічного процесу. Якщо медіана вибірки виходить за межі власних регулюючих кордонів, то знов-таки потрібне негайне коригування технологічного процесу.

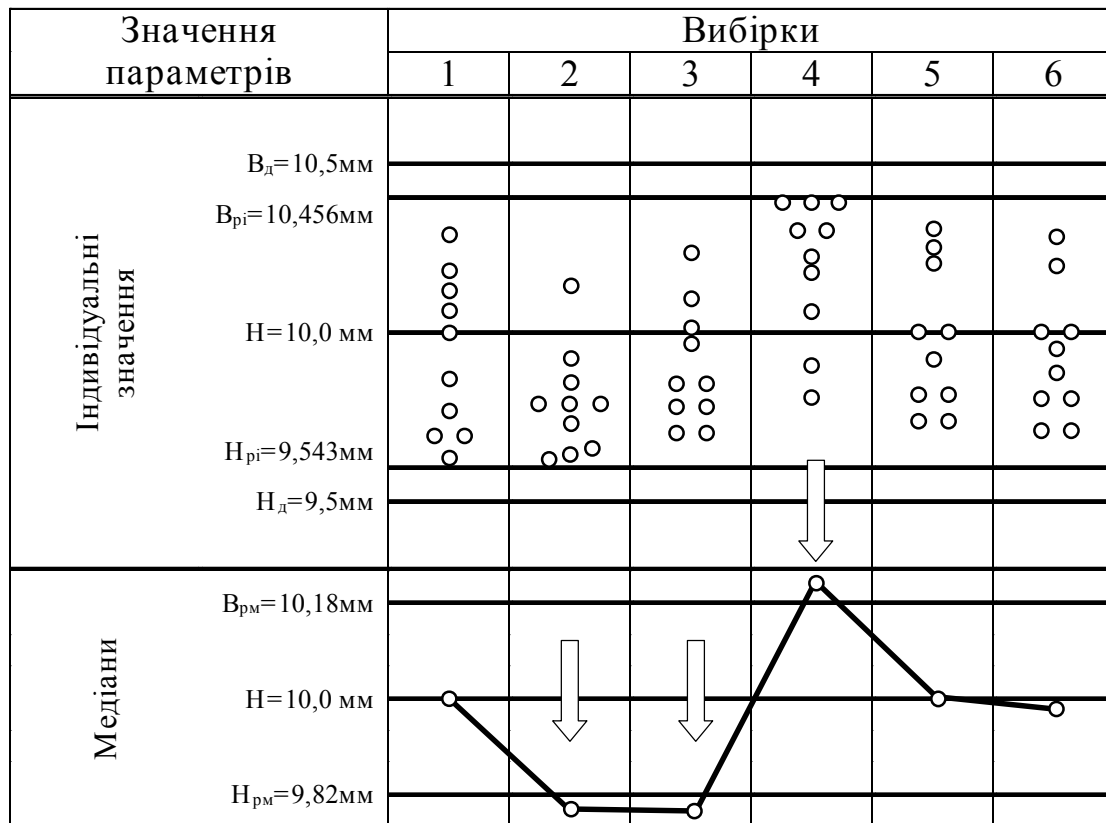


Рисунок 18.1 – Карта контролю якості для випадку застосування методу індивідуальних значень та медіан

7-й крок: здійснюють попередній аналіз результатів проведеного статистичного контролю.

Аналіз діаграми якості на рис. 18.1 показує, що всі індивідуальні значення параметра, який контролювався, не вийшли за межі регулюючих кордонів для індивідуальних значень. Що ж стосується медіан, то в другій та четвертій вибірці (і це повністю збігається з прикладом, який розглядався в практичному занятті 17) медіани вийшли за межі регулюючого кордону. Це говорить про необхідність проведення переналагодження технологічного процесу. Більше того, і в третій вибірці медіана також трішки вийшла за межі свого регулюючого кордону, що говорить про те, що доцільно і в цьому випадку провести коригування технологічного процесу.

8-й крок: розраховують ступінь надійності зроблених висновків щодо якості налагодження технологічного процесу.

Для цього здійснюють такі розрахунки:

а) вибирають величину інтервалу ΔC , в якому знаходяться параметри x_i , що підлягають контролю. Чим меншим буде інтервал ΔC , тим точнішими будуть розрахунки.

Прийmemo величину інтервалу $\Delta C = 0,20$ мм;

б) здійснюють розрахунки проміжних показників \bar{b} , $\bar{b} \cdot m_i$ і $\bar{b}^2 \cdot m_i$ за методикою, наведеною в таблиці 18.4. За величину α приймається таке значення показника x_i , яке має найбільшу частоту повторення. В нашому випадку $\alpha = 9,75$, що пояснюється тим, що саме це значення параметра повторюється в таблиці 18.1 десять разів;

Таблиця 18.4 – Розрахунок проміжних показників \bar{b} , $\bar{b} \cdot m_i$ та $\bar{b}^2 \cdot m_i$

Інтервали значень параметра, мм	Середнє значення інтервалу X_{ci} , мм	Частота повторення параметра x_i в даному інтервалі – m_i	$\bar{b} = \frac{X_{ci} - \alpha}{\Delta C}$	$\bar{b} \cdot m_i$	$\bar{b}^2 \cdot m_i$
9,50 – 9,70	9,6	15	- 0,75	- 11,25	8,44
9,71 – 9,90	9,8	17	0,25	4,25	1,062
9,91 – 10,10	10,0	9	1,25	11,25	14,062
10,11 – 10,30	10,2	12	2,25	27	60,75
10,31 – 10,50	10,4	7	3,25	22,75	73,937
Всього:		60	+6,25	54	158,251

в) розраховують величину *середньоквадратичного відхилення* σ за формулою:

$$\sigma = \Delta C \cdot \sqrt{\frac{\sum \delta^2 \cdot m_i}{\sum m_i} - \left(\frac{\sum \delta \cdot m_i}{\sum m_i} \right)^2} \quad (18.5)$$

Для нашого випадку:

$$\sigma = 0,2 \cdot \sqrt{\frac{158,251}{60} - \left(\frac{54}{60}\right)^2} = 0,27 \text{ мм};$$

г) розраховують щільність налагодження технологічного процесу Ψ_T за формулою:

$$\Psi_T = \frac{6 \cdot \sigma}{\Delta}, \quad (18.6)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення параметра, мм;

Δ – поле допуску параметра, мм.

Якщо $\Psi_T=1$, то щільність налагодження технологічного процесу вважається задовільною, якщо $0 \leq \Psi_T \leq 1$, то – доброю, якщо $\Psi_T > 1$, то – незадовільною. Графічне зображення щільності налагодження технологічного процесу наведено на рис. 17.5 (дивися практичне заняття 17).

Для нашого випадку:

$$\Psi_T = \frac{6 \cdot 0,27}{1} = 1,62.$$

Це означає, що результати зроблених в п. 7 попередніх висновків щодо якості налагодження технологічного процесу будуть ненадійними, а сам технологічний процес потребує негайного переналагодження.

8-й крок: розраховують допустимий коефіцієнт точності налагодження технологічного процесу.

Допустимий коефіцієнт точності налагодження показує, на яку величину (у відносних одиницях поля допуску) може відхилитись від номіналу N середньоарифметичне значення параметра \bar{X} , при якій буде гарантуватись задана якість продукції.

Допустимий коефіцієнт точності налагодження e_d розраховується за формулою:

$$e_d = \frac{\Delta - 6 \cdot \sigma}{2 \cdot \Delta} = \frac{1 - \Psi_T}{2}. \quad (18.7)$$

Як видно із формули 18.7, показники Ψ_T та e_d пов'язані між собою. Детальніше дивися в практичному занятті 17.

9-й крок: розраховують фактичний коефіцієнт точності e_f налагодження технологічного процесу.

Фактичний коефіцієнт точності e_f налагодження технологічного процесу показує, на яку величину (у відносних одиницях поля допуску) від номіналу N фактично відхиляється середньоарифметичне значення парамет-

ра \bar{X} . Фактичний коефіцієнт точності налагодження технологічного процесу e_ϕ розраховується за формулою:

$$e_\phi = \frac{\bar{X} - H}{\Delta}, \quad (18.8)$$

де \bar{X} – середньоарифметичне значення параметра всіх виробів, що контролювались, мм.

Середньоарифметичне значення параметра \bar{X} всіх виробів, що підлягали вимірюванню (для 6-ти вибірок), розраховується за формулою:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad (18.9)$$

де x_i – значення параметра кожного із виробів, які підлягали вимірюванню, мм.;

N – загальна кількість виробів, які підлягали вимірюванню в усіх вибірках, шт.

Для нашого випадку:

$$\bar{X} = \frac{9,65 + 9,55 + 9,65 + 10,00 + \dots + 9,75 + 9,80}{60} = \frac{596,65}{60} = 9,9441 \text{ мм.}$$

Якщо фактичний коефіцієнт налагодження технологічного процесу e_ϕ буде мати від'ємне значення, то це означає, що середньоарифметичне значення параметра \bar{X} буде знаходитись ліворуч від номіналу, тобто технологічний процес налагоджений ліворуч від номіналу.

Якщо фактичний коефіцієнт налагодження технологічного процесу e_ϕ буде мати додатне значення, то це означає, що середньоарифметичне значення параметра \bar{X} буде знаходитись праворуч від номіналу, тобто технологічний процес налагоджений праворуч від номіналу.

Якщо фактичний коефіцієнт налагодження технологічного процесу e_ϕ буде дорівнювати нулю, то це означає, що середньоарифметичне значення параметра \bar{X} буде точно збігатися з номіналом.

Для нашого прикладу:

$$e_\phi = \frac{9,944 - 10}{1} = -0,056.$$

Це свідчить про те, що середньоарифметичне значення параметра \bar{X} буде фактично відхилено *ліворуч* від номіналу $N=10$ мм на величину $0,056 \cdot \Delta = 0,056 \cdot 1 = 0,056$ мм.

10-й крок: робиться загальний висновок щодо надійності отриманих в п.7 результатів щодо якості технологічного процесу, який підлягав статистичному контролю.

Тут можливі такі випадки:

а) коли щільність налагодження технологічного процесу $\Psi_T > 1$. В цьому випадку результати попереднього аналізу, зроблені в п. 7, вважаються ненадійними, а сам технологічний процес потребує негайного переналагодження;

б) коли $0 \leq \Psi_T \leq 1$, $0 \leq e_d \leq 1/2$ та $|e_\phi| < e_d$, то результати попереднього аналізу, зроблені в п. 7, вважаються надійними, а сам технологічний процес є якісним і не потребує переналагодження;

в) коли $0 \leq \Psi_T \leq 1$, $0 \leq e_d \leq 1/2$ та $|e_\phi| > e_d$, то результати попереднього аналізу, зроблені в п. 7, вважаються надійними, а сам технологічний процес потребує негайного переналагодження.

18.2 Завдання для самостійного виконання

На підприємстві запроваджений поточний попереджувальний статистичний контроль якості продукції. Номінал параметра, який контролюється, $N=20$ мм. Поле допуску $\Delta = 3$ мм. Верхнє допустиме значення параметра $V_d=21,5$ мм, нижнє допустиме значення параметра $N_d=18,5$ мм. В таблиці 18.5 наведені дані щодо 30 вибірок, які були зроблені контролером протягом зміни, а також інформація про те, які вибірки потрібно взяти для аналізу.

Керуючись даними таблиці 18.5, потрібно:

1. Виписати значення параметрів тих вибірок, які відповідають завданню, та скласти таблицю, аналогічну табл. 18.1.
2. Застосовуючи метод індивідуальних значень та медіан, зробити висновок щодо якості технологічного процесу. Для цього:
 - а) визначити для кожної вибірки значення медіани;
 - б) для індивідуальних значень та медіан розрахувати величини регулюючих кордонів;
 - в) нарисувати карту контролю якості та нанести на неї всі регулюючі кордони, індивідуальні значення та медіани.
 - г) зробити попередній висновок щодо якості технологічного процесу.

Таблиця 18.5 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Номери вибірок, які студент повинен взяти для аналізу	№ вибірки	Значення параметрів деталей, які зафіксував контролер, мм									
			Номери деталей									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	4, 5, 6, 7, 8, 29	1	20,15	21,40	21,30	20,75	20,50	20,75	21,40	21,25	21,25	21,00
2	5, 6, 7, 8, 9, 16	2	19,50	19,75	19,00	19,50	19,25	20,00	19,75	20,10	20,25	19,00
3	6, 7, 8, 9, 10, 19	3	19,25	19,00	19,75	19,75	19,8	19,90	20,00	21,00	19,75	21,40
4	7, 8, 9, 10, 11, 20	4	19,40	19,75	19,00	20,00	19,75	19,75	20,00	21,00	20,25	19,00
5	8, 9, 10, 11, 12, 21	5	20,00	19,90	19,50	19,25	19,25	19,50	19,75	19,00	19,00	18,75
6	9 10, 11, 12, 13, 22	6	18,75	18,75	19,00	19,00	18,80	18,60	18,75	18,75	19,00	19,00
7	10, 11, 12, 13, 14,23	7	18,65	18,75	18,75	18,50	18,75	18,75	18,85	18,75	18,75	20,00
8	11, 12, 13, 14, 15, 24	8	18,75	18,70	18,75	19,00	19,00	19,25	19,25	19,25	19,25	19,00
9	12, 13, 14, 15, 16, 25	9	19,25	19,50	19,50	19,25	19,50	19,50	19,9	19,50	19,75	19,9
10	13, 14, 15, 16, 17, 27	10	19,75	20,00	20,00	9,75	19,75	20,00	20,00	19,75	19,75	20,50
11	14, 15, 16, 17, 18,21	11	20,00	20,25	20,25	20,25	20,50	20,50	20,50	20,25	20,25	20,50
12	15, 16, 17, 18, 19, 30	12	20,25	21,25	21,50	21,50	20,50	20,75	20,50	20,75	20,50	20,50
13	16, 17, 18, 19, 20, 24	13	20,50	20,50	21,25	21,50	21,25	21,50	20,75	20,50	20,75	20,50
14	17, 18, 19, 20, 21, 8	14	20,50	20,75	20,75	20,75	21,00	21,00	21,45	21,30	20,75	21,40
15	18, 19,20, 21, 22, 3	15	20,75	20,75	21,00	21,30	20,75	20,75	21,45	21,40	21,30	21,25
16	19, 20, 21, 22, 23, 1	16	21,00	21,00	21,25	21,25	21,25	21,50	21,25	21,25	21,45	21,45
17	20, 21, 22, 23, 24, 2	17	11,50	21,45	21,30	21,75	21,75	21,75	21,50	21,50	21,45	21,50
18	21, 22, 23, 24, 25, 7	18	21,50	21,25	21,25	21,25	21,00	21,00	21,00	21,25	21,30	21,40
19	22, 23, 24, 25, 26, 9	19	21,25	21,25	21,00	21,00	20,75	20,75	20,75	20,50	20,50	20,75
20	23, 24, 25, 26, 27, 10	20	21,50	21,00	21,00	20,75	20,75	20,50	20,50	20,75	20,50	20,25
21	24, 25, 26, 27, 28, 4	21	20,75	20,75	20,25	20,25	20,25	20,00	20,00	19,75	19,75	20,00
22	25, 26, 27, 28, 29, 5	22	20,25	20,25	20,00	20,00	19,75	19,75	20,00	19,50	19,50	19,50
23	26, 27, 28, 29, 30, 6	23	20,00	19,75	19,75	20,00	19,50	19,50	19,50	19,75	19,25	19,25
24	27, 28, 29, 30, 1, 15	24	19,75	19,75	19,50	19,50	19,50	19,25	19,50	19,50	19,25	19,50
25	28, 29, 30, 1, 2, 13	25	19,50	19,50	19,50	19,75	19,50	19,25	19,50	19,25	19,25	19,25
26	29, 30, 1, 2, 3, 11	26	19,35	19,25	19,40	19,25	19,00	19,00	19,20	18,75	19,00	19,75
27	30, 1, 2, 3, 4, 19	27	19,25	19,00	19,00	18,75	19,00	18,75	18,75	18,75	19,00	18,50
28	1, 2, 3, 4, 5, 30	28	19,00	19,00	18,75	18,75	19,00	18,75	18,50	18,50	18,50	18,65
29	2, 3, 4, 5, 6, 25	29	18,75	18,50	18,50	18,75	18,50	18,85	18,60	18,75	18,60	18,75
30	3, 4, 5, 6, 7, 27	30	19,90	18,75	19,00	19,25	19,00	19,25	19,25	19,25	19,50	19,90

3. Оцінити ступінь надійності отриманих результатів. Для цього:
- розрахувати величину середньоквадратичного відхилення σ , для чого скласти таблицю за зразком таблиці 18.4 та провести відповідні розрахунки. Значення інтервалу ΔC прийняти таким:

Варіант	ΔC , мм	Варіант	ΔC , мм	Варіант	ΔC , мм	Варіант	ΔC , мм	Варіант	ΔC , мм
1	0,15	7	0,1	13	0,25	19	0,1	25	0,2
2	0,2	8	0,15	14	0,25	20	0,25	26	0,2
3	0,25	9	0,2	15	0,3	21	0,1	27	0,25
4	0,3	10	0,25	16	0,1	22	0,15	28	0,3
5	0,2	11	0,3	17	0,15	23	0,2	29	0,1
6	0,1	12	0,2	18	0,2	24	0,25	30	0,15

- б) розрахувати допустимий коефіцієнт точності налагодження технологічного процесу;
 - в) розрахувати середньоарифметичне значення параметра \bar{X} всіх виробів, які контролювались;
 - г) розрахувати щільність налагодження технологічного процесу;
 - д) розрахувати фактичний коефіцієнт точності налагодження технологічного процесу.
4. Визначити надійність отриманих результатів щодо якості налагодження технологічного процесу.
 5. Зробити висновки.

18.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Види, розрахунок та призначення регулюючих кордонів при проведенні поточного попереджувального статистичного контролю якості продукції методом індивідуальних значень та медіан.
2. Яким чином складається карта якості продукції при проведенні поточного попереджувального статистичного контролю якості продукції методом індивідуальних значень та медіан?
3. Яку інформацію несе карта якості продукції при проведенні поточного попереджувального статистичного контролю якості продукції? Які висновки повинен робити менеджер, аналізуючи карту якості?
4. Як розраховуються допустимий та фактичний коефіцієнти точності налагодження технологічного процесу? Яку інформацію для менеджера несуть ці коефіцієнти?
5. Як розраховується щільність налагодження технологічного процесу? Які значення щільності сигналізують про задовільну або незадовільну якість технологічного процесу?
6. Як пов'язані між собою щільність налагодження технологічного процесу та допустимий коефіцієнт точності налагодження технологічного процесу?
7. Які співвідношення між допустимим та фактичним коефіцієнтом точності налагодження технологічного процесу потрібно проаналізувати, щоб зробити висновок щодо ступеня надійності результатів, отриманих в процесі здійснення поточного попереджувального статистичного контролю?

18.4. Задачі для розв'язування

1. Номінал параметра виробу, який повинен контролюватись, дорівнює 100 см, поле допуску – 6 см, щільність налагодження технологічного процесу планується на рівні 1,0.

Для забезпечення високої якості виробів був запроваджений поточний попереджувальний статистичний контроль. В результаті його проведення з'ясувалось, що фактичний коефіцієнт налагодження технологічного процесу склав 0,15 при його щільності 0,6.

Розрахувати: а) чи була забезпечена задана якість виробів; б) середньоарифметичне значення параметра, яке було зафіксоване в ході проведення статистичного контролю.

2. Номінал параметра виробу, який повинен контролюватись, дорівнює 100 см, поле допуску – 6 см, щільність налагодження технологічного процесу планується на рівні 0,5.

Для забезпечення високої якості виробів був запроваджений поточний попереджувальний статистичний контроль. В результаті його проведення з'ясувалось, що фактичний коефіцієнт налагодження технологічного процесу склав 0,32 при його щільності 0,3.

Розрахувати: а) чи була забезпечена задана якість виробів; б) середньоарифметичне значення параметра, яке було зафіксоване в ході проведення статистичного контролю.

3. Номінал параметра виробу, який повинен контролюватись, дорівнює 200 см, поле допуску – 0,8 см, щільність налагодження технологічного процесу планується на рівні 1,0.

Для забезпечення високої якості виробів був запроваджений поточний попереджувальний статистичний контроль. В результаті його проведення з'ясувалось, що середньоарифметичне значення основного параметра склало 200,3 см.

Розрахувати якою повинна бути фактична щільність налагодження технологічного процесу, щоб якість виробів була гарантована.

4. Номінал параметра виробу, який повинен контролюватись, дорівнює 10 см, поле допуску – 0,5 см, щільність налагодження технологічного процесу планується на рівні 0,8.

Для забезпечення високої якості виробів був запроваджений поточний попереджувальний статистичний контроль.

Розрахувати: а) якою повинна бути величина дисперсії, щоб виконати заплановані умови; б) середньоарифметичне значення параметра за умови,

що фактичний коефіцієнт налагодження технологічного процесу дорівнює допустимому.

5. Поле допуску параметра виробу дорівнює 0,60 см, запланована дисперсія – 0,64 см².

Для забезпечення високої якості виробів був запроваджений поточний попереджувальний статистичний контроль.

В ході статистичного контролю середньоарифметичне значення параметра було зафіксовано на рівні 90,06 см при запланованій щільності налагодження технологічного процесу та збіганні фактичного й допустимого коефіцієнтів налагодження технологічного процесу.

Розрахувати значення номіналу параметра, який підлягав статистичному контролю.

6. Номінал параметра виробу, який повинен контролюватись, дорівнює 120 см, середньоквадратичне відхилення – 0,16 см, щільність налагодження технологічного процесу планується на рівні 0,8.

Для забезпечення високої якості виробів був запроваджений поточний попереджувальний статистичний контроль.

Визначити фактичний коефіцієнт налагодження технологічного процесу, якщо в ході здійснення контролю виявилось, що середньоарифметичне значення контрольованого параметра склало 119,4 см.

7. Для забезпечення високої якості виробів планується застосовувати поточний попереджувальний статистичний контроль. Щільність налагодження технологічного процесу планується на рівні 0,6 при величині середньоквадратичного відхилення параметра – 0,7 см.

В ході проведення статистичного контролю виявилось, що середньоарифметичне значення основного параметра склало 111,75 см, а фактичний коефіцієнт налагодження – 0,25. Щільність налагодження технологічного процесу була на рівні запланованої.

Визначити номінал основного параметра виробу, який контролювався.

18.5 Відповіді на задачі

1. Якість гарантується, оскільки $e_{\phi}=0,15 < e_{д(н)}=0,2$; 100,9 см.
2. Якість гарантується, оскільки $e_{\phi}=0,32 < e_{д(н)}=0,35$; 101,92 см.
3. Менше 0,25.
4. 0,0044..., 10,05 см.
5. 90 см.
6. – 0,5.
7. 110 см.

Тема: “Застосування приймального статистичного контролю”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання та розвинути практичні навички проведення приймального статистичного контролю якості продукції.

19.1 Теоретична частина

Приймальний статистичний контроль полягає в тому, що із підконтрольної партії виробів N безпосередній перевірці підлягає тільки частина виробів n , яка називається *вибіркою*, і, в залежності від кількості бракованих виробів L , які були виявлені в процесі перевірки, робиться висновок щодо якості всієї партії виробів та прийняття або неприйняття цієї партії замовником.

При цьому сама вибірка виробів повинна бути *представницькою* (або *репрезентативною*), тобто відображати всі особливості партії виробів без переважного виділення будь-якої її частини. Для цього вибірка повинна бути складена із різних частин партії.

Розмір вибірки n та допустима кількість C бракованих виробів у вибірці, при якій вся партія виробів приймається або бракується, визначається шляхом використання теорій ймовірностей та математичної статистики.

При цьому відповідними пунктами розрахунків є такі:

- ризик споживача не повинен перевищувати певну величину (нагадаємо, що *ризиком* вважається ймовірність прийняття партії виробів, якість якої буде нижча за обумовлену, або такої партії, процент бракованих виробів в якій буде більше встановленого);
- кількість виробів в вибірці, які підлягають контролю, повинна бути мінімальною.

Найчастіше розмір вибірки n та допустима кількість C бракованих виробів у вибірці розраховуються в залежності від максимально допустимої частки браку P_6 в партії виробів N , яка підлягає контролю. Допустима частка браку в партії визначається споживачем або за домовленістю між виробником і споживачем. Зрозуміло, що чим меншою планується частка браку споживачем, тим більшим буде значення n та меншим значення C .

Значення n та C в залежності від величин P_6 та N наводяться в спеціальних таблицях.

Існує два основних методи здійснення приймального статистичного контролю: *за альтернативною ознакою* (альтернативний метод) та *за кіль-*

кісною ознакою (кількісний метод). В свою чергу, альтернативний метод має два різновиди: *метод одинарних вибірок та метод подвійних вибірок*.

Метод одинарних вибірок здійснюється згідно зі схемою, наведеною на рис. 19.1. Якщо у вибірці, яка дорівнює n виробам із N виробів, що складають партію, кількість бракованих виробів L виявиться меншою за певне число C , то вся партія виробів вважається придатною. Якщо кількість бракованих виробів L виявиться більшою за певне число C , то вся партія виробів бракується або спрямовується на суцільний контроль.

Метод одинарних вибірок є найбільш простим і тому дуже широко розповсюджений на практиці.

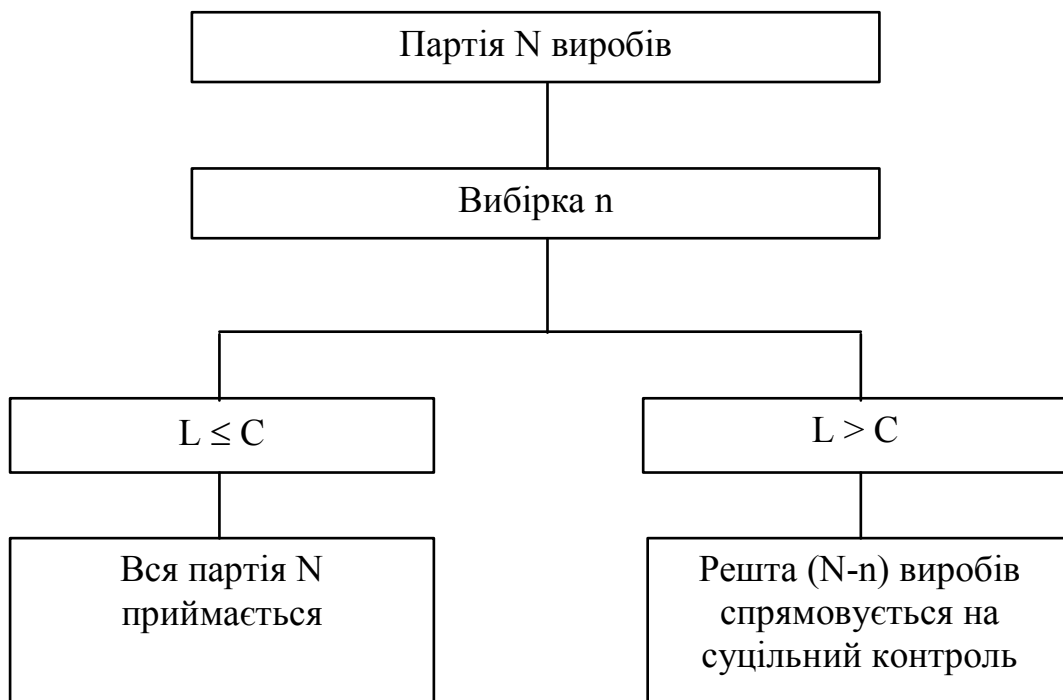


Рисунок 19.1 – Алгоритм здійснення приймального контролю методом одинарних вибірок

Метод подвійних вибірок здійснюється згідно зі схемою, наведеною на рис. 19.2. Якщо у вибірці, яка дорівнює n_1 виробам із N виробів, які складають партію, кількість бракованих виробів L_1 виявиться меншою за певне число C_1 , то вся партія виробів вважається придатною.

Якщо кількість бракованих виробів L_1 виявиться більшою за певне число C_2 , то вся партія виробів бракується або спрямовується на суцільний контроль.

В тому випадку, коли кількість бракованих виробів L_1 виявиться в межах $C_1 < L_1 < C_2$, то робиться друга вибірка величиною n_2 . Якщо сума бракованих виробів у першій та другій вибірках, тобто $L_1 + L_2$ буде меншою за певне число C_2 , то вся партія виробів приймається. Якщо сума бракованих виробів

у першій та другій вибірках, тобто L_1+L_2 , буде більшою за певне число C_2 , то вся партія виробів бракується або підлягає суцільному контролю.

Значення величин n_1, n_2, C_1, C_2 в залежності від величин P_0 та N публікуються в спеціальних таблицях.

Метод подвійних вибірок є більш точним і підвищує впевненість у надійності проведеного статистичного контролю.

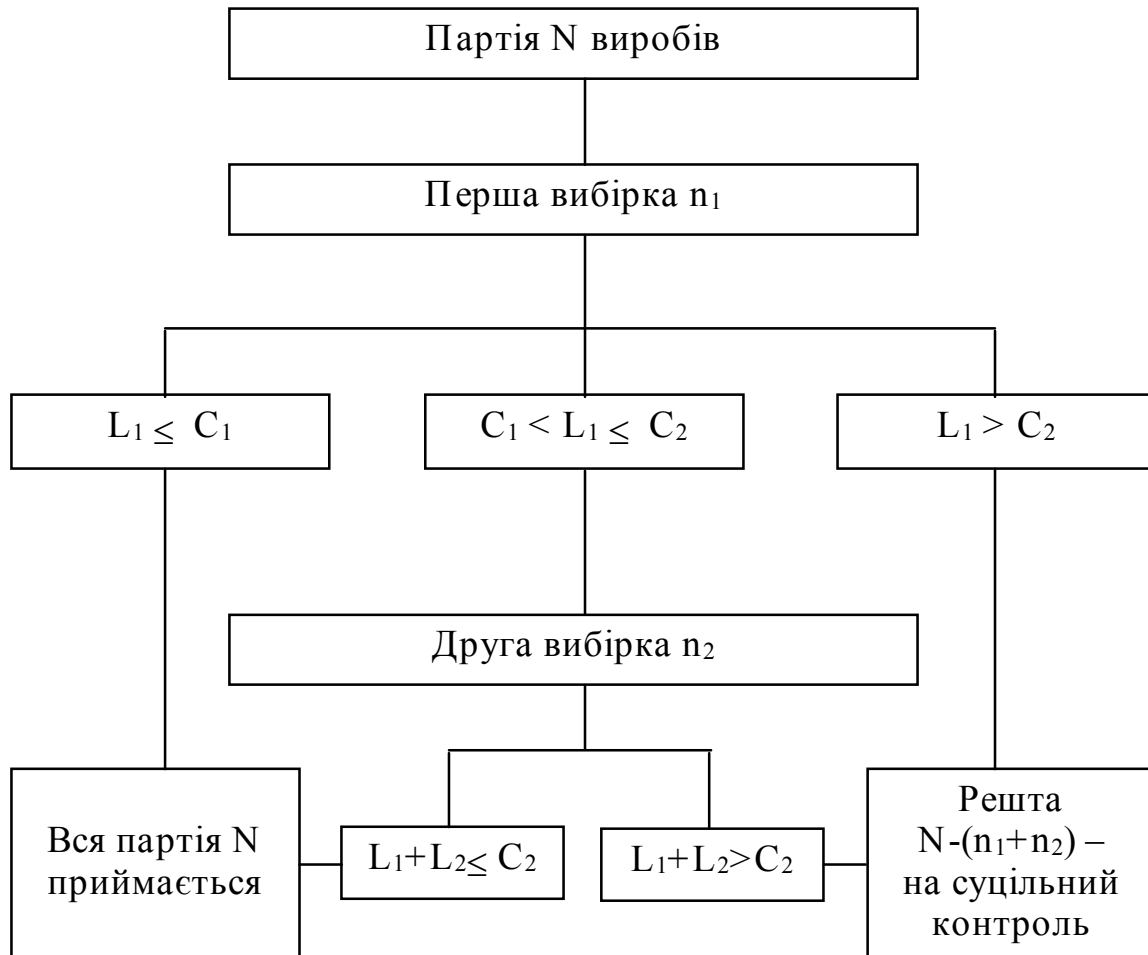


Рисунок 19.2 – Алгоритм здійснення приймального контролю методом подвійних вибірок

При застосуванні приймального статистичного контролю за кількісною ознакою спочатку розраховують середньоарифметичне значення \bar{X} контролююмого параметра виробів, які були у вибірці. Далі визначають середньоквадратичне значення параметра σ та розраховують дисперсію параметра σ^2 для виробів, які контролювались (дивися практичне заняття 17, С. 205 або практичне заняття 18, С. 218).

Після цього складають нерівності:

$$\begin{aligned}\bar{X} + K \cdot \sigma^2 &\geq A, \\ \bar{X} - K \cdot \sigma^2 &\leq A, \\ K \cdot \sigma^2 &\leq C,\end{aligned}$$

де K , A та C – коефіцієнти, які публікуються в спеціальних таблицях.

Якщо зазначені нерівності задовольняються, то якість всіх виробів задовольняє прийнятому рівню якості і партія виробів N приймається. В іншому випадку партія виробів бракується.

Застосування приймального статистичного контролю дає змогу спрогнозувати також величину можливого браку за нижньою та верхньою межею поля допуску Δ , а також загальну величину придатних виробів в партії, яка приймається. Алгоритм розрахунків такий:

1-й крок: розраховують середньоарифметичне значення \bar{X} параметра всіх виробів, які були у вибірці і які підлягали контролю (див. формулу 18.9).

2-й крок: визначають інтервал ΔC , групують параметри всіх виробів, які контролювались, за визначеним інтервалом, та роблять інші проміжні розрахунки, аналогічні наведеним в таблицях 17.3 або 18.4.

3-й крок: керуючись формулами 17.8 або 18.5, розраховують величину середньоквадратичного відхилення σ .

4-й крок: розраховують можливий брак виробів Q_n (в %), що мають параметри нижче нижньої межі поля допуску Δ :

$$Q_n = \left[0,5 - \Phi \left(\frac{\bar{X} - (N - \frac{\Delta}{2})}{\sigma} \right) \right] \cdot 100\% = [0,5 - \Phi(t_1)] \cdot 100\%, \quad (19.1)$$

де N – номінал параметра, який контролюється, мм;

Δ – поле допуску, мм;

σ – середньоквадратичне відхилення параметра, мм;

$\Phi(t_1)$ – функція Лапласа, значення якої наведені в таблиці 19.1.

5-й крок: розраховують можливий брак виробів Q_b (в %), що мають параметри вище верхньої межі поля допуску:

$$Q_b = \left[0,5 - \Phi \left(\frac{(N + \frac{\Delta}{2}) - \bar{X}}{\sigma} \right) \right] \cdot 100\% = [0,5 - \Phi(t_2)] \cdot 100\%, \quad (19.2)$$

де $\Phi(t_2)$ – функція Лапласа, значення якої наведені в таблиці 19.1.

6-й крок: розраховують загальну кількість придатних (якісних) виробів $\Phi_{\text{я}}$ (в %) в партії N , яка приймається, за формулою:

$$\Phi_{\text{я}} = [\Phi(t_1) + \Phi(t_2)] 100\% . \quad (19.3)$$

7-й крок: роблять загальний висновок щодо якості партії виробів, яка приймається.

Таблиця 19.1 – Значення функції Лапласа $\Phi(t)$

х	$\Phi(x)$	х	$\Phi(x)$	х	$\Phi(x)$	х	$\Phi(x)$
1	2	3	4	5	6	7	8
0,00	0,0000	0,65	0,2422	1,30	0,4032		
0,01	0,0040	0,66	0,2454	1,31	0,4049	1,95	0,47443
0,02	0,0080	0,67	0,2486	1,32	0,4066	1,96	0,4750
0,03	0,0120	0,68	0,2517	1,33	0,4082	1,97	0,4756
0,04	0,0160	0,69	0,2549	1,34	0,4099	1,98	0,4761
0,05	0,0199	0,70	0,2580	1,35	0,4115	1,99	0,4767
0,06	0,0239	0,71	0,2611	1,36	0,4131	2,00	0,4772
0,07	0,0279	0,72	0,2642	1,37	0,4147	2,02	0,4783
0,08	0,0319	0,73	0,2673	1,38	0,4162	2,04	0,4793
0,09	0,0359	0,74	0,2703	1,39	0,4177	2,06	0,4803
0,10	0,0398	0,75	0,2734	1,40	0,4192	2,08	0,4812
0,11	0,0438	0,76	0,2764	1,41	0,4207	2,10	0,4821
0,12	0,0478	0,77	0,2794	1,42	0,4222	2,12	0,4830
0,13	0,0517	0,78	0,2823	1,43	0,4236	2,14	0,4838
0,14	0,0557	0,79	0,2852	1,44	0,4251	2,16	0,4846
0,15	0,0596	0,80	0,2881	1,45	0,4265	2,18	0,4854
0,16	0,0636	0,81	0,2910	1,46	0,4279	2,20	0,4861
0,17	0,0675	0,82	0,2939	1,47	0,4292	2,22	0,4868
0,18	0,0714	0,83	0,2967	1,48	0,4306	2,24	0,4875
0,19	0,0753	0,84	0,2995	1,49	0,4319	2,26	0,4881
0,20	0,0793	0,85	0,3023	1,50	0,4332	2,28	0,4887
0,21	0,0832	0,86	0,3051	1,51	0,4345	2,30	0,4893
0,22	0,0871	0,87	0,3078	1,52	0,4357	2,32	0,4898
0,23	0,0910	0,88	0,3106	1,53	0,4370	2,34	0,4904
0,24	0,0948	0,89	0,3133	1,54	0,4382	2,36	0,4909
0,25	0,0987	0,90	0,3159	1,55	0,4394	2,38	0,4913
0,26	0,1026	0,91	0,3186	1,56	0,4406	2,40	0,4918
0,27	0,1064	0,92	0,3212	1,57	0,4418	2,42	0,4922
0,28	0,1103	0,93	0,3238	1,58	0,4429	2,44	0,4927
0,29	0,1141	0,94	0,3264	1,59	0,4441	2,46	0,4931
0,30	0,1179	0,95	0,3289	1,60	0,4452	2,48	0,4934
0,31	0,1217	0,96	0,3315	1,61	0,4463	2,50	0,4938
0,32	0,1255	0,97	0,3340	1,62	0,4474	2,52	0,4941
0,33	0,1293	0,98	0,3365	1,63	0,4484	2,54	0,4945
0,34	0,1331	0,99	0,3389	1,64	0,4495	2,56	0,4948
0,35	0,1368	1,00	0,3413	1,65	0,4505	2,58	0,4951
0,36	0,1406	1,01	0,3438	1,66	0,4515	2,60	0,4953
0,37	0,1443	1,02	0,3461	1,67	0,4525	2,62	0,4956
0,38	0,1480	1,03	0,3485	1,68	0,4535	2,64	0,4959
0,39	0,1517	1,04	0,3508	1,69	0,4545	2,66	0,4961
0,40	0,1554	1,05	0,3531	1,70	0,4554	2,68	0,4963
0,41	0,1591	1,06	0,3554	1,71	0,4564	2,70	0,4965
0,42	0,1628	1,07	0,3577	1,72	0,4576	2,72	0,4967
0,43	0,1664	1,08	0,3599	1,73	0,4582	2,74	0,4969
0,44	0,1700	1,09	0,3621	1,74	0,4591	2,76	0,4971
0,45	0,1736	1,10	0,3643	1,75	0,4599	2,78	0,4973
0,46	0,1772	1,11	0,3665	1,76	0,4608	2,80	0,4974

Продовження таблиці 19.1

1	2	3	4	5	6	7	8
0,47	0,1808	1,12	0,3686	1,77	0,4617	2,82	0,4976
0,48	0,1844	1,13	0,3708	1,78	0,4625	2,84	0,4977
0,49	0,1879	1,14	0,3729	1,79	0,4633	2,86	0,4979
0,50	0,1915	1,15	0,3749	1,80	0,4641	2,88	0,4980
0,51	0,1950	1,16	0,3770	1,81	0,4649	2,90	0,4981
0,52	0,1985	1,17	0,3790	1,82	0,4656	2,92	0,4982
0,53	0,2019	1,18	0,3810	1,83	0,4664	2,94	0,4984
0,54	0,2054	1,19	0,3830	1,84	0,4671	2,96	0,4985
0,55	0,2088	1,20	0,3849	1,85	0,4678	2,98	0,4986
0,56	0,2123	1,21	0,3869	1,86	0,4686	3,00	0,49865
0,57	0,2157	1,22	0,3883	1,87	0,4693	3,20	0,49931
0,58	0,2190	1,23	0,3907	1,88	0,4699	3,40	0,49966
0,59	0,2224	1,24	0,3925	1,89	0,4706	3,60	0,499841
0,60	0,2257	1,25	0,3944	1,90	0,4713	3,80	0,499928
0,61	0,2291	1,26	0,3962	1,91	0,4719	4,00	0,499968
0,62	0,2324	1,27	0,3980	1,92	0,4726	4,50	0,499997
0,63	0,2357	1,28	0,3997	1,93	0,4732	5,0	0,499997
0,64	0,2389	1,29	0,4015	1,94	0,4738		

Приклад.

