

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

В.О.Козловський