Якщо скористатись прикладом, який був наведений в практичному занятті 17 або 18 (див. табл. 17.1 або 18.1), коли контролювалась деталь з номіналом $N=10$ мм та полем допуску $\Delta = 1$ мм, а також зробленими раніше розрахунками величин середньоквадратичного відхилення σ та середньоарифметичного \bar{X} (див. практичні заняття 17 або 18), то отримаємо такі результати.

Кількість виробів, параметри яких будуть меншими за нижню межу поля допуску, складе:

$$Q_H = \left[0,5 - \Phi \left(\frac{9,944 - (10 - \frac{1}{2})}{0,27} \right) \right] \cdot 100\% = [0,5 - \Phi(1,64)] \cdot 100\% =$$

$$= [0,5 - 0,4495] \cdot 100\% = 5,05\% .$$

Кількість виробів, параметри яких будуть більшими за верхню межу поля допуску, складе:

$$Q_B = \left[0,5 - \Phi \left(\frac{(10 + \frac{1}{2}) - 9,944}{0,27} \right) \right] \cdot 100\% = [0,5 - \Phi(3,91)] =$$

$$= [0,5 - 0,4918] \cdot 100\% = 0,08\% .$$

Загальна кількість якісних виробів в партії N , яка приймається, складе:

$$\Phi_{я} = (0,4495+0,4918) \cdot 100\% = 94,13\%.$$

Даний показник можна вважати за рівень якості партії виробів, яка приймається.

19.2 Завдання для самостійного виконання

На підприємстві запроваджений статистичний приймальний контроль деталей, які надходять на виробництво. Номінал параметра деталі $H=40$ мм. В таблиці 19.2 наведені дані щодо 300 деталей, параметри яких вимірювались під час здійснення приймального статистичного контролю. Ці вироби об'єднані в 10 груп, які позначені літерами А, Б, В ... К.

Таблиця 19.2 – Початкові дані для виконання завдання

Но- мер деталі	Значення параметрів деталей, які зафіксував контролер, мм									
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	И	К
1	42,15	41,40	41,30	40,75	41,50	41,35	41,40	41,25	41,85	41,30
2	39,50	41,75	39,00	39,50	38,25	37,00	39,75	40,10	40,25	39,00
3	39,25	39,00	37,75	39,75	39,80	39,90	40,00	41,00	39,75	42,40
4	39,40	39,75	39,00	43,00	39,75	39,75	40,00	41,00	40,25	39,00
5	40,00	39,90	41,50	39,25	39,25	39,50	39,75	39,00	39,00	38,75
6	38,75	37,75	39,00	39,00	38,60	38,60	38,75	38,75	39,00	39,00
7	41,55	38,75	38,75	38,50	38,45	38,75	38,85	38,75	38,75	40,00
8	38,75	40,70	38,75	39,00	39,00	39,25	39,25	39,25	39,25	42,00
9	39,25	39,50	37,50	39,25	39,50	39,50	39,9	39,50	39,75	39,90
10	39,75	40,00	40,00	36,75	39,75	42,00	40,00	39,75	39,75	40,50
11	40,00	42,25	41,25	40,25	42,50	40,50	40,50	42,25	42,25	42,50
12	40,25	41,25	41,50	41,50	40,50	40,75	40,50	40,75	40,50	40,50
13	42,50	41,50	41,25	41,50	41,25	42,50	40,75	40,50	40,75	40,50
14	40,50	42,75	40,75	40,75	41,00	41,00	42,45	41,30	42,75	41,40
15	40,75	40,75	43,00	41,30	40,75	40,75	41,45	41,40	41,30	41,25
16	41,00	40,00	41,25	42,25	42,25	41,50	41,25	41,25	41,45	41,45
17	41,40	41,45	42,30	41,75	41,75	42,75	41,50	42,50	41,45	42,50
18	41,60	41,25	41,25	41,25	41,00	39,00	39,00	41,25	41,30	41,40
19	41,25	41,25	41,00	41,00	40,75	40,75	40,75	40,50	40,50	40,75
20	42,50	41,00	41,00	40,75	40,75	40,50	40,50	40,75	40,50	40,25
21	40,75	40,75	40,25	40,25	40,25	40,00	42,00	39,75	39,75	40,00
22	40,25	40,25	42,00	40,00	39,75	39,75	40,00	39,50	39,50	39,50
23	40,00	39,75	39,75	42,00	39,50	39,50	39,50	38,75	38,25	37,25
24	39,75	39,75	37,50	39,50	39,50	39,25	39,40	39,50	39,25	39,50
25	39,50	38,50	39,50	39,75	39,50	39,25	39,50	39,25	39,25	39,25
26	37,35	39,25	39,40	39,25	39,00	39,00	38,20	37,75	38,00	39,75
27	39,25	37,00	39,00	38,75	39,00	38,75	38,75	38,75	39,00	37,50
28	39,00	39,00	37,75	38,75	39,00	38,75	38,50	38,50	38,50	38,65
29	38,75	38,50	38,50	37,75	38,50	38,85	38,60	38,75	38,40	38,75
30	39,90	38,75	39,00	39,25	42,00	39,25	37,25	39,25	39,50	37,90

В таблиці 19.3 наведені дані щодо величини партії деталей N , якість якої досліджується методом використання приймального статистичного контролю; величина n вибірки, яка задана в процентах від величини партії деталей; група вибірки, яку потрібно взяти для аналізу; формула, за якою розраховується допустима кількість бракованих деталей у вибірці (шт.); поле допуску основного параметра Δ (в мм).

Таблиця 19.3 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	N , шт.	$n(\%)$	Група вибірки	Формула для розрахунку допустимої кількості бракованих деталей у вибірці	Поле допуску Δ , мм
1	1000	3	А	$C = 0,1n + 2,7$	3,0
2	1010	2,9	Б	$C = 0,11n + 2,8$	3,0
3	1020	2,8	В	$C = 0,12n + 2,9$	3,0
4	1030	2,7	Г	$C = 0,13n + 3,6$	3,0
5	1040	2,75	Д	$C = 0,14n + 3,4$	3,0
6	1050	2,7	Е	$C = 0,15n + 3,5$	3,0
7	1060	2,65	Ж	$C = 0,16n + 3,3$	3,0
8	1070	2,6	З	$C = 0,17n + 2,6$	3,0
9	1080	2,55	И	$C = 0,18n + 2,6$	3,0
10	1090	2,5	К	$C = 0,2n + 1,5$	3,0
11	1100	2,6	А	$C = 0,21n + 1,0$	2,8
12	1110	2,55	Б	$C = 0,22n + 1,1$	2,8
13	1120	2,5	В	$C = 0,23n + 1,1$	2,8
14	1130	2,5	Г	$C = 0,24n + 1,1$	2,8
15	1140	2,5	Д	$C = 0,25n + 1,1$	2,8
16	1150	2,45	Е	$C = 0,26n + 1,0$	2,8
17	1160	2,4	Ж	$C = 0,27n + 0,5$	2,8
18	1170	2,4	З	$C = 0,28n + 0,5$	2,8
19	1180	2,4	И	$C = 0,29n + 0,4$	2,8
20	1190	2,45	К	$C = 0,16n + 2,2$	2,8
21	1200	2,4	А	$C = 0,17n + 1,7$	3,2
22	1210	2,4	Б	$C = 0,18n + 1,8$	3,2
23	1220	2,35	В	$C = 0,2n + 1,3$	3,2
24	1230	2,35	Г	$C = 0,21n + 1,6$	3,2
25	1240	2,3	Д	$C = 0,22n + 1,9$	3,2
26	1250	2,3	Е	$C = 0,23n + 1,7$	3,2
27	1260	2,3	Ж	$C = 0,24n + 1,8$	3,2
28	1270	2,3	З	$C = 0,25n + 2,1$	3,2
29	1280	2,25	И	$C = 0,24n + 2,8$	3,2
30	1290	2,25	К	$C = 0,25n + 3,1$	3,2

Керуючись даними таблиць 19.2 та 19.3, потрібно:

1. Розрахувати величину вибірки n (в шт.), яку потрібно проаналізувати для визначення якості партії деталей, за формулою:

$$n = \frac{N \cdot n(\%)}{100} \text{ шт.} \quad (19.4)$$

2. Визначити групу вибірки, яку потрібно проаналізувати (наприклад, група В), та виписати всі значення параметрів деталей із цієї вибірки, які підлягають контролю. Кількість цих деталей повинна відповідати кількості n (шт.), розрахованій в пп.1.
3. На основі заданої величини поля допуску Δ розрахувати верхнє та нижнє допустимі значення параметра деталі.
4. За наведеною в таблиці 19.3 формулою розрахувати допустиму кількість бракованих деталей C у вибірці, при якій буде гарантуватись задана якість всієї партії деталей.
5. Порівнюючи параметри деталей у вибірці з параметрами заданого поля допуску, визначити кількість бракованих деталей L .
6. Порівнюючи величини L та C , а також керуючись методом одинарних вибірок, зробити попередній висновок щодо якості всієї партії деталей, яка підлягала приймальному контролю.
7. Керуючись рекомендаціями, які були наведені в практичному занятті 18 (див. С. 218), розрахувати середньоквадратичне відхилення параметра σ (мм). Для цього спочатку вибрати величину інтервалу ΔC , в якому знаходяться параметри деталей, що підлягають контролю. Рекомендується вибрати $\Delta C = 0,20$ мм. Далі скласти таблицю за зразком таблиці 18.4, заповнити її стовпці та розрахувати проміжні показники так, як це зроблено в таблиці.
Далі, за формулою 18.5 розрахувати величину середньоквадратичного значення параметра σ .
8. Розрахувати середньоарифметичне значення \bar{X} параметра деталей у вибірці, яка була вибрана для контролю. При цьому можна скористатись формулою:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (19.5)$$

де x_i – значення параметра кожної із деталей у вибірці, яка підлягала контролю, мм.;

n – кількість деталей у вибірці, шт.

9. Розрахувати можливий брак виробів Q_n (в %), що мають параметри нижче нижньої межі поля допуску. При розрахунках керуватись значеннями функції Лапласа, наведеними в таблиці 19.1.

10. Розрахувати можливий брак виробів Q_v (в %), що мають параметри вище верхньої межі поля допуску. При розрахунках керуватись значеннями функції Лапласа, наведеними в таблиці 19.1.
11. Розрахувати загальну кількість придатних (якісних) виробів Φ_j (в %) в партії виробів N , яка приймається.
12. Зробити висновки.

19.4 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Охарактеризуйте суть та значення приймального статистичного контролю якості продукції.
2. Сформулюйте вимоги до вибірки виробів, яка використовується для проведення приймального статистичного контролю.
3. Зробіть порівняльний аналіз альтернативного та кількісного методів проведення приймального статистичного контролю.
4. Охарактеризуйте суть методу одинарних вибірок приймального статистичного контролю.
5. Охарактеризуйте суть методу подвійних вибірок приймального статистичного контролю.
6. Як розраховується можливий брак виробів у партії, що мають параметри нижче нижньої межі поля допуску.
7. Як розраховується можливий брак виробів у партії, що мають параметри вище верхньої межі поля допуску.
8. Як розраховується загальна кількість якісних виробів в партії, що приймається, при застосуванні приймального статистичного контролю якості продукції.
9. Як розраховується величина браку в партії виробів при застосуванні приймального статистичного контролю якості продукції?

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з організації інструментального господарства на підприємстві та розвинути практичні навички розрахунку оптимальної кількості працівників інструментальних складів підприємства.

20.1 Теоретична частина

Інструментальне господарство – це сукупність підрозділів підприємства, які займаються проектуванням, виготовленням, ремонтом, зберіганням інструментів та технологічного оснащення. До інструментів та технологічного оснащення (в подальшому – “інструмент”) відносяться різальні та вимірювальні інструменти, штампи, пристосування, калібри, прес-форми, моделі, ливарне оснащення тощо.

Завданням інструментального господарства є своєчасне та безперебійне постачання всіх виробничих підрозділів підприємства необхідним для роботи інструментом при мінімальних витратах на його виготовлення, придбання, зберігання та експлуатацію.

Структура інструментального господарства підприємства визначається типом, характером та масштабами виробництва. Для великих підприємств характерна наявність загальних та цехових структурних підрозділів, для невеликих – тільки цехових. До загальних підрозділів відносяться інструментальний відділ (ІВ), інструментальні цехи (ІЦ), центральний інструментальний склад (ЦІС), вимірювальні лабораторії (ВЛ). До цехових – цехові бюро інструментального господарства (ЦБІГ), інструментально-роздавальні комори (ІРК), майстерні (дільниці, відділення) з ремонту, заточування та відновлення інструменту. Спрощена типова структура інструментального господарства машинобудівного (приладобудівного, радіотехнічного) підприємства може мати вигляд, наведений на рис. 20.1.

Загальне керівництво інструментальним господарством на великому підприємстві здійснює *інструментальний відділ*, який підпорядковується головному інженеру підприємства чи його заступнику або головному технологу підприємства. На малому підприємстві керівництво інструментальним господарством покладається на *бюро інструментального господарства*.

Робота інструментального відділу здійснюється за такими основними напрямками. По-перше, це планування, організація та регулювання виготовлення інструменту безпосередньо на підприємстві; організація та постачання інструменту з інших підприємств. Для реалізації цього напрямку в інструме-

нтальному відділі створюються технологічні бюро, планово-диспетчерське бюро, бюро купленого інструменту, бюро норм і нормативів та інші.

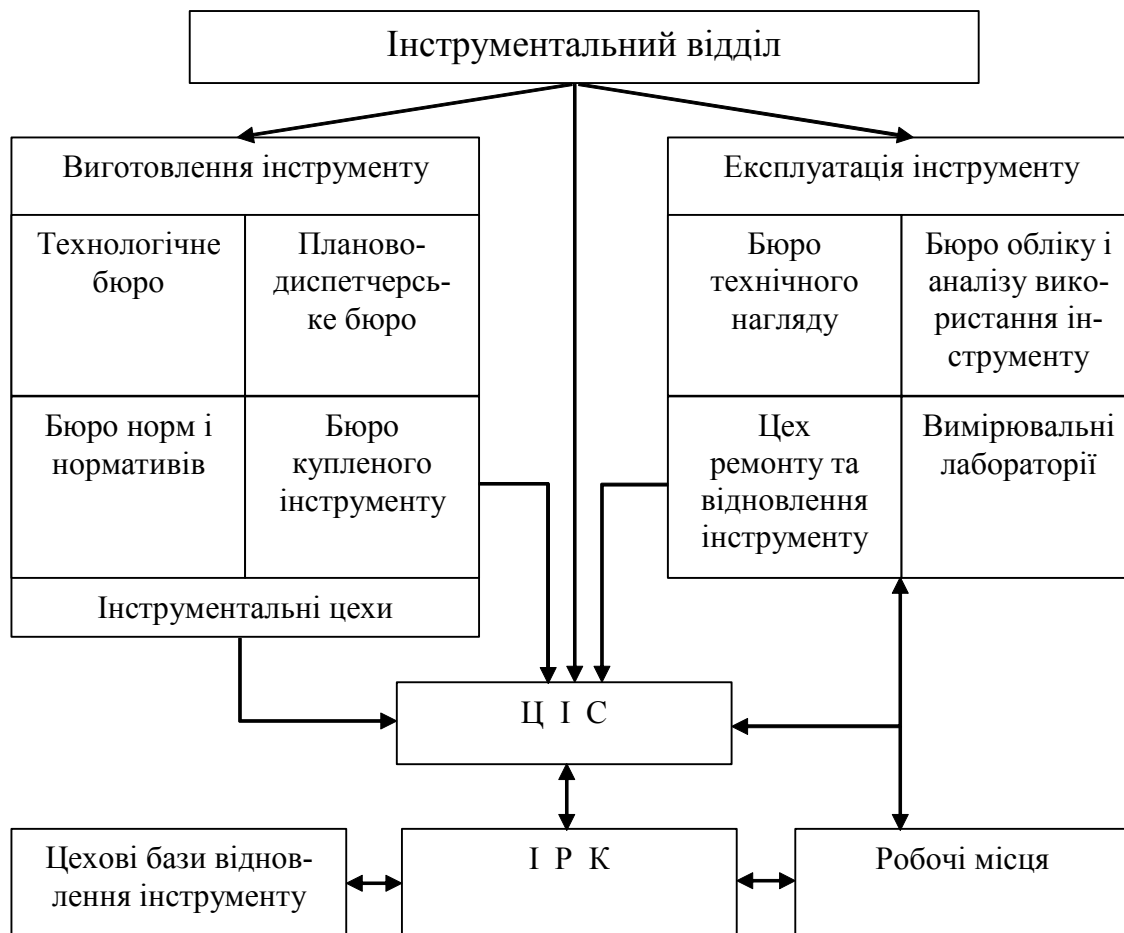


Рисунок 20.1 – Організаційно-виробнича структура інструментального господарства

Другий напрямок роботи – це технічний нагляд за раціональною експлуатацією інструменту. Для реалізації цього напрямку створюються бюро технічного нагляду, бюро з обліку і аналізу витрат інструменту тощо, які разом з *вимірювальною лабораторією, цехом з ремонту та відновлення інструменту* здійснюють контроль за експлуатацією інструменту на підприємстві.

Інші структурні підрозділи виконують такі функції. *Інструментальні цехи* виготовляють та відновлюють інструмент. *Центральний інструментальний склад* приймає, зберігає та видає інструмент цехам та іншим підрозділам підприємства. *Інструментально-роздавальні комори* отримують і зберігають інструмент в кількості, необхідній для забезпечення нормальної роботи цеху (підрозділу), та видають його на робочі місця. *Цехові бази (майстерні, дільниці, відділення) з ремонту, заточування та відновлення інструменту*

вирішують проблеми поточного ремонту інструменту, який вже був використаний у виробничому процесі для виконання тих чи інших технологічних операцій.

Організація на підприємстві інструментального господарства передбачає проведення низки робіт, а саме: класифікацію та індексацію інструменту; розрахунок потреби підприємства в інструменті на плановий період часу, організацію виготовлення і постачання інструменту на підприємство; організацію обслуговування інструментом робочих місць, організацію експлуатації інструменту тощо.

Під *класифікацією* інструменту розуміють групування інструменту за окремими типовими ознаками у відповідності до виробничо-технічного призначення та конструктивних особливостей.

Так, за *характером використання* весь інструмент поділяється на стандартний (або універсальний) та спеціальний. *Стандартним (універсальним)* називається інструмент загального та широкого використання, який відповідає чинним стандартам. Він виготовляється на спеціалізованих інструментальних підприємствах. *Спеціальний* інструмент використовується для виконання певних операцій і виготовляється безпосередньо на даному підприємстві. За *призначенням* інструмент поділяється на різальний, вимірювальний, пристосування, моделі, прес-форми та інші. За *видом обладнання*, де застосовується, інструмент поділяється на токарний, фрезерний, свердлильний тощо. За *місцем у виробничому процесі* інструмент поділяється на інструмент першого порядку, який використовується для виготовлення виробів основного виробництва, та інструмент другого порядку, який використовується для виготовлення інструменту першого порядку. За *термінами використання* інструмент поділяється на інструмент тимчасового (одноразового) та постійного використання тощо.

Індексація передбачає надання кожному інструменту певного умовного коду у відповідності з тим положенням, яке він займає в класифікаторі. Найширше застосовується *десятькова цифрова система індексації*, згідно з якою весь інструмент поділяється на ієрархічні рівні: групи, підгрупи, види і різновиди, кожному із яких надаються цифрові індекси від 0 до 9. Груп інструменту налічується 10, кожна із груп інструменту, в свою чергу, поділяється на 10 підгруп і т.д.

Код інструменту в цьому випадку зазвичай складається із 8-ми цифр. Перші чотири цифри коду характеризують експлуатаційно-конструктивні особливості інструменту (табл. 20.1), а наступні чотири цифри коду – це порядковий номер реєстрації інструмента в реєстраційному журналі (що характерно для спеціального інструменту) або порядковий номер в чинному стандарті, який характеризує розмір інструменту (що характерно для стандартного інструменту). Наприклад, стандартний інструмент – фреза дискова три-

стороння регульована суцільна діаметром 60 мм та шириною 14 мм – буде мати код 2242-0002.

Якщо є потреба позначити матеріал, із якого виготовлений інструмент, то використовують загальноживані позначення марок матеріалів, які наводяться наприкінці коду даного інструмента. Наприклад, позначення вищезначеної фрези, яка виготовлена із швидкорізальної сталі марки РФ1, буде мати вигляд: 2242-0002-РФ1.

В деяких випадках на підприємствах застосовують змішану індексацію інструменту, в якій окремі групи та підгрупи позначають буквами, а види та різновиди – цифрами. Наприклад: АВ.17-0003.

Таблиця 20.1 – Фрагмент запису в реєстраційному журналі індексації інструменту

Група		Підгрупа		Вид		Різновид	
Ін-декс	Найменування	Ін-декс	Найменування	Ін-декс	Найменування	Ін-декс	Найменування
2	Інструмент для обробки металів різанням	22	Інструмент фрезерний	224	Фрези дискові	2240	Фрези дискові тристоронні нерегульовані суцільні
						2241	Фрези дискові тристоронні нерегульовані збірні
						2242	Фрези дискові тристоронні регульовані суцільні

Характерним напрямком розвитку інструментального господарства є стандартизація інструменту. Під *стандартизацією* інструменту розуміють доцільне скорочення конструктивної та розмірної різноманітності інструменту при одночасному розширенні сфер його застосування. З цією метою використовують *універсально-збірні пристосування (УЗП), універсально-налагоджувальні пристосування (УНП), універсально-збірні штамп (УЗШ)* та інші. Вони являють собою набори стандартних елементів різної конфігурації та змінних формоутворюючих деталей тощо, з'єднання яких дозволяє утворювати найрізноманітніші тимчасові пристосування для виконання будь-яких технологічних операцій.

Весь інструмент, який виготовляється безпосередньо на підприємстві або купується на стороні, спочатку надходить в центральний інструментальний склад – ЦІС. Тут інструмент розкладається за видами та типорозмірами в спеціальних шафах, на стелажах тощо. На кожен типорозмір інструменту заводиться спеціальна *облікова картка* (рис. 20.2).

Найменування		Код		Розмір або профіль		Одиниця виміру	Стелаж	Полиця	Комірка
Запас				Точка замовлення		Постачальник		Отримувач	
Максимальний		Мінімальний		Залишок	Дата	№ документа	Надходження	Витрати	Залишок
Дата	№ документа	Надходження	Витрати						

Рисунок 20.2 – Типова форма облікової картки інструменту

Видача інструменту цехам здійснюється за підставі так званих *лімітних карток*. Лімітна картка видається цеху на кожен типорозмір інструменту та визначає ту кількість інструменту, яка може бути видана цеху протягом планового періоду часу і яка необхідна для виконання виробничого завдання.

Інструмент, який надходить в цех з центрального інструментального складу, зберігається в інструментально-роздавальних коморах. Одна із основних задач ІРК – це організація видачі інструменту на робочі місця та його повернення в ІРК після використання у технологічному процесі.

В залежності від типу виробництва існують 3 основні форми доставки інструменту на робочі місця: централізована, змішана та децентралізована. *Централізована форма*, яка ще називається *активною формою*, застосовується в масовому, крупносерійному та автоматизованому виробництві і полягає в тому, що необхідний і повний для роботи комплект інструментів централізовано і періодично подається на робочі місця спеціальними допоміжними робітниками. Ці ж робітники здійснюють примусову заміну інструменту, що використовувався на робочих місцях раніше (згідно з нормами стійкості цього інструменту та ритмом роботи дільниці).

Централізована форма – найефективніша форма постачання інструменту, яка скорочує простоювання обладнання, знижує запаси інструменту на робочих місцях, зменшує втрати інструменту від пошкодження тощо.

В серійному виробництві застосовується *змішана форма*, яка полягає в тому, що централізовано на робочі місця подається тільки основний комплект інструменту, необхідний для обробки партії деталей, яка запускається в виробництво. Окремі види інструменту в цьому випадку робітник отримує самостійно в інструментально-роздавальній коморі.

Для дрібносерійного та одиничного виробництва характерна *децентралізована* (або *пасивна*) форма постачання інструменту, коли основні робітники самі отримують необхідний для роботи інструмент в інструментально-роздавальній коморі. Ця форма характеризується більшими втратами робочого часу і менш ефективним використанням інструменту.

Видача робітникам інструменту може бути здійснена за різними *системами*. Видача інструменту тривалого використання відбувається за *інструментальною книжкою* робітника або за *вимогами* майстра дільниці. В

першому випадку виданий інструмент записується в інструментальну книжку робітника, яку він отримує при прийомі на роботу в даний цех. Другий примірник такої книжки знаходиться в інструментально-роздавальній коморі.

В другому випадку робітник отримує книжку з відривними бланками вимог (талонами), заносить в бланк назву потрібного інструменту, отримує його, а відривний талон залишає в ІРК. Окрім цього, в ІРК ведеться відповідна картотека інструменту, в якій фіксується, кому саме був виданий даний інструмент. При поверненні інструменту робиться відповідний запис в інструментальній книжці робітника або йому повертається відривний талон про видачу даного інструменту.

Видача інструменту короткотермінового використання здійснюється за *марковою* або *жетонною* системами. Маркова система поділяється, в свою чергу, на одномаркову та двомаркову.

При *одномарковій* системі кожен робітник отримує 5...10 марок (жетонів) зі своїм табельним номером. Робітник здає свою марку в інструментально-роздавальну комору і отримує необхідний інструмент. Марка робітника кладеться в комірку, де зберігається даний інструмент.

При *двомарковій* системі окрім марок, які має робітник, спеціальну марку (жетон) має кожен інструмент. При видачі інструменту марку робітника кладуть в комірку, де зберігається даний інструмент, а марку цього інструменту виймають із комірки і вивішують на контрольну дошку проти прізвища робітника, який взяв даний інструмент. Це дозволяє в будь-який момент визначити, хто саме із робітників взяв даний інструмент і скільки видів інструменту знаходиться на робочому місці цього робітника.

Жетонна система характерна для масового виробництва. Суть її полягає в тому, що кожен наладчик обладнання має свої жетони. На них він отримує в інструментально-роздавальній коморі необхідний інструмент, налагоджує обладнання і передає його робітнику разом з інструментом в обмін на жетони робітників. Ці жетони наладчик здає в ІРК і отримує назад власні жетони. Таким чином в ІРК мають інформацію про те, хто саме із робітників отримав той чи інший інструмент. При передачі змін робітники обмінюються своїми жетонами.

Інструмент, який повертається до ІРК з робочих місць, підлягає перевірці на *контрольно-перевіральному пункті*. Інструмент, який вимагає ремонту, спрямовується в *інструментальний цех* або до *цехових баз ремонту та відновлення інструменту*. На непридатний інструмент складаються *акти вивітання*, після чого його відправляють або на спеціалізовані бази відновлення, або в утиль.

Контролери відділу технічного контролю та робітники технічного нагляду інструментального відділу періодично здійснюють перевірку інструменту довготривалого використання, який знаходиться у робітників.

Однією із проблем організації інструментального господарства на підприємстві є визначення оптимальної кількості комірників інструментально-роздавальних комор, які зайняті обслуговуванням основних робітників. Суть питання ось в чому. Як відомо, в обов'язки комірників входить прийом і видача оснащення та інструменту основним робітникам. Але замовлення, які надходять в систему обслуговування, носять випадковий характер. Внаслідок випадкового характеру надходження замовлень в певні проміжки часу може утворюватись черга робітників, а в інші – без роботи можуть бути комірники, тобто виникає так зване простоювання комірників. В першому випадку виникають втрати робочого часу, що відбивається на зниженні продуктивності праці, а в другому випадку мають місце непродуктивні витрати, що збільшує виробничу собівартість продукції.

Вирішення проблеми здійснюється шляхом розрахунку оптимальної кількості комірників на основі застосування так званої теорії черг або теорії масового обслуговування.

За цією теорією оптимальна кількість комірників визначається мінімальними витратами $N(n)$, пов'язаними з простоюванням комірників та основних робітників, а саме:

$$N(n) = [L_k \cdot T_k(n) + L_p \cdot T_p] \rightarrow \min, \quad (20.1)$$

де L_k – середня оплата однієї години роботи комірника, грн./годину;

L_p – середня оплата однієї години роботи основного робітника, грн./годину;

$T_k(n)$ – загальний час простоювання n комірників протягом зміни, годин;

T_p – загальний час простоювання основних робітників протягом зміни, годин.

Одна із методик, яка дозволяє визначити оптимальну кількість комірників, базується на припущенні, що вхідний потік замовлень, які надходять до ІРК, обумовлений Пуасонівським законом розподілу випадкових величин, а проміжок часу між двома послідовними замовленнями відповідає експоненційному закону розподілу.

Примітка. Пуасон Сімеон Дені (1781-1840 рр.) – фр. математик.

Покажемо застосування цієї методики на такому прикладі.

Потрібно визначити оптимальну кількість комірників, якщо в середньому за годину до комори надходить 60 замовлень, середній час обслуговування одного замовлення – 2 хв. Оплата години роботи комірника складає 0,8 грн., а основного робітника – 1,2 грн.

Розв'язування задачі.

1-й крок: знаходять спеціальний параметр експоненційного закону розподілу випадкової величини μ , який розраховується за формулою:

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{сер}}}, \quad (20.2)$$

де $t_{\text{сер}}$ – середній час обслуговування одного замовлення, хв.

Для нашого випадку: $\mu = \frac{1}{2} = 0,5$.

2-й крок: розраховують спеціальний параметр α за формулою:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu}, \quad (20.3)$$

де λ – інтенсивність потоку замовлень, тобто середнє число замовлень, які надходять до системи обслуговування за 1 хв.

Для нашого випадку: $\lambda = \frac{60}{60} = 1$, а $\alpha = \frac{1}{0,5} = 2$.

3-й крок: вибирається найменш можлива кількість комірників n , які потрібні для роботи. За найменшу кількість комірників береться перше ціле число, яке перевищує розрахований за формулою 20.3 показник α . В іншому випадку, тобто коли $n < \alpha$, система обслуговування працювати просто не зможе.

Для нашого випадку $n=3$.

4-й крок: розраховують ймовірність p_0 того, що в системі не буде знаходитись на обслуговуванні жодного замовлення, тобто комірники будуть простоювати:

$$p_0 = \left[\sum_{k=0}^{n-1} \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{(n-1)!(n-\alpha)} \right]^{-1}, \quad (20.4)$$

де k – ціле число, починаючи від 0 і закінчуючи $(n-1)$.

Для нашого випадку, тобто для 3-х комірників:

$$p_0 = \left[\frac{2^0}{0!} + \frac{2^1}{1!} + \frac{2^2}{2!} + \frac{2^3}{(3-1)!(3-2)} \right]^{-1} = 0,111.$$

Примітка: $0!=1$.

5-й крок: розраховують ймовірність p_n того, що всі комірники зайняті роботою, тобто утворюється черга основних робітників:

$$p_n = \frac{p_0 \cdot \alpha^n}{(n-1)!(n-\alpha)}. \quad (20.5)$$

Для нашого випадку:

$$p_n = \frac{0,111 \cdot 2^3}{(3-1)!(3-2)} = 0,444.$$

6-й крок: розраховують середній час очікування $t_{оч}$ початку обслуговування основного робітника за формулою:

$$t_{оч} = \frac{1}{\mu} \cdot \frac{p_n}{(n-\alpha)} \text{ хв.} \quad (20.6)$$

Для нашого випадку:

$$t_{оч} = \frac{1}{0,5} \cdot \frac{0,444}{(3-2)} = 0,888 \text{ хв.}$$

7-й крок: розраховують загальний час простою n комірників $T_k(n)$ протягом зміни за формулою:

$$T_k(n) = T_{зм} \cdot n - \frac{480 \cdot \lambda \cdot t_{сер}}{60} \text{ годин,} \quad (20.7)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, годин;

480 – тривалість зміни, хвилин;

n – число комірників, осіб;

60 – коефіцієнт переведення хвилин в години;

$t_{сер}$ – середній час обслуговування одного замовлення, хв.

Для нашого випадку:

$$T_k(n) = 8 \cdot 3 - \frac{480 \cdot 1 \cdot 2}{60} = 8 \text{ годин.}$$

8-й крок: розраховують загальний час простоювання основних робітників T_p протягом зміни за формулою:

$$T_p = \frac{480 \cdot \lambda \cdot t_{\text{оч}}}{60} \text{ годин.} \quad (20.8)$$

Для нашого випадку:

$$T_p = \frac{480 \cdot 1 \cdot 0,888}{60} = 7,1 \text{ години.}$$

9-й крок: користуючись формулою 20.1, розраховують величину витрат, пов'язану з простоюванням комірників та основних робітників при наявності 3-х комірників.

Для нашого випадку:

$$N(3) = 0,8 \cdot 8 + 1,2 \cdot 7,1 = 14,92 \text{ грн.}$$

10-й крок: приймається кількість комірників на одного більше, ніж було визначено раніше, тобто 4 комірника.

Для 4-х комірників за формулами 20.4...20.8 здійснюють розрахунки показників p_o , p_n , $t_{\text{оч}}$, $T_k(n)$ і T_p та розраховують нову величину витрат, пов'язаних з простоюванням комірників та основних робітників при наявності 4-х комірників.

Для нашого прикладу ці показники складуть: $p_o=0,1304$, $p_n=0,1738$, $t_{\text{оч}}=0,1738$, $T_k(n)=16$ годин, $T_p=1,3904$ години, а величина $N(4)$ буде дорівнювати 14,46 грн., що менше, ніж 14,92 грн. в розрахунку для 3-х комірників. Тобто мати 4 комірники буде краще, ніж 3 комірники.

11-й крок: приймається кількість комірників ще на одного більше, ніж було визначено раніше, тобто 5 комірників.

Для 5-ти комірників за формулами 20.4...20.8 знову здійснюють розрахунки показників p_o , p_n , $t_{\text{оч}}$, $T_k(n)$ і T_p та розраховують нову величину витрат, пов'язаних з простоюванням комірників та основних робітників при наявності вже 5-ти комірників.

Для нашого випадку ці показники складуть: $p_o=0,134$, $p_n=0,0595$, $t_{\text{оч}}=0,0396$, $T_k(n)=24$ години, $T_p=0,3168$ години, а величина $N(5)$ буде дорівнювати 19,58 грн., що більше ніж 14,46 грн. в розрахунку для 4-х комірників. Тобто мати 5 комірників буде гірше, ніж 4 комірники.

Таким чином, можна зробити висновок, що для даних умов роботи інструментально-роздавальної комори найменші витрати, пов'язані з простоюваннями комірників та основних робітників, будуть при наявності 4-х комірників. Це і буде оптимальна кількість комірників.

20.2 Завдання для самостійного виконання

Для обслуговування інструментом робітників цеху створена інструментально-роздавальна комора. Середня кількість замовлень, які надходять до ІРК протягом години, середній час обслуговування одного замовлення, погодинна оплата праці комірників та основних робітників наведені в таблиці 20.2.

Таблиця 20.2 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	$t_{\text{сер, хв.}}$	λ , шт./годину	L_k , грн./годину	L_p , грн./годину	Варіант	$t_{\text{сер, хв.}}$	λ , шт./годину	L_k , грн./годину	L_p , грн./годину
1	2	62	0,9	1,24	16	1,9	120	2	2,5
2	1,9	64	0,91	1,26	17	2	110	1,9	2,55
3	1,8	66	0,92	1,28	18	2,3	100	1,95	2,6
4	1,7	68	0,94	1,3	19	2,5	95	1,9	2,4
5	1,6	70	0,95	1,1	20	2,7	90	1,88	2,43
6	1,5	72	0,96	1,26	21	2,9	85	1,86	2,8
7	1,4	74	0,98	1,28	22	3	80	1,66	2,00
8	1,3	76	1,00	1,4	23	3,1	75	1,65	1,9
9	1,2	78	1,02	1,2	24	3,3	46	1,7	2,05
10	1,1	80	0,89	1,3	25	3,5	48	1,5	1,8
11	1,2	81	0,88	1,36	26	3,7	50	1,3	1,6
12	1,4	84	1,01	1,39	27	4	52	1,7	2,00
13	1,5	86	0,85	1,45	28	4,3	54	4,0	4,3
14	1,7	88	0,99	1,47	29	4,5	56	4,1	4,2
15	1,8	90	1,1	1,5	30	5	60	3,5	3,7

Керуючись даними таблиці 20.2, потрібно:

1. Для вибраного варіанта завдання розрахувати спеціальні коефіцієнти μ та α .
2. Задатися мінімально можливою кількістю комірників n .
3. Розрахувати ймовірність p_0 того, що в системі не буде знаходитись на обслуговуванні жодного замовлення, тобто комірники будуть простоювати.
4. Розрахувати ймовірність p_n того, що всі комірники зайняті роботою, тобто утворюється черга основних робітників.
5. Розрахувати середній час очікування $t_{\text{оч}}$ початку обслуговування основного робітника.
6. Розрахувати загальний час простоювання n комірників $T_k(n)$ протягом зміни.
7. Розрахувати загальний час простоювання основних робітників T_p протягом зміни.
8. Розрахувати величину витрат, пов'язану з простоюванням комірників та основних робітників.

9. Повторити розрахунки, зазначені в пп. 3...8, для кількості комірників, що перевищує мінімальну можливу n . Розглянути 2..5 варіантів.
10. Побудувати графік залежності витрат, пов'язаних з простоюванням комірників та основних робітників (вісь ОУ), в залежності від кількості комірників (вісь ОХ).
11. Визначити оптимальну кількість комірників.
12. Зробити висновки.

20.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Інструментальне господарство: суть, завдання, структура.
2. Охарактеризуйте функції підрозділів, що складають інструментальне господарство малого підприємства.
3. Охарактеризуйте функції підрозділів, що складають інструментальне господарство великого підприємства.
4. Наведіть класифікацію інструменту за різними ознаками: характером використання, призначенням, місцем у виробничому процесі, термінами використання тощо.
5. Дайте означення поняття “індексація” інструменту. Наведіть приклади індексації інструменту на підприємствах.
6. Як здійснюється видача інструменту цехам та підрозділам?
7. Охарактеризуйте форми доставки інструменту на робочі місця. Наведіть взаємозв'язок між формами доставки інструменту та типом виробництва.
8. Назвіть основні системи видачі робітникам інструменту тривалого використання.
9. Поясніть суть системи видачі робітникам інструменту тривалого використання із застосуванням інструментальних книжок.
10. Назвіть основні системи видачі робітникам інструменту короткотермінового використання.
11. Поясніть різницю між одномарковою та двомарковою системою видачі інструменту на робочі місця.
12. Охарактеризуйте суть жетонної системи видачі інструменту на робочі місця.
13. Охарактеризуйте методика, за якою здійснюється визначення оптимальної кількості комірників. Який критерій лежить в основі застосування цієї методики?

21

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: “Розрахунок потреби підприємства в інструменті”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання та розвинути практичні навички здійснення розрахунків витрат і потреби підприємства в інструменті, необхідного для виконання виробничого завдання.

21.1 Теоретична частина

Визначення потреби підприємства в інструменті передбачає здійснення низки розрахунків. Основними із них є:

- розрахунок норм зношення кожного типорозміру (виду) інструменту;
- розрахунок норм витрат інструменту кожного виду;
- розрахунок кількості інструменту, необхідного для виконання виробничого завдання;
- визначення потреби підприємства в інструменті кожного виду на плановий відрізок часу.

Норма зношення інструменту – це час роботи інструменту до повного зношення.

Для *різального інструменту* (різці, фрези, шліфувальні круги тощо) норма зношення $T_{\text{зн}}$ розраховується за формулою:

$$T_{\text{зн}} = \left(\frac{L_p}{l_p} + 1 \right) \cdot t_{\text{ст}} \text{ годин,} \quad (21.1)$$

де L_p – допустимий шар робочої різальної частини інструменту, який може бути використаний при заточуванні цього інструменту, мм;

l_p – середній шар робочої різальної частини інструменту, який знімається за одне заточування, мм.;

$\frac{L_p}{l_p}$ – кількість переточувань інструменту;

$t_{\text{ст}}$ – стійкість інструменту, тобто *машинний час* його роботи між суміжними заточуваннями, годин.

Для *вимірювального інструменту* (скоби, калібри тощо) норма зношення $T_{\text{зн}}$ розраховується за формулою:

$$T_{\text{зн}} = L_b \cdot V_{\text{ст}} \cdot \eta \cdot A_p \text{ вимірів,} \quad (21.2)$$

де L_b – допустима довжина зношення робочої частини вимірjuвального інструменту, мкм [$1\text{ мкм} - 1\text{ мікрон} = 10^{-6}\text{ м}$];

$V_{ст}$ – стійкість інструменту, тобто число вимірів, яке припадає на 1 мікрон зношення робочої частини інструменту;

η – коефіцієнт допустимого зношення інструменту, який в розрахунках приймається в середньому 0,7;

A_p – коефіцієнт, який враховує можливі ремонти та відновлення інструменту; $A_p \approx 2$.

Для *штампів* норма зношення $T_{зн}$ розраховується за формулою:

$$T_{зн} = \left(\frac{L_M}{l_M} + 1 \right) \cdot U_{ст} \cdot (k_M + 1) \cdot \eta_M, \text{ ударів,} \quad (21.3)$$

де L_M – величина допустимого шару сточування матриці штампy, мм.;

Примітка. Матриця це – інструмент із наскрізним отвором, який використовується для штампування деталей.

l_M – середній шар металу матриці, який знімається за одне переточування, мм;

$U_{ст}$ – стійкість матриці, яка вимірюється кількістю виконуваних ударів між суміжними переточуваннями;

k_M – число змін матриць, допустиме для штампy до його повного зношення;

η_M – коефіцієнт, який враховує зниження стійкості матриці після кожного переточування.

Для *допоміжного інструменту та інструменту постійного і тривалого використання* норма зношення $T_{зн}$ визначається фізичними, механічними та іншими властивостями матеріалу, із якого зроблений інструмент, а також умовами експлуатації цього інструменту.

Норма витрат інструменту – це кількість інструменту даного виду, необхідного для виробництва одиниці продукції або виконання певного обсягу роботи. Норми витрат інструменту визначаються розрахунковими та статистичними методами.

Розрахункові методи враховують конкретні умови виробництва, наявне обладнання, особливості технологічних процесів тощо і є найбільш об'єктивними. Розрахункові методи поділяються на точні та укрупнені.

Точні методи застосовуються в масовому та крупносерійному виробництві і визначають норми витрат інструменту на 1, 10, 100 або найчастіше на 1000 деталей-операцій (або деталей). *Укрупнені методи* характерні для серійного, дрібносерійного та одиничного виробництва і визначають норми витрат інструменту на 100 або 1000 машино-годин роботи обладнання певної технологічної групи.

Для допоміжного інструменту, а також інструменту постійного та тривалого використання укрупнені методи, які називаються в цьому випадку *методами середньої оснащеності робочих місць*, визначають норму витрат інструменту як його кількість, яка повинна знаходитись в середньому на одному робочому місці протягом всього планового періоду в розрахунку на 1000 виробів, які виготовляються за допомогою даного інструменту.

Статистичні методи базуються на аналізі звітних даних про витрати інструменту за певний період часу (рік, декілька років) і визначають норми витрат інструменту в розрахунку на 1000 грн. виготовленої продукції або 1000 машино-годин роботи обладнання. Ці методи дають значну похибку і застосовуються обмежено в дрібносерійному та одиничному виробництві тільки для деяких видів інструменту – слюсарного, вимірювального тощо.

Розрахунок норм витрат інструменту для найтипівіших випадків наведений нижче.

Норма витрат різального інструменту H_p в розрахунку на 1000 детале-операцій (деталей) для масового та крупносерійного виробництва розраховується за формулою:

$$H_p = \frac{t_m \cdot n \cdot 1000}{T_{зн} \cdot (1 - \alpha) \cdot 60} \text{ шт./деталь,} \quad (21.4)$$

де t_m – норма *машинного часу*, необхідного для обробки однієї деталі одним інструментом, хв.;

n – кількість інструменту даного виду, який одночасно працює на даному робочому місці;

$T_{зн}$ – норма зношення інструменту, годин;

α – коефіцієнт випадкових втрат інструменту, $\alpha = 0,02 \dots 0,15$.

Норма витрат різального інструменту H_p в розрахунку на 1000 машино-годин роботи обладнання для серійного, дрібносерійного та одиничного виробництва розраховується за формулою:

$$H_p = \frac{K_m \cdot K_i \cdot n \cdot 1000}{T_{зн} \cdot (1 - \alpha)} \text{ шт./годин,} \quad (21.5)$$

де K_m – коефіцієнт, який враховує питому вагу машинного часу в роботі обладнання;

K_i – коефіцієнт, який враховує питому вагу використання одного інструменту даного виду в машинному часі роботи обладнання.

Норма витрат вимірювального інструменту H_v в розрахунку на 1000 деталей визначається за формулою:

$$H_b = \frac{1000 \cdot f \cdot d}{T_{\text{зн}} \cdot (1 - \alpha)} \text{ шт./деталь,} \quad (21.6)$$

де f – число вимірювань на одну деталь за допомогою даного інструменту;

d – коефіцієнт, який враховує вибірковість контролю; при суцільному контролі $d=1$.

Норма витрат штамів $H_{\text{ш}}$ в розрахунку на 1000 деталей визначається за формулою:

$$H_{\text{ш}} = \frac{1000 \cdot h}{q \cdot T_{\text{зн}} \cdot (1 - \alpha)} \text{ шт./деталь,} \quad (21.7)$$

де h – число ударів штампу, необхідних для виготовлення однієї деталі;
 q – число деталей, які штампуються одночасно.

Норма витрат допоміжного інструменту, а також інструменту постійного та тривалого використання $H_{\text{п}}$ в розрахунку на 1000 деталей (виробів) розраховується за формулою:

$$H_{\text{д}} = \frac{T \cdot n \cdot 1000}{T_{\text{зн}} \cdot (1 - \alpha)}, \text{ шт./деталь (виріб),} \quad (21.8)$$

де T – час, протягом якого допоміжний інструмент використовується для виготовлення однієї деталі (виробу) на одному робочому місці, годин.

Витрати інструменту даного виду B , необхідного для виконання виробничого завдання (програми), розраховуються для всіх випадків, які були наведені нижче, за формулою:

$$B = \frac{N \cdot H_i}{1000}, \text{ шт.,} \quad (21.9)$$

де N – кількість деталей, що підлягають обробці (шт.), або загальний час роботи обладнання (годин);

H_i – норма витрат інструменту певного виду (різального, вимірювального тощо) в розрахунку на 1000 деталей або 1000 годин роботи обладнання.

Потреба Π підприємства в кожному виді інструменту на плановий період розраховується за формулою:

$$\Pi = B + (H_o^k - H_{\text{ф}}^n), \quad (21.10)$$

де B – витрати інструменту даного виду, необхідного для виконання виробничого завдання, шт.;

N_0^k – норматив оборотного фонду інструменту на кінець планового періоду, шт.;

N_ϕ^H – фактичний запас інструменту на початок планового періоду, шт.

Розраховані за формулами 21.1...21.10 показники витрат інструменту є загальними для підприємств всіх форм власності, типів виробництва, видів діяльності тощо.

21.2 Завдання для самостійного виконання

В цеху для виготовлення деталей застосовується три види інструменту: різальний – РІ, вимірювальний – ВІ та штампи – ШТ. Технічні характеристики інструменту за видами наведені в таблиці 21.1.

Таблиця 21.1 – Технічні характеристики інструменту

Вариант	Різальний – РІ			Вимірювальний – ВІ				Штампи – ШТ				
	L_p , мм	l_p , мм	$t_{ст}$, годин	L_v , мкм	$V_{ст}$, вимірів	η	A_p	L_m , мм	l_m , мм	$U_{ст}$, ударів	K_m	η_m
1	5,6	0,7	2,3	10	2620	0,7	3	4,4	1,1	300	13	0,9
2	4,8	0,4	1,9	11	3254	0,71	2	4,0	0,8	89	11	0,89
3	7,7	1,1	4,0	12	1760	0,72	3	3,6	0,6	200	16	0,87
4	4,0	0,8	3,2	13	900	0,73	2	3,5	0,5	100	17	0,85
5	3,6	0,6	4,1	14	1378	0,74	3	2,8	0,4	99	14	0,83
6	3,5	0,5	2,9	15	1234	0,75	2	4,5	0,5	76	13	0,81
7	2,7	0,45	1,7	16	897	0,69	3	5,4	0,6	157	14	0,82
8	10	1,0	5,0	17	970	0,68	2	6,3	0,7	148	25	0,83
9	15	1,5	3,6	18	780	0,67	3	3,0	1,0	154	16	0,85
10	8,1	0,9	2,3	19	679	0,66	2	4,0	1,0	155	17	0,8
11	6,08	0,76	3,7	20	650	0,65	3	3,5	0,7	149	16	0,76
12	2,8	0,4	3,6	19	780	0,66	2	4,4	1,1	189	15	0,78
13	4,5	0,5	4,4	18	790	0,67	3	3,3	1,1	130	14	0,79
14	5,4	0,6	4,9	17	980	0,68	2	3,6	0,6	120	25	0,8
15	6,3	0,7	5,7	16	1000	0,69	3	2,1	0,3	110	16	0,95
16	6,4	0,8	1,8	15	1100	0,7	2	2,5	0,5	200	7	0,93
17	7,2	0,9	4,0	14	1120	0,71	3	2,7	0,9	111	16	0,93
18	8,0	1,0	3,5	13	1134	0,72	2	3,2	0,8	100	24	0,92
19	4,55	0,65	6,4	12	1200	0,73	3	4,5	0,9	120	18	0,99
20	3,85	0,55	4,5	11	1230	0,74	2	4,5	0,5	230	19	0,79
21	5,25	0,75	3,5	13	140	0,75	3	3,2	0,4	140	7	0,78
22	5,95	0,85	2,9	15	1250	0,74	2	2,7	0,3	150	16	0,88
23	6,65	0,95	5,3	16	1260	0,73	3	4,0	1,0	160	15	0,75
24	12	1,2	5,1	18	1270	0,72	2	5,2	1,3	170	16	0,79
25	11	1,1	3,6	20	1280	0,71	3	5,1	1,7	180	8	0,78
26	13	1,3	4,8	19	800	0,7	2	4,8	0,8	190	18	0,74
27	14	1,4	2,4	17	900	0,69	3	4,8	0,6	200	6	0,8
28	15	1,5	2,3	15	850	0,68	2	4,2	1,4	210	15	0,7
29	16	1,6	6,9	14	860	0,67	3	3,0	1,0	220	8	0,75
30	17	1,7	4,7	12	940	0,66	2	6,4	0,8	230	17	0,71

В таблиці 17.2. наведені дані щодо того, які деталі обробляються в цеху за плановий період часу, їх кількість N, а також дані про режими експлуатації інструментів РІ, ВІ та ШТ.

Таблиця 21.2 – Дані про режими експлуатації інструменту

Варіант	Деталі, що виготовляються	N, шт.	Різальний – РІ		Вимірювальний – ВІ		Штампи – ШТ		α
			t_m , хв.	n	f	d	h	q	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	A	5000	3,6	3	2	1	1	10	0,03
	B	6000	7,2	2	3	0,1	2	1	
	C	7900	4,0	1	4	0,3	3	5	
2	A	12000	4,1	1	3	0,4	2	1	0,05
	B	11000	8,3	5	2	0,5	1	3	
	C	4800	1,2	4	4	0,1	2	4	
3	A	20000	3,7	2	5	1	3	1	0,06
	B	10000	4,8	2	3	0,5	4	1	
	C	5000	1,9	1	4	0,25	3	3	
4	A	7000	2,43	2	3	0,2	2	4	0,07
	B	8000	1,54	3	2	0,1	1	2	
	C	30000	4,32	1	4	0,3	1	1	
5	A	7800	3,11	1	5	1	2	2	0,08
	B	8500	1,27	2	3	1	3	2	
	C	3800	4,1	1	4	0,5	2	3	
6	A	14000	7,2	1	2	1	3	4	0,09
	B	13490	2,7	3	1	0,5	1	1	
	C	23000	1,9	2	2	1	2	11	
7	A	30000	1,2	1	3	1	3	2	0,1
	B	40000	4,5	1	3	0,25	1	2	
	C	12800	6,1	2	4	0,5	4	6	
8	A	5600	2,6	3	5	0,2	2	2	0,11
	B	17000	5,5	1	4	0,3	1	3	
	C	23600	4,1	1	3	0,4	3	3	
9	A	14300	7,1	2	4	0,1	1	2	0,12
	B	12460	1,2	3	2	0,2	2	1	
	C	20000	4,9	1	3	0,3	1	4	
10	A	13400	1,6	2	4	0,4	3	1	0,13
	B	50000	3,6	3	3	0,5	1	1	
	C	23000	6,1	4	2	0,6	2	6	
11	A	5000	8,6	1	3	1	1	4	0,14
	B	50000	6,1	2	1	0,6	2	2	
	C	30000	4,0	3	2	0,4	3	1	
12	A	123900	3,8	2	4	1	3	5	0,15
	B	4400	5,4	3	3	1	2	4	
	C	33990	8,1	1	2	0,4	2	3	
13	A	3270	1,2	2	1	0,4	3	5	0,14
	B	23560	1,4	1	2	0,25	2	1	
	C	12430	1,9	2	3	0,45	1	1	
14	A	15000	2,4	3	4	0,5	4	2	0,13
	B	20000	2,8	5	5	0,2	3	4	
	C	45000	2,9	3	2	1	2	4	
15	A	8000	3,4	2	1	0,3	3	3	0,12
	B	60000	3,1	3	2	0,4	4	5	
	C	9000	7,2	2	3	0,1	3	2	

Продовження таблиці 21.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	A	5900	1,3	1	1	1	2	10	0,11
	B	45000	6,0	2	2	0,05	1	3	
	C	12000	6,6	3	2	0,4	1	4	
17	A	32000	3,3	2	3	0,25	2	5	0,1
	B	40000	5,1	1	1	1	3	6	
	C	51000	3,9	2	1	1	2	3	
18	A	70000	1,9	3	2	0,5	1	4	0,09
	B	60000	3,0	2	3	0,6	2	4	
	C	80000	3,5	1	4	0,7	2	2	
19	A	5600	7,1	1	1	0,4	3	5	0,08
	B	76098	2,3	2	2	0,3	4	4	
	C	13200	10	3	3	0,7	2	3	
20	A	6000	1,4	2	4	0,1	3	4	0,07
	B	54790	2,6	1	3	0,15	4	2	
	C	100000	2,9	1	2	0,5	5	1	
21	A	5000	3,1	2	3	1	4	2	0,06
	B	8000	7,4	3	4	0,3	3	1	
	C	78000	3,8	4	1	0,5	2	3	
22	A	5800	4,4	3	2	0,25	1	4	0,05
	B	34000	5,5	1	3	0,1	3	5	
	C	8700	6,6	2	4	0,4	4	4	
23	A	60000	7,7	3	1	0,1	3	3	0,04
	B	76090	8,8	2	2	1	2	2	
	C	3000	1,1	3	3	0,33	1	2	
24	A	76000	4,1	3	4	0,15	1	1	0,03
	B	54000	6,1	2	1	0,25	2	2	
	C	32000	8,1	1	3	1	2	4	
25	A	12000	1,3	2	2	1	1	3	0,025
	B	32400	1,5	3	4	0,5	2	2	
	C	22330	1,9	1	5	0,9	3	10	
26	A	50000	7,1	2	2	1	2	2	0,02
	B	43210	5,1	3	1	0,1	1	2	
	C	65430	2,1	3	3	0,05	3	12	
27	A	12400	9,1	1	2	1	2	1	0,015
	B	34210	7,1	3	3	0,5	1	5	
	C	44310	1,5	5	1	0,05	1	2	
28	A	13000	7,1	1	2	0,5	2	5	0,01
	B	67000	1,5	2	3	0,25	3	4	
	C	6000	4,2	4	4	0,15	4	1	
29	A	56780	2,0	3	3	0,1	3	1	0,12
	B	43250	8,1	2	2	0,2	2	4	
	C	10000	0,9	3	3	0,35	3	5	
30	A	100000	0,8	2	4	0,4	2	1	0,13
	B	3000	3,2	3	1	0,5	4	10	
	C	56800	1,8	6	3	1	2	2	

Керуючись даними таблиць 21.1 та 21.2, потрібно:

1. Вибрати для розрахунків дані, які відповідають заданому варіанту.
2. Для різального, вимірювального інструменту та штампів розрахувати норму зношення.
3. Для деталей "А", "В" та "С" визначити норми витрат різального, вимірювального інструменту та штампів (в розрахунку на 1000 деталей).

- Розрахувати витрати інструменту кожного виду на виготовлення деталей “А”, “Б” та “С”, а також загальні витрати різального, вимірювального інструменту та штамів. Результати розрахунків занести в табл. 21.3.

Таблиця 21.3 – Підсумкова таблиця розрахунку витрат інструменту

Деталі	Різальний – РІ, шт.	Вимірювальний – ВІ, шт.	Штапи – ШТ, шт.
А			
В			
С			
Всього			

21.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

- Що означає та як розраховується норма зношення інструменту (навести приклади для інструменту різного виду)?
- Що означає та якими методами визначається норма витрат інструменту?
- Зробіть порівняльний аналіз розрахункових та статистичних методів визначення норм витрат інструменту.
- Зробіть порівняльний аналіз точних та укрупнених методів визначення норм витрат інструменту.
- Яким чином розраховуються норми витрат різних видів інструменту (різального, вимірювального, штамів, допоміжного).
- Що означає та як розраховується потреба підприємства в інструменті певного виду?

21.4 Задачі для розв’язування

1. Норма машинного часу для обробки деталі різальним інструментом 2,3 хв. Кількість інструменту, який одночасно працює, становить 3. Довжина різальної частини інструменту – 8 мм, довжина шару, що знімається за одне переточування, складає 2 мм. Машинний час роботи інструменту між суміжними переточуваннями – 2 години. Коефіцієнт випадкових втрат інструменту – 0,05.

Розрахувати норму витрат інструменту в розрахунку на 1000 деталей.

2. Загальний час роботи технологічно однорідного обладнання – 12000 годин, з них – машинний час складає 9800 годин. Час роботи одного різального інструменту складає 60% від машинного часу роботи даної групи обладнання. Кількість інструменту даного типорозміру, який одночасно працює на обладнанні, становить 3. Можлива кількість переточувань інструменту – 4. Стійкість інструменту, тобто машинний час роботи інструменту між

суміжними переточуваннями 1,5 години. Коефіцієнт випадкових втрат інструменту – 0,06.

Розрахувати норму витрат інструменту в розрахунку на 1000 машино-годин роботи обладнання.

3. Розрахувати витрати розточувальних різців на виконання виробничого завдання за такими даними: величина допустимого шару сточування 9 мм; величина шару, що знімається за одне переточування – 0,5 мм.; стійкість різця між суміжними переточуваннями – 3 години; коефіцієнт випадкових втрат інструменту – 0,04; машинний час обробки однієї деталі – 20 хв.; виробниче завдання – 200 тис. деталей.

4. Розрахувати витрати різального інструменту за такими даними: виробнича програма – 3 млн. деталей; кожна деталь обробляється на 15-ти операціях; машинний час на кожну операцію складає в середньому 1,2 хв.; норма зношення інструменту – 30 годин; коефіцієнт випадкових втрат – 0,05.

5. Для виконання виробничого завдання на підприємстві було витрачено 10 тис. шт. різального інструменту. Норма зношення інструменту – 50 годин. Норма машинного часу, необхідного для обробки однієї деталі, дорівнює 3,5 хв. Коефіцієнт випадкових втрат інструменту – 0,05. На робочому місці одночасно працює 3 різальних інструменти.

Розрахувати величину виробничого завдання.

6. Для виконання виробничого завдання в кількості 250 тис. деталей на підприємстві було витрачено 12 тис. шт. різального інструменту. Норма машинного часу обробки однієї деталі – 8,4 хв., коефіцієнт випадкових втрат інструменту – 0,07. На робочому місці одночасно працює 5 різальних інструментів.

Розрахувати норму зношення інструменту.

7. Для виконання виробничого завдання в кількості 500 тис. деталей на підприємстві було витрачено 2 тис. шт. різального інструменту. Норма машинного часу обробки однієї деталі – 3,5 хв., коефіцієнт випадкових втрат інструменту – 0,09. На робочому місці одночасно працює 2 різальних інструменти. Стійкість інструменту – 3,2 години.

Розрахувати можливу кількість переточувань інструменту.

8. В цеху за рік виготовляється 500 тис. деталей. Для контролю їх якості використовується спеціальний вимірювальний інструмент – скоби. Допустима довжина зношення робочої частини скоби – 5 мкм, стійкість скоби – 2000 вимірів, коефіцієнт можливого ремонту та відновлення скоби дорівнює

2; кількість промірів на одну деталь – 4, коефіцієнт випадкових втрат – 0,05, вибірковість контролю – 0,2.

Розрахувати річну витрату вимірювальних скоб.

9. Для виготовлення виробів застосовується допоміжний інструмент. Виріб складається із 50 деталей, на виготовлення кожної із яких витрачається 20 хв. Норма зношення допоміжного інструменту дорівнює 5 років. Щоденно допоміжний інструмент використовується по 16 годин. В році в середньому 220 робочих днів. Коефіцієнт випадкових втрат інструменту дорівнює 0,03.

Розрахувати норму витрат допоміжного інструменту в розрахунку на 1000 виробів.

10. Розрахувати річну потребу підприємства в свердлах при таких даних: товщина шару, що знімається за одне переточування, – 3 мм; робоча частина інструменту – 36 мм; стійкість інструменту – 1 година; коефіцієнт випадкових втрат – 0; машинний час роботи свердла – 5 хв., річна виробнича програма – 120 тис. шт., нормативний запас інструменту на кінець року дорівнює 400 свердел, фактичний запас інструменту на початок року – 200 свердел. На технологічній операції одночасно використовується одне свердло.

11. Потреба підприємства у різальному інструменті на рік – 80 тис. шт. Нормативний запас інструменту на кінець року – 20 тис. шт. Норма витрат інструменту в розрахунку на 1000 деталей – 35 шт. Річна виробнича виробнича програма – 2000 тис. деталей.

Розрахувати фактичний запас інструменту на початок року.

12. Потреба підприємства у вимірювальному інструменті на рік складає 1000 шт. Фактичний запас цього інструменту на початок року складає 20 шт., нормативний запас на кінець року – 50 шт. Вимірювальний інструмент використовується для контролю якості 1 млн. деталей. Число вимірювань на одну деталь складає 3, вибірковість контролю – 0,3. Коефіцієнт випадкових втрат інструменту – 0,075.

Розрахувати норму зношення вимірювального інструменту.

13. На потоковій лінії з розподільчим конвеєром, яка працює протягом року 250 робочих днів в 2 зміни тривалістю по 8 годин, на одній із технологічних операцій використовується різальний інструмент. Втрати часу на переналагодження складають на потоковій лінії 5%. Такт потокової лінії – 10 хв. Машинний час виконання технологічної операції із застосуванням різального інструменту – 5 хв. Норма зношення інструменту дорівнює 50 годин. Коефіцієнт випадкових втрат інструменту – 0,02.

Розрахувати витрати інструменту на потоковій лінії за рік.

14. Для групи токарних верстатів ефективний фонд часу за рік складає 40 тис. машино-годин. Середній коефіцієнт машинного часу – 0,8, коефіцієнт використання розточувальних різців в машинному часі – 0,2. Число переточувань різця – 20. Стійкість різця – 1,5 години. Коефіцієнт випадкових втрат різців – 0,03.

Розрахувати витрати різців на рік.

15. На дільниці виготовляється 5 видів деталей: “А”, “Б”, “В”, “Г” та “Д”. Річна кількість деталей, які виготовляються на дільниці, складає, відповідно, 325 тис. шт., 100 тис. шт., 540 тис. шт., 200 тис. шт., 780 тис. шт. Для контролю деталей використовується вимірювальний інструмент. Норма зношення вимірювального інструменту – 4000 вимірів. Кількість вимірів на одну деталь складає, відповідно, 3, 4, 2, 1 та 5, а вибірковість контролю – відповідно 1, 1, 0,5, 0,25 та 0,1. Коефіцієнтом випадкових втрат інструменту знехтувати.

Розрахувати витрати вимірювального інструменту за рік.

16. Норма машинного часу для обробки деталі різальним інструментом 3,42 хв. Довжина різальної частини інструменту – 12 мм, довжина шару, що знімається за одне переточування, – 3 мм. Машинний час роботи інструменту між суміжними переточуваннями – 2 години. Коефіцієнт випадкових втрат інструменту – 0,05. Норма витрат інструменту в розрахунку на 1000 деталей складає 12 шт.

Розрахувати кількість інструменту, який одночасно установлений на верстаті.

17. Загальний час роботи обладнання – 12039 годин, з них – машинний час складає 9800 годин. Час роботи одного різального інструменту складає 60% від машинного часу роботи даної групи обладнання. Можлива кількість переточувань різального інструменту – 4. Стійкість інструменту, тобто машинний час роботи інструменту між суміжними переточуваннями інструменту – 1,5 години. Випадкові втрати інструменту – 0,06. Норма витрат інструменту в розрахунку на 1000 машино-годин роботи обладнання складає 416 шт.

Розрахувати кількість інструменту, які одночасно установлений на обладнанні.

18. В цеху виготовляються деталі, для контролю якості яких використовується спеціальний вимірювальний інструмент – скоби. Допустима довжина зношення робочої частини скоби – 6 мкм, стійкість скоби дорівнює 3000 вимірам, коефіцієнт можливого ремонту і відновлення скоби – 2, кількість промірів на одну деталь – 4, коефіцієнт випадкових втрат скоб складає

0,05, вибірковість контролю – 0,2. За рік в цеху для контролю витрачається 30 скоб.

Розрахувати скільки деталей виготовляється в цеху за рік.

21.5 Відповіді на задачі

1. 12 шт./тис. деталей
2. 208 шт./тис. год.
3. 1240 шт.
4. 31500 шт.
5. 2,72 млн. шт.
6. 15,68 годин
7. 9.
8. 30 шт.
9. 1 шт./тис. виробів.
10. 969 шт.
11. 10 тис. шт.
12. 1000 вимірів
13. 39 шт.
14. 209 шт.
15. 590 шт.
16. 2 шт.
17. 6 шт.
18. 898203 шт.

22

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: “Регулювання потреби підприємства в інструменті”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання та розвинути практичні навички здійснення розрахунків оборотного та експлуатаційного фондів інструменту, а також регулювання його запасів з метою забезпечення безперервної роботи підприємства.

22.1 Теоретична частина

Розрахована за формулою 21.10 (див. практичне заняття 21) потреба підприємства в інструменті зовсім не означає, що до початку виконання виробничого завдання на підприємство потрібно завезти (або виготовити) розраховану кількість інструменту. Це буде неефективно, оскільки потребує відволікання значних коштів на придбання (виготовлення) інструменту, додаткових виробничих площ та витрат на зберігання інструменту тощо. Ефективніше завозити (виготовляти) інструмент частинами. Проблема, яка виникає при цьому, полягає в забезпеченні безперервного постачання робочих місць підприємства необхідними видами інструменту.

Для організації безперервного постачання робочих місць інструментом розраховують такі показники: експлуатаційний фонд інструменту цеху, оборотний фонд інструменту цеху, експлуатаційний фонд інструменту підприємства, оборотний фонд інструменту підприємства.

Експлуатаційний фонд інструменту цеху $E_{ц}$ – це кількість інструменту даного типорозміру, який знаходиться в даний час на робочих місцях цеху, а також в ремонті. Розраховується за формулою:

$$E_{ц} = N_{р} + N_{рем}, \quad (22.1)$$

де $N_{р}$ – кількість інструменту даного виду, який знаходиться на робочих місцях, шт.;

$N_{рем}$ – кількість інструменту даного виду, який знаходиться в даний час в ремонті (перевірці, заточуванні тощо), шт.

Кількість інструменту даного типорозміру $N_{р}$, який знаходиться на робочих місцях, розраховується за формулою (при періодичній доставці інструменту на робочі місця):

$$N_{р} = \frac{T_{д}}{T_{з}} \cdot C \cdot n + C \cdot (1 + k), \quad (22.2)$$

де T_d – період між суміжними доставками інструменту на робочі місця, годин; величина T_d дорівнює або кратна тривалості зміни;

T_z – період між суміжними замінами інструменту на обладнанні, годин;

C – кількість робочих місць, де застосовується даний інструмент, шт.;

n – кількість інструменту даного виду, який одночасно знаходиться на робочому місці, шт.;

k – коефіцієнт резервного запасу інструменту на робочому місці; для одноверстатних робочих місць $k = 1$, а для багатоверстатних робочих місць $k = 2 \dots 4$; $k_{\max} = n$.

Період між суміжними замінами інструменту на обладнанні T_z розраховується за формулою:

$$T_z = \frac{t_{\text{шт}}}{t_m} \cdot t_{\text{ст}}, \quad (22.3)$$

де $t_{\text{шт}}$ – норма штучного часу на виконання технологічної операції, хв.;

t_m – машинний час виконання технологічної операції, хв.;

$t_{\text{ст}}$ – стійкість інструменту, годин.

Кількість робочих місць C , де застосовується даний інструмент, розраховується за формулою:

$$C = \frac{N \cdot t_{\text{шт}}}{F_p \cdot K_{\text{вн}}} = \frac{N \cdot t_{\text{шт}}}{D_{\text{роб}} \cdot m_{\text{зм}} \cdot T_{\text{зм}} \cdot 60 \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (22.4)$$

де N – виробнича програма виготовлення виробів протягом планового періоду, шт.;

F_p – режимний фонд часу роботи обладнання, хвилин;

$K_{\text{вн}}$ – плановий коефіцієнт виконання норм виробітку, $K_{\text{вн}} = 1,01 \dots 1,15$;

$D_{\text{роб}}$ – число робочих днів в плановому періоді;

$m_{\text{зм}}$ – число змін роботи;

$T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, годин.

Кількість інструменту, що знаходиться в ремонті $N_{\text{рем}}$, розраховується за формулою:

$$N_{\text{рем}} = \frac{T_{\text{рем}}}{T_d} \cdot C \cdot n, \quad (22.5)$$

де $T_{\text{рем}}$ – тривалість ремонту інструменту в спеціалізованих ремонтних дільницях, годин; для простого інструменту $T_{\text{рем}} = 8$ годин, а для складного – $T_{\text{рем}} = 16$ годин.

Оборотний фонд інструменту цеху $Q_{ц}$ – це сукупність експлуатаційного фонду інструменту цеху $E_{ц}$ та інструменту $Z_{к}$, який знаходиться в інструментально-роздавальній коморі:

$$Q_{ц} = E_{ц} + Z_{к}. \quad (22.6)$$

Запас інструменту $Z_{к}$, який знаходиться в ІРК, складається з двох складових – перехідного запасу $Z_{п}$ та резервного (страхового) запасу $Z_{р}$. Величина перехідного запасу $Z_{п}$ є величиною непостійною і змінюється від максимальної величини $Z_{п}^{max}$ до нуля, після чого відбувається чергова поставка інструменту до ІРК.

Детальніше структура оборотного фонду (запасу) інструменту цеху та його складових наведена на рис. 22.1.

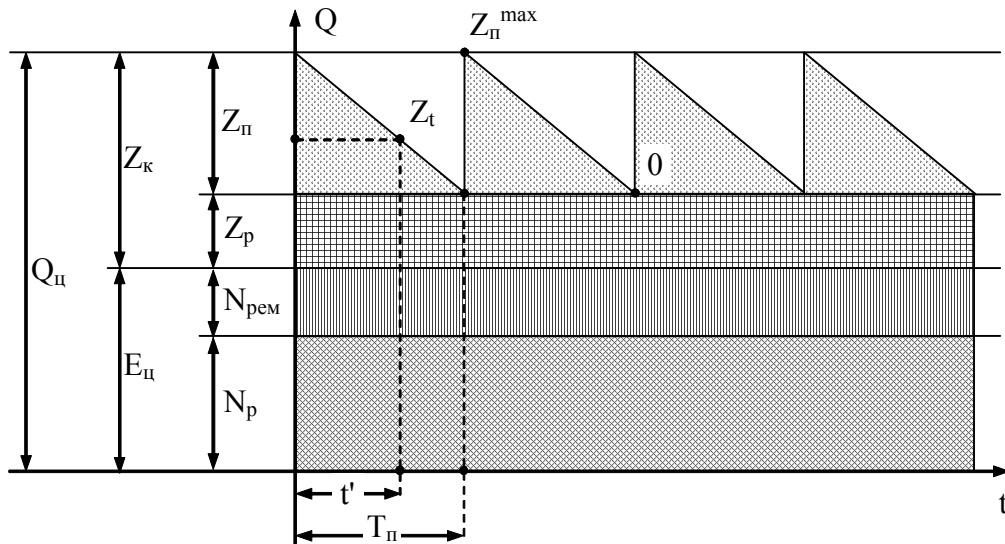


Рисунок 22.1 – Структура оборотного фонду інструменту цеху

Максимальна величина перехідного запасу $Z_{п}^{max}$ являє собою величину партії інструменту, яка надходить до ІРК, і розраховується за формулою:

$$Z_{п}^{max} = \frac{B}{T_{пл}} \cdot T_{пл}, \quad (22.7)$$

де B – цехові витрати інструменту, необхідні для виконання виробничого завдання; розраховуються за формулою 21.9, шт.:

$T_{пл}$ – плановий період, календарні дні; якщо плановим періодом є рік, то в розрахунках приймають $T_{пл} = 360$ днів;

$B/T_{пл}$ – середньодобові витрати інструменту в цеху за період між суміжними поставками інструменту до ІРК, шт.;

T_{Π} – період між суміжними поставками інструменту із центрального інструментального складу до ІРК, календарні дні; в розрахунках приймається $T_{\Pi} = 7 \dots 15$ днів.

Величину перехідного запасу інструменту в ІРК в будь-який період часу Z_t можна розрахувати за формулою:

$$Z_t = \frac{B}{T_{\Pi}} \cdot (T_{\Pi} - t'), \quad (22.8)$$

де t' – період часу від чергової поставки інструменту в ІРК до моменту, в який ми розраховуємо величину перехідного запасу, календарні дні.

Резервний запас інструменту Z_p створюється на випадок запізнення надходжень інструменту з ЦІСу до ІРК. Величина резервного запасу Z_p розраховується за формулою:

$$Z_p = (0,05 \dots 0,1) \cdot Z_{\Pi}^{\max}. \quad (22.9)$$

З урахуванням формул 22.7 та 22.9 максимальну величину запасу інструменту в ІРК Z_k можна розрахувати за формулою:

$$Z_k = \frac{B}{T_{\Pi}} \cdot T_{\Pi} + Z_p = \frac{B}{T_{\Pi}} \cdot T_{\Pi} \cdot (1 + k_{\text{ірк}}), \quad (22.10)$$

де $k_{\text{ірк}}$ – коефіцієнт резервного запасу інструменту в інструменталь-нороздавальній коморі, $k_{\text{ірк}} = 0,05 \dots 0,1$.

Експлуатаційний фонд інструменту підприємства E_{Π} – це сума оборотних фондів інструменту всіх цехів, тобто:

$$E_{\Pi} = \sum_1^n Q_{\Pi}, \quad (22.11)$$

де n – кількість цехів.

Оборотний фонд інструменту підприємства Q_{Π} – це сукупність експлуатаційного фонду інструменту підприємства E_{Π} та запасу інструменту Z_c , який знаходиться в центральному інструментальному складі:

$$Q_{\Pi} = E_{\Pi} + Z_c. \quad (22.12)$$

Запас інструменту Z_c , який знаходиться в ЦІСі, складається з двох складових – перехідного запасу $Z_{c-\Pi}$ та резервного (страхового) запасу Z_{c-p} . Величина перехідного запасу $Z_{c-\Pi}$ є непостійною величиною і змінюється від максимальної величини $Z_{c-\Pi}^{\max}$ до нуля, після чого відбувається чергова поставка інструменту до ЦІСу.

Детальніше структура оборотного запасу інструменту, який знаходиться в центральному інструментальному складі, та його складові наведені на рис. 22.2.

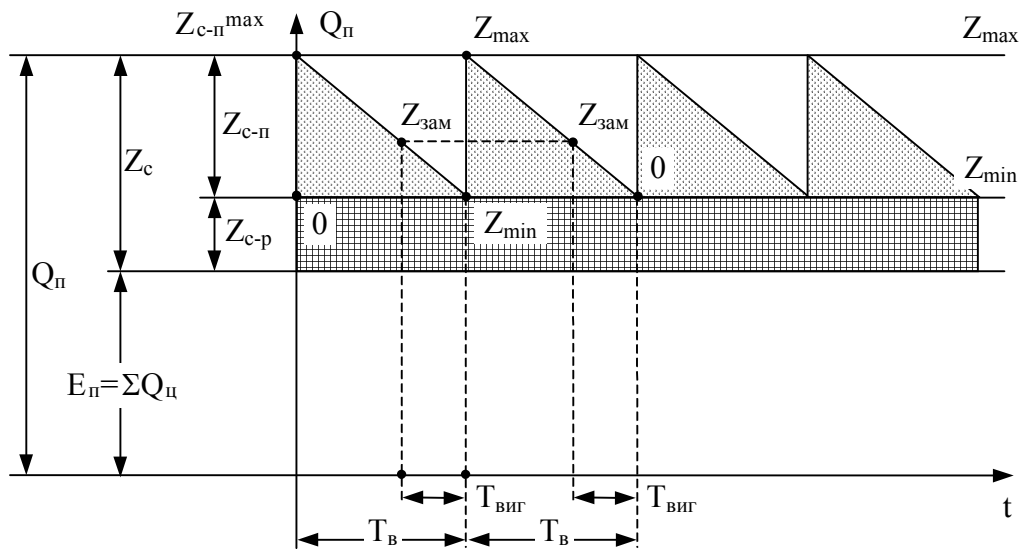


Рисунок 22.2 – Структура оборотного фонду інструменту підприємства (система управління запасами “три точки”)

Максимальна величина перехідного запасу $Z_{c-п}^{max}$ одночасно являє собою величину партії інструменту П, яка надходить до ЦІСу, і розраховується за формулою:

$$Z_{c-п}^{max} = П = \frac{B_{п}}{T_{пл}} \cdot T_{в}, \quad (22.13)$$

де $B_{п}$ – витрати інструменту на підприємстві, необхідні для виконання виробничого завдання; розраховуються за формулою 21.9, шт.;

$T_{пл}$ – плановий період, календарні дні; якщо плановим періодом є рік, то в розрахунках приймають $T_{пл}=360$ днів;

$B_{п}/T_{пл}$ – середньодобові витрати інструменту на підприємстві за період між суміжними поставками інструменту в ЦІС, шт.;

$T_{в}$ – період відновлення запасу інструменту в ЦІС або період між суміжними поставками інструменту в ЦІС, календарні дні.

Резервний запас інструменту $Z_{c-р}$ створюється на підприємстві на випадок запізнення надходжень інструменту в ЦІС. Величина резервного запасу $Z_{c-р}$ розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} Z_{c-р} &= k_{цic} \cdot Z_{c-п}^{max} = (0,2...0,3) \cdot Z_{c-п}^{max} = (0,2...0,3) \cdot \frac{B_{п}}{T_{пл}} \cdot T_{в} = \\ &= \frac{B_{п}}{T_{пл}} \cdot T_{затр}, \end{aligned} \quad (22.14)$$

де $k_{\text{цic}}$ – коефіцієнт резервного запасу інструменту в центральному інструментальному складі, $k_{\text{цic}}=0,2\dots0,3$;

$T_{\text{затр}}$ – кількість календарних днів можливої затримки в надходженні інструменту до ЦіСу.

З урахуванням формул 22.13 та 22.14 *максимальну величину запасу інструменту* Z_c в ЦіСі можна розрахувати за формулою:

$$Z_c = \frac{B_{\text{п}}}{T_{\text{пл}}} \cdot (T_{\text{в}} + T_{\text{затр}}) = \frac{B_{\text{п}}}{T_{\text{пл}}} \cdot T_{\text{в}} \cdot (1 + k_{\text{цic}}). \quad (22.15)$$

Слід зазначити, що центральний інструментальний склад окрім функції зберігання інструменту здійснює регулювання запасів інструменту та контроль за його використанням.

Регулювання запасів інструменту може здійснюватись за такими основними системами: а) *системою управління запасами “три точки”*, яка отримала також назву *система максимум-мінімум* (рис. 22.2), та б) *системою управління запасами з фіксованими інтервалами часу між замовленнями* (рис. 22.3).

Суть системи “трьох точок” полягає у визначенні трьох рівнів запасу інструменту: мінімального, максимального та точки замовлення. *Мінімальна точка (мінімальний рівень)* Z_{min} визначає резервний запас і розраховується за модернізованою формулою 22.14, яка буде мати вигляд:

$$Z_{\text{min}} = Z_{\text{с-р}} = \frac{B_{\text{п}}}{T_{\text{пл}}} \cdot t_{\text{тер}}, \quad (22.16)$$

де $t_{\text{тер}}$ – час термінового виготовлення або придбання чергової партії інструменту у випадку затримки основної поставки інструменту, календарні дні.

Максимальна точка (максимальний рівень) Z_{max} визначає максимальну величину запасу інструменту в ЦіСі і розраховується за модернізованою формулою 22.13, яка буде мати вигляд:

$$Z_{\text{max}} = Z_{\text{min}} + \frac{B_{\text{п}}}{T_{\text{пл}}} \cdot T_{\text{в}} = Z_{\text{min}} + \Pi, \quad (22.17)$$

де $T_{\text{в}}$ – нормальний період відновлення запасу інструменту в ЦіСі або період між суміжними поставками інструменту в ЦіС, календарні дні;

Π – величина партії інструменту, що надходить до ЦіСу, шт.

Точка замовлення $Z_{\text{зам}}$ – визначає таку кількість інструменту (або такий запас інструменту) в ЦіСі, при досягненні якої керівники складу повинні дати замовлення на виготовлення або придбання чергової партії інструменту Π .

Точку замовлення $Z_{\text{зам}}$ можна розрахувати за формулою:

$$Z_{\text{зам}} = Z_{\text{min}} + \frac{B_{\text{п}}}{T_{\text{пл}}} \cdot T_{\text{выг}}, \quad (22.18)$$

де $T_{\text{выг}}$ – час з моменту видачі замовлення на виготовлення або придбання чергової партії інструменту Π до надходження замовленого інструменту в ЦІС, календарні дні.

Взаємозв'язок цих трьох точок показаний на рис. 22.2. Точка замовлення, зрозуміло, повинна випереджати момент витрачання всього перехідного запасу інструменту в ЦІСі на час $T_{\text{выг}}$, достатній для виготовлення або придбання чергової партії інструменту та завезення його в центральний інструментальний склад.

І, нарешті, *середній запас інструменту* $Z_{\text{сер}}$ в центральному інструментальному складі розраховується за формулою:

$$Z_{\text{сер}} = Z_{\text{min}} + \frac{\Pi}{2}. \quad (22.19)$$

Система управління запасами “три точки” (або система максимум-мінімум) забезпечує оперативне регулювання та підтримку запасу інструменту в межах, необхідних для забезпечення безперебійної роботи підприємства.

Система управління запасами інструменту з фіксованими інтервалами часу між замовленнями базується на трьох попередньо визначених параметрах: максимальному рівні запасу інструменту $Z_{\text{макс}}$, проміжному рівні запасу інструменту $Z_{\text{пром}}$ та періоді (інтервалі часу) між замовленнями t_k (рис. 22.3), які отримали назву *контрольні точки*.

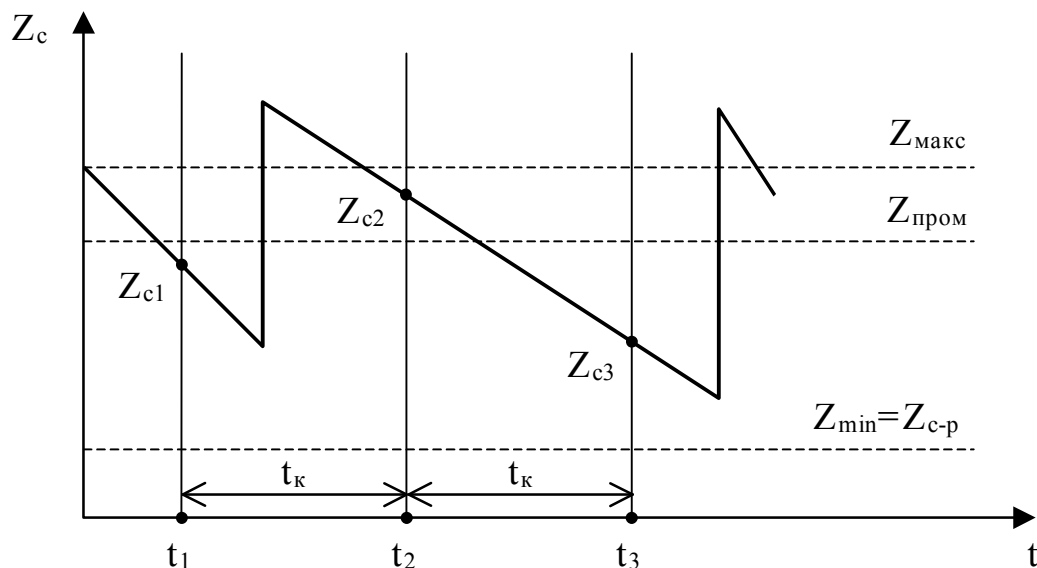


Рисунок 22.3 – Система управління запасами з фіксованими інтервалами часу між замовленнями

Суть системи полягає в тому, що через певні, однакові відрізки часу t_k величина запасу інструменту Z_c в центральному інструментальному складі порівнюється з раніше визначеними максимальним Z_{\max} та проміжним $Z_{\text{пром}}$ рівнями запасу інструменту. Якщо величина запасу Z_c буде знаходитись в межах інтервалу між перехідним та максимальним запасом, то замовлення на поставку інструменту не робиться. Якщо величина запасу буде знаходитись нижче величини перехідного запасу, то здійснюється замовлення на виготовлення та поставку чергової партії інструменту до центрального інструментального складу.

На рис. 22.3 видно, що в контрольних точках t_1 та t_3 величина запасу інструменту була, відповідно, Z_{c1} та Z_{c3} , що менше рівня проміжного запасу $Z_{\text{пром}}$. Тому були зроблені замовлення на виготовлення та поставку чергових партій інструменту. В контрольній точці t_2 величина запасу інструменту Z_{c2} знаходилась між величинами $Z_{\text{пром}}$ та Z_{\max} , тому замовлення на виготовлення та поставку чергової партії інструменту не робилось. Зрозуміло, що величину замовлення чергової партії інструменту потрібно розрахувати таким чином, щоб за час виготовлення та поставки даної партії інструменту величина запасу інструменту в ЦСі не стала меншою за величину резервного запасу Z_{\min} , розрахованої за формулою 22.16.

До переваг системи управління запасами інструменту з фіксованими інтервалами часу між замовленнями відноситься те, що контроль запасів здійснюється в чітко фіксовані, наперед визначені інтервали часу. Окрім того збільшується величина партії інструменту, яка замовляється, що зменшує додаткові витрати на виготовлення та транспортування інструменту.

22.2 Завдання для самостійного виконання

До складу підприємства входить декілька цехів, в яких послідовно здійснюється виготовлення певного виробу. В кожному із цехів використовується різальний інструмент одного типорозміру.

В таблицях 22.1–22.2 наведені такі дані для кожного із 30-ти варіантів завдань: виробнича програма виготовлення виробів за рік N ; норма штучного часу виконання технологічної операції з застосуванням різального інструменту в одному із цехів підприємства – $t_{\text{шт}}$; машинний час обробки виробу з застосуванням інструменту на цій операції в цьому цеху – t_m ; кількість різального інструменту, що застосовується на кожному робочому місці в цьому цеху – n ; стійкість різального інструменту – $t_{\text{ст}}$; кількість переточувань інструменту – $KП$; коефіцієнт випадкових втрат інструменту – α ; число робочих днів в плановому періоді (за рік) – D_p ; тривалість зміни – $T_{\text{зм}}$; плановий коефіцієнт виконання норм виробітку – $K_{\text{вн}}$; періодичність доставки інструменту на робочі місця цеху із ІРК – T_d ; тривалість ремонту інструменту в спеціалізованих ремонтних дільницях – $T_{\text{рем}}$; період між суміжними поставками ін-

струменту до ІРК із центрального інструментального складу – $T_{п}$; коефіцієнт резервного запасу інструменту на робочих місцях – k ; коефіцієнт резервного запасу інструменту в ІРК – $k_{ірк}$; коефіцієнт резервного запасу інструменту в ЦІСі – $k_{ціс}$; кількість цехів – W ; період відновлення запасу інструменту в ЦІСі – $T_{в}$; час з моменту видачі завдання на придбання чергової партії інструменту до моменту його надходження – $T_{виг}$.

Таблиця 22.1 – Початкові дані для виконання завдання

Варі-ант	N, тис.шт	$t_{шт}$, хв.	t_m , хв.	n, шт.	$t_{ст}$, годин	КП, разів	α	D_p , дні	$T_{зм}$, годин	$K_{вн}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	200	2,5	2,1	1	1,9	2	0,02	220	8,1	1,15
2	300	2,6	2,2	2	1,8	3	0,03	221	8	1,14
3	400	2,7	2,3	3	1,7	4	0,04	222	8,05	1,13
4	250	2,8	2,4	4	1,6	3	0,05	223	8,1	1,12
5	270	2,9	2,5	3	1,5	2	0,06	224	8	1,11
6	280	3,0	2,6	2	1,4	3	0,07	225	7,95	1,10
7	290	3,1	2,7	1	1,45	4	0,08	226	7,9	1,09
8	310	3,2	2,8	2	1,55	3	0,09	227	8	1,08
9	320	3,1	2,75	3	1,65	2	0,10	228	8,1	1,07
10	330	3	2,5	4	1,75	3	0,11	229	8	1,06
11	210	2,9	2,4	3	1,85	4	0,12	230	8,05	1,05
12	220	2,8	2,3	2	1,95	3	0,13	231	8,1	1,04
13	230	2,7	2,2	1	1,6	2	0,14	232	8	1,03
14	240	2,6	2,3	2	1,5	3	0,15	233	7,95	1,02
15	290	2,5	2,1	3	1,4	4	0,14	234	7,9	1,01
16	390	2,4	2,0	4	1,3	3	0,13	235	8,1	1,02
17	380	2,3	1,9	3	1,2	2	0,12	236	8	1,03
18	370	2,2	1,8	2	1,25	3	0,11	237	8,05	1,04
19	360	2,3	1,95	3	1,35	4	0,10	238	8,1	1,05
20	350	2,4	2,0	4	1,45	3	0,09	239	8	1,06
21	190	2,5	2,1	5	1,55	2	0,08	240	7,95	1,07
22	410	2,6	2,2	4	1,6	3	0,07	241	7,9	1,08
23	265	2,7	2,3	3	1,7	4	0,06	242	8,1	1,09
24	285	2,8	2,45	2	1,8	3	0,05	243	8	1,1
25	235	2,9	2,55	3	1,6	2	0,04	244	8,05	1,11
26	160	3,0	2,65	4	1,4	3	0,03	245	8,1	1,12
27	170	3,1	2,75	2	1,2	4	0,02	246	8	1,13
28	150	3,2	2,8	1	1,3	3	0,025	247	7,95	1,14
29	140	3,3	2,9	3	1,5	2	0,035	248	7,9	1,15
30	190	3,4	3,0	2	1,6	3	0,045	249	8	1,1

Керуючись даними таблиць 22.1–22.2, потрібно:

1. За формулою 21.1 визначити норму зношення різального інструменту в даному цеху.
2. За формулою 21.4 визначити норму витрат різального інструменту в розрахунку на 1000 деталей-операцій.

3. За формулою 21.9 розрахувати витрати різального інструменту В, необхідного для виконання річного виробничого завдання, яке доведено до даного цеху.
4. За формулою 22.4 розрахувати кількість робочих місць, які необхідно створити в цеху для виконання виробничого завдання.
5. За формулою 22.3 розрахувати період між замінами інструменту на обладнанні в даному цеху.
6. За формулою 22.2 розрахувати кількість різального інструменту, який повинен знаходитись на робочих місцях цеху.
7. За формулою 22.5 розрахувати кількість інструменту, який знаходиться в ремонті на спеціалізованих ремонтних дільницях.

Таблиця 22.2 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	$T_{д,}$ годин	$T_{рем,}$ годин	$T_{п,}$ кал. дні	k	$k_{ірк}$	$k_{щіс}$	W	$T_{в,}$ кал. дні	$T_{виг,}$ кал. дні
1	8	8	7	1	0,05	0,2	3	30	10
2	16	8	14	1	0,1	0,21	4	30	20
3	24	16	15	1	0,06	0,22	5	45	16
4	16	8	14	2	0,07	0,23	6	60	13
5	8	8	7	1	0,08	0,24	5	75	16
6	8	16	7	2	0,09	0,25	4	90	20
7	16	8	15	1	0,1	0,26	3	75	10
8	24	8	15	1	0,09	0,27	4	60	3
9	8	16	7	1	0,08	0,28	5	45	17
10	16	8	14	1	0,07	0,29	6	30	9
11	24	8	15	1	0,06	0,3	4	45	7
12	16	16	14	2	0,05	0,2	3	30	12
13	8	8	7	1	0,05	0,21	4	30	14
14	8	8	7	2	0,1	0,22	5	45	20
15	16	16	15	1	0,06	0,23	6	60	9
16	24	8	7	2	0,07	0,24	5	75	7
17	8	8	14	2	0,08	0,25	4	90	8
18	16	16	15	1	0,09	0,26	3	75	21
19	24	8	14	2	0,1	0,27	4	60	11
20	16	8	7	4	0,09	0,28	5	45	10
21	8	16	7	1	0,08	0,29	6	30	12
22	8	8	15	2	0,07	0,3	4	45	9
23	16	8	7	1	0,06	0,2	3	30	12
24	24	16	14	1	0,05	0,21	4	30	14
25	16	8	15	1	0,1	0,22	5	45	20
26	8	8	14	2	0,1	0,23	6	60	21
27	8	16	7	2	0,09	0,24	5	75	22
28	16	8	7	1	0,08	0,25	4	90	23
29	16	8	15	2	0,07	0,26	3	75	19
30	24	16	14	2	0,06	0,27	4	60	18

8. За формулою 22.1 розрахувати експлуатаційний фонд інструменту цеху.
9. За формулою 22.7 розрахувати максимальну величину перехідного запасу різального інструменту в ІРК даного цеху.
10. За формулою 22.10 розрахувати максимальну величину запасу різального інструменту в ІРК цеху.
11. За формулою 22.6 розрахувати оборотний фонд інструменту в ІРК цеху – $Q_{ц}$.
12. Припустивши, що підприємство складається із однакових цехів, кількість яких визначена показником W , розрахувати експлуатаційний фонд інструменту підприємства. При цьому можна скористатись формулою: $E_{п} = W \cdot Q_{ц}$.
13. Розрахувати витрати різального інструменту підприємства, необхідного для виконання виробничого завдання. Для цього скористатись формулою: $B_{п} = W \cdot B$.
14. За формулою 22.13 розрахувати максимальну величину перехідного запасу різального інструменту в ЦІСі підприємства.
15. За формулою 22.15 розрахувати максимальну величину запасу різального інструменту в ЦІСі підприємства.
16. За формулою 22.12 розрахувати оборотний фонд запасу інструменту підприємства.
17. Взнявши до уваги, що регулювання запасу інструменту в ЦІСі підприємства здійснюється за системою “трьох точок”, за формулами 22.16–22.18 розрахувати мінімальну точку, максимальну точку та точку замовлення різального інструменту.
18. Побудувати графік зміни запасу інструменту в ЦІСі, аналогічний наведеному на рис. 22.2.
19. За формулою 22.19 розрахувати середній запас інструменту в ЦІСі підприємства.
20. Зробити висновки. Звернути увагу на співвідношення витрат інструменту на виконання річного виробничого завдання та величини оборотного запасу інструменту як на рівні окремого цеху, так і на рівні підприємства.

22.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення поняття “експлуатаційний фонд інструменту цеху”. Як розраховується даний показник?
2. Як розраховується кількість інструменту, який знаходиться на робочих місцях цеху? Які проміжні показники для цього потрібно знати та які проміжні розрахунки потрібно зробити?

3. Як розраховується кількість інструменту, який знаходиться в даний час в ремонті (перевірці, заточуванні тощо) в спеціалізованих ремонтних дільницях?
4. Дайте означення поняття “оборотний фонд інструменту цеху”. Як розраховується даний показник?
5. Наведіть структуру оборотного фонду (запасу) інструменту цеху та поясність суть його складових.
6. Як розраховується максимальна величина перехідного запасу інструменту в цеховій інструментально-роздавальній коморі? Як розраховується величина цього запасу в будь-який момент часу?
7. Як розраховується величина резервного запасу інструменту в цеховій інструментально-роздавальній коморі?
8. Як розраховується максимальна величина запасу інструменту в інструментально-роздавальній коморі цеху?
9. Дайте означення поняття “експлуатаційний фонд інструменту підприємства”. Як розраховується даний показник?
10. Дайте означення поняття “оборотний фонд інструменту підприємства”. Як розраховується даний показник?
11. Наведіть структуру оборотного фонду інструменту підприємства та поясність суть його складових.
12. Як розраховується максимальна величина перехідного запасу інструменту в центральному інструментальному складі?
13. Як розраховується величина резервного запасу інструменту в центральному інструментальному складі?
14. Як розраховується максимальна величина запасу інструменту в центральному інструментальному складі?
15. Охарактеризуйте суть системи регулювання запасу інструменту “три точки”. Які рівні запасу інструменту характерні для цієї системи? Як розраховуються ці рівні? Наведіть графік зміни запасу інструменту, характерний для цієї системи.
16. Охарактеризуйте суть системи регулювання запасу інструменту з фіксованими інтервалами часу між замовленнями. На яких параметрах базується ця система? Наведіть графік зміни запасу інструменту, характерний для цієї системи.
17. Охарактеризуйте переваги системи регулювання запасу інструменту з фіксованими інтервалами часу між замовленнями над системою регулювання запасу “три точки”.

22.4 Задачі для розв’язування

1. Для виконання технологічної операції використовується різці. Норма штучного часу виконання технологічної операції – 5 хв., в тому числі з без-

посереднім застосуванням різця – 2,5 хв. Стійкість різця дорівнює 4 годин. Інструмент доставляється на робочі місця з ІРК на початку кожної зміни, яка триває 8 годин. Для виконання виробничого завдання в цеху обладнано 12 робочих місць. На кожному з цих місць одночасно знаходиться по одному різцю. Час знаходження різців в ремонті – 16 годин. Коефіцієнт резервного запасу різців на робочому місці – 1, а в ІРК – 0,1. Партія різців (максимальна величина перехідного запасу), яка періодично надходить до ІРК з центрального інструментального складу, дорівнює 100 різців.

Розрахувати величину оборотного фонду різців цеху.

2. Річна програма випуску виробів – 1200000 шт., машинний час обробки кожного виробу – 1,39 хв. Норма штучного часу на технологічну операцію – 2,32 хв. На робочому місці одночасно застосовується три інструменти. Стійкість інструменту – 1,8 години. Число можливих переточувань інструменту – 2. Коефіцієнт випадкових втрат інструменту – 0,05. Цех працює в 2 зміни, число робочих днів – 265, тривалість зміни – 8 годин. Час знаходження інструменту в ремонті – 8 годин. Поставки інструменту із ЦІСу до ІРК відбуваються щонеділі. Періодичність доставки інструменту з ІРК на робочі місця – 8 годин. Плановий коефіцієнт виконання норм виробітку – 1,1. Коефіцієнт резервного запасу інструменту на робочих місцях дорівнює 1, а в ІРК – 0,095.

Розрахувати величину оборотного фонду інструменту цеху.

3. Оборотні фонди свердел в цехах мають такі значення: цех №1 – 112 шт., цех № 2 – 87 шт., цех № 3 – 56 шт., цех № 4 – 98 шт. Середньодобові витрати свердел – 5 шт., нормальний період відновлення запасу інструменту дорівнює 30 календарних днів. Час виготовлення чергової партії свердел дорівнює 8 днів. Коефіцієнт резервного запасу свердел в ЦІСі – 0,26.

Розрахувати оборотний фонд свердел підприємства, мінімальну точку, максимальну точку та точку замовлення свердел, а також побудувати графік руху запасу свердел в ЦІСі.

4. Витрати інструменту за місяць на підприємстві – 150 шт. Поповнення запасу інструменту в ЦІСі відбувається кожні 60 днів. Час з моменту видачі замовлення на виготовлення чергової партії інструменту до її надходження – 14 днів. Коефіцієнт резервного запасу інструменту в ЦІСі дорівнює 0,28.

Розрахувати мінімальну точку, максимальну точку та точку замовлення інструменту, а також середній запас інструменту в ЦІСі.

5. Число робочих місць цеху, де застосовується інструмент – 15, кількість інструменту, який одночасно знаходиться на одному робочому місці – 5. Періодичні надходження інструменту з ІРК – 8 годин. Періодичність замі-

ни інструменту на робочому місці – 6 годин. Коефіцієнт резервного запасу інструменту на робочих місцях – 1.

Розрахувати кількість інструменту, який знаходиться на робочих місцях цеху.

6. Витрати інструменту в цеху за місяць – 174 шт., мінімальний або резервний запас інструменту в ІРК – 15% від витрат інструменту за місяць. Періодичність поповнення запасу – 60 днів.

Розрахувати максимальний запас інструменту в ІРК та величину перехідного запасу інструменту в ІРК через 40 днів після надходження чергової партії інструменту.

7. Витрати інструменту на підприємстві за місяць – 120 шт., проміжок часу між видачею замовлення і надходженням інструменту в ЦІС дорівнює 30 днів. Мінімальний запас інструменту в ЦІСі – 50 шт. Період поповнення запасу інструменту – 90 днів.

Розрахувати точку замовлення інструменту та максимальну величину запасу інструменту в ЦІСі.

22.4 Відповіді на задачі

1. 170 шт.
2. 476 шт.
3. 542 шт., 39 шт., 189 шт., 79 шт.
4. 84 шт., 384 шт., 154 шт., 234 шт.
5. 130 шт.
6. 374 шт., 116 шт.
7. 170 шт., 410 шт.

23

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ

Тема: “Організація ремонтного господарства підприємства”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з організації ремонтного господарства на підприємствах та розвинути практичні навички проведення розрахунків обсягу ремонтних робіт, необхідних для забезпечення постійної експлуатаційної готовності виробничого обладнання, будівель, споруд тощо, які є на підприємстві.

23.1 Теоретична частина

23.1.1 Загальні відомості про ремонтне господарство

Ремонтне господарство підприємства – це сукупність підрозділів, які здійснюють технічне обслуговування та ремонти всіх видів обладнання, будівель, споруд тощо, які є на підприємстві.

Головне завдання ремонтного господарства підприємства – забезпечити постійну експлуатаційну готовність виробничого обладнання та всіх інших засобів виробництва. До *задач* ремонтного господарства відноситься також мінімізація витрат на проведення ремонтних робіт, попередження прогресуючого зношення обладнання, недопущення виробничих аварій тощо.

Організаційно-виробнича структура ремонтного господарства підприємства визначається масштабами, типом та характером виробництва. На великих підприємствах створюються загальнозаводські та цехові ремонтні служби (рис. 23.1).

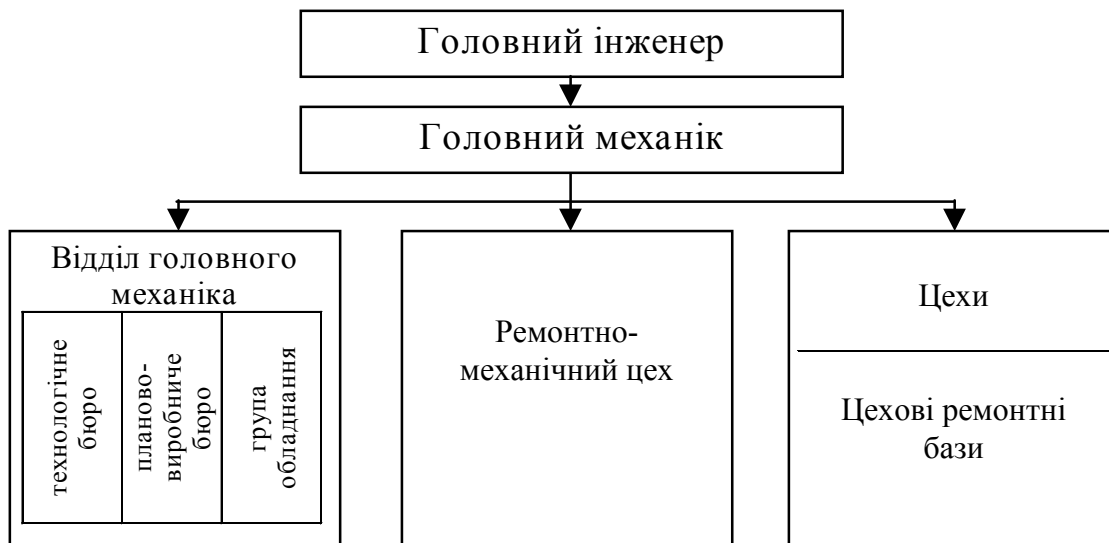


Рисунок 23.1 – Організаційно-виробнича структура ремонтного господарства великого підприємства

На невеликих підприємствах ремонтне господарство централізовано в масштабах підприємства. При значній енергомісткості виробництва до складу ремонтного господарства можуть входити підрозділи служби головного енергетика підприємства.

Керівництво ремонтним господарством здійснює *головний механік*, якому безпосередньо підпорядковується відділ головного механіка та ремонтно-механічні цехи підприємства. До складу *відділу головного механіка* може входити декілька бюро. Це – *технологічне бюро*, де здійснюється *конструкторська* (створення альбомів креслень кожного виду обладнання, змінних вузлів та деталей), *технологічна* (проекування технологічних процесів виготовлення змінних частин та проведення ремонтних робіт) та *оперативна* (комплектування ремонтних робіт змінними деталями, матеріалами, інструментом тощо) підготовка всіх видів ремонтних робіт, включаючи його модернізацію. *Планово-виробниче бюро* планує і контролює роботу ремонтних цехів та цехових ремонтних баз, складає звіти про виконання планів ремонтних робіт, здійснює аналіз техніко-економічних показників ремонтного господарства підприємства. *Група обладнання* веде облік обладнання та слідкує за його переміщенням, контролює стан зберігання обладнання та здійснює його щорічну інвентаризацію, складає замовлення на придбання нового обладнання тощо.

Безпосередньо ремонтні роботи здійснюють ремонтно-механічні цехи та цехові ремонтні бази. *Ремонтно-механічні цехи* можуть мати в своєму складі спеціалізовані дільниці: *демонтажну, заготовчу, механічну, слюсарно-складальну, ковальську, зварювальну, термічну, відновлення деталей та інші*. До складу *цехових ремонтних баз* входять механічні майстерні, слюсарні дільниці, комплексні ремонтні бригади, комори запасних частин тощо. Ремонтно-механічні цехи та цехові ремонтні бази повинні мати таке обладнання і засоби механізації, такий рівень кваліфікації ремонтних робітників, щоб в повному обсязі забезпечити виконання всіх видів ремонтних робіт, виготовлення необхідних запасних частин та нестандартного оснащення тощо.

Ремонтні роботи виконуються на підприємствах за *центральною, децентралізованою або змішаною* схемами. *Централізована* схема передбачає, що всі види ремонтних робіт здійснюються силами ремонтно-механічного цеху підприємства. Така система застосовується на невеликих підприємствах, коли є декілька цехів, кожен із яких має не більше 500 одиниць обладнання. *Децентралізована* схема передбачає, що практично всі види ремонтних робіт здійснюються силами цехових ремонтних баз кожного з цехів. В ремонтно-механічному цеху здійснюється лише виготовлення найскладніших запасних частин та виконується капітальний ремонт деяких видів складного універсального обладнання. Така схема доцільна для великих підприємств, для підприємств масового та крупносерійного типу виробництва за умови, що кожен цех має кількість обладнання, яка значно перевищує

500 одиниць. *Змішана схема* характеризується тим, що всі види ремонтних робіт та технічного обслуговування, окрім капітальних ремонтів, здійснюють цехові ремонтні бази, а капітальні ремонти здійснюються силами ремонтно-механічного цеху.

В наш час, коли кількість застарілого обладнання на підприємствах постійно зростає (за деякими розрахунками вона сягає 60...80%), перед менеджерами та інженерами постає питання або його термінової заміни, що вимагає значних коштів, або пошуку шляхів проведення високоефективних якісних ремонтних робіт, які б гарантували надійне відновлення технічних та експлуатаційних характеристик обладнання.

23.1.2 Загальні відомості про єдину систему планово-попереджувальних ремонтів

Для того, щоб забезпечити стабільну роботу обладнання, унеможливити прогресуюче його зношення та запобігти виникненню виробничих аварій, на підприємствах можуть застосовуватись різні системи проведення ремонтів та технічного обслуговування машин і обладнання. В основі цих систем лежить *єдина система планово-попереджувальних ремонтів* – так звана *система ППР*. Розробка цієї системи вперше була розпочата в колишньому СРСР в 1923 році, а пізніше знайшла своє поширення в США, ФРН, Англії, Франції та інших країнах світу.

Система ППР – це сукупність планових профілактичних та різних організаційно-технічних заходів з догляду та нагляду за станом обладнання, здійсненням його обслуговування та ремонту. Суть системи ППР полягає в проведенні через певні відрізки часу профілактичних оглядів та різних видів ремонтів, черговість і періодичність яких визначається видом обладнання, його розмірами, умовами експлуатації тощо. Система ППР складається з технічного обслуговування та планових ремонтів.

Технічне обслуговування – це комплекс заходів, спрямованих на підтримку робочого стану обладнання при його експлуатації, очікуванні початку експлуатації, зберіганні та транспортуванні. Всі роботи з технічного обслуговування регламентуються за змістом, структурою та періодичністю виконання. *За змістом та періодичністю* виконання роботи з технічного обслуговування поділяються на комплекси Е, ТО-1, ТО-2, ТО-3, ТО-4 та ТО-5.

В комплекс Е входять роботи, які виробничі робітники повинні виконувати *постійно і самотійно*. Це – постійний нагляд за станом обладнання, дотримання правил його експлуатації, своєчасне регулювання механізмів, усунення незначних несправностей. Останні дві роботи здійснюються під час перерв у роботі обладнання, неробочих змін без порушення процесу виробництва. В окремих випадках роботи за комплексом Е можуть виконувати чергові слюсарі, електрики, змащувальники.

Комплекси ТО-1...ТО-5, на відміну від комплексу Е, виконуються робітниками спеціалізованих ремонтних бригад *за заздалегідь складеними графіками*. Це – перевірка механізмів (комплекс ТО-1), відмова яких може призвести до аварій; перевірка органів управління, кріплень і т.п. (комплекс ТО-2). Комплекси ТО-3...ТО-5 передбачають поповнення та заміну мастил, перевірку обладнання на точність, проведення *оглядів*. В результаті проведення оглядів визначається поточний стан обладнання, виявляються та усуваються незначні несправності, з'ясовуються обсяги підготовчих робіт, які потрібно виконати до проведення чергового ремонту. Для окремих груп обладнання, наприклад, для електрообладнання та електромереж, огляди передбачають проведення профілактичних *випробувань*.

Комплекс ТО-1 виконується щотижня, комплекс ТО-2 – щомісяця, комплекси ТО-3, ТО-4 та ТО-5 – відповідно кожні 3, 6 та 12 місяців. Кожен наступний комплекс робіт з технічного обслуговування містить в собі всі попередні комплекси. Останній комплекс ТО-5 передбачає проведення повного спектру робіт, визначених системою технічного обслуговування. Роботи за комплексами ТО-1...ТО5 здійснюються під час неробочих змін та в вихідні дні.

Структура робіт з технічного обслуговування – це перелік видів робіт з технічного обслуговування, що їх потрібно здійснити протягом певного часу, та *їх кількість*. Структура робіт з технічного обслуговування обладнання повинна складатись заводом-виробником та фіксуватись в картах регламентованого технічного обслуговування. Наприклад, для металорізальних верстатів структура технічного обслуговування за час між суміжними ремонтами може мати вигляд: *щозмінний огляд робітником, чотири поповнення мастилами, одна заміна мастила, один огляд спеціалізованою бригадою, два профілактичні регулювання*.

Ремонт – це комплекс заходів з відновлення робочого стану обладнання або його складових частин шляхом заміни або відновлення зношених частин та регулювання механізмів. За обсягами робіт ремонти поділяються на поточні, середні та капітальні. *Поточні* ремонти виконуються з метою забезпечення гарантованого робочого стану обладнання та інших основних фондів і передбачають заміну та відновлення окремих деталей, регулювання механізмів тощо. Всі роботи здійснюються без розбирання обладнання та механізмів. *Середні* ремонти виконуються з частковим розбиранням механізмів, заміною окремих зношених деталей та вузлів. Ці ремонти передбачають регулювання механізмів та випробування їх під навантаженням. Середні ремонти повинні відновити точність, потужність та продуктивність обладнання відповідно до чинних стандартів. *Капітальні* ремонти – передбачають повне розбирання агрегату, заміну та відновлення всіх зношених частин, регулювання та випробування механізмів під навантаженням. В ході здійснення капіталь-

ного ремонту у повній мірі повинні бути відновлені всі технічні показники, які регламентуються чинними стандартами.

В останній час, у зв'язку з прискоренням темпів науково-технічного прогресу, все більшого поширення набуває схема проведення ремонтів, яка передбачає здійснення тільки поточних та капітальних ремонтів. При цьому поточні ремонти здійснюються без виведення обладнання із експлуатації (тобто, під час неробочих змін), а капітальні ремонти супроводжуються модернізацією обладнання, що дозволяє покращити його експлуатаційні характеристики.

За термінами виконання всі ремонти поділяються на *планові* та *позапланові*. *Плановими* є ремонти, які здійснюються за прийнятою на підприємстві системою ППР. *Позапланові ремонти* викликаються аваріями обладнання та іншими непередбачуваними причинами. При належній організації системи ремонтів та технічного обслуговування позапланові ремонти не повинні мати права на існування.

Системи ППР в залежності від характеру і умов експлуатації обладнання можуть бути різних видів. Основними з них є післяоглядова система, система періодичних ремонтів та система стандартних ремонтів.

Система післяоглядових ремонтів передбачає періодичний огляд обладнання та інших засобів за заздалегідь складеними графіками. На основі цих оглядів визначається стан об'єктів, складаються відомості дефектів та приймаються рішення щодо термінів та обсягів майбутніх ремонтів. Прикладами таких систем можуть бути система ремонту транспортних засобів і система технічного обслуговування та ремонтів приладів. *Так, система ремонту транспортних засобів* передбачає щоденний технічний огляд транспорту при виїзді на лінію та при поверненні в парк. Окрім цього за графіками проводяться технічні огляди, за результатами яких виявляється технічний стан транспортних засобів та визначаються терміни, види та обсяги наступних ремонтів. *Система технічного обслуговування та ремонтів приладів* передбачає проведення періодичних перевірок технічних параметрів приладів, що використовуються у виробничому процесі, в наукових дослідженнях тощо. Ці перевірки здійснюються метрологічними службами підприємства або спеціалізованими підрозділами Держспоживстандарту. Справна апаратура після перевірки повертається в експлуатацію, а апаратура, яка має відхилення параметрів від еталону, відправляється в ремонт.

Система періодичних ремонтів знайшла своє поширення в машинобудуванні, електронній промисловості та інших галузях. Має декілька різновидів. Найпоширеніша – так звана „*Типова система технічного обслуговування та ремонту метало- та деревообробного обладнання*”. Суть системи полягає в проведенні через певні відрізки часу роботи обладнання *профілактичних оглядів та різних видів ремонтів*, черговість та періодичність яких визначається чинними нормативами в залежності від призначення обладнання, його

го конструктивних і ремонтних особливостей, умов експлуатації та інших факторів.

При використанні спеціального технологічного обладнання, яке має високу насиченість електронними пристроями і працює в особливих умовах навколишнього середовища (наприклад, в вакуумі), застосовується *система планово-попереджувального обслуговування ППО*. Особливістю системи ППО є те, що терміни проведення поточних та середніх ремонтів визначаються на не основі нормативів, а індивідуально на основі аналізу статистичних даних про відмови в роботі обладнання або на підставі спеціальних обстежень. Тому система ППО передбачає проведення щомісячних оглядів обладнання, здійснення інспекційних оцінок технічного стану обладнання за визначеною групою параметрів, проведення позапланових ремонтів обладнання за результатами інспекційних перевірок тощо. Окрім цього система ППО детально визначає зміст самих ремонтів, який фіксується в картах ремонтів.

Система стандартних ремонтів передбачає обов'язкову зупинку обладнання та заміну певних деталей та вузлів в чітко визначені графіком терміни незалежно від стану обладнання. Така система застосовується до обладнання, позапланова зупинка якого неприпустима і може призвести до великих матеріальних втрат.

В умовах ринкової економіки кожне підприємство самостійно вирішує, яку систему технічного обслуговування та ремонтів застосовувати і чи застосовувати її взагалі. В одних випадках система ремонтів впроваджується для найбільш відповідального, дорогого обладнання, в інших випадках доцільність її впровадження визначається величиною витрат на проведення ремонтних робіт у порівнянні з вартістю нового обладнання, в третіх – ураховуються якісні зміни в технології, які взагалі можуть виключати проведення капітальних ремонтів техніки і т.ін.

Тривають пошуки більш ефективних та прогресивних форм і методів здійснення ремонтних робіт. В наш час до них відносяться: спеціалізація та централізація ремонту обладнання, впровадження передових методів ремонту, удосконалення організації праці ремонтного персоналу тощо.

Централізація ремонтних робіт передбачає створення спеціалізованих підрозділів, які б здійснювали ці роботи. Тут створюються умови для ефективного використання високопродуктивного обладнання та оснащення, застосування прогресивних технологічних процесів тощо. Централізація ремонтних робіт привела до появи так званого *фірмового ремонту*, який здійснюється спеціалізованими підприємствами. Це дозволяє значно підвищити якість ремонту та скоротити витрати на його проведення.

До *прогресивних методів* здійснення ремонтних робіт відносяться: вузловий та послідовно-вузловий методи, стендовий метод, метод ремонту “проти потоку” тощо.

Вузловий метод полягає в тому, що певні вузли обладнання замінюються запасними, які були раніше відремонтовані або виготовлені. Час простоювання обладнання скорочується, оскільки значна частина ремонтних робіт виконується під час неробочих змін або у вихідні дні. Цей метод доцільно застосовувати для ремонту однотипного обладнання, яке є на підприємстві у великій кількості.

Послідовно-вузловий метод полягає в тому, що зношені деталі та вузли обладнання замінюються не одночасно, а послідовно, під час перерв у роботі обладнання. Цей метод застосовують для ремонту обладнання, яке має декілька конструктивно подібних вузлів тощо.

Стендовий метод передбачає заміну обладнання іншим, яке знаходиться в робочому стані, а організація ремонту знятого з експлуатації обладнання здійснюється на спеціально облаштованих стендах. Цей метод застосовується на підприємствах, де є велика кількість переносного обладнання однакових моделей.

Метод ремонту “*проти потоку*” використовується для ремонту поточкових ліній. Цей метод передбачає проведення ремонту окремих вузлів лінії під час її зупинки за методикою “вузлового методу”. Необхідною передумовою застосування даного методу є скорочення кількості типорозмірів та базових моделей машин і агрегатів.

23.1.3 Основні нормативи системи ППР та їх розрахунок

Основними нормативами системи ППР є: ремонтний цикл, структура ремонтного циклу, тривалість міжремонтного періоду, тривалість міжоглядового періоду, категорія складності ремонту, трудомісткість ремонтних робіт та інші.

Ремонтний цикл $T_{\text{ц}}$ (або тривалість ремонтного циклу) – це число годин операційної (тобто, безпосередньої) роботи обладнання між двома суміжними капітальними ремонтами або між введенням в експлуатацію обладнання та першим капітальним ремонтом. Ремонтний цикл $T_{\text{ц}}$ розраховується за формулою:

$$T_{\text{ц}} = A \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \dots \cdot \beta_n, \quad (23.1)$$

де A – нормативний ремонтний цикл, годин;

β_i – коефіцієнти, які ураховують умови експлуатації обладнання та інші чинники, що впливають на інтенсивність його зношення.

Зокрема, для *металорізальних верстатів тривалість ремонтного циклу* $T_{\text{ц}}$ розраховується за формулою:

$$T_{\text{ц}} = A \cdot \beta_{\text{п}} \cdot \beta_{\text{м}} \cdot \beta_{\text{у}} \cdot \beta_{\text{т}} \text{ годин,} \quad (23.2)$$

де $A = 20000$ годин (для верстатів та обладнання віком понад 20 років);

$A = 23000$ годин (для верстатів віком від 10 до 20 років);

$A = 24000$ годин (для верстатів віком менше 10 років);

β_{π} – коефіцієнт, який враховує тип виробництва: для масового та крупносерійного виробництва $\beta_{\pi} = 1,0$; для серійного – $\beta_{\pi} = 1,3$; для дрібносерійного та одиничного – $\beta_{\pi} = 1,5$;

$\beta_{\text{м}}$ – коефіцієнт, який враховує вид матеріалу, що підлягає обробці: для конструкційної сталі $\beta_{\text{м}} = 1,0$; для чавуну та бронзи $\beta_{\text{м}} = 0,8$; для надміцних сталей $\beta_{\text{м}} = 0,7$; для легких металів $\beta_{\text{м}} = 1,3$;

$\beta_{\text{у}}$ – коефіцієнт, який враховує умови експлуатації обладнання: для нормальних умов $\beta_{\text{у}} = 1,0$; при підвищеній запиленості та вологості $\beta_{\text{у}} = 0,7$;

$\beta_{\text{т}}$ – коефіцієнт, який враховує масу верстата: для легких та середніх верстатів (до 10 т) $\beta_{\text{т}} = 1,0$; для великих та тяжких (11...100 т) $\beta_{\text{т}} = 1,35$; для особливо тяжких та унікальних (понад 100 т) $\beta_{\text{т}} = 1,7$.

Тривалість ремонтного циклу $T_{\text{ц(р)}}$ (в роках) розраховується за формулою:

$$T_{\text{ц(р)}} = \frac{T_{\text{ц}}}{D_{\text{р}} \cdot m_{\text{зм}} \cdot T_{\text{зм}}} \text{ років,} \quad (23.3)$$

де $D_{\text{р}}$ – кількість робочих днів в році; $D_{\text{р}} \approx 250$ днів;

$m_{\text{зм}}$ – число змін роботи обладнання;

$T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, годин.

Примітка. При $D_{\text{р}} = 250$ днів, двозмінній роботі і тривалості зміни у 8 годин величина знаменника, тобто $(D_{\text{р}} \cdot m_{\text{зм}} \cdot T_{\text{зм}})$ складає приблизно 4000 годин.

Структура ремонтного циклу – це перелік та черговість проведення планових ремонтів обладнання в період між черговими капітальними ремонтами (або протягом ремонтного циклу). Наприклад, для металорізальних верстатів масою до 10 т структура ремонтного циклу передбачає проведення 6 поточних і 2 середніх ремонтів та має вигляд:

$$K - \Pi_1 - \Pi_2 - C_1 - \Pi_3 - \Pi_4 - C_2 - \Pi_5 - \Pi_6 - K, \quad (23.4)$$

де K – капітальні ремонти, Π_i – поточні ремонти, C_i – середні ремонти.

Тривалість міжремонтного періоду T_{Π} – це час операційної роботи обладнання між будь-якими суміжними плановими ремонтами. Розраховується за формулою:

$$T_{\Pi} = \frac{T_{\Pi}}{n_c + n_{\Pi} + 1}, \quad (23.5)$$

де n_c – кількість планових середніх ремонтів, визначених структурою ремонтного циклу;

n_{Π} – кількість планових поточних ремонтів, визначених структурою ремонтного циклу.

Тривалість міжремонтного періоду T_{Π} дорівнює тривалості циклу технічного обслуговування $T_{\text{обс}}$, тобто $T_{\Pi} = T_{\text{обс}}$ тому, що саме під час міжремонтного періоду і відбуваються заходи з технічного обслуговування обладнання.

Як вже було зазначено вище, технічне обслуговування також має свою структуру. Оскільки основним заходом технічного обслуговування є огляд обладнання, то введення оглядів у структуру ремонтного циклу дає нам більш розгорнуту картину ремонтного циклу. Так, для попереднього прикладу (формула 23.4) за умови, що в кожному циклі технічного обслуговування повинен бути передбачений один огляд, структура ремонтного циклу буде мати вигляд:

$$K-O_1-\Pi_1-O_2-\Pi_2-O_3-C_1-O_4-\Pi_3-O_5-\Pi_4-O_6-C_2-O_7-\Pi_5-O_8-\Pi_6-O_9-K, \quad (23.6)$$

де O_i – огляди обладнання.

Тривалість міжоглядового періоду $T_{\text{огл}}$ – це тривалість між суміжними оглядами або між оглядом та найближчим ремонтом. Тривалість міжоглядового періоду розраховується за формулою:

$$T_{\text{огл}} = \frac{T_{\Pi}}{n_c + n_{\Pi} + n_o + 1}, \quad (23.7)$$

де n_o – число планових оглядів обладнання, визначених структурою ремонтного циклу.

Тривалість міжопераційного періоду $T_{\text{оп}}$ – це тривалість між двома суміжними операціями (заходами), які входять до складу технічного обслуговування. Тривалість міжопераційного періоду розраховується за формулою:

$$T_{\text{оп}} = \frac{T_{\text{обс}}}{n_{\text{оп}} + 1} = \frac{T_{\Pi}}{n_{\text{оп}} + 1}, \quad (23.8)$$

де $T_{\text{обс}}$ – тривалість циклу технічного обслуговування, годин;

$n_{оп}$ – кількість операцій (заходів), які входять до складу технічного обслуговування для даного виду обладнання.

Категорія складності ремонту R – це ступінь складності ремонту певного виду обладнання. Категорія складності ремонту визначається окремо для механічного та електротехнічного обладнання.

Для оцінювання складності ремонту механічного обладнання один із видів обладнання приймають за еталон. Тривалий час в *машинобудуванні* еталоном вважався токарно-гвинторізний верстат 1К62 з висотою центрів 200 мм та відстанню між центрами 1000 мм. Для цього верстата була встановлена категорія складності ремонту механічної частини $11R_m$. Звідси за одиницю виміру обсягу ремонтних робіт була прийнята умовна ремонтна одиниця, яка дорівнювала $1/11$ витрат робочого часу на проведення капітального ремонту саме цього верстата.

Еталоном для *електротехнічного обладнання* був взятий асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором в захищеному виконанні потужністю 0,6 кВт. Категорія складності ремонту цього двигуна була визначена в одну ремонтну одиницю, тобто в $1R_e$.

В наш час за *одиницю ремонтної складності R_m механічної частини* обладнання прийнята ремонтна складність умовного обладнання, трудомісткість капітального ремонту якого складає (за певних умов) 50 годин. За *одиницю ремонтної складності R_e електричної частини* обладнання прийнята ремонтна складність умовного обладнання, трудомісткість капітального ремонту якого складає 12,5 години.

В результаті, *категорія складності ремонту* механічної та електричної частини будь-якого обладнання визначається кількістю одиниць ремонтної складності, яка присвоєна кожному виду обладнання. Наприклад, це можуть бути значення: $12R_m$ та $8R_e$, $7R_m$ та $2R_e$ тощо.

Трудомісткість ремонтних робіт $TR_{ц}$ (в нормо-годинах), які потрібно виконати для одиниці обладнання *протягом його ремонтного циклу*, розраховується за формулою:

$$TR_{ц} = (t_k + n_c \cdot t_c + n_p \cdot t_p + n_o \cdot t_o) \cdot R_{м(е)}, \quad (23.9)$$

де t_k, t_c, t_p, t_o , – загальна норма ремонтних робіт для виконання відповідно капітальних, середніх, поточних ремонтів та оглядів в розрахунку на одну одиницю ремонтної складності, нормо-годин;

n_c, n_p, n_o , – кількість відповідно середніх, поточних ремонтів та оглядів, які здійснюються протягом ремонтного циклу;

$R_{м(е)}$ – кількість одиниць ремонтної складності механічної (або електричної) частини даного обладнання.

Примітка. Для підприємств машинобудування $t_c = (0,56 \dots 0,6)t_k$, а $t_{\pi} = (0,18 \dots 0,2)t_k$ [1, С. 386].

Середньорічна трудомісткість ремонтних робіт TR_p (в нормо-годинах), які потрібно виконати для ремонту одиниці обладнання, розраховується за формулою:

$$TR_p = \frac{TR_{\pi}}{T_{\pi(p)}}, \quad (23.10)$$

де $T_{\pi(p)}$ – тривалість ремонтного циклу (в роках).

Загальна трудомісткість ремонтних робіт TR_{π}^{zar} (в нормо-годинах), які потрібно виконати *протягом ремонтного циклу для всього обладнання*, яке є на підприємстві, розраховується за формулою:

$$TR_{\pi}^{zar} = \sum_{i=1}^m (t_k + n_c \cdot t_c + n_{\pi} \cdot t_{\pi} + n_o \cdot t_o) \cdot R_{m(e)i}, \quad (23.11)$$

де m – кількість одиниць обладнання;

$R_{m(e)i}$ – кількість одиниць ремонтної складності механічної (або електричної) частини i -ої одиниці обладнання.

Загальна середньорічна трудомісткість ремонтних робіт TR_p^{zar} (в нормо-годинах), які потрібно виконати *для всього обладнання*, яке є на підприємстві, розраховується за формулою:

$$TR_p^{zar} = \sum_{i=1}^m TR_{p(i)}, \quad (23.12)$$

де $TR_{p(i)}$ – середньорічна трудомісткість ремонтних робіт, які потрібно виконати для обладнання i -го виду, нормо-годин.

Примітка. Якщо трудомісткість ремонтних робіт потрібно визначити за їх видами, наприклад, *визначити трудомісткість слюсарних, верстатних робіт* тощо, то для розрахунку використовують формули 23.9...23.12 за тим винятком, що замість загальних норм ремонтних робіт t_k , t_c , t_{π} , t_o в розрахунку на одну одиницю ремонтної складності *підставляють норми* виконання тих видів робіт, які нас цікавлять. Приблизні загальні норми часу виконання ремонтних робіт та технічного обслуговування і норми часу за видами робіт в розрахунку на одну одиницю ремонтної складності наведені в таблиці 23.1.

Таблиця 23.1 – Норми часу на виконання ремонтних робіт та технічного обслуговування на одну одиницю ремонтної складності, н.-годин

Види ремонту	Слюсарні роботи	Верстатні роботи	Інші роботи	Всього
Промивання як самостійна операція	0,35	-	-	0,35
Перевірка на точність як самостійна операція	0,4	-	-	0,4
Огляд	0,75	0,1	-	0,85
Поточний	4,0	2,0	0,1	6,1
Середній	16,0	7,0	0,5	23,5
Капітальний	23,0	10,0	2,0	35,0

Трудомісткість робіт певного виду з технічного обслуговування $TR_{\text{обсл}(i)}$ (окрім витрат часу на огляди), які потрібно виконати на підприємстві протягом року для одиниці обладнання, розраховується за формулою:

$$TR_{\text{обсл}(i)} = \frac{F_d \cdot m_{\text{зм}}}{N_{\text{обсл}(i)}} \cdot R_{\text{м}(e)}, \quad (23.13)$$

де F_d – дійсний (ефективний) фонд часу роботи одного робітника протягом року, годин; $F_d = 1750 \dots 1850$ годин;

$m_{\text{зм}}$ – кількість змін;

$R_{\text{м}(e)}$ – кількість одиниць ремонтної складності механічної (або електричної) частини даного обладнання;

$N_{\text{обсл}(i)}$ – норма обслуговування ремонтних одиниць при виконанні певного виду робіт.

Норма обслуговування визначається для верстатних $N_{\text{обсл}(в)}$, слюсарних $N_{\text{обсл}(сл)}$, змашувальних $N_{\text{обсл}(з)}$ і шорних $N_{\text{обсл}(ш)}$ робіт в ремонтних одиницях (р.о.). За нормативними документами системи ППР $N_{\text{обсл}(в)}=1650$ р.о., $N_{\text{обсл}(сл)}=500$ р.о., $N_{\text{обсл}(з)}=1000$ р.о., $N_{\text{обсл}(ш)}=3390$ р.о. [8, С. 106].

Трудомісткість всіх робіт з технічного обслуговування $TR_{\text{обсл}}$ (окрім витрат часу на огляди), які потрібно виконати на підприємстві протягом року для одиниці обладнання, розраховується за формулою:

$$TR_{\text{обсл}} = TR_{\text{обсл}(сл)} + TR_{\text{обсл}(в)} + TR_{\text{обсл}(з)} + TR_{\text{обсл}(ш)}, \quad (23.14)$$

де $TR_{\text{обсл}(сл)}$ – трудомісткість слюсарних робіт, які виконуються протягом року для одиниці обладнання, н.-годин;

$TR_{\text{обсл}(в)}$ – трудомісткість верстатних робіт, які виконуються протягом року для одиниці обладнання, н.-годин;

$TR_{\text{обсл}(з)}$ – трудомісткість змащувальних робіт, які виконуються протягом року для одиниці обладнання, н.-годин;

$TR_{\text{обсл}(ш)}$ – трудомісткість шорних робіт, які виконуються протягом року для одиниці обладнання, н.-годин.

Загальна трудомісткість певного виду робіт з технічного обслуговування $TR_{\text{обсл}(i)}^{\text{заг}}$ (окрім витрат часу на огляди), які потрібно виконати на підприємстві *протягом року для всього обладнання*, розраховується за формулою:

$$TR_{\text{обсл}(i)}^{\text{заг}} = \sum_{i=1}^m \frac{F_d \cdot m_{\text{зм}}}{H_{\text{обсл}(i)}} \cdot R_{\text{м}(е)i}, \quad (23.15)$$

де m – кількість одиниць обладнання;

$R_{\text{м}(е)i}$ – кількість одиниць ремонтної складності механічної (або електричної) частини i -ої одиниці обладнання.

Загальна трудомісткість всіх робіт з технічного обслуговування $TR_{\text{обсл}}^{\text{заг}}$ (окрім витрат часу на огляди), які потрібно виконати на підприємстві *протягом року для всього обладнання*, розраховується за формулою:

$$TR_{\text{обсл}}^{\text{заг}} = TR_{\text{обсл}(сл)}^{\text{заг}} + TR_{\text{обсл}(в)}^{\text{заг}} + TR_{\text{обсл}(з)}^{\text{заг}} + TR_{\text{обсл}(ш)}^{\text{заг}}, \quad (23.16)$$

де $TR_{\text{обсл}(сл)}^{\text{заг}}$ – трудомісткість слюсарних робіт з технічного обслуговування, які виконуються протягом року для всього обладнання, нормо-годин;

$TR_{\text{обсл}(в)}^{\text{заг}}$ – трудомісткість верстатних робіт з технічного обслуговування, які виконуються протягом року для всього обладнання, нормо-годин;

$TR_{\text{обсл}(з)}^{\text{заг}}$ – трудомісткість змащувальних робіт з технічного обслуговування, які виконуються протягом року для всього обладнання, нормо-годин;

$TR_{\text{обсл}(ш)}^{\text{заг}}$ – трудомісткість шорних робіт з технічного обслуговування, які виконуються протягом року для всього обладнання, нормо-годин.

Кількість слюсарів $K_{\text{сл}}$, потрібних для виконання протягом року слюсарних ремонтних робіт та проведення відповідного технічного обслуговування всього обладнання, яке є на підприємстві, розраховується за формулою:

$$K_{\text{сл}} = \frac{TR_{\text{р}(сл)}^{\text{заг}} + TR_{\text{обсл}(сл)}^{\text{заг}}}{F_d \cdot K_{\text{вн}}}, \quad (23.17)$$

де $TR_{p(сл)}^{заг}$ – загальна середньорічна трудомісткість слюсарних ремонтних робіт, які потрібно виконати для всього обладнання, яке є на підприємстві, нормо-годин;

$TR_{обсл(сл)}^{заг}$ – загальна трудомісткість слюсарних робіт з технічного обслуговування, які потрібно виконати на підприємстві протягом року для всього обладнання, нормо-годин;

$K_{вн}$ – плановий коефіцієнт виконання норм часу, $K_{вн} = 1,02 \dots 1,1$.

Примітка. Аналогічним способом розраховується кількість верстатників, змащувальників тощо, потрібних протягом року для виконання ремонтних робіт та технічного обслуговування всього обладнання.

Кількість верстатів C_v , потрібних для виконання протягом року робіт з ремонту та технічного обслуговування всього обладнання, яке є на підприємстві, розраховується за формулою:

$$C_v = \frac{TR_{p(в)}^{заг} + TR_{обсл(в)}^{заг}}{F_p \cdot m_{зм} \cdot K_{вн}}, \quad (23.18)$$

де $TR_{p(в)}^{заг}$ – загальна середньорічна трудомісткість верстатних ремонтних робіт, які потрібно виконати для всього обладнання, яке є на підприємстві, нормо-годин;

$TR_{обсл(в)}^{заг}$ – загальна трудомісткість верстатних робіт з технічного обслуговування, які потрібно виконати на підприємстві протягом року для всього обладнання, нормо-годин;

F_p – режимний фонд часу роботи одиниці обладнання протягом року, годин; $F_p = 1750 \dots 1850$ годин;

$m_{зм}$ – кількість змін;

$K_{вн}$ – плановий коефіцієнт виконання норм часу, $K_{вн} = 1,02 \dots 1,1$.

Щорічна потреба підприємства в певному виді матеріалу $Q_{м(i)}$, який необхідний для здійснення ремонтів та технічного обслуговування всього обладнання, яке є на підприємстві, розраховується за формулою:

$$Q_{м(i)} = \lambda \cdot H_{м(i)} \cdot \left[\sum_1^m R_k + \sum_1^m R_c + \sum_1^m R_{п} \right], \quad (23.19)$$

де λ – коефіцієнт, який враховує витрати даного матеріалу на огляди та технічне обслуговування, $\lambda = 1,12 \dots 1,15$;

$H_{м(i)}$ – норма витрат даного матеріалу на здійснення капітального ремонту обладнання, яке має одну ремонтну одиницю, кг/р.о.;

α – коефіцієнт, який характеризує співвідношення витрат даного матеріалу на середній ремонт відносно капітального; $\alpha = 0,6$;

β – коефіцієнт, який характеризує співвідношення витрат даного матеріалу на поточний ремонт відносно капітального; $\beta=0,2$;

$\sum_1^m R_k$ – кількість ремонтних одиниць всього обладнання, яке підлягає капітальному ремонту протягом року, р.о.;

$\sum_1^m R_c$ – кількість ремонтних одиниць всього обладнання, яке підлягає середньому ремонту протягом року, р.о.;

$\sum_1^m R_p$ – кількість ремонтних одиниць всього обладнання, яке підлягає поточному ремонту протягом року, р.о.;

m – кількість одиниць обладнання.

Загальна щорічна потреба підприємства в усіх видах матеріалів Q_m , які необхідні для здійснення ремонтів та технічного обслуговування всього обладнання, яке є на підприємстві, розраховується за формулою:

$$Q_m = \sum_1^n Q_{m(i)}, \quad (23.20)$$

де $Q_{m(i)}$ – щорічна потреба підприємства в i -му виді матеріалу, кг;

n – кількість видів матеріалу.

Загальна щорічна потреба підприємства в усіх видах матеріалів Q_m , які необхідні для здійснення ремонтів та технічного обслуговування всього обладнання, яке є на підприємстві, може бути розрахована за спрощеною методикою. Ця методика передбачає, що річні витрати матеріалів на 1 верстат, зайнятий на ремонтних роботах, складають в середньому 10 тонн. Тоді:

$$Q_m = 10 \cdot C_v, \quad (23.21)$$

де C_v – кількість верстатів, які щорічно зайняті в ремонтних роботах та технічному обслуговуванні.

23.2 Завдання для самостійного виконання

В таблиці 23.2 наведені дані щодо 44 моделей (видів) верстатів, які встановлені в цеху. Ці дані охоплюють модель верстата; категорію ремонтної складності механічної частини R_m ; структуру ремонтного циклу, тобто визначену кількість капітальних n_k , середніх n_c , поточних n_p ремонтів та оглядів n_o , які потрібно зробити протягом ремонтного циклу згідно з прийнятою системою ППР, а також величину нормативного ремонтного циклу A (в годинах).

В таблиці 23.3 наведені дані щодо того, які саме моделі (види) верстатів знаходяться на виробничій дільниці цеху і які потрібно взяти для аналізу. При цьому врахувати, що верстатів кожної моделі на дільниці встановлено по 30 одиниць. Окрім того наведені інші дані, що відповідають нормативам системи ППР.

Таблиця 23.2 – Дані моделей (видів) верстатів, які встановлені в цеху

Номер верстата	Модель (вид) верстата	Категорія ремонтної складності R_m	Кількість ремонтів та оглядів протягом ремонтного циклу				А, годин
			n_k	n_c	n_{II}	n_o	
1	1К62	11,0	1	2	6	9	24000
2	1К62Б	12,5	1	2	9	12	23000
3	1К62Д	14,5	1	2	12	15	22000
4	1М63М	13,0	1	3	8	12	23500
5	1М63Б	14,0	1	3	12	16	22500
6	1М65	16,5	1	3	16	20	21500
7	1М42Б	17,5	1	2	6	9	22000
8	1А124М	14,5	1	2	9	12	20000
9	1А136МЦ	14,0	1	2	12	15	19500
10	1Г140П	17,5	1	3	8	12	24000
11	1Д112	18,0	1	3	12	16	23000
12	1Е125	15,5	1	3	16	20	22000
13	1Б265НП-8К	50,0	1	4	10	15	23500
14	1Б290НП-6К	41,0	1	4	15	20	22500
15	692Р-1	12,5	1	2	6	9	21500
16	ГФ2380	13,0	1	2	9	12	22000
17	6Н13Ц	14,0	1	2	12	15	20000
18	6Т82Г-1	12,5	1	3	8	12	19500
19	6Р83Г	11,0	1	3	12	16	18000
20	6Т83Г-1	11,5	1	3	16	20	17500
21	2С132	9,5	1	2	6	9	17000
22	2Г125	4,5	1	2	9	12	24000
23	2Н135-1	6,0	1	2	12	15	23000
24	КД-26	5,5	1	3	8	12	22000
25	2К52	7,0	1	3	12	16	23500
26	2М55	20,0	1	3	16	20	22500
27	2А576	17,5	1	4	10	15	21500
28	3У10В	15,5	1	4	15	20	22000
29	3У10А	19,5	1	2	6	9	20000
30	3М195	38,5	1	2	9	12	19500
31	3Е711В-1	15,0	1	2	12	15	18000
32	3Е711ВФ-1	17,5	1	3	8	12	18500
33	3К225В	17,5	1	3	12	16	24000
34	3К225А	16,5	1	3	16	20	23000
35	3К227В	12,5	1	2	6	9	22000
36	3Е642	10,0	1	2	9	12	23500
37	3Е642Е	12,5	1	2	12	15	22500
38	2620В	28,0	1	3	8	12	21500
39	2620Г	18,0	1	3	12	16	22000
40	7Б64	17,5	1	3	16	20	20000
41	7Б67	24,5	1	4	10	15	19500
42	8Г662	16,0	1	4	15	20	19000
43	8Г681	17,5	1	2	12	15	18000
44	8Б66	8,0	1	3	8	12	17000

Таблиця 23.3 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Номери верстатів, які утворюють дільницю	β_p	β_m	β_y	β_t	$D_{р, дні}$	$m_{зм}$	$T_{зм}$ годин	$F_{д, годин}$	$F_{р, годин}$	$K_{вн}$	H_M кг
1	1,2,3,4,5	1	1	1	1	250	1	8	1750	1760	1,1	14
2	3,4,5,6,7	1,3	0,8	1	1,4	251	2	8,1	1751	1765	1,01	13
3	5,6,7,8,9	1,5	0,7	0,7	1,7	253	3	8,12	1752	1770	1,03	12
4	7,8,9,10,11	1	1,3	1	1,2	253	2	8,05	1754	1775	1,05	11
5	9,10,11,12,13	1,3	1	1	1,1	254	1	8,06	1755	1780	1,07	10
6	11,12,13,14,15	1,5	0,8	0,7	1	255	2	8,07	1756	1785	1,09	9
7	13,14,15,16,17	1	0,7	1	1,4	256	3	8,08	1758	1790	1,08	8
8	15,16,17,18,19	1,3	1,3	1	1,7	257	2	8,09	1760	1795	1,06	9
9	17,18,19,20,21	1,5	1	0,7	1,2	258	1	8,1	1765	1750	1,04	10
10	19,20,21,22,23	1	0,8	1	1,1	259	1	8	1770	1751	1,02	11
11	21,22,23,24,25	1,3	0,7	1	1	260	2	8,1	1775	1782	1,1	12
12	23,24,25,26,27	1,5	1,3	0,7	1,4	250	3	8,12	1780	1794	1,01	13
13	25,26,27,28,29	1	1	1	1,7	251	3	8,05	1785	1795	1,03	14
14	27,28,29,30,31	1,3	0,8	1	1,2	253	2	8,06	1790	1816	1,05	15
15	29,30,31,32,33	1,5	0,7	0,7	1,1	253	1	8,07	1795	1798	1,07	16
16	31,32,33,34,35	1	1,3	1	1	254	1	8,08	1750	1760	1,09	14
17	33,34,35,36,37	1,3	1	1	1,4	255	2	8,09	1751	1765	1,08	13
18	35,36,37,38,39	1,5	0,8	0,7	1,7	256	2	8,1	1752	1770	1,06	12
19	37,38,39,40,41	1	0,7	1	1,2	257	3	8	1754	1775	1,04	11
20	39,40,41,42,43	1,3	1,3	1	1,1	258	2	8,1	1755	1780	1,02	10
21	41,42,43,44,1	1,5	1	0,7	1	259	2	8,12	1756	1785	1,1	9
22	1,4,8,12,18	1	0,8	1	1,4	260	1	8,05	1758	1790	1,01	8
23	2,10,20,30,40	1,3	0,7	1	1,7	250	2	8,06	1760	1795	1,03	9
24	3,6,13,17,21	1,5	1,3	0,7	1,2	251	2	8,07	1765	1770	1,05	10
25	5,12,19,31,41	1	1	1	1,1	253	2	8,08	1770	1790	1,07	11
26	6,14,18,25,29	1,3	0,8	1	1	253	3	8,09	1775	1795	1,09	12
27	7,16,31,35,39	1,5	0,7	0,7	1,4	254	2	8,1	1780	1798	1,08	13
28	9,14,27,36,44	1	1,3	1	1,7	255	3	8,15	1785	1800	1,06	14
29	10,14,22, 28,37	1,3	1	1	1,2	256	2	8	1790	1810	1,04	15
30	11,21,31,41,7	1,5	0,8	0,7	1,1	257	3	8,1	1795	1813	1,02	16

Керуючись даними таблиць 23.2 та 23.3, потрібно:

1. Виписати дані верстатів, які утворюють виробничу дільницю.
2. За формулою 23.2 розрахувати ремонтний цикл (в годинах) для кожного виду обладнання, що встановлено на дільниці.
3. За формулою 23.3 розрахувати ремонтний цикл (в роках) для кожного виду обладнання, що встановлено на дільниці.
4. За формулами 23.5 та 23.7 розрахувати (в годинах та в роках) тривалість міжремонтного періоду та тривалість міжоглядового періоду для кожного виду обладнання, що встановлено на дільниці.
5. За формулою 23.9 розрахувати трудомісткість ремонтних робіт (в нормо-годинах) для одиниці кожного виду обладнання, яке встановлено на дільниці. Норми витрат часу взяти з таблиці 23.1.

6. За формулою 23.10 розрахувати середньорічну трудомісткість ремонтних робіт (в нормо-годинах), які потрібно виконати для одиниці кожного виду обладнання, що встановлено на дільниці.
7. За формулою 23.11 розрахувати загальну трудомісткість ремонтних робіт (в нормо-годинах), які потрібно виконати протягом ремонтного циклу для всього обладнання, що встановлено на дільниці.
Примітка. При виконанні пп. 7, 8, 9, 12 та 13 враховувати, що на дільниці встановлено по 30 одиниць кожного виду обладнання.
8. За формулою 23.12 розрахувати загальну середньорічну трудомісткість ремонтних робіт (в нормо-годинах), які потрібно виконати для всього обладнання, що встановлено на дільниці.
9. Керуючись формулами 23.9...23.12, розрахувати загальну середньорічну трудомісткість *слюсарних* та *верстатних* робіт (в нормо-годинах), які потрібно виконати для всього обладнання, що встановлено на дільниці.
10. Керуючись формулою 23.13, розрахувати трудомісткість (в нормо-годинах) верстатних, слюсарних, змащувальних і шорних робіт з технічного обслуговування, які потрібно виконати протягом року для одиниці кожного виду обладнання. Норми обслуговування наведені в табл. 23.1.
11. Керуючись формулою 23.14, розрахувати трудомісткість (в нормо-годинах) всіх робіт з технічного обслуговування, які потрібно виконати протягом року для одиниці кожного виду обладнання.
12. Керуючись формулою 23.15, розрахувати загальну трудомісткість (в нормо-годинах) верстатних, слюсарних, змащувальних та шорних робіт з технічного обслуговування, які потрібно виконати протягом року для всього обладнання, що встановлено на дільниці.
13. Керуючись формулою 23.16, розрахувати загальну трудомісткість (в нормо-годинах) всіх робіт з технічного обслуговування, які потрібно виконати протягом року для всього обладнання, що встановлено на дільниці.
14. Керуючись формулою 23.17, розрахувати загальну кількість слюсарів, верстатників, змащувальників та шорників, потрібних протягом року для виконання ремонтних робіт та технічного обслуговування всього обладнання, що встановлено на дільниці.
Примітка. При розрахунку кількості змащувальників та шорників врахувати, що вони виконують роботи тільки з технічного обслуговування всього обладнання, а ремонтні роботи – не виконують.
15. Керуючись формулою 23.18, розрахувати кількість верстатів, які потрібні протягом року для виконання робіт з ремонту та технічного обслуговування всього обладнання, що встановлено на дільниці.
16. Розрахувати кількість ремонтних одиниць всього обладнання, яке встановлено на дільниці і яке підлягає капітальному, середньому та поточному ремонтам протягом року. Для цього:

а) керуючись заданими в таблиці 23.2 структурою ремонтного циклу та категорією ремонтної складності обладнання, визначити для одиниці кожного виду обладнання, яке встановлено на ділянці, кількість ремонтних одиниць, які відповідають капітальному, середньому та поточному ремонтам, що здійснюються *протягом всього ремонтного циклу*, визначеного для цього виду обладнання;

б) для одиниці кожного виду обладнання, яке встановлено на ділянці, визначити *середньорічну* кількість ремонтних одиниць, які відповідають капітальному, середньому та поточному ремонтам, що здійснюються *протягом року*. Для цього значення ремонтних одиниць, отримані в п. 16.а, розділити на тривалість ремонтного циклу (в роках) цього виду обладнання, розрахованого в п. 3;

в) визначити кількість ремонтних одиниць, які відповідають капітальному, середньому та поточному ремонтам, що здійснюються *протягом року над всім обладнанням, яке встановлено на ділянці*, тобто отримати значення:

$$\sum_{1}^{m} R_{к}, \sum_{1}^{m} R_{с} \text{ та } \sum_{1}^{m} R_{п}.$$

Примітка. При виконанні п. 16.в враховувати, що на ділянці встановлено по 30 одиниць кожного виду обладнання.

17. Керуючись формулою 23.19, розрахувати щорічну потребу підприємства в матеріалі, який потрібний для здійснення ремонтів та технічного обслуговування всього обладнання, що встановлено на ділянці.
18. Зробити висновки.

23.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Суть та завдання ремонтного господарства підприємства.
2. Дайте характеристику основним підрозділам організаційно-виробничої структури ремонтного господарства підприємства.
3. Назвіть основні схеми організації та проведення на підприємствах ремонтних робіт та дайте їм характеристику.
4. Охарактеризуйте суть та значення систем планово-попереджувальних ремонтів, які запроваджуються на підприємствах. З який складових складається системи ППР?
5. Дайте означення поняття “технічне обслуговування”. Назвіть основні комплекси технічного обслуговування та дайте їм характеристику.
6. Дайте означення поняття “ремонт обладнання”. Назвіть основні види ремонтів та дайте їм характеристику.
7. Зробіть порівняльний аналіз існуючих систем ППР. За яких умов застосовується кожна з цих систем?

8. Дайте характеристику прогресивних форм і методів здійснення ремонтних робіт.
9. Дайте характеристику понять “ремонтний цикл”, “міжремонтний період”, “міжоглядовий період”. Як розраховуються ці показники?
10. Дайте означення поняття “структура ремонтного циклу”.
11. Охарактеризуйте поняття “категорія ремонтної складності обладнання”. Як визначається ремонтна складність механічного та електричного обладнання?
12. Як розраховується трудомісткість ремонтних робіт за їх видами та загальна трудомісткість ремонтних робіт для одиниці обладнання? Які дані для розрахунку трудомісткості ремонтних робіт потрібно знати?
13. Як розраховується щорічна потреба матеріалів, необхідних для виконання ремонтних робіт та технічного обслуговування обладнання, яке встановлено на підприємстві?

23.4 Задачі для розв’язування

1. На підприємстві встановлено 50 однотипних верстатів, які мають загальну категорію (кількість) ремонтної складності механічної частини 800. Нормативний ремонтний цикл роботи кожного із верстатів визначений в 24000 годин. Коефіцієнти, які враховують умови експлуатації та інші чинники, дорівнюють 1. Структура ремонтного циклу кожного з верстатів передбачає проведення 2-х середніх і 6-ти поточних ремонтів, а також 9-ти оглядів. Протягом року цех працює 250 днів по 3 зміни. Тривалість зміни 8 годин.

Розрахувати для кожного із верстатів тривалість ремонтного циклу (в годинах та роках), тривалість міжремонтного та міжоглядового періоду (в годинах та роках).

2. На підприємстві встановлено 50 однотипних верстатів, які мають загальну категорію (кількість) ремонтної складності механічної частини 800. Структура ремонтного циклу кожного з верстатів передбачає проведення 2-х середніх ремонтів, 6-ти поточних ремонтів та 9-ти оглядів. Тривалість ремонтного циклу для кожного із верстатів дорівнює 24000 годин, що складає 4 роки.

Розрахувати трудомісткість слюсарних та верстатних ремонтних робіт для кожного із верстатів, а також загальну трудомісткість ремонтних робіт, які потрібно виконати протягом ремонтного циклу для одного верстата та для всіх верстатів. Норми ремонтних робіт в розрахунку на одну ремонтну одиницю наведені в таблиці 23.1.

3. На підприємстві встановлено 50 однотипних верстатів, які мають загальну категорію (кількість) ремонтної складності механічної частини 800. Структура ремонтного циклу кожного з верстатів передбачає проведення 2-х середніх ремонтів, 6-ти поточних ремонтів та 9-ти оглядів. Тривалість ремонтного циклу для кожного із верстатів дорівнює 24000 годин або 6 років.

Розрахувати середньорічну трудомісткість слюсарних та верстатних ремонтних робіт для кожного із верстатів, середньорічну трудомісткість всіх ремонтних робіт для кожного із верстатів, середньорічну трудомісткість слюсарних і верстатних ремонтних робіт для всіх верстатів та середньорічну трудомісткість всіх ремонтних робіт для всіх верстатів.

Норми ремонтних робіт в розрахунку на одну ремонтну одиницю наведені в таблиці 23.1.

4. На підприємстві встановлено 50 однотипних верстатів, які мають загальну категорію (кількість) ремонтної складності механічної частини 800. Структура ремонтного циклу кожного з верстатів передбачає проведення 2-х середніх ремонтів, 6-ти поточних ремонтів та 9-ти оглядів. Норма обслуговування ремонтних одиниць при здійсненні технічного обслуговування складає: для слюсарних робіт – 500 р.о., верстатних – 1650 р.о., змащувальних – 1000 р.о., шорних – 3390 р.о. Цех працює в дві зміни, дійсний (ефективний) фонд часу роботи одного ремонтного робітника 1800 годин на рік.

Розрахувати загальну трудомісткість слюсарних, верстатних, змащувальних та шорних робіт, які потрібно виконати на підприємстві протягом року для всіх верстатів, а також загальну трудомісткість всіх робіт з технічного обслуговування, які потрібно виконати на підприємстві протягом року для всіх верстатів.

5. На підприємстві встановлено 100 однотипних верстатів, які мають загальну категорію (кількість) ремонтної складності механічної частини 1500. Структура ремонтного циклу кожного з верстатів передбачає проведення 2-х середніх ремонтів, 6-ти поточних ремонтів та 9-ти оглядів. Тривалість ремонтного циклу дорівнює 24000 годин, що складає 4 роки.

Норма часу на виконання ремонтних робіт в розрахунку на одну ремонтну одиницю наведені в таблиці 23.1.

Норма обслуговування ремонтних одиниць при здійсненні робіт з технічного обслуговування складає: для слюсарних робіт – 500 р.о., верстатних робіт – 1650 р.о. Цех працює в дві зміни, дійсний (ефективний) фонд часу роботи одного ремонтного робітника 1750 годин на рік. Плановий коефіцієнт виконання норм виробітку дорівнює 1,1.

Розрахувати кількість слюсарів та верстатників, які потрібні для здійснення протягом року слюсарних і верстатних ремонтних робіт та слюсарних і верстатних робіт з технічного обслуговування всіх верстатів, які є на підприємстві.

6. На підприємстві встановлено 100 одиниць однотипного обладнання, яке має загальну категорію (кількість) ремонтної складності механічної частини 2000. Структура ремонтного циклу кожної одиниці обладнання передбачає проведення 3-х середніх, 8-ти поточних ремонтів та 12-ти оглядів. Тривалість ремонтного циклу дорівнює 24000 годин або 4 роки.

Норми часу на виконання ремонтних робіт в розрахунку на одну ремонтну одиницю наведені в таблиці 23.1.

Норма обслуговування ремонтних одиниць при здійсненні робіт з технічного обслуговування складає для верстатних робіт 1650 р.о. Цех працює в дві зміни. Дійсний (ефективний) фонд часу роботи одного ремонтного робітника 1750 годин на рік. Режимний фонд часу роботи одиниці обладнання дорівнює 1800 годин на рік. Плановий коефіцієнт виконання норм виробітку дорівнює 1,05.

Розрахувати кількість верстатників, які потрібні для здійснення протягом року верстатних ремонтних робіт та верстатних робіт з технічного обслуговування всього обладнання, яке є на підприємстві, а також кількість верстатів, які потрібно задіяти на підприємстві для виконання завдань з ремонту та технічного обслуговування всього наявного обладнання.

7. На підприємстві встановлено 100 одиниць однотипного обладнання, яке має загальну категорію ремонтної складності механічної частини 2000. Протягом року на підприємстві в середньому здійснюється 20 капітальних, 70 середніх та 200 поточних ремонтів. Норма витрат матеріалу на здійснення капітального ремонту обладнання, яке має одну ремонтну одиницю, складає 12 кг. Коефіцієнт $\lambda = 1,12$.

Розрахувати щорічну потребу підприємства в матеріалі (в кг), необхідного для проведення ремонтів та технічного обслуговування всього обладнання.

8. Середньорічна трудомісткість верстатних ремонтних робіт на підприємстві складає 500 000 нормо-годин, а загальна трудомісткість верстатних робіт з технічного обслуговування, які потрібно виконати протягом року, дорівнює 100 000 нормо-годин. Режимний фонд часу роботи одиниці ремонтного обладнання – 1800 годин. Число змін роботи на підприємстві – 3. Плановий коефіцієнт виконання норм часу – 1,1.

Розрахувати кількість верстатів, які потрібно мати на підприємстві для здійснення ремонтних робіт, а також щорічну потребу в матеріалах всіх видів. Розрахунок зробити спрощеним способом.

23.5 Відповіді на задачі

1. 24000 годин або 4 роки; 2667 годин або 0,44 року; 1333 годин або 0,22 року.

2. 1372; 590,4; 2020; 68600; 29520 та 101000 н.-годин.
3. 228,7; 98,4; 336,7; 11434; 4920 та 16834 н.-годин.
4. 5760; 1745,5; 2880; 849,5 та 11235 н.-годин.
5. 22 слюсарі та 9 верстатників.
6. 16 верстатників та 8 верстатів.
7. 2741,76 тонн.
8. 101 верстат та 1010 тонн.

Тема: “Організація транспортного господарства підприємства”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з організації транспортного господарства на підприємствах та розвинути практичні навички з проведення розрахунків його основних показників.

24.1 Теоретична частина

Транспортне господарство підприємства – це сукупність підрозділів та транспортних засобів, які здійснюють перевезення сировини, напівфабрикатів, матеріалів, обладнання, інструментів тощо як всередині підприємства, так і за його межами, а також відвантаження готової продукції споживачам. *Значення* транспортного господарства на сучасному підприємстві не обмежується простим переміщенням вантажів, а має важливий організуючий момент, оскільки транспортні операції часто переплітаються з технологічними, забезпечуючи нормальний ритм виробничого процесу. Окрім того, рівень організації транспортного господарства суттєво впливає на ефективність функціонування підприємства, оскільки витрати на утримання транспортного господарства добігають 5...8% собівартості продукції, що випускається.

До *основних задач* транспортного господарства відносяться:

- швидке переміщення предметів праці, палива і готової продукції у відповідності з вимогами виробничого процесу;
- ефективне використання транспортних засобів та праці транспортних робітників;
- механізація вантажно-розвантажувальних робіт;
- зниження собівартості транспортних операцій;
- забезпечення узгодженості технологічних та транспортних операцій;
- постійна підтримка транспортних засобів в робочому стані тощо.

Загальне керівництво транспортним господарством підприємства здійснює *транспортний відділ*. Він планує обсяг перевезень і навантажувально-розвантажувальних робіт, керує експлуатацією транспортних засобів, організує їх ремонт тощо.

Транспортні засоби, які є на підприємствах, можуть бути класифіковані за такими ознаками.

1. *За територіальною ознакою, тобто за місцем виконання* транспортних операцій, транспорт поділяється на зовнішній, міжцеховий та внутрішньоцеховий. *Зовнішній* транспорт забезпечує зв'язок підприємства із залізничними станціями, з іншими підприємствами, зі складами постачальників тощо. Це – електровози, вагони, цистерни, контейнери, автомобілі, тягачі, кра-

ни тощо. *Міжцеховий* транспорт слугує для переміщення вантажів територією підприємства між його окремими цехами, цехами і складами тощо. Це – автомобілі, контейнери, електрокари, автокари, автонавантажувачі, штабелери, міжетажні ліфти, конвеєри, монорельси тощо. *Внутрішньоцеховий транспорт* призначений для виконання транспортних операцій в межах окремих цехів, дільниць, складів тощо, забезпечує переміщення предметів праці між робочими місцями, агрегатами, обладнанням відповідно до ходу технологічного процесу. Це – візки різних видів, електрокари, автокари, автонавантажувачі, штабелери, мостові крани, лебідки, пневматичні підйомники, конвеєри різних видів, скати, спуски тощо.

2. *За видами* – транспорт буває залізничний, річковий, автомобільний, авіаційний, нафтогінний, пневматичний, механічний тощо.

3. *За характером дії* – транспорт поділяється на транспорт періодичної та безперервної дії.

4. *За напрямком переміщення вантажів та транспортних засобів* – транспорт поділяється на стаціонарний та пересувний. До *стаціонарних* відносяться транспортні засоби, за допомогою яких вантажі переміщуються в певному горизонтальному, вертикальному або похилому напрямках, а самі транспортні засоби займають стаціонарне положення. Це – конвеєри, транспортери різних видів тощо. До *пересувних* відносяться транспортні засоби, за допомогою яких вантажі переміщуються в горизонтальному або вертикальному напрямках за умови, що самі транспортні засоби також можуть переміщуватись територією підприємства, цеху тощо.

5. *За участю робітників в управлінні* – транспортні засоби поділяються на такі, що: а) безпосередньо управляються робітниками, б) з дистанційним управлінням, в) безлюдні. Транспортні засоби, які *безпосередньо управляються робітниками*, це – автомобілі, автокари тощо. Транспортні засоби з *дистанційним управлінням* – це такі засоби, якими можна керувати на відстані за допомогою сучасних комунікаційних засобів (радіозв'язок, телебачення тощо). *Безлюдні* – це такі транспортні засоби, які діють автономно на основі застосування відповідного програмного забезпечення та комп'ютерної техніки. Це – роботи різних видів, автоматизовані конвеєри тощо.

В основі організації перевезень вантажів на підприємстві та його окремих цехів, дільниць, складів тощо лежать поняття *вантажооборот* та *вантажопотік*.

Вантажооборот – це загальна кількість вантажів, які переміщуються територією підприємства та поза його межами за певну одиницю часу, наприклад, протягом року, місяця, доби тощо. Вантажооборот є сумою окремих вантажопотоків. *Вантажопотік* – це кількість вантажів, які переміщуються між двома суміжними пунктами в одному напрямку за одиницю часу, наприклад, протягом року, місяця, доби тощо. Вантажопотоки визначаються ходом

технологічного процесу, виробничими планами підрозділів та підприємства тощо.

Найкраще транспортне обслуговування виробництва та раціональне завантаження транспортних засобів досягаються при рівномірному вантажообороті. На практиці цього досягти дуже складно, а часом і неможливо. Врахування цієї обставини здійснюється за допомогою *коефіцієнта нерівномірності* K_n , який характеризує певну нерівномірність надходження вантажів або їх відправлення. Підприємство повинно мати таку кількість транспортних засобів, щоб забезпечити безперебійне перевезення вантажів навіть у тому випадку, коли їх надійшло в більшій кількості, ніж це було заплановано. Тому розрахунки кількості транспортних засобів ведуть, відштовхуючись від показника “добовий вантажооборот” Q_d .

Величина *добового вантажообороту* Q_d розраховується за формулою:

$$Q_d = \frac{Q \cdot K_n}{D_p}, \quad (24.1)$$

де Q – вантажооборот за рік (річний вантажооборот), тонн;

K_n – коефіцієнт нерівномірності. Для вантажів, що прибувають на підприємство (цех тощо), $K_n = 1,25 \dots 2,5$; для вантажів, що відправляються, $K_n = 1,1 \dots 1,75$ [4, С. 404];

D_p – кількість робочих днів в році.

Величина річного вантажообороту Q , в свою чергу, розраховується на основі складання так званих *шахових таблиць вантажопотоків*, в яких відображаються всі планові переміщення вантажів на підприємстві між відповідними пунктами протягом певного періоду часу. Приклад шахової таблиці переміщення вантажів підприємства наведений на рис. 24.1.

Шахова відомість вантажообороту підприємства (тонн)

Відправники вантажів	Отримувачі вантажів					Всього відправлено вантажів
	Склад матеріалів	Заготівельний цех	Механічний цех	Складальний цех	Склад готових виробів	
Склад матеріалів		400	100	50	-	550
Заготівельний цех	50		350	-	-	400
Механічний цех	50	-		400	-	450
Складальний цех	-	-	-		450	450
Склад готових виробів	-	-	-	-		-
Всього отримано вантажів	100	400	450	450	450	$Q=1850$

Рисунок 24.1 – Шахова таблиця вантажообороту підприємства

Шахові таблиці вантажообороту разом з генеральним планом підприємства та плануванням розміщення цехів, дільниць тощо слугують для побудови *діаграми вантажопотоків* підприємства. Діаграми вантажопотоків – це стрілки різної товщини, які показують переміщення вантажів від одного пункту до іншого. Товщина стрілки показує обсяг перевезень, сама стрілка – напрям перевезень, а колір стрілки – вид матеріалу, який перевозиться. З прикладом діаграми вантажопотоків можна ознайомитись в [4, С. 406].

Шахова таблиця вантажообороту та діаграми вантажопотоків є основою для планування та організації транспортного господарства на підприємстві. За їх допомогою виявляються нераціональні (наприклад, зустрічні) перевезення, перевезення надто великих обсягів вантажів тощо, після чого приймаються рішення щодо усунення виявлених нераціональностей.

На підприємствах застосовують дві основні схеми маршрутних перевезень – *маятникову* та *кільцеву*. *Маятникова* схема полягає у взаємному транспортному зв'язку двох пунктів, між якими постійно обертаються закріплені транспортні засоби. Маятникова схема перевезень має декілька різновидів (одностороння, двостороння та віялова), різновиди якої наведені на рис. 24.2.

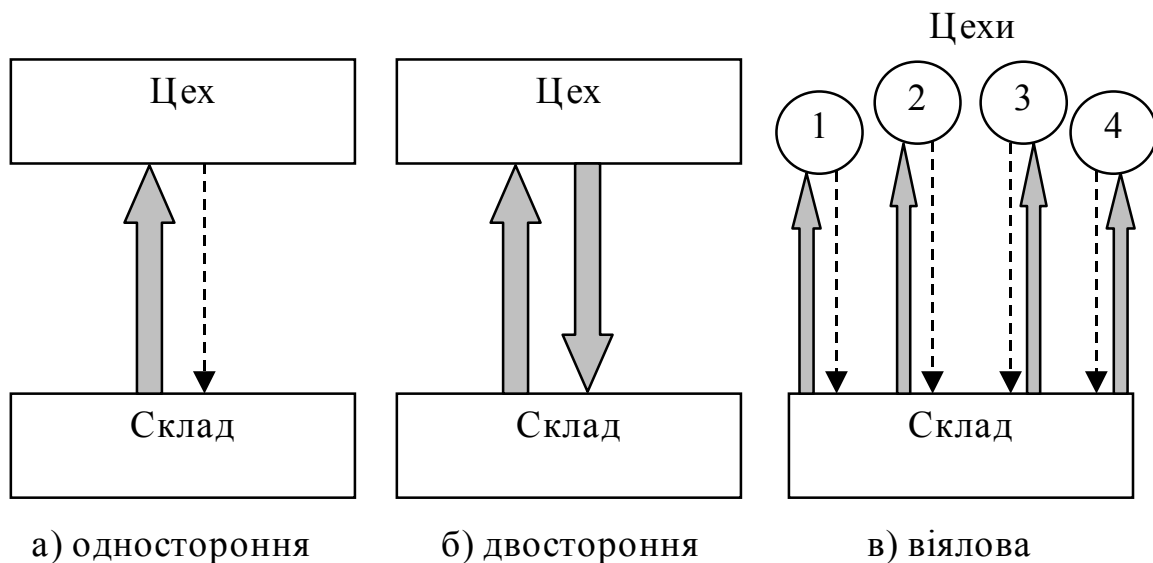


Рисунок 24.2 – Основні різновиди маяткової схеми перевезень

Кільцева схема перевезень характеризується постійним транспортним зв'язком низки цехів та інших пунктів з послідовною передачею вантажів від одного пункту іншому. Розрізняють кільцеву схему з *вантажопотоком, який зменшується (згасає)*, та з *вантажопотоком, який збільшується (зростає)*. Приклад кільцевої схеми вантажопотоку, який згасає, наведений на рис. 24.3.

При виборі схеми маршрутних перевезень потрібно забезпечити:

а) найкоротший шлях руху транспортних засобів;

- б) максимальний коефіцієнт пробігу кожного транспортного засобу;
- в) раціональне використання вантажності транспортних засобів тощо.

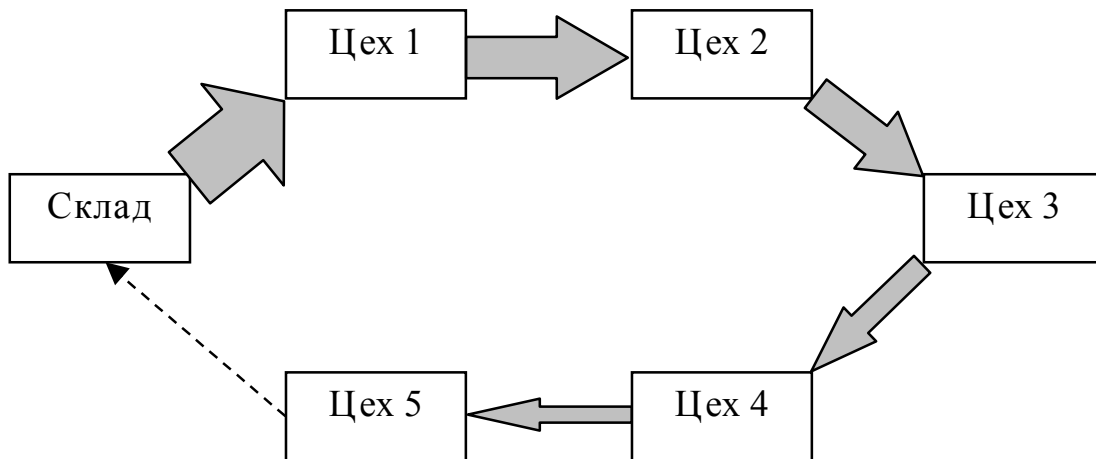


Рисунок 24.3 – Кільцева схема вантажопотоку, який згасає

До найважливіших задач транспортного господарства підприємства відносяться *правильний вибір транспортних засобів та розрахунок їх кількості*.

Вибір транспортних засобів базується на виконанні певних вимог. Так, *транспортні засоби повинні*:

а) відповідати сукупності показників, які характеризують вантажооборот та вантажопотоки, які є на підприємстві. Тобто, транспортні засоби повинні мати відповідну вантажність, габарити, потужність, забезпечувати переміщення вантажів на певну відстань тощо;

б) відповідати технологічним та організаційним особливостям виробничого процесу, який вони обслуговують. Так, в умовах потокового виробництва доцільно застосовувати конвеєри, в ливарному виробництві – мостові крани тощо;

в) забезпечувати максимальну продуктивність праці транспортних робітників та сприятливі умови їх праці;

г) давати можливість здійснювати комплексну механізацію та автоматизацію транспортних та вантажно-розвантажувальних робіт тощо.

Розрахунок кількості транспортних засобів здійснюється в залежності від їх *виду, характеру дії та визначеної схеми перевезень*.

Кількість транспортних засобів N_1 періодичної дії (автомобілів, автокарів тощо) при односторонній маятниковій схемі перевезень розраховується за формулою:

$$N_1 = \frac{Q_d \cdot \left(\frac{2L}{V_c} + t_n + t_p \right)}{g \cdot K_b \cdot K_q \cdot T_{zm} \cdot m_{zm}}, \quad (24.2)$$

де Q_d – добовий вантажооборот, тонн;
 L – відстань між суміжними пунктами, км (м);
 V_c – середня швидкість руху транспортного засобу, км/год. або м/хв.;
 t_n – час навантажування транспортного засобу в пункті навантаження годин або хвилин;
 t_p – час розвантажування транспортного засобу в пункті розвантаження, годин або хвилин;
 g – вантажність транспортного засобу, тонн;
 K_b – коефіцієнт використання вантажності транспортного засобу, $K_b=0,7 \dots 0,9$;
 K_q – коефіцієнт використання часу роботи транспортного засобу; який характеризує втрати часу на заправлення транспортного засобу паливом, заряджання акумуляторів тощо; $K_q=0,85 \dots 0,9$;
 T_{zm} – тривалість зміни, годин або хвилин;
 m_{zm} – кількість змін.

Примітка. При отриманні в процесі розрахунку кількості транспортних засобів (формули 24.2...24.10, 24.14) чисел, які мають дробову частину, за прийнятну кількість транспортних засобів вибирають найближче більше ціле число.

Кількість транспортних засобів N_2 періодичної дії (автомобілів, автокарів тощо) при двосторонній маятниковій схемі перевезень розраховується за формулою:

$$N_2 = \frac{Q_d \cdot \left(\frac{L}{V_c} + t_n + t_p \right)}{g \cdot K_b \cdot K_q \cdot T_{zm} \cdot m_{zm}}. \quad (24.3)$$

Кількість транспортних засобів N_3 періодичної дії (автомобілів, автокарів тощо) при односторонній віяловій схемі перевезень розраховується за формулою:

$$N_3 = \sum_1^n \frac{Q_d \cdot \left(\frac{2L}{V_c} + t_n + t_p \right)}{g \cdot K_b \cdot K_q \cdot T_{zm} \cdot m_{zm}}, \quad (24.4)$$

де n – кількість промінів, які складають схему віялових перевезень.

Кількість транспортних засобів N_4 періодичної дії (автомобілів, автокарів тощо) при кільцевій схемі перевезень, що згасає, розраховується за формулою:

$$N_4 = \frac{Q_d \cdot \left(\frac{L_k}{V_c} + t_H + n_{B-P} \cdot t_p^1 \right)}{g \cdot K_B \cdot K_{\text{ч}} \cdot T_{3M} \cdot m_{3M}}, \quad (24.5)$$

де L_k – довжина всього кільцевого маршруту, км (м);
 n_{B-P} – кількість вантажно-розвантажувальних пунктів;
 t_p^1 – час розвантаження в кожному із пунктів розвантажування, годин або хвилин.

Кількість транспортних засобів N_5 періодичної дії (автомобілів, автокарів тощо) при кільцевій схемі перевезень, що зростає, розраховується за формулою:

$$N_5 = \frac{Q_d \cdot \left(\frac{L_k}{V_c} + n_{B-P} \cdot t_H^1 + t_p \right)}{g \cdot K_B \cdot K_{\text{ч}} \cdot T_{3M} \cdot m_{3M}}, \quad (24.6)$$

де t_H^1 – час навантаження вантажу в кожному із пунктів навантажування, годин або хвилин.

Кількість транспортних засобів N_6 періодичної дії (автомобілів, автокарів тощо) при кільцевій схемі перевезень з рівномірним вантажопотоком розраховується за формулою:

$$N_6 = \frac{Q_d \cdot \left(\frac{L_k}{V_c} + n_{B-P} \cdot (t_H^1 + t_p^1) \right)}{g \cdot K_B \cdot K_{\text{ч}} \cdot T_{3M} \cdot m_{3M} \cdot n_{B-P}}. \quad (24.7)$$

Кількість транспортних засобів N_7 періодичної дії для забезпечення внутрішньоцехових перевезень предметів праці між технологічними операціями при використанні односторонніх маятникових схем укрупнено розраховується за формулою:

$$N_7 = \frac{Q_d \cdot \left(\frac{2L_c}{V_c} + t_{HC} + t_{PC} \right)}{g \cdot K_B \cdot K_{\text{ч}} \cdot T_{3M} \cdot m_{3M}} \cdot K_c, \quad (24.8)$$

де L_c – середня відстань між пунктами перевезень, км (м);
 t_{HC} – середній час навантажування транспортного засобу в пункті навантаження, годин або хвилин;

t_{pc} – середній час розвантажування транспортного засобу в пункті розвантаження, годин або хвилин;

K_c – кількість передач партій предметів праці між технологічними операціями, між складом та технологічними операціями та між технологічними операціями і складом протягом зміни.

Кількість мостових кранів N_8 , необхідних для забезпечення безперебійної роботи підприємства (цеху, дільниці), розраховується за формулою:

$$N_8 = \frac{N_{дет} \cdot K_{оп} \cdot T_{ц}}{T_{зм} \cdot m_{зм} \cdot K_{ч}}, \quad (24.9)$$

де $N_{дет}$ – кількість деталей (виробів), які підлягають транспортуванню протягом року, шт.;

$K_{оп}$ – середня кількість кранових операцій на одну деталь (виріб), шт.;

$T_{ц}$ – тривалість одного кранового циклу, годин або хвилин;

$K_{ч}$ – коефіцієнт використання часу роботи транспортного засобу; який характеризує втрати часу на заправлення транспортного засобу паливом, заряджання акумуляторів тощо; $K_{ч} = 0,85 \dots 0,9$;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, годин або хвилин;

$m_{зм}$ – кількість змін.

Кількість транспортних засобів N_9 безперервної дії (конвеєрів) розраховується за формулою:

$$N_9 = \frac{Q_{год}}{ПР_{год}}, \quad (24.10)$$

де $Q_{год}$ – вантажооборот конвеєра за годину, тонн/годину;

$ПР_{год}$ – продуктивність конвеєра за годину, тонн/годину.

При цьому *продуктивність конвеєра $ПР_{год}$ за годину* розраховується за однією із формул, наведених нижче:

а) при переміщенні сипких вантажів:

$$ПР_{год} = 0,06 \cdot g_k \cdot V_k, \quad (24.11)$$

де g_k – навантаження на 1 м довжини конвеєра, кг/м;

V_k – швидкість руху конвеєра, м/хв.;

0,06 – перевідний коефіцієнт, який переводить кг/хв. в тонни/години;

б) при переміщенні штучних вантажів (деталей, виробів) на підвісному конвеєрі:

$$ПР_{год} = \frac{0,06 \cdot M \cdot V_k}{L_k}, \quad (24.12)$$

де M – середня маса одного штучного виробу, кг;
 L_k – відстань між суміжними штучними виробами (або крок конвеєра), м.

в) при переміщенні штучних вантажів (деталей, виробів) в спеціальній тарі по n штук на потоковій лінії:

$$PP_{\text{год}} = \frac{0,06 \cdot M \cdot V_k}{L_k} \cdot n, \quad (24.13)$$

де n – кількість штучних виробів, які одночасно знаходяться в спеціальній тарі (або величина транспортної партії), шт.

Кількість вантажних крюків на підвісному конвеєрі N_{10} розраховується за формулою:

$$N_{10} = \frac{N_d \cdot L_p}{T_{\text{зм}} \cdot m_{\text{зм}} \cdot K_{\text{ч}} \cdot V_k \cdot N_1}, \quad (24.14)$$

де N_d – кількість деталей (виробів), які підлягають транспортуванню на конвеєрі протягом доби, шт.;

L_p – довжина робочої частини конвеєра, м;

$T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, хвилин;

$m_{\text{зм}}$ – кількість змін;

$K_{\text{ч}}$ – коефіцієнт використання часу роботи транспортного засобу;

$K_{\text{ч}} = 0,85 \dots 0,9$;

V_k – швидкість руху конвеєра, м/хв.;

N_1 – кількість виробів, які навішуються на один крюк, шт.

При розрахунку кількості транспортних засобів часто є потреба розраховувати й інші супутні показники, які характеризують різні сторони транспортного господарства підприємства.

Так, *час пробігу транспортного засобу $T_{\text{проб}}$ в одну сторону між двома пунктами розраховується за формулою:*

$$T_{\text{проб}} = \frac{L}{V_c} \text{ годин або хвилин}, \quad (24.15)$$

де L – відстань між суміжними пунктами, км (м);

V_c – середня швидкість руху транспортного засобу, км/год. або м/хв.

Тривалість одного рейсу T_p для маятникової односторонньої схеми перевезень розраховується за формулою:

$$T_p = \frac{2T_{\text{проб}} + t_n + t_p}{K_{\text{ч}}} \text{ годин або хвилин,} \quad (24.16)$$

де t_n – час навантажування транспортного засобу в пункті навантаження, годин або хвилин;

t_p – час розвантажування транспортного засобу в пункті розвантаження, годин або хвилин.

Примітка. Під поняттям *рейс* розуміється час між виходом та поверненням транспортного засобу в пункт приписки.

Тривалість одного рейсу T_p для маятникової двосторонньої схеми перевезень розраховується за формулою:

$$T_p = \frac{2(T_{\text{проб}} + t_n + t_p)}{K_{\text{ч}}} \text{ годин або хвилин.} \quad (24.17)$$

Кількість рейсів K_p , що їх здійснює один транспортний засіб протягом доби, розраховується за формулою:

$$K_p = \frac{T_{\text{зм}} \cdot m_{\text{зм}}}{T_p}. \quad (24.18)$$

Примітка. При отриманні в процесі розрахунку чисел, які мають дробову частину, за *прийняту кількість рейсів вибирають найближче більше ціле число*.

Коефіцієнт використання часу роботи $K_{\text{ч}}$ транспортного засобу розраховується за формулою:

$$K_{\text{ч}} = \frac{T_{\text{к}}}{T_{\text{кал}}}, \quad (24.19)$$

де $T_{\text{к}}$ – корисний (або фактичний) час використання транспортного засобу, годин або хвилин;

$T_{\text{кал}}$ – календарний час використання транспортного засобу, годин або хвилин.

Коефіцієнт використання вантажності $K_{\text{в}}$ транспортного засобу розраховується за формулою:

$$K_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}}{g}, \quad (24.20)$$

де $Q_{\text{в}}$ – маса вантажу, який перевозиться транспортним засобом, тонн;
 g – вантажність транспортного засобу, тонн.

Коефіцієнт пробігу $K_{пр}$ транспортного засобу розраховується за формулою:

$$K_{пр} = \frac{L_{в}}{L}, \quad (24.21)$$

де $L_{в}$ – довжина переміщення (пробігу) транспортного засобу з вантажем, км (м);

L – загальна довжина переміщення (пробігу) транспортного засобу, км (м).

Продуктивність роботи транспортного засобу $ПР_{рейс}$ протягом одного рейсу (тонн/рейс) розраховується за формулою:

$$ПР_{рейс} = \frac{Q_{д}}{N_i \cdot K_p}, \quad (24.22)$$

де $Q_{д}$ – добовий вантажооборот, тонн;

N_i – прийнята кількість транспортних засобів, шт.;

K_p – прийнята кількість рейсів, що їх здійснює один транспортний засіб протягом доби.

Продуктивність роботи одного транспортного засобу $ПР$ протягом години (в тонн/годину) розраховується за формулою:

$$ПР_{год} = \frac{ПР_{рейс} \cdot 60}{T_p} \text{ тонн/годину}, \quad (24.23)$$

де T_p – тривалість одного рейсу транспортного засобу, хв.

Собівартість перевезення 1 тонни вантажу S (в грн./тонну) розраховується за формулою:

$$S = \frac{B}{ПР_{год}}, \quad (24.24)$$

де B – витрати на обслуговування (роботу) транспортного засобу протягом однієї години, грн./годину;

$ПР_{год}$ – продуктивність транспортного засобу, тонн/годину.

Основними напрямками підвищення ефективності функціонування транспортного господарства сучасного підприємства є:

- механізація та автоматизація вантажно-розвантажувальних та транспортних операцій;
- удосконалення планування й управління транспортними засобами на основі математичних методів і комп'ютерної техніки;
- впровадження сучасного підйомно-транспортного обладнання, систем з автоматичним адресуванням вантажів, автоматичних складів, які сортують та відпускають вантажі за спеціальною програмою;

- запровадження спеціальної тари та контейнерів;
- організація централізованої доставки вантажів всередині підприємства тощо.

24.2 Завдання для самостійного виконання

В таблиці 24.1 наведена шахова відомість річного вантажообороту підприємства (в тоннах). Перевезення вантажів здійснюється за допомогою автокарів.

Таблиця 24.1 – Шахова відомість вантажообороту підприємства (тонн)

Відправники вантажів	Отримувачі вантажів									
	Цех 1	Цех 2	Цех 3	Цех 4	Цех 5	Цех 6	Цех 7	Цех 8	Цех 9	Цех 10
Цех 1		9000	6000	-	6900	5600	9000	-	8100	12000
Цех 2	9050		-	6000	5000	-	9870	9100	1000	11000
Цех 3	-	4000		3000	4000	9500	8600	7000	8000	-
Цех 4	1300	2400	7100		-	2100	3200	-	4000	12500
Цех 5	2000	-	6000	7000		8000	3000	2500	-	17000
Цех 6	6800	1200	3200	1400	1540		-	1450	1400	19000
Цех 7	-	2000	3000	5000	-	3200		1600	1980	20000
Цех 8	7000	1700	-	3100	5400	3700	1300		2100	-
Цех 9	6500	-	1900	2000	4000	-	9900	4900		23000
Цех 10	1800	1900	1700	-	2900	2600	-	1430	2600	

В таблиці 24.2 наведені дані щодо цехів, які потрібно взяти для розрахунків; показники роботи автокарів, режим роботи підприємства та інші дані, необхідні для розрахунку кількості автокарів. Тривалість зміни для всіх варіантів завдань прийняти в 480 хвилин.

Таблиця 24.2 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Цехи, які потрібно взяти для аналізу	K_n	D_p , дні	L , м	v_{cs} , м/хв	t_n , хв.	t_p , хв.	g , т	K_B	K_C	$m_{зм}$	B , грн./тонн
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1,2,3,4,5	1,1	250	146	20	10	11	1,0	0,7	0,9	1	9
2	2,3,4,5,6	1,01	251	145	19	12	13	1,1	0,71	0,89	2	10
3	3,4,5,6,7	1,02	252	220	21	14	9	1,2	0,72	0,88	3	11
4	4,5,6,7,8	1,03	253	230	18	4	8	1,3	0,73	0,87	2	10
5	5,6,7,8,9	1,04	256	125	21	7	5	1,4	0,74	0,86	1	13
6	6,7,8,9,10	1,05	255	240	23	2	8	1,3	0,75	0,85	2	14
7	7,8,9,10,1,2	1,06	257	130	22	9	11	1,2	0,76	0,9	3	15
8	8,9,10,1,2	1,07	258	229	24	10	13	1,1	0,77	0,89	2	16
9	9,10,1,2,3	1,08	259	345	25	14	15	1,0	0,78	0,88	1	17
10	10,1,2,3,4	1,09	260	230	21	15	17	0,9	0,79	0,87	2	18
11	1,3,5,7,9	1,1	261	321	20	16	21	1	0,8	0,86	3	19
12	2,4,6,8,10	1,11	260	327	19	17	18	1,1	0,81	0,85	2	20
13	3,5,7,9,10	1,12	259	220	18	20	19	1,2	0,82	0,9	2	21

Продовження таблиці 24.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	1,2,5,6,8	1,13	258	156	17	21	20	1,3	0,83	0,89	1	22
15	1,3,4,8,9	1,14	257	139	16	5	10	1,4	0,84	0,88	2	23
16	1,5,6,7,8	1,15	256	240	15	8	12	1,3	0,85	0,87	2	24
17	1,3,5,6,7	1,16	255	145	14	11	14	1,2	0,86	0,86	3	25
18	1,2,3,6,9	1,17	254	320	13	13	4	1,1	0,87	0,85	2	26
19	1,2,7,9,10	1,18	253	330	18	15	7	1,0	0,88	0,9	2	27
20	2,3,6,8,9	1,19	252	225	21	17	2	0,9	0,89	0,89	1	28
21	2,3,4,5,9	1,05	251	140	23	21	9	1	0,9	0,88	2	29
22	2,4,5,7,8	1,06	250	330	22	18	10	1,1	0,75	0,87	2	30
23	3,4,6,8,9	1,07	261	290	24	19	14	1,2	0,76	0,86	3	31
24	3,5,6,8,10	1,08	260	250	25	20	15	1,3	0,77	0,85	2	32
25	3,5,6,9,10	1,09	259	300	21	5	16	1,4	0,78	0,9	2	33
26	4,5,7,8,9	1,1	258	210	20	7	17	1,3	0,79	0,89	1	34
27	4,6,7,8,9	1,11	257	270	19	6	11	1,2	0,8	0,88	2	35
28	4,7,8,9,10	1,12	256	200	18	8	8	1,1	0,81	0,87	2	36
29	4,6,7,8,10	1,13	255	256	17	3	6	1,0	0,82	0,86	3	37
30	4,5,6,9,10	1,14	254	239	16	10	9	0,9	0,83	0,85	2	38

Керуючись даними таблиць 24.1 та 24.2, потрібно:

1. Скласти шахову відомість вантажообороту за рік для тих цехів, які задані в завданні (в тоннах).
2. Розрахувати величину добового вантажообороту (в тоннах).
3. Враховуючи, що перевезення вантажів здійснюється за допомогою односторонньої маятникової схеми:
 - за формулою 24.2 розрахувати кількість автокарів, потрібних для забезпечення безперебійної роботи транспортного господарства підприємства;
 - розрахувати середній час пробігу одного автокара в одну сторону між суміжними пунктами;
 - розрахувати час, який в середньому витрачає один автокар на один рейс;
 - розрахувати кількість рейсів, які здійснює один автокар протягом доби;
 - розрахувати продуктивність роботи одного автокара протягом рейсу;
 - розрахувати продуктивність роботи одного автокара протягом години (тонн/годину);
 - розрахувати собівартість перевезення однієї тонни вантажу одним автокаром.
4. Враховуючи, що перевезення вантажів здійснюється за допомогою двосторонньої маятникової схеми:
 - за формулою 24.3 розрахувати кількість автокарів, потрібних для забезпечення безперебійної роботи транспортного господарства підприємства;

- розрахувати середній час пробігу одного автокара в одну сторону між суміжними пунктами;
 - розрахувати час, який в середньому витрачає один автокар на один рейс;
 - розрахувати кількість рейсів, які здійснює один автокар протягом доби;
 - розрахувати продуктивність роботи одного автокара протягом рейсу;
 - розрахувати продуктивність роботи одного автокара протягом години (тонн/годину);
 - розрахувати собівартість перевезення однієї тонни вантажу одним автокаром.
5. Порівняти ефективність використання односторонньої та двосторонньої схеми маятникових перевезень.
 6. Зробити висновки.

24.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення поняття “транспортне господарство підприємства”, назовіть його основні задачі.
2. Наведіть класифікацію транспортних засобів та дайте їм характеристику.
3. Охарактеризуйте поняття “вантажооборот” та “вантажопотік”.
4. Як і для чого складається шахова відомість вантажообороту підприємства?
5. Дайте характеристику основних схем перевезень вантажів.
6. Яким вимогам повинні відповідати транспортні засоби, які вибираються для організації перевезень вантажів?
7. Як розраховується кількість транспортних засобів, необхідних для організації перевезень вантажів?
8. Назвіть та охарактеризуйте основні показники, які використовуються для аналізу транспортного господарства підприємства.
9. Як розраховується тривалість одного рейсу для маяткової односторонньої та маяткової двосторонньої схем перевезень вантажів?
10. Охарактеризуйте основні напрямки підвищення ефективності функціонування транспортного господарства підприємства.

24.4 Задачі для розв’язування

1. Річний вантажооборот між двома цехами складає 52000 тонн. В році 250 робочих днів. Коефіцієнт нерівномірності надходження вантажів дорівнює 1,12. Відстань між цехами – 2000 м. Вантажі перевозяться автомобілями вантажністю 2 тонни. Середня швидкість руху автомобіля дорівнює 200 м/хв. Час навантаження – 20 хв., час розвантаження – 30 хв. Коефіцієнт викорис-

тання вантажності автомобіля – 0,8, коефіцієнт використання часу роботи – 0,9. Режим роботи цехів – 2 зміни по 8 годин. Для перевезень вантажів використовується одностороння маятникова схема перевезень.

Розрахувати необхідну кількість автомобілів, що їх потрібно взяти для перевезення вантажів, кількість рейсів, які робить один автомобіль, та продуктивність роботи одного автомобіля (тонн/годину).

2. Добовий вантажооборот між двома цехами 232,96 тонн. Відстань між цехами – 2000 м. Вантажі перевозяться автомобілями вантажністю 2 тонни. Середня швидкість руху автомобіля 200 м/хв. Час навантаження вантажу – 20 хв., час розвантаження – 30 хв. Коефіцієнт використання вантажності автомобіля – 0,8, коефіцієнт використання часу роботи транспортного засобу – 0,9. Режим роботи цехів: 2 зміни по 8 годин. Для перевезень вантажів використовується двостороння маятникова схема перевезень.

Розрахувати необхідну кількість автомобілів, які потрібно взяти для перевезення вантажів, кількість рейсів, які робить один автомобіль, та продуктивність роботи одного автомобіля (тонн/годину).

3. Доставка матеріалів зі складу здійснюється автокарами у 5 цехів за кільцевою схемою зі згасаючим вантажопотоком. Відстань між цехами та між складом та першим і останнім цехами – по 200 м. Середня швидкість руху автокари – 30 м/хв. Час навантаження автокари складає 20 хв., а час розвантаження – 10 хв. в кожному із пунктів. Режим роботи цеху: 2 зміни по 8 годин. Коефіцієнт використання вантажності автокари – 0,8, коефіцієнт використання часу роботи транспортного засобу – 0,9. Вантажність автокари – 0,5 тонни. Добовий вантажооборот – 100 тонн.

Розрахувати необхідну кількість автокарів, які потрібно взяти для перевезення вантажів, кількість рейсів, які робить одна автокара, та продуктивність роботи одного автокара (тонн/годину).

4. Перевезення деталей здійснюється автокарами за кільцевою схемою з вантажопотоком, що зростає. Автокар виходить зі складу порожнім, потім забирає деталі в цеху № 1, далі – в цеху № 2 і т.д. Цехів всього п'ять. Відстань між цехами та між складом та першим і останнім цехами складає по 200 м. Середня швидкість руху автокара – 30 м/хв. Час навантаження автокара в кожному із пунктів складає 20 хв., а час розвантаження – 10 хв.. Режим роботи цеху – 2 зміни по 8 годин. Коефіцієнт використання вантажності автокара – 0,8, коефіцієнт використання часу роботи транспортного засобу – 0,9. Вантажність автокара – 0,5 тонни. Добовий вантажооборот дорівнює 100 тонн.

Розрахувати необхідну кількість автокарів, які потрібно взяти для перевезення вантажів, кількість рейсів, які робить один автокар, та продуктивність роботи одного автокара (тонн/годину).

5. Перевезення деталей здійснюється автокарами за кільцевою схемою з рівномірним вантажопотоком. Автокар виходить зі складу з певними деталями, завозить їх в цех № 1. Там ці деталі розвантажують та навантажують нові, виготовлені в даному цеху. Далі ці деталі перевозяться в цех № 2, розвантажують, навантажують нові і т.д. Цехів всього п'ять. Завантажені в цеху № 5 деталі автокаром завозять на склад. Відстань між цехами та між складом та першим і останнім цехами – по 200 м. Середня швидкість руху автокара – 30 м/хв. Час навантаження автокара в кожному із пунктів складає 20 хв., а час розвантаження – 10 хв. Режим роботи цеху – 2 зміни по 8 годин. Коефіцієнт використання вантажності автокара – 0,8, коефіцієнт використання часу роботи транспортного засобу – 0,9. Вантажність автокара – 0,5 тонни. Добовий вантажооборот – 100 тонн.

Розрахувати необхідну кількість автокарів, які потрібно взяти для перевезення вантажів, кількість рейсів, які робить один автокар, та продуктивність роботи одного автокара (тонн/годину).

6. Для перевезення сипких вантажів можна використати конвеєр, який рухається зі швидкістю 10 м/хв. Допустиме навантаження на 1 м довжини конвеєра складає 100 кг. За годину потрібно перевозити 120 тонн вантажів. Розрахувати кількість потрібних конвеєрів.

24.5 Відповіді на задачі

1. 12 шт., 13 рейсів, 1,15 т/год.
2. 11 шт., 8 рейсів, 1,19 т/год.
3. 32 шт., 8 рейсів, 0,19 т/год.
4. 44 шт., 6 рейсів, 0,136 т/год.
5. 11 шт., 4 рейси, 0,56 т/год.
6. 2 конвеєри.

Тема: “Організація складського господарства підприємства”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з організації складського господарства на підприємствах та розвинути практичні навички з проведення розрахунків площ складських приміщень, обсягу матеріальних ресурсів та інших показників, які характеризують складське господарство підприємства.

25.1 Теоретична частина

Складське господарство підприємства – це мережа приміщень, ділянок, комор, обладнаних спеціальними пристосуваннями, транспортом, контрольними і вимірювальними пристроями, обчислювальною технікою, протипожежними засобами, засобами автоматизації тощо, які дають можливість здійснювати *приймання, зважування, перерахунок, сортування, переміщення, штабелювання, облік, комплектування, зберігання та видачу* різноманітних матеріальних цінностей.

До *основних задач* складського господарства також відносяться:

- забезпечення схоронності та своєчасне і безперебійне постачання виробництва сировиною, матеріалами, обладнанням, запасними частинами, комплектуючими та іншими матеріальними цінностями відповідно до затверджених виробничих програм, графіків поставок, укладених угод тощо;
- зниження витрат, пов'язаних із здійсненням складських операцій та з утриманням самих складів;
- підвищення продуктивності та покращення умов праці працівників складів тощо.

На складське господарство підприємства покладається виконання таких *функцій*:

- накопичення матеріальних ресурсів в обсягах і номенклатурі, достатніх для забезпечення стійкої роботи підприємства;
- належне зберігання та облік предметів праці і готової продукції;
- планомірне, безперебійне та комплексне постачання підрозділів, цехів і діляниць матеріальними ресурсами;
- відвантаження готової продукції споживачам;
- *вирівнювання запасів сировини, матеріалів, готової продукції* тощо з метою вирішення певних задач, які стоять перед підприємством.

Так, *вирівнювання у часі* необхідно робити для тих підприємств, для яких час виготовлення продукції не відповідає періоду збільшення (змен-

шення) попиту на цю продукцію. Така ситуація характерна для сезонних виробництв.

Вирівнювання за кількістю характерно для підприємств, де переважає серійний тип виробництва і які випускають продукцію партіями. З метою економії витрат вони вимушені виготовляти більшу кількість продукції, ніж це потрібно для поточного відвантаження споживачам.

Вирівнювання за місцезнаходженням виникає в тому випадку, коли місцезнаходження виробництва не збігається з місцезнаходженням споживача. Це викликає необхідність переміщень продукції територією регіону, облаштування проміжних складів тощо.

Вирівнювання за асортиментом необхідно для підприємств, які виробляють найрізноманітніший асортимент однотипної продукції (наприклад, цукерки), потреба в якій може виникнути в будь-який момент часу. Тоді задоволення цієї потреби здійснюється або через виробництво цієї продукції, або через склад, де вона зберігається.

Складська система підприємства може бути побудована за централізованою та децентралізованою схемами. *Централізована схема* – передбачає наявність одного основного (центрального) складу, де знаходиться більшість матеріалів, напівфабрикатів тощо, які використовуються на підприємстві. *Децентралізована схема* – складається із окремих складів, орієнтованих на певний вид сировини, матеріалів, продукції, певного споживача тощо.

Найважливішим елементом складської системи є склади. *Склади* – це будинки, споруди, приміщення тощо з різними пристроями і обладнанням, які пристосовані для приймання, розміщення, зберігання, підготовки до виробництва (експлуатації) та відпуску споживачам сировини, матеріалів, напівфабрикатів, готової продукції тощо.

На підприємствах створюються найрізноманітніші склади, які можна класифікувати за такими ознаками.

1. *За призначенням* – склади напівфабрикатів, матеріалів, сировини, готової продукції, обладнання, інструментів, відходів тощо.

2. *За місцем у виробничому процесі* – *постачальницькі* (склади сировини, матеріалів, палива тощо); *виробничі* (склади напівфабрикатів, комплектуючих тощо); *обслуговуючі* (інструментальні; обладнання та запасних частин); *господарські* (склади для зберігання спецодягу, господарських товарів); *збутові* (склади готової продукції, відходів). Постачальницькі склади зазвичай підпорядковуються службі матеріально-технічного постачання підприємства, виробничі – виробничо-диспетчерському відділу, обслуговуючі – відповідним службам та відділам підприємства, збутові – службі маркетингу та збуту підприємства тощо.

3. *За кількістю видів матеріалів, продукції тощо, які зберігаються на складі*, – склади поділяються на *універсальні* (де зберігаються найрізноманітніші матеріали, напівфабрикати тощо) та *спеціалізовані* (де зберігаються

окремі види матеріалів, продукції тощо, наприклад, склад чавуну, склад металів тощо).

4. *За масштабом діяльності* – склади поділяються на *загальнозаводські, цехові, склади підрозділів* тощо.

5. *За розміром* – склади поділяються на *невеликі, середні, великі, склади-гіганти* тощо. Площа складів може коливатись від декількох десятків до сотень тисяч квадратних метрів.

6. *За способом зберігання матеріальних цінностей* – склади, де матеріали зберігаються *навалом*; склади із застосуванням *стелажів (стелажний спосіб зберігання)*; склади, де здійснюється *штабелювання* матеріалів на підлозі (на піддонах); склади, де матеріальні цінності зберігаються в резервуарах (так званий *резервуарний спосіб*), тощо.

Для багатьох видів матеріалів, які використовуються в приладобудуванні, радіоелектроніці, електронній промисловості, машинобудуванні, переважним є *стелажний спосіб* зберігання матеріалів, комплектуючих та готової продукції. У цьому випадку кожному стелажу та комірці, яка знаходиться на цьому стелажі, присвоюються відповідні умовні позначення (шифри), які заносяться до картотеки. У випадку застосування зберігання матеріальних цінностей навалом на складах облаштовуються так звані *закроми*. Резервуарний спосіб характерний для зберігання рідких речовин.

7. *За висотою штабелювання вантажу* – склади поділяються на такі, в яких вантажі зберігаються на рівні не вище зросту людини, а також на такі, де використовуються спеціальні пристрої, здатні піднімати та точно укласти вантажі в комірці на висоті до 24 м і вище.

8. *За конструкцією* – склади бувають *закриті, напівзакриті* (наприклад, якщо вони мають тільки кришу, дві чи три стіни тощо), *відкриті* (або спеціальні майданчики) тощо.

9. *За формою власності та користування* – склади поділяються на такі, які належать одному або декільком підприємствам (власникам); на склади індивідуального або колективного користування; на орендні або лізингові склади тощо.

10. *За рівнем механізації складських операцій* – склади поділяються на *немеханізовані, механізовані, комплексно-механізовані, автоматизовані* тощо. Особливо широко в сучасних складах застосовується механізоване підйомно-транспортне обладнання та засоби автоматизації: автовантажувачі; електрокари; крани-штабелери; підлогові та підвісні штабелери; монорельси, які працюють з піддонами та різною стандартною тарою; спеціальні стелажні конструкції; автоматичні штабелеукладальні машини; швидкодійні автоматичні стропи та захоплювачі; спеціальна тара (наприклад, тара, яку можна зручно обхопити та транспортувати пакетом, зберігати в декілька ярусів без використання стелажів тощо); пристрої для навантаження, перевантаження і

розвантаження вантажів; технічні й програмні засоби систем автоматизованого управління тощо.

Примітка. Облаштування складів засобами механізації та автоматизації залежить від виду вантажу, його розмірів, маси, властивостей тощо. Так, для малогабаритних та середніх за розміром вантажів масою біля 500 кг використовують крани-штабелери. В цьому випадку на стелажах, які мають стандартний розмір комірок, встановлюються уніфіковані ящики (шухляди) або піддони з вантажами. При необхідності зняти один з них оператор за допомогою ручного управління спрямовує до відповідної комірки кран-штабелер, який за командою виделковим способом бере (захоплює) відповідний об'єкт, виводить його в простір між стелажими та транспортує в зону перевантаження.

Для дрібних та легких вантажів, які повинні вийматись поштучно, використовують кабінний підйомник, який пересувається по висоті та фронту стелажа. Оператор входить в кабінку та переміщується в ній за допомогою автономного управління. Послідовно проїжджаючи уздовж потрібних комірок, оператор виймає та складає в тару потрібні йому деталі, комплектуючі, вироби.

Для зберігання великогабаритних та важких вантажів – обладнання, контейнерів тощо – використовують складські приміщення без стелажів. Переміщення вантажів на таких складах здійснюється за допомогою мостових кранів або електронавантажувачами різних модифікацій.

11. *За категорією пожежної безпеки* – склади поділяються на склади категорій “А”, “Б”, “В”, “Г”, “Д”. На складах категорії “А” зберігаються балони горючих газів, бензин; категорії “Б” – мазут; категорії “В” – паливно-мастильні матеріали, вугілля, торф тощо; категорії “Г” – вогнетривкі матеріали, які знаходяться в розпеченому або розплавленому стані; категорії “Д” – вогнетривкі матеріали та сировина.

12. *Інші ознаки*, наприклад, наявність виходу до морського порту, наявність залізничної колії, підземне розташування складу тощо.

Для будь-якого складу характерним є виконання певних *складських операцій*. Склад та зміст цих складських операцій визначається типом виробництва, особливостями продукції, що випускається, тощо. Складські операції умовно можна розділити на *власне складські операції* та *допоміжні операції виробничого характеру*.

Власне складські операції складаються із розвантаження та приймання вантажу, обліку, розміщення та зберігання матеріальних цінностей, відвантаження продукції споживачам тощо.

Допоміжні операції виробничого характеру – це розпакування, сортування, комплектування, збирання матеріалів і виробів, пакування готової продукції, попередня підготовка матеріалів та комплектуючих до виробництва тощо. Власне складські операції та допоміжні операції виробничого харак-

теру за етапами виконання можна об'єднати в три основні групи: *приймання, зберігання та видача*.

Характерний склад, зміст і послідовність виконання складських операцій наведені на рисунку 25.1.

Надходження вантажів, матеріалів, сировини тощо	⇒	Зберігання	⇒	Видача готової продукції
Перевірка, приймання, шифрування, маркування, реєстрація		Визначення місця складування отриманих матеріальних цінностей		Виписування накладних
Визначення способу зберігання матеріалів, сировини, комплектуючих тощо		Ідентифікація і транспортування		Транспортування
Розвантаження		Управління запасами		Перевірка
Транспортування, переміщення		Попередня підготовка до виробництва: наприклад, розкрюювання металу, нарізання заготовок, комплектування матеріалів та напівфабрикатів тощо		Видача замовникам та споживачам
				Навантаження

Рисунок 25.1 – Склад, зміст і послідовність складських операцій

Всі вантажі, що надходять на склад, підлягають кількісній та якісній перевірці. *Кількісна перевірка* передбачає перевірку відповідності кількості, комплектності, маси та об'єму матеріальних цінностей, що надходять на склад, записам у супроводжувальних документах. *Якісна перевірка* має за мету визначити відповідність цінностей, що надходять, вимогам стандартів, технічним умовам, зразкам тощо, визначеним в укладених угодах.

Результати приймання реєструються в журналі надходження вантажів (або в книзі реєстрації) та оформляються відповідними *актами приймання*. У випадку отримання в ході приймання вантажів незадовільних результатів, оформляються *рекламаційні акти* з наступним пред'явленням їх постачальникам або транспортним організаціям.

Складський облік матеріалів, сировини та інших цінностей тощо ведуть за допомогою спеціальних карток (рис. 25.2).

До *операцій обліку* відноситься визначення кількості, маси, об'єму вантажів як при надходженні, так і при їх видачі. В окремих випадках в облікових картках може відмічатися максимальний та резервний (страховий) запас кожного виду матеріальних цінностей, визначатися їх наявність з урахуванням всіх надходжень та видач. На підставі цих даних робітники складів повинні своєчасно повідомляти відповідні підрозділи підприємства про відхилення від встановлених норм запасу кожного виду матеріальних цінностей.

Зведення про надходження матеріалів на склад

Дата	Шифр документа	Шифр складу	Номенклатурний номер матеріалу	Одиниця виміру	Кількість

Зведення про видачу матеріалів зі складу

Дата	Номер лімітної картки або вимоги	Шифр складу	Шифр підрозділу	Номенклатурний номер матеріалу	Одиниця виміру	Кількість

Рисунок 25.2 – Форми складських карток для обліку матеріалів

Для унеможливлення розходжень між обліковими даними та фактичною наявністю матеріальних цінностей необхідно регулярно проводити *інвентаризацію* складів. Інвентаризація полягає в підрахунку, обмірі та зважуванні всіх матеріальних цінностей з наступним зіставленням отриманих даних з обліковими. Нестача тих чи інших цінностей фіксується в спеціальних актах із зазначенням причин та винуватців.

В певних випадках матеріали, сировина, напівфабрикати тощо, які відпускаються зі складів, повинні бути попередньо підготовлені до відпуску або виробництва, наприклад, розрізані, роздрібнені, розфасовані тощо. З цією метою на складах можуть бути створені спеціальні відділення, облаштовані відповідним обладнанням і пристроями (наприклад, гільйотинними ножицями, фасувальним обладнанням тощо).

Всі матеріальні цінності відпускаються зі складів в межах наявних *запасів* і *лімітів*, які були заздалегідь встановлені та зафіксовані в лімітно-контрольних картках (лімітних відомостях) або за *разовими вимогами*. В залежності від типу виробництва матеріали можуть відпускатись зі складів за активною або пасивною системою.

Пасивна система характерна для підприємств одиничного та дрібносерійного типів виробництва і передбачає відпуск матеріалів зі складу на основі лімітних відомостей та разових вимог. Отримання матеріальних цінностей підрозділи здійснюють власними силами. Працівники складу відмічають в лімітно-контрольних картках дату та величину матеріальних цінностей, які були відпущені зі складу. Для отримання матеріальних цінностей разового використання та матеріалів, комплектуючих тощо понад установлені ліміти виписуються відповідні разові вимоги. Кожний випадок перевитрачання матеріальних цінностей повинен аналізуватись з визначенням причин такого перевитрачання.

Активна система характерна для підприємств серійного та масового типів виробництва і передбачає постачання матеріалів зі складу на основі графіків (планів-карток), в яких зазначені види, кількість (в межах лімітів) та

графіки відпуску матеріалів. В цьому випадку постачання підрозділів матеріалами покладається на працівників складу.

Видача матеріальних цінностей зі складу оформляється (в залежності від прийнятої системи обліку) за допомогою *вимог, накладних* та інших документів.

Кожен склад повинен мати постійний контингент комірників, які повинні бути матеріально відповідальними особами та персонально відповідати за зберігання, облік та видачу матеріальних цінностей.

Основним показником будь-якого складу є *величина площі*, яка необхідна для зберігання матеріальних цінностей. Розрізняють такі види площ:

- загальна площа складу S ;
- корисна площа складу $S_{\text{кор}}$ – це площа, на якій безпосередньо знаходяться матеріальні цінності або пристосування для їх зберігання;
- оперативна площа $S_{\text{оп}}$ – це площа, зайнята приймальними (сортувальними, комплектувальними) та відпускними майданчиками разом з проходами та проїздами між стелажми, штабелями тощо;
- конструктивна площа $S_{\text{к}}$ – це площа, зайнята перегородками, колонами, драбинами, тамбурами, підйомниками тощо;
- службова площа $S_{\text{сл}}$ – це площа, зайнята під побутові приміщення, робочі місця комірників (наприклад, під столи) тощо.

Зрозуміло, що:

$$S = S_{\text{кор}} + S_{\text{оп}} + S_{\text{к}} + S_{\text{сл}}. \quad (25.1)$$

Організація будь-якого складу *передбачає розрахунок* загальної площі складу S , корисної площі складу $S_{\text{кор}}$, площі приймального майданчика $S_{\text{пр}}$, площі відпускнуго майданчика $S_{\text{від}}$, довжини вантажно-розвантажувального майданчика $L_{\text{в-р}}$, кількості необхідних контейнерів K , рівня насиченості складу засобами механізації $k_{\text{мех}}$ та інших показників.

Загальна площа складу S може бути розрахована двома основними методами: *розрахунком за укрупненими нормативами* та *розрахунком на основі врахування детальних характеристик матеріалів, які зберігаються на складі*.

Метод розрахунку за укрупненими нормативами, який ще має назву *метод допустимих корисних навантажень*, вимагає мінімальних витрат часу. В цьому випадку *загальна площа складу S* розраховується за формулою:

$$S = \frac{S_{\text{кор}}}{K_{\text{в}}}, \quad (25.2)$$

де $S_{\text{кор}}$ – корисна площа складу, кв.м;

K_B – коефіцієнт використання площі складу, який враховує допоміжну площу для проходів, проїздів, приймання та видачі матеріалів, розміщення терезів, шаф, столів комірника тощо.

При зберіганні об'єктів в штабелях $K_B = 0,6 \dots 0,7$; при зберіганні об'єктів на стелажах $K_B = 0,3 \dots 0,4$.

Корисна площа складу $S_{\text{кор}}$ розраховується в залежності від способу зберігання у ньому матеріальних цінностей.

У випадку зберігання певного виду матеріальних цінностей в закромах, штабелях, резервуарах корисна площа складу розраховується за формулою:

$$S_{\text{кор}} = \frac{Z_{\text{max}}^T \cdot k_H}{g_d}, \quad (25.3)$$

де Z_{max}^T – максимальна величина складського запасу матеріалу, який зберігається на складі протягом року, тонн;

k_H – коефіцієнт нерівномірності надходження матеріалу (вантажу);

$k_H = 1,1 \dots 1,5$;

g_d – допустиме корисне навантаження на 1 м^2 площі складу, т/м^2 .

В свою чергу, максимальна величина складського запасу матеріалу Z_{max}^T (в тоннах), яка зберігається протягом року, розраховується за формулою:

$$Z_{\text{max}}^T = \frac{Q \cdot (T_B + T_{\text{стр}})}{360}, \quad (25.4)$$

де Q – надходження матеріалу на склад за рік (вантажооборот), тонн;

T_B – нормальний період відновлення запасу матеріалу на складі або період між суміжними поставками партії матеріалу на склад, календарні дні;

$T_{\text{стр}}$ – страховий запас (або час термінового виготовлення чергової партії матеріалу у випадку затримки надходження основної поставки матеріалу), календарні дні;

360 – кількість днів в році, яка приймається для розрахунків. Якщо розрахунки робляться за півроку, то підставляється число 180 днів, якщо за квартал – то 90 днів, якщо за місяць – то 30 днів.

Примітка. Якщо величини T_B та $T_{\text{стр}}$ задані в робочих днях, то формула 25.4 буде мати вигляд:

$$Z_{\text{max}}^T = \frac{Q \cdot (T_B + T_{\text{стр}}) \cdot K_{\text{пер}}}{360}, \quad (25.6)$$

де $K_{\text{пер}}$ – коефіцієнт перерахунку робочих днів в календарні:

$$K_{\text{пер}} = \frac{D_{\text{к}}}{D_{\text{р}}} = \frac{360}{D_{\text{р}}}, \quad (25.7)$$

де $D_{\text{к}}$ – число календарних днів в році; приймається $D_{\text{к}} = 360$;

$D_{\text{р}}$ – число робочих днів в році.

У випадку зберігання певного виду матеріальних цінностей на стелажах корисна площа складу розраховується за формулою:

$$S_{\text{кор}} = S_{\text{ст}} \cdot N_{\text{ст}}, \quad (25.8)$$

де $S_{\text{ст}}$ – площа, що її займає один стелаж, кв.м; $S_{\text{ст}} = a \cdot b$;

a – довжина стелажу, м;

b – ширина стелажу, м;

$N_{\text{ст}}$ – кількість стелажів, шт.

Розрахункова кількість стелажів $N_{\text{ст(р)}}$ визначається за формулою:

$$N_{\text{ст(р)}} = \frac{Z_{\text{max}}^{\text{т}} \cdot k_{\text{н}}}{V_{\text{ст}} \cdot k_{\text{з}} \cdot g_{\text{м}}}, \quad (25.9)$$

де $Z_{\text{max}}^{\text{т}}$ – максимальна величина складського запасу матеріалу, який зберігається на складі протягом року, тонн;

$k_{\text{н}}$ – коефіцієнт нерівномірності надходження матеріалу (вантажу) на склад; $k_{\text{н}} = 1,1 \dots 1,5$;

$V_{\text{ст}}$ – об'єм стелажу, м³;

$k_{\text{з}}$ – коефіцієнт заповнення об'єму стелажу;

$g_{\text{м}}$ – тугість матеріалу, т/м³.

Об'єм стелажу $V_{\text{ст}}$ розраховується за формулою:

$$V_{\text{ст}} = a \cdot b \cdot h, \quad (25.10)$$

де h – висота стелажу, м.

Розрахункову кількість стелажів $N_{\text{ст(р)}}$, визначену за формулою 25.9, порівнюють з кількістю стелажів $N_{\text{ст(доп)}}$, розраховану, з урахуванням допустимих корисних навантажень, за формулою:

$$N_{\text{ст(доп)}} = \frac{Z_{\text{max}}^{\text{т}} \cdot k_{\text{н}}}{S_{\text{ст}} \cdot g_{\text{д}}}, \quad (25.11)$$

де g_d – допустиме навантаження на 1 м^2 площі складу, т/м^2 .

За прийняту кількість стелажів $N_{\text{ст}}$ приймається найбільше число (ціле) із величин $N_{\text{ст(р)}}$ та $N_{\text{ст(доп)}}$.

Площа приймального майданчика $S_{\text{пр}}$ розраховується за формулою:

$$S_{\text{пр}} = \frac{Q \cdot k_n \cdot D_{\text{пр}}}{360 \cdot g_d} + S_{\text{зв}}, \quad (25.12)$$

де Q – надходження матеріалу на склад за рік, тонн;

k_n – коефіцієнт нерівномірності надходження матеріалу (вантажу);

$k_n = 1,1 \dots 1,5$;

g_d – допустиме корисне навантаження на 1 м^2 площі складу, т/м^2 .

$D_{\text{пр}}$ – кількість днів, протягом яких вантаж знаходиться на приймальному майданчику, $D_{\text{пр}} = 1 \dots 3$ дні;

$S_{\text{зв}}$ – площа, необхідна для зважування, перерахунку, сортування матеріалу, кв.м.

Для дрібних вантажів $S_{\text{зв}} = 5 \dots 6$ кв.м, для великих вантажів – $S_{\text{зв}} = 30 \dots 50$ кв.м.

Площа відпускнуго майданчика $S_{\text{від}}$ розраховується за формулою:

$$S_{\text{пр}} = \frac{Q \cdot k_n \cdot D_{\text{від}}}{D_p \cdot g_d} + S_{\text{зв}}, \quad (25.13)$$

де $D_{\text{від}}$ – кількість днів, протягом яких вантаж знаходиться на відпускнуго майданчику, $D_{\text{від}} = 1 \dots 2$ дні;

D_p – число робочих днів в році.

Довжина вантажно-розвантажувального майданчика $L_{\text{в-р}}$ розраховується за формулою:

$$L_{\text{в-р}} = \frac{Q \cdot k_n}{n \cdot 360 \cdot g_{\text{тр}}} \cdot L_{\text{тр}} + \left(\frac{Q \cdot k_n}{n \cdot 360 \cdot g_{\text{тр}}} - 1 \right) \cdot L_{\text{пр}}, \quad (25.14)$$

де n – число подач транспортних засобів за добу;

$g_{\text{тр}}$ – середня вантажопідйомність транспортного засобу, тонн;

$L_{\text{тр}}$ – довжина транспортного засобу, м;

$L_{\text{пр}}$ – довжина проміжку між транспортними засобами, $L_{\text{пр}}=1,5$ м.

Кількість контейнерів K , необхідних для забезпечення безперервної роботи складу, розраховується за формулою:

$$K = \frac{Q \cdot k_n \cdot k_p}{g_k}, \quad (25.15)$$

де k_p – коефіцієнт, який враховує нерівномірність надходження контейнів з ремонту, $k_p = 1,05 \dots 1,2$;

g_k – виробіток на один контейнер за розрахунковий період, тонн:

$$g_k = \frac{g_c \cdot (D_k - D_{\text{нер}})}{T_{\text{обор}}}, \quad (25.16)$$

де g_c – статичне навантаження на контейнер, тонн;

D_k – число календарних днів в розрахунковому періоді;

$D_{\text{нер}}$ – число днів знаходження контейнерів в неробочому стані;

$T_{\text{обор}}$ – середній час обороту контейнера, дні.

Рівень насиченості $k_{\text{мех}}$ складу засобами механізації використовується для оцінювання оснащення складів засобами механізації та автоматизації і розраховується за формулою:

$$k_{\text{мех}} = \frac{\text{ВП}}{Q}, \quad (25.17)$$

де ВП – сумарна вантажопідйомність всіх засобів механізації та автоматизації, які є на складі, тонн;

Q – надходження матеріалу на склад за рік (вантажоборот), тонн.

Метод розрахунку площі складу на основі врахування детальних характеристик матеріалів, які зберігаються на складі, вимагає знання марок матеріалів, розмірів заготовок та об'єктів зберігання (діаметр, довжина, ширина, товщина), характеристик комірок (місткість, довжина, ширина, висота), які використовуються для зберігання матеріалів, способу складування (вертикально, горизонтально тощо) об'єктів зберігання тощо. На підставі аналізу цих даних визначаються оптимальні способи розміщення об'єктів зберігання на складі, розраховується величина площі складу та інші показники. Даний метод розрахунку вимагає значних витрат часу, але забезпечує більш високі економічні показники роботи складу. Детальніше дивися [8, С.139-141].

25.2 Завдання для самостійного виконання

На складі зберігаються матеріали “А” та “Б”. Матеріал “А” зберігається шляхом штабелювання на підлозі, а матеріал “Б” – на стелажах. Характеристики матеріалів наведені в таблицях 25.1 та 25.2.

Таблиця 25.1 – Характеристика матеріалу “А”

Варіант	K_B	k_H	Q, тонн	T_B , кален. дні	$T_{стр.}$, кален. дні	$g_{д.}$, т/м ²	D_p , дні	$D_{пр.}$, дні	$D_{від.}$, дні	$S_{зв.}$, м ²
1	0,6	1,1	2000	90	10	1,2	250	1	3	25
2	0,61	1,15	2100	120	12	1,25	251	2	1	30
3	0,62	1,2	2200	60	15	1,27	252	3	2	35
4	0,63	1,23	2300	30	5	1,3	253	1	3	40
5	0,64	1,26	2400	90	10	1,33	254	2	1	45
6	0,65	1,3	2500	120	20	1,36	255	3	2	50
7	0,66	1,33	2600	60	6	1,39	254	1	3	45
8	0,67	1,37	2700	30	3	1,4	253	2	1	40
9	0,68	1,4	2800	90	9	1,46	252	3	2	35
10	0,69	1,35	2900	120	12	1,5	251	1	3	30
11	0,70	1,3	3000	60	6	1,53	250	2	1	25
12	0,71	1,25	2050	30	4	1,56	250	3	2	25
13	0,6	1,2	2150	90	9	1,6	251	1	3	30
14	0,61	1,15	2250	120	12	1,63	252	2	1	35
15	0,62	1,1	2350	60	6	1,67	253	3	2	40
16	0,63	1,11	2450	30	3	1,7	254	1	3	45
17	0,64	1,16	2550	90	9	1,2	255	2	1	50
18	0,65	1,21	2650	120	15	1,25	254	3	2	45
19	0,66	1,24	2750	60	5	1,27	253	1	3	40
20	0,67	1,26	2850	30	3	1,3	252	2	1	35
21	0,68	1,31	2950	90	10	1,33	251	3	2	30
22	0,69	1,32	3050	120	16	1,36	250	1	3	25
23	0,70	1,37	3100	60	6	1,39	252	2	1	30
24	0,71	1,41	3150	30	3	1,4	253	3	2	35
25	0,65	1,35	3200	90	9	1,46	254	1	3	40
26	0,66	1,31	3250	120	12	1,5	255	2	1	45
27	0,67	1,25	3300	60	7	1,53	254	3	2	50
28	0,68	1,22	3350	30	4	1,56	253	1	3	45
29	0,69	1,18	3400	60	8	1,6	252	2	1	40
30	0,7	1,2	3460	90	10	1,4	260	2	3	48

Керуючись даними таблиць 25.1 та 25.2, потрібно:

1. Розрахувати максимальну величину складського запасу для матеріалу “А”.
2. Розрахувати величину корисної площі складу для зберігання матеріалу “А”.
3. Розрахувати величину приймального та відпускнуго майданчиків для матеріалу “А”.
4. Розрахувати загальну площу складу, яка необхідна для зберігання матеріалу “А”.
5. Розрахувати максимальну величину складського запасу для матеріалу “Б”.
6. Розрахувати розрахункову кількість стелажів для зберігання матеріалу “Б”.

Таблиця 25.2 – Характеристика матеріалу “Б”

Варіант	K_B	k_H	Q, T	$T_{в, \text{кален. дні}}$	$T_{спр, \text{кален. дні}}$	$g_{д, T/M^2}$	$D_{р, \text{дні}}$	a, M	b, M	h, M	k_3	$g_{м, T/M^3}$	$D_{пр, \text{дні}}$	$D_{від, \text{дні}}$	$S_{зв, M^2}$
1	0,3	1,2	3000	30	3	1,36	250	4	1,2	2	0,3	2,0	1	2	20
2	0,31	1,15	3100	90	9	1,39	250	4,2	1,3	2,1	0,31	1,95	2	3	21
3	0,32	1,1	3200	120	15	1,4	251	4,4	1,15	2,2	0,32	1,9	3	1	22
4	0,33	1,11	3300	60	5	1,46	252	4,3	1,05	2,3	0,33	1,92	1	2	23
5	0,34	1,16	3400	30	3	1,5	253	4,5	1,3	2,35	0,34	1,94	2	3	24
6	0,35	1,21	2600	90	10	1,53	254	4,6	1,0	2,4	0,35	1,96	3	1	25
7	0,36	1,24	2500	120	16	1,56	255	4,7	1,12	2,45	0,36	1,98	1	2	26
8	0,37	1,26	2400	60	6	1,6	254	4,8	1,14	2,5	0,37	2,0	2	3	27
9	0,38	1,31	2300	30	3	1,63	253	5	1,21	2,2	0,38	2,02	3	1	28
10	0,39	1,32	2200	90	9	1,67	252	4,9	1,2	2,16	0,39	2,04	1	2	29
11	0,40	1,37	2900	120	12	1,7	251	4,8	1,16	2,14	0,4	2,1	2	3	30
12	0,41	1,41	2150	60	7	1,2	250	4,7	1,18	2,1	0,39	2,2	3	1	31
13	0,3	1,35	2250	30	4	1,25	252	4,0	1,2	2,0	0,38	2,3	1	2	32
14	0,41	1,31	2350	60	8	1,27	253	4	1,23	2,1	0,37	2,4	2	3	33
15	0,32	1,25	2450	90	10	1,3	254	4,2	1,31	2,12	0,36	2,5	3	1	34
16	0,33	1,22	2550	90	10	1,33	255	4,4	1,17	2,12	0,35	2,46	1	2	50
17	0,34	1,18	2650	120	12	1,36	254	4,3	1,15	2,13	0,34	2,64	2	3	36
18	0,35	1,2	2750	60	15	1,39	253	4,5	1,32	2,32	0,33	2,4	3	1	37
19	0,36	1,21	2750	30	5	1,4	252	4,6	1,03	2,41	0,33	1,93	1	2	38
20	0,37	1,24	2850	90	10	1,46	260	4,7	1,14	2,45	0,34	1,94	2	3	39
21	0,38	1,26	2450	120	20	1,5	240	4,8	1,15	2,5	0,35	1,95	3	1	40
22	0,39	1,31	3000	60	6	1,53	248	5	1,27	2,2	0,36	1,96	1	2	41
23	0,40	1,32	2100	30	3	1,56	249	4,9	1,21	2,16	0,37	2,08	2	3	42
24	0,41	1,37	2150	90	9	1,6	239	4,8	1,16	2,12	0,38	2,09	3	1	42
25	0,35	1,31	2200	120	12	1,4	253	4,7	1,18	2,11	0,39	2,14	1	2	44
26	0,36	1,25	2250	60	6	1,2	260	4,0	1,2	2,06	0,4	2,13	2	3	45
27	0,37	1,22	2300	30	4	1,25	255	5,0	1,1	2,0	0,39	2,24	3	1	46
28	0,38	1,18	2350	90	9	1,27	248	4,8	1,3	2,1	0,38	2,35	1	2	47
29	0,39	1,2	2400	120	12	1,3	258	4,6	1,2	2,3	0,37	2,48	2	3	48
30	0,4	1,21	2460	60	6	1,33	261	4,4	1,15	2,4	0,36	2,52	3	1	49

7. Розрахувати кількість стелажів для зберігання матеріалу “Б” з урахуванням коефіцієнта допустимих корисних навантажень.
8. Визначити прийнятну кількість стелажів для зберігання матеріалу “Б”.
9. Розрахувати величину корисної площі складу для зберігання матеріалу “Б”.
10. Розрахувати величину приймального та відпускнуго майданчиків для матеріалу “Б”.
11. Розрахувати загальну площу складу, яка необхідна для зберігання матеріалу “Б”.
12. Розрахувати загальну площу складу для зберігання матеріалів “А” і “Б”.
13. Зробити висновки.

25.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення поняття “складське господарство” та визначить його задачі.
2. Охарактеризуйте функції складського господарства.
3. Назвіть основні види вирівнювання запасів на складах та дайте їм характеристики.
4. За якими схемами може бути побудоване складське господарство? Охарактеризуйте ці схеми.
5. За якими ознаками можуть бути класифіковані склади підприємства?
6. Зробіть характеристику складів за їх місцем у виробничому процесі.
7. Зробіть характеристику складів за способом зберігання матеріальних цінностей.
8. Дайте означення поняття “складські операції”, визначить їх складові та послідовність виконання.
9. Яким видам перевірки підлягають матеріальні цінності, що надходять на склад? Як здійснюється приймання цих цінностей?
10. Мета та порядок здійснення інвентаризації складів?
11. Охарактеризуйте суть активної та пасивної систем відпуску матеріалів зі складів. Поясніть, коли застосовуються ці системи.
12. Назвіть та визначить основні показники, які використовуються для характеристики складського господарства.
13. Дайте характеристику суті методу розрахунку загальної площі складу за укрупненими нормативами (метод допустимих корисних навантажень).
14. Як розраховується величина площі приймального та відпускнуго майданчиків складу?
15. Що означає і як розраховується рівень насиченості складу засобами механізації?
16. В чому полягає суть точних методів розрахунку загальної площі складу?

25.4 Задачі для розв’язування

1. Вироби зберігаються на складі на стелажах. Розміри стелажу: довжина – 4 м, ширина – 1,2 м, висота – 4 м. За рік на складі зберігається 100 тис. виробів, маса виробу – 2 кг, тугість матеріалу, із якого зроблені вироби, – $2,5 \text{ т/м}^3$. Період між суміжними поставками виробів на склад дорівнює 90 календарних днів, період страхового запасу визначений в 20 календарних днів. Коефіцієнт нерівномірності надходження виробів на склад дорівнює 1,4. Коефіцієнт заповнення об’єму стелажу складає 0,3. Допустиме корисне навантаження на 1 м^2 площі – 2 т/м^2 . Коефіцієнт використання площі складу – 0,45.

Розрахувати загальну площу складу, яка необхідна для збереження виробів.

2. Вироби зберігаються на складі на стелажах. Розміри стелажу: довжина – 4 м, ширина – 1,2 м, висота – 4 м. За рік на складі зберігається 100 тис. виробів, маса виробу – 2 кг, тугість матеріалу, із якого зроблені вироби, – $2,5 \text{ т/м}^3$. Період між суміжними поставками виробів на склад дорівнює 90 календарних днів, період страхового запасу визначений в 20 *робочих* днів. Коефіцієнт нерівномірності надходження виробів на склад дорівнює 1,4. Коефіцієнт заповнення об'єму стелажу складає 0,3. Допустиме корисне навантаження на 1 м^2 площі – 2 т/м^2 . Склад працює протягом року 250 днів. Коефіцієнт використання площі складу – 0,45.

Розрахувати загальну площу складу, яка необхідна для збереження виробів.

3. Річна програма випуску виробів складає 50 тис. шт. На виготовлення одного виробу потрібно 800 г міді, яка надходить на склад щоквартально. Страховий запас міді – 20 календарних днів. Мідь зберігається на складі в штабелях. Допустиме корисне навантаження на 1 м^2 підлоги – 2 тонни. Коефіцієнт нерівномірності надходження міді – 1,1. Коефіцієнт використання площі складу – 0,65.

Розрахувати загальну площу складу, яка необхідна для збереження міді.

4. Річна програма випуску виробів складає 50 тис. шт. На виготовлення одного виробу потрібно 800 г міді, яка надходить на склад щоквартально. Страховий запас міді – 20 *робочих* днів. Склад працює протягом року 255 днів. Мідь зберігається на складі в штабелях. Допустиме корисне навантаження на 1 м^2 підлоги – 2 тонни. Коефіцієнт нерівномірності надходження міді – 1,1. Коефіцієнт використання площі складу – 0,65.

Розрахувати загальну площу складу, яка необхідна для збереження міді.

5. Підприємство споживає за рік 600 тонн листового свинцю. Тугість свинцю – $11,4 \text{ т/м}^3$. Свинець надходить на завод через кожних 60 календарних днів. Страховий запас свинцю – 20 календарних днів. Листи свинцю зберігаються на стелажах. Розмір стелажу: довжина 1,8 м, ширина – 1,5 м, висота – 2 м. Коефіцієнт заповнення об'єму стелажу складає 0,5. Коефіцієнт нерівномірності надходження свинцю – 1,2. Допустиме корисне навантаження на 1 м^2 підлоги – 2,2 тонни. Коефіцієнт використання площі складу складає 0,7.

Розрахувати загальну площу складу, яка необхідна для збереження листового свинцю.

6. Підприємство споживає за рік 600 тонн листового свинцю. Тугість свинцю – $11,4 \text{ т/м}^3$. Свинець надходить на завод через кожних 60 календарних днів. Страховий запас свинцю – 20 *робочих* днів. Листи свинцю зберіга-

ються на стелажах. Розмір стелажу: довжина 1,8 м, ширина – 1,5 м, висота – 2 м. Коефіцієнт заповнення об'єму стелажу складає 0,5. Коефіцієнт нерівномірності надходження свинцю – 1,2. Допустиме корисне навантаження на 1 м² підлоги – 2,2 тонни. Коефіцієнт використання площі складу дорівнює 0,7. Склад працює протягом року 260 днів.

Розрахувати загальну площу складу, яка необхідна для збереження листового свинцю.

7. Підприємство споживає за рік 12000 тонн певного матеріалу. Коефіцієнт нерівномірності надходження матеріалу – 1,2. Допустиме корисне навантаження на 1 м² підлоги – 3,0 тонни. Склад працює протягом року 250 днів. Середня кількість днів знаходження матеріалу при прийманні на приймальному майданчику – 3 дні. Середня кількість днів знаходження матеріалу при відпуску на відпускну майданчику – 1 день. Площа, необхідна для зважування матеріалу при його прийманні, 30 кв.м. Площа, необхідна для підготовки матеріалу для відпуску, 40 кв.м.

Розрахувати величину площі приймального та відпускну майданчиків.

8. Підприємство споживає за рік 10000 тонн певного матеріалу. Коефіцієнт нерівномірності надходження матеріалу – 1,05. Для зберігання матеріалу використовуються контейнери. Статичне навантаження на контейнер – 2,5 тонни. Середній час обороту контейнера – 12 днів. Протягом року контейнер знаходиться в неробочому стані в середньому 30 днів. Коефіцієнт нерівномірності надходження контейнера з ремонту – 1,1.

Розрахувати необхідну кількість контейнерів.

9. Підприємство споживає за рік 1000 тонн певного матеріалу. Коефіцієнт нерівномірності надходження матеріалу – 1,1. Матеріал завозиться на склад автомобілями вантажопідйомністю 3 тонни. Довжина автомобіля 5 м. Автомобілі подаються на розвантаження протягом доби 2 рази. Розрахувати довжину вантажно-розвантажувального майданчика.

25.5 Відповіді на задачі

1. 96 кв.м.
2. 106,7 кв.м.
3. 10,3 кв.м.
4. 11,1 кв.м.
5. 104,1 кв.м.
6. 115,7 кв.м.
7. 70 кв.м та 59,2 кв.м.
8. 168 шт.
9. 31,6 м.

Тема: “Організація енергетичного господарства підприємства”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з організації енергетичного господарства на підприємствах та розвинути практичні навички з проведення розрахунку показників, які характеризують енергетичне господарство.

26.1 Теоретична частина

Сучасне виробниче підприємство є великим споживачем енергетичних ресурсів: електроенергії, палива, пару, стиснутого повітря, гарячої води тощо. Тому важливе місце в системі виробничого менеджменту будь-якого підприємства займає безперебійне забезпечення виробництва всіма видами енергії, зв'язком, ремонтом енергомереж і енергетичного обладнання тощо. Виконання цих функцій покладається на *енергетичне господарство підприємства*.

Енергетичне господарство підприємства має *специфічні особливості*, які потрібно враховувати у виробничому менеджменті.

По-перше, це збіг у часі виробництва і споживання енергії. Це обумовлено тим, що енергію, з одного боку, не можна “складувати”, нагромаджувати, а з іншого боку, режим виробництва енергії в кожний момент часу безпосередньо залежить від режиму споживання енергії. Це вимагає відповідного вибору генеруючих установок та пропускної спроможності розподільчих мереж, створення оперативно-диспетчерської системи енергопостачання та резерву генеруючих потужностей тощо.

По-друге, характерним є широка взаємозамінність окремих установок, видів енергоресурсів та технологічних процесів при виробництві продукції. Це ускладнює розрахунки оптимальних варіантів організації енергопостачання промислових об'єктів.

По-третє, це тісний взаємний зв'язок енергетичного господарства з усіма без винятку підрозділами підприємства і значний взаємний вплив цих зв'язків на результати діяльності як цих підрозділів, так і самого енергетичного господарства. З одного боку, енергетичне господарство впливає на діяльність підрозділів якістю та вартістю наданих послуг (так, питома вага енергетичних витрат в собівартості продукції в даний час складає від 5% до 10%), а з іншого боку, підприємство накладає на енергетичне господарство певні обмеження щодо чисельності персоналу, обсягу капітальних вкладень та матеріальних ресурсів тощо.

В-четверте, це загострення проблеми комплексного використання паливних ресурсів, необхідність залучення та переробки вторинних енергоресурсів, захисту довкілля тощо.

Все це вимагає від керівників підприємств якісно нових підходів до організації й управління енергетичним господарством.

Виробничий процес в енергетичному господарстві підприємства складається з виробництва, передачі, розподілу та споживання енергії різних видів. *Сукупність генеруючих, перетворюючих, споживаючих установок та мереж, які пов'язують ці установки як між собою, так і з енергетичними мережами району, де розташоване підприємство, утворюють систему енергетичного постачання підприємства або енергетичне господарство підприємства.*

Основними задачами енергетичного господарства сучасного підприємства є:

- безперервне постачання підприємства всіма видами енергії при найменших витратах;
- найекономніше витрачання енергії;
- впровадження новітньої енергетичної техніки;
- найповніше використання потужності енергетичних установок;
- підвищення продуктивності праці та зниження собівартості енергетичної продукції;
- нагляд та контроль за дотриманням правил експлуатації енергетичного обладнання;
- організація технічних оглядів та ремонтів енергетичного обладнання та інше.

Склад та структура енергетичного господарства базуються на виробничій структурі підприємства і повинні бути такими, щоб забезпечити виконання виробничих завдань, які стоять перед підприємством. Ця структура повинна враховувати характер технологічних процесів, засоби та предмети праці, які використовуються у виробництві, передачі, розподілі та споживанні різних видів енергії.

В залежності від поставлених задач та технологічних процесів, які використовуються на підприємстві, енергетичне господарство може складатися із електричних, теплосилових, електроремонтних цехів та інших підрозділів.

Електросилові цехи можуть мати у своєму складі силові підстанції, електричні мережі, трансформаторно-мастильні та акумуляторні дільниці, дільниці релейного захисту, зв'язку та сигналізації тощо.

Теплосилові цехи можуть мати у своєму складі котельні, дільниці тепlopостачання, газопостачання та повітропостачання, дільниці водопостачання та каналізації, дільниці постачання палива, вентиляційні дільниці, газові, утилізаційні дільниці, очисні споруди тощо.

Електроремонтні цехи можуть мати у своєму складі слюсарні, механічні, обмотувальні, просочувальні, мастильні, електромонтажні, комплектувальні та інші дільниці.

У виробничому відношенні енергетичне господарство підприємства складається з двох частин: загальнозаводського енергетичного господарства та цехових господарств. До загальнозаводського енергетичного господарства відносяться генеруючі та перетворювальні установки, загальнозаводські електричні мережі, енергоприймальники, розподільчі мережі будівель та приміщень загальнозаводського значення (склади, заводоуправління, їдальні тощо). До цехового господарства відносяться енергоприймальники виробничих цехів, перетворювальні установки, внутрішньоцехові розподільчі мережі, опалувально-вентиляційні прилади тощо.

Виробнича структура енергетичного господарства є основою для формування його організаційної структури. Приклад організаційної структури енергетичного господарства наведений на рис. 26.1.

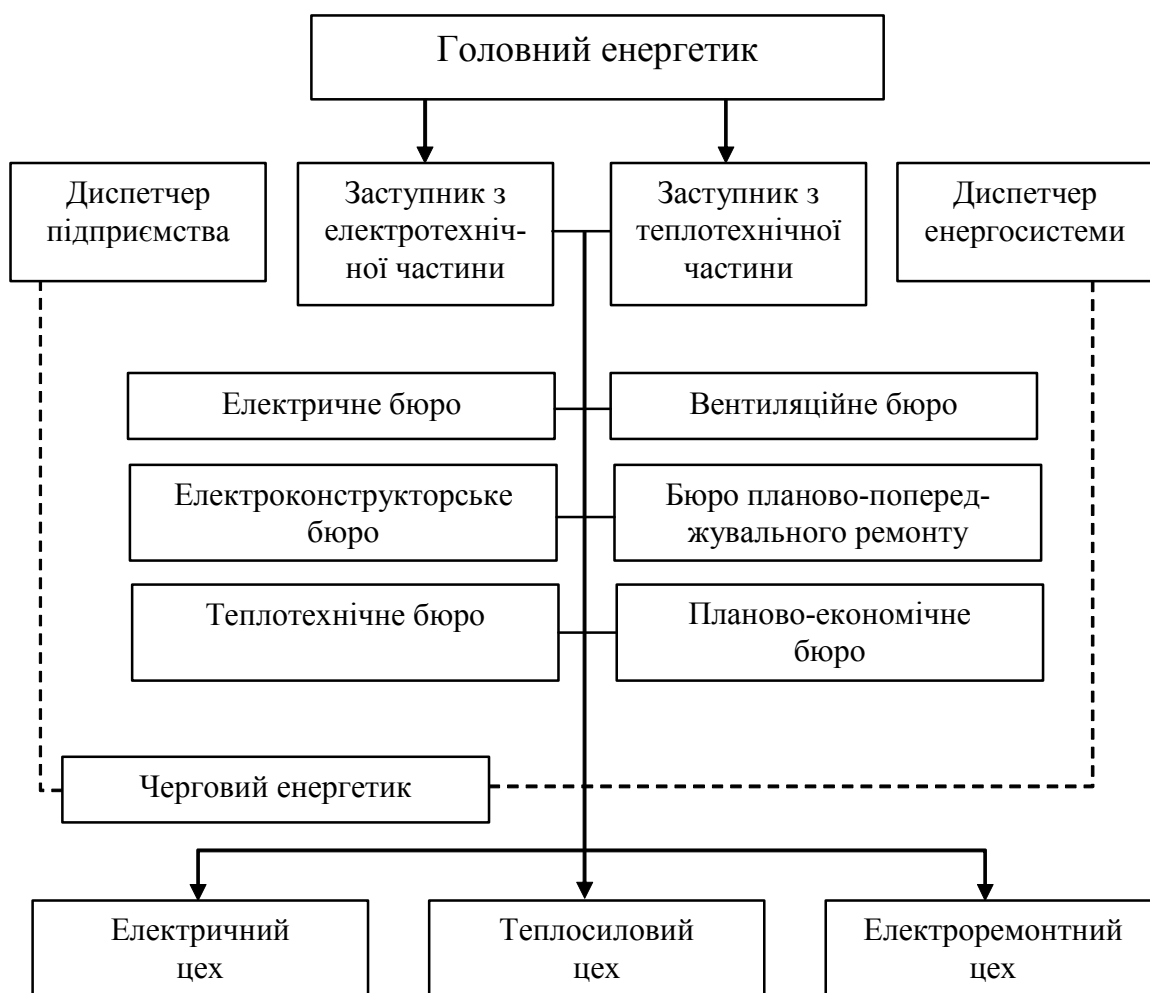


Рисунок 26.1 – Організаційна структура управління енергетичним господарством великого промислового підприємства

Очолює енергетичне господарство підприємства *головний енергетик*. Головний енергетик здійснює адміністративно-технічне керівництво *відділом головного енергетика* та енергоцехами, нагляд за експлуатацією енергообладнання, електроустановок, використанням енергоресурсів на підприємстві тощо. *Заступники головного енергетика* здійснюють безпосереднє технічне та оперативне керівництво відповідними енергоцехами, бюро (групами) відділу головного енергетика, персоналом енергослужб тощо.

В сучасних умовах на розвиток енергетичного господарства підприємства впливає багато об'єктивних та випадкових факторів. Серед них:

- постійне зростання енергоозброєності праці;
- необхідність забезпечення взаємозамінності ресурсів;
- досягнення науково-технічного прогресу як в енергетичних, так і суміжних галузях;
- можливість аварійних відключень енергетичних мереж через аварії, незаплановані поломки енергетичних установок;
- природне обмеження різних видів ресурсів;
- зміна метеорологічних умов тощо.

З урахуванням цих факторів до основних напрямків удосконалення енергетичного господарства підприємства можна віднести:

- зниження енергомісткості продукції;
- впровадження енергозбережних технологій;
- удосконалення структури енергоспоживання;
- скорочення термінів ремонту енергообладнання;
- зменшення (повне усунення) непродуктивних витрат енергії;
- вибір найекономніших постачальників палива та енергії;
- удосконалення обліку витрат енергоресурсів тощо.

Організація енергетичного господарства підприємства базується на плануванні потреби виробництва в різних видах енергії та визначенні джерел їх покриття. Такий метод організації енергетичного господарства отримав назву *балансового методу*. Баланси бувають *зведені* та за *окремими видами енергоносіїв*. У *витратній* частині балансу зазначається розрахункова потреба в енергії на виробничо-господарську діяльність підприємства та напрямки її використання, а в *дохідній (прибутковій)* частині – раціональні джерела отримання енергії та палива від районних систем, виробіток енергії на власних генеруючих установках, використання вторинних ресурсів тощо.

Для оцінювання техніко-економічного рівня та результатів діяльності енергетичного господарства підприємства використовуються такі *показники*:

- величина виробітку та споживання енергії на підприємстві: загальна та за видами (в кг, калоріях, м³, кВт тощо);
- питома вага енергії та палива в собівартості продукції підприємства;
- собівартість виробництва 1 кВт-години електроенергії; 1000 м³ стиснутого повітря тощо;

- енерго- та електроозброєність виробництва, тобто величина витрат енергії (електроенергії), які припадають на одну особу, та інші.

Основним питанням будь-якого енергетичного господарства є *визначення потреби в енергоресурсах всіх видів*. Загальна потреба підприємства в енергоресурсах включає потребу в електроенергії на технологічні цілі (тобто на виробництво продукції); потребу підприємства в енергії як рушійної сили; потребу в електроенергії на освітлення, опалення, вентиляцію, інші побутові потреби; потребу в електроенергії, яка відпускається на сторону; потребу в паливі, стиснутому повітрі тощо.

Розрахунок потреби підприємства в енергоресурсах базується на відповідних технічних нормах витрат енергії різних видів та планового обсягу випуску продукції в натуральних або інших одиницях.

Норма витрат енергоресурсів – це максимально-допустимі витрати енергоресурсів конкретного виду на одиницю продукції (операцію, деталь, виріб, вузол, одиницю часу роботи устаткування, освітлення 1 м² площі тощо). Норми витрат енергоресурсів класифікуються за такими ознаками:

- *за обсягом охоплення продукції* – укрупнені (зведені) та диференційовані. *Укрупнені норми* встановлюються в розрахунку на одиницю продукції (або умовну одиницю) в межах дільниці, цеху, підприємства. Наприклад, це витрати енергії на виготовлення 1 тонни заготовок, 1000 м³ стиснутого повітря, 1000 грн. виготовленої продукції тощо. *Диференційовані норми* визначають витрати енергії на окремі деталі, технологічні операції, агрегати тощо;
- *за видами* – норми витрат електроенергії, палива, стиснутого повітря тощо;
- *за назвою підрозділу* – цехові норми, заводські норми тощо;
- *за рівнем обґрунтованості* – *статистичні, дослідні, науково-обґрунтовані норми*. Найбільшого значення набуває використання науково-обґрунтованих технічних норм витрат енергоресурсів, що відповідає вимогам часу.

Загальні витрати енергії на підприємстві умовно поділяються на дві частини – *залежну* (змінну) та *незалежну* (постійну) від обсягів виробництва. Залежну (змінну) частину складають витрати всіх видів енергії на виконання технологічних операцій, незалежну (постійну) – витрати на освітлення, опалення тощо.

Витрати енергії, що відносяться *до змінної частини*, розраховуються укрупнено, на основі часу роботи обладнання або за зведеними нормами (більш точний метод).

За першим методом обладнання групується за умовами роботи, а саме: за часом експлуатації, рівнем завантаження потужності тощо. В цьому випадку *потреба в енергії* $Q_{з(1)}$ розраховується за формулою:

$$Q_{3(1)} = \frac{P_y \cdot F_p \cdot K_n \cdot K_c \cdot \eta_2}{\eta_1}, \quad (26.1)$$

де P_y – установлена потужність обладнання та інших енергоспоживачів, кВт;

F_p – режимний фонд часу роботи обладнання протягом певного періоду (наприклад, року), годин;

K_n – коефіцієнт, який враховує рівень завантаження обладнання за потужністю;

K_c – коефіцієнт, який враховує нерівномірність використання обладнання у часі;

η_1 – коефіцієнт корисної дії обладнання;

η_2 – коефіцієнт, який враховує втрати енергії в мережах.

За другим методом (тобто, за зведеними нормами) *потреба в енергії* $Q_{3(2)}$ розраховується за формулою:

$$Q_{3(2)} = N_{зв} \cdot B, \quad (26.2)$$

де $N_{зв}$ – зведена норма витрат енергії на одиницю продукції (в розрахунку на один виріб, на 1000 грн. продукції тощо);

B – плановий випуск продукції за певний період (шт., тис. грн. тощо).

Витрати енергії, що відносяться до постійної частини, розраховуються за чинними нормативами освітлення приміщень, їх опалення тощо.

Більш детально розрахунок потреби підприємства в різних видах енергії можна здійснювати за такими формулами:

1. *Потреба в електроенергії на технологічні цілі* $Q_{T(e)}$:

$$Q_{T(e)} = \sum_{i=1}^m \frac{P_y \cdot F_p \cdot K_n \cdot K_c \cdot \eta_2}{\eta_1} \text{ кВт-годин}, \quad (26.3)$$

де P_y – установлена потужність електрообладнання, згрупованого за певною ознакою, кВт;

F_p – режимний фонд часу роботи обладнання протягом визначеного періоду (наприклад, року), годин;

m – кількість згрупованих видів обладнання.

Або інакше:

$$Q_{T(e)} = \sum_{i=1}^m N_e \cdot F_p \cdot F_n \cdot F_c \text{ кВт-годин}, \quad (26.4)$$

де H_e – норма витрат електроенергії на годину роботи обладнання даного виду, кВт-год.:

$$H_e = \frac{P_y \cdot \eta_2}{\eta_1} \text{ кВт-годин.} \quad (26.5)$$

2. *Потреба в електроенергії на технологічні цілі $Q_{T(e)}$:*

$$Q_{T(e)} = \sum_1^n H_{зв(e)} \cdot N_i, \quad (26.6)$$

де $H_{зв(e)}$ – зведена норма витрат електроенергії на виготовлення одиниці i -го виду продукції, кВт-год./одиницю прод.;

N_i – кількість продукції i -го виду, яка повинна бути виготовлена на підприємстві протягом певного періоду, в штуках або інших натуральних чи вартісних одиницях;

n – кількість видів продукції.

3. *Потреба в енергоносіях (інертних газах, пару і т.п.) на технологічні цілі $Q_{T(ен)}$:*

$$Q_{T(ен)} = \sum_1^m H_{ен} \cdot F_p \cdot K_{п} \cdot K_{ч} \text{ м}^3 \text{ (кг)}, \quad (26.7)$$

де $H_{ен}$ – норма витрат енергоносіїв за одну годину роботи даного виду обладнання, м³/год. (кг/год. та інше);

m – кількість видів обладнання.

4. *Потреба в стиснутому повітрі на технологічні цілі $Q_{T(c)}$:*

$$Q_{T(c)} = 1,5 \sum_1^m H_c \cdot F_p \cdot K_{п} \cdot K_{ч} \text{ м}^3, \quad (26.8)$$

де 1,5 – коефіцієнт, який враховує втрати стиснутого повітря в трубопроводах;

H_c – норма витрат стиснутого повітря за годину при безперервній роботі одиниці обладнання даного виду, м³/год.;

m – кількість видів повітроприймальників.

5. *Потреба в паливі даного виду на технологічні цілі $Q_{T(п)}$:*

$$Q_{T(п)} = \sum_1^n \frac{H_{зв(п)} \cdot N_i}{K_g} \text{ кг (тонн)}, \quad (26.9)$$

де $H_{зв(п)}$ – зведена норма витрат палива певного виду на виготовлення одиниці продукції (1000 грн. продукції тощо), калорій;

N_i – кількість продукції i -го виду, яка повинна бути виготовлена на підприємстві протягом певного періоду, в штуках або інших натуральних чи вартісних одиницях;

n – кількість видів продукції;

K_g – калорійний еквівалент палива, яке використовується в технологічних процесах, або коефіцієнт переведення калорій в кг або тонни.

6. Потреба у воді на технологічні цілі $Q_{т(в)}$:

$$Q_{т(в)} = \sum_1^n N_B \cdot F_p \cdot K_{п} \cdot K_{ч} \text{ літрів,} \quad (26.10)$$

де N_B – норма витрат води за одну годину роботи даного виду обладнання, літрів/год.;

n – кількість видів обладнання.

Примітка. Формули 26.3, 26.7, 26.8 та 26.10 наведені для випадку, коли розрахунок потреби в енергії здійснюється на основі витрат цих ресурсів за годину роботи обладнання, згрупованого за певними ознаками.

Формули 26.6 та 26.9 наведені для випадку, коли розрахунок потреби в енергії здійснюється на основі зведених норм.

7. Потреба в електроенергії на освітлення приміщень $Q_{осв}$:

$$Q_{осв} = \frac{L \cdot P_{л} \cdot T_o}{1000}, \text{ кВт-годин,} \quad (26.11)$$

де L – кількість ламп освітлення, шт.;

$P_{л}$ – середня потужність однієї лампи, Вт;

T_o – тривалість періоду освітлення, годин.

Або:

$$Q_{осв} = \frac{H_{осв} \cdot S \cdot T_o}{1000}, \text{ кВт-годин,} \quad (26.12)$$

де $H_{осв}$ – норма освітлення площі (за ДЕСТ), Вт/м²;

S – площа приміщень, м².

8. Потреба палива на опалення виробничих, адміністративних та інших будинків $Q_{опал}$:

$$Q_{опал} = \frac{H_{опал} \cdot \Delta t^o \cdot T_{опал} \cdot V_б}{1000 \cdot K_{ум} \eta_k}, \text{ тонн,} \quad (26.13)$$

де $N_{\text{опал}}$ – норма витрат тепла на опалення 1 м^3 будинку при різниці між зовнішньою та внутрішньою температурами повітря в один градус (1°C), ккал/год. · м^3 ($1 \text{ ккал} = 4,1868 \cdot 10^3 \text{ Дж}$);

Δt° – різниця між зовнішньою та внутрішньою температурами повітря, градусів;

$T_{\text{опал}}$ – період опалення приміщень, годин;

$V_б$ – об'єм будинку (при зовнішньому обмірі), м^3 ;

$K_{\text{ум}}$ – теплота згорання умовного палива ($\approx 7000 \text{ ккал/кг}$);

η_k – коефіцієнт корисної дії котельних установок, $\eta_k=0,75$.

9. Витрати пару на опалення будинків $Q_{\text{пар}}$;

$$Q_{\text{пар}} = \frac{N_{\text{пар}} \cdot \Delta t^\circ \cdot T_{\text{опал}} \cdot V_б}{1000 \cdot K_{\text{пар}}}, \text{ тонн}, \quad (26.14)$$

де $N_{\text{пар}}$ – норма витрат пару на опалення 1 м^3 будинку при різниці між зовнішньою та внутрішньою температурами повітря в один градус (1°C), ккал/год. · м^3 ($1 \text{ ккал} = 4,1868 \cdot 10^3 \text{ Дж}$);

$K_{\text{пар}}$ – теплотворення пару ($\approx 540 \text{ ккал/кг}$).

26.2 Завдання для самостійного виконання

Підприємство виготовляє певні види продукції, для чого йому потрібна відповідна кількість енергоресурсів.

В таблиці 26.1 наведені дані щодо того, яку продукцію може виготовляти підприємство за рік, та зведена норма витрат електроенергії на виготовлення кожного виду продукції.

Таблиця 26.1 – Можливий випуск продукції підприємством за рік

Вироби	Можливий випуск N_i , шт.	Зведена норма витрат електроенергії на одиницю продукції, $N_{\text{зв(е)}}$, кВт-год./од. продукції
А	10 000	120
Б	12 000	100
В	11 000	90
Г	9 000	95
Д	13 000	80
Е	14 000	97
Є	15 000	142
Ж	9 500	127
К	10 500	132
Л	11 500	111

На підприємстві є також ремонтні та інструментальні цехи, що виробляють продукцію, яка споживається безпосередньо на підприємстві. В цих цехах встановлено обладнання, згруповане за певними ознаками.

Інформація про це обладнання та показники його роботи наведені в таблиці 26.2.

Таблиця 26.2 – Інформація про роботу обладнання

Ознаки, за якими згруповано обладнання	Установлена потужність P_y , кВт	F_p , годин	K_n	K_q	η_1	η_2
X	500	2000	0,89	0,95	0,7	1,04
Y	450	4000	0,87	0,94	0,71	1,10
Z	600	1800	0,84	0,94	0,72	1,08
V	700	3600	0,86	0,93	0,73	1,13
W	800	1900	0,91	0,92	0,74	1,08
G	900	3800	0,9	0,91	0,75	1,07
D	850	3850	0,78	0,9	0,76	1,06
F	750	1970	0,79	0,92	0,77	1,05
S	730	1890	0,81	0,94	0,78	1,04
U	580	3780	0,82	0,05	0,79	1,11

Для забезпечення можливості здійснення виробничого процесу на підприємстві використовується пар, стиснуте повітря та вода. Для їх виробництва використовується відповідне обладнання. В свою чергу, для виробництва пару, стиснутого повітря та води використовується електрична енергія. Інформація про норми витрат для цих енергоносіїв та інші необхідні дані наведені в таблиці 26.3.

Таблиця 26.3 – Інформація про норми витрат енергоносіїв

Енергоносії	Норма витрат за годину роботи обладнання	F_p , годин	K_n	K_q	Норма витрат електроенергії на виробництво одиниці енергоносія
Пар	$N_{en} - 100$ кг/год.	2000	0,94	0,97	$N_e - 10,5$ кВт/тону
Стиснуте повітря	$N_c - 180$ м ³ /год.	1900	0,92	0,94	$N_e - 72$ кВт/1000 м ³
Вода	$N_b - 20$ л/год.	2100	0,9	0,95	$N_e - 12$ кВт/1000 л

В таблиці 26.4 наведені дані щодо того, які види продукції випускає підприємство для визначеного варіанта завдання; яке саме обладнання встановлено в ремонтному та інструментальному цехах; скільки одиниць обладнання використовує пар N_p , стиснуте повітря $N_{сп}$ та воду N_b ; витрати електроенергії на освітлення і опалення (в % від витрат електроенергії, яка була використана на технологічні цілі – β), а також вартість 1 кВт-години електроенергії – Ц.

Таблиця 26.4 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Види продукції, які випускаються	Види обладнання, яке встановлено	$N_{п}$, шт.	$N_{сп}$, шт.	$N_{в}$, шт.	β , %	Ц, грн./кВт
1	А,Б,В,Г,Д	Х,У,З,У,В,У	30	32	35	10	0,256
2	Б,В,Г,Д,Е	У,З,У,В,У,Г	37	26	40	11	0,260
3	В,Г,Д,Е,Є	З,У,В,У,Г,Д	26	28	29	12	0,254
4	Г,Д,Е,Є,Ж	У,В,У,Г,Д,Ф	31	34	20	13	0,23
5	Д,Е,Є,Ж,К	У,Г,Д,Ф,С	43	23	41	14	0,256
6	Е,Є,Ж,К,Л	Г,Д,Ф,С,У	45	13	18	13,5	0,26
7	Є,Ж,К,Л,А	Д,Ф,С,У,Х	14	14	23	12,5	0,27
8	Ж,К,Л,А,Б	Ф,С,У,Х,У	32	32	13	11,5	0,28
9	К,Л,А,Б,В	С,У,Х,У,З	43	26	14	14	0,29
10	Л,А,Б,В,Г	У,Х,У,З,У	35	27	32	15	0,20
11	А,Б,Л,Г,К	С,У,З,У,В,У	39	29	26	16	0,256
12	А,В,Г,Д,Л	С,З,У,В,У,Г	13	40	27	10,1	0,260
13	А,Г,Д,Е,К	С,У,В,У,Г,Д	14	31	29	11,1	0,354
14	А,Д,Е,Є,Л	С,У,В,У,Г,Д,Ф	32	43	40	12,4	0,33
15	Б,Е,Є,Ж,К	Х,Г,Д,Ф,С	26	53	31	13,3	0,356
16	Б,Є,Ж,К,Л	Х,Д,Ф,С,У	27	24	43	14,2	0,36
17	Б,Ж,К,Л,А	У,Ф,С,У,Х	29	25	53	13,5	0,37
18	В,К,Л,А,Е	У,С,У,Х,У	40	35	24	12,5	0,38
19	В,Л,А,Б,Є	У,У,Х,У,З	31	45	25	11,5	0,39
20	В,А,Б,Є,Л	С,Х,У,З,У	43	44	35	14,6	0,30
21	Д,Б,Л,Г,К	С,У,З,У,В,Ф	53	43	45	15,2	0,356
22	Д,В,Г,Є,Л	С,З,У,В,У,Ф	24	42	44	16,1	0,360
23	Д,Г,А,Е,Л	С,У,В,У,Г,Ф	25	41	43	14	0,354
24	Д,К,Е,Є,Л	С,У,В,У,Г,Д,У	35	40	42	13,5	0,33
25	В,Е,Є,Ж,К	Х,Г,Д,Ф,У	45	31	41	12,5	0,356
26	В,Є,Ж,К,Л	Х,Д,Ф,С,У	44	32	40	11,5	0,36
27	В,Ж,К,Л,А	У,Ф,С,У,У	43	19	13	14	0,37
28	Г,К,Л,А,Е	У,С,У,Х,У	42	18	12	15	0,38
29	Г,Л,А,Б,Є	У,У,Х,У,У	41	17	15	16	0,39
30	Г,А,Б,Є,Л	С,Х,У,З,У	40	50	20	10,1	0,30

Керуючись даними таблиць 26.1...26.4, потрібно:

1. За формулою 26.6 розрахувати потребу підприємства в електроенергії на виготовлення кожного із 5-ти видів продукції та на виготовлення всіх видів продукції, які випускає підприємство.
2. За формулою 26.3 розрахувати потребу підприємства в електроенергії для тих видів обладнання, яке встановлено в ремонтному та інструментальному цехах, а також загальну потребу в електроенергії в цих цехах.
3. За формулами 26.7, 26.8 та 26.10 розрахувати потребу підприємства в парі (в тоннах), стиснутому повітрі (в м³) та воді (в літрах), потрібних для роботи обладнання.

Примітка. При використанні даних формул врахувати кількість одиниць кожного виду обладнання ($N_{п}$, $N_{сп}$, $N_{в}$); які використовують пар, стиснуте повітря та воду.

4. За формулою 26.6 розрахувати потребу в електроенергії, яка використовується на виробництво пару, стиснутого повітря та води.
Примітка. При використанні формули 26.6 правильно врахувати розмірність показників, які підставляються в дану формулу.
5. Розрахувати загальну річну потребу підприємства в електроенергії на технологічні цілі як суму значень, отриманих в пп. 1, 2 та 4.
6. Розрахувати потребу підприємства в електроенергії на освітлення та опалення протягом року.
7. Розрахувати загальні річні витрати підприємства на електроенергію.
8. Розрахувати річні витрати підприємства на електроенергію в грошовій формі.
9. Зробити висновки.

26.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Енергетичне господарство підприємства: суть, основні задачі.
2. Особливості енергетичного господарства підприємства.
3. Виробнича структура енергетичного господарства підприємства: суть, склад, структура, функції.
4. Характеристика організаційної структури енергетичного господарства підприємства.
5. Як можна оцінити техніко-технологічний рівень та результати діяльності енергетичного господарства підприємства?
6. Дайте означення поняття “норма витрат енергоресурсів”. Назвіть та охарактеризуйте основні види норм витрат енергоресурсів.
7. Охарактеризуйте основні методи розрахунку потреб підприємства в енергоресурсах.
8. Як розраховується потреба підприємства в енергії на технологічні цілі?
9. Як розраховується потреба підприємства в енергії на опалення, освітлення тощо?

26.4 Задачі для розв’язування

1. Потужність обладнання, яке встановлено в цеху, складає 450 кВт. Середній плановий коефіцієнт завантаження обладнання за потужністю складає 0,8. Середній плановий коефіцієнт використання обладнання у часі дорівнює 0,95. Кількість робочих днів в році – 250. Режим роботи цеху: 2 зміни по 8 годин. Середній коефіцієнт корисної дії кожної одиниці обладнання – 0,9; середній коефіцієнт, який враховує втрати електроенергії в електромережах – 0,96. Вартість 1 кВт-год. електроенергії дорівнює 0,156 грн-год.

Розрахувати потребу цеху в електроенергії та її вартість.

2. В цеху встановлено 50 ламп для освітлення, середня потужність кожної лампи 100 Вт. Час роботи кожної лампи – 15 годин. Число робочих днів в місяці – 22. В кожний момент часу працює тільки 75% ламп.

Розрахувати потребу цеху в електроенергії для освітлення приміщення.

3. Приміщення цеху має об'єм 8000 м^3 . Для опалення цього приміщення використовується пар. Норма витрат пару $0,5 \text{ ккал/годину}$ на 1 м^3 об'єму приміщення. Середня температура повітря за межами приміщення протягом періоду опалення складає -5°C . Рекомендована температура в приміщенні цеху протягом опалювального періоду повинна дорівнювати $+18^\circ\text{C}$.

Період опалення триває 200 днів. Для виробництва пару використовується електроенергія, норма витрат якої на виробництво 1 тонни пару складає $12,23 \text{ кВт-год}$.

Розрахувати потребу цеху в пару для опалення приміщення протягом опалювального сезону та необхідні витрати електроенергії для виробництва даної кількості пару.

4. На 50-ти верстатах цеху використовується стиснуте повітря. Середні витрати стиснутого повітря на одному верстаті – 10 м^3 за годину. Середній плановий коефіцієнт завантаження обладнання за потужністю – 0,8. Середній плановий коефіцієнт використання обладнання у часі – 0,95. Кількість робочих днів в році 246. Режим роботи цеху: 2 зміни по 8 годин. Для виробництва пару використовується електроенергія, норма витрат якої на виробництво 1000 м^3 стиснутого повітря складає 90 кВт-год .

Розрахувати річну потребу цеху в стиснутому повітрі та необхідні витрати електроенергії для його виробництва.

5. На 80-ти верстатах цеху для охолодження використовується вода. Середні витрати води на одному верстаті – 12 л за годину. Середній плановий коефіцієнт завантаження обладнання за потужністю – 0,85. Середній плановий коефіцієнт використання обладнання у часі – 0,94. Кількість робочих днів в році 252. Режим роботи цеху: 2 зміни по 8 годин. Для подачі води використовується електроенергія, норма витрат якої в розрахунку на 1000 л води складає $5,4 \text{ кВт-год}$.

Розрахувати річну потребу цеху в воді та необхідні витрати електроенергії на її подачу.

6. Цех має площу 550 м^2 . Норма витрат освітлювальної електричної енергії на 1 м^2 площі 15 Вт-год . Цех працює 251 день в році, 2 зміни по 8 годин. В середньому за зміну цех освітлюється протягом 70% робочого часу.

Розрахувати потребу цеху в електричній енергії, яка потрібна для його освітлення.

7. Скласти витратну частину енергобалансу підприємства, виходячи із таких даних:

а) річний випуск продукції в основному виробництві складає: вироби “А” – 500 шт., вироби “Б” – 400 шт. Норма витрат електроенергії на виробництво одного виробу “А” – 4 тис. кВт-год., а на виробництво одного виробу “Б” – 9 тис. кВт-год.;

б) допоміжне виробництво виробляє 2000 тис. м³ води та 1000 тонн пари. Норма витрат електроенергії на виробництво 1000 м³ води дорівнює 240 кВт-год., а на виробництво 1 тонни пари – 130 кВт-год.;

в) річні витрати електроенергії на освітлення – 300 тис. кВт-год., на опалення – 240 тис. кВт-год., на власні потреби різних енергетичних установок – 40 тис. кВт-год.;

г) відпуск електроенергії на сторону згідно з укладеними на підприємстві угодами – 25 тис. кВт-год.;

д) втрати електроенергії в мережах – 100 тис. кВт-год., а в трансформаторних підстанціях – 200 тис. кВт-год.

Розрахувати загальні річні витрати підприємства на електричну енергію за умови, що вартість 1 кВт-год. електроенергії дорівнює 0,156 грн.

26.5 Відповіді на задачі

1. 1583333 кВт-год.; 2470 тис. грн.
2. 1237,5 кВт-год.
3. 817,8 тонн; 10 тис. кВт-год.
4. 2243,5 тис. м³; 201,9 тис. кВт-год.
5. 3092,7 м³; 16,7 тис. кВт-год.
6. 23192 кВт-год.
7. 7135 тис. кВт-год.; 1113060 грн.

ЛІТЕРАТУРА

1. Климов А.Н., Оленев И.Д., Соколицын С.А. Организация и планирование производства на машиностроительном заводе: Учебник для маш. вузов. – 3-е изд., перераб и доп. /Под ред С.А.Соколицына. – Л.: Машиностроение, 1977. – 463 с.
2. Козловський В.О., Білоконний П.Г. Основи організації виробничого процесу: Навч. посібник – Київ, НМК ВО, 1991. – 171 с.
3. Методические указания к выполнению практических работ по организации, планированию и управлению предприятием / Т.С.Школьников, Н.С.Белинская, В.С.Сапун. – Винница: ВПИ, 1990.– 40 с.
4. Организация и планирование машиностроительного производства. Уч. для вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. Под ред проф. И.М.Разумова, Л.Я.Шухгальтера, Л.А.Глаголевой. – М.: «Машиностроение», 1974. – 592 с.
5. Организация и планирование машиностроительного производства: Учебник для маш. спец. вузов /М.И.Ипатов, М.К.Захарова, К.А.Грачева и др. – М.: Высш. шк., 1988. – 367 с.
6. Плоткін Я.Д., Пащенко І.Н. Виробничий менеджмент: Навч. посібник; Збірник вправ. – Львів, Державний університет «Львівська політехніка», 1999. – 258 с.
7. Практикум по организации и планированию машиностроительного производства: Учебн. пособие для машиностр. спец. вузов /К.А.Грачева, Л.А.Некрасов, М.И.Ипатов и др.; Под ред. Ю.В.Скворцова и Л.А.Некрасова. – М.: Высш. шк., 1990. – 224 с.
8. Сборник задач по курсу «Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием». Учебн. пособие для вузов /Под ред. В.А.Летенко, Б.Н.Родионова. – М.: Высш. школа, 1980. – 264 с.
9. Смирницкий Е.К. Экономические показатели промышленности. – М.: Экономика. 1980. – 432 с.
10. Тихомирова Б.И. Экономика и организация производства в радиоэлектронной промышленности. – М.: Изд-во «Сов. радио», 1971, – 416 с.
11. Хопчан М.І., Харів П.С., Бойчик І.М., Лотиш О.Я. Організація і планування виробництва: теорія і практика. Навч. посібник для студ. економ. спец. – Тернопіль, 1996. – 193 с.
12. Организация производства на предприятии: Учебник для технических и экономических специальностей: Под ред. О.Г.Туровца и Б.Ю.Сербиновського. Серия «Экономика и управление».– Ростов-на-Дону: Издательский центр МарТ, 2002. – 464 с.
13. Козловський В.О. Організація виробництва. Практикум. Навчальний посібник. Частина 1. – Вінниця: ВДГУ, 2002. – 133 с.

14. Козловський В.О. Організація виробництва. Практикум. Навчальний посібник. Частина 1. Видання 2-ге, доповн. та перероблене. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 154 с.
15. Козловський В.О. Козловський С.В. Організація виробництва. Практикум. Навчальний посібник. Частина 2. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 168 с.
16. Макаренко М.В., Махалина О.М. Производственный менеджмент: Учебн. пособие для вузов. – М.: «Издательство ПРИОР», 1998. – 384 с.
17. Васильков В.Г. Організація виробництва: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2003. – 524 с.

Навчальне видання

Козловський Володимир Олександрович
Козловський Сергій Володимирович

ВИРОБНИЧИЙ МЕНЕДЖМЕНТ
Практикум

Навчальний посібник

Відповідальний редактор Т.Г. Трубникова
Оригінал-макет підготовлений авторами

Видавництво ТОВ „Глобус-Прес”
21010, Вінниця, вул. 600-річчя, 15.
Реєстраційне свідоцтво
Серія ДК № 1077 від 09.10.2002 р.

Підписано до друку 30.01.2006.
Формат 60×84/16. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум.-друк. арк. 24,45.
Наклад 1000 прим. Зам. № 5850.

Віддруковано у ПП «Едельвейс»
21010, м. Вінниця, вул. 600-річчя, 17.
Тел.: (0432) 35-04-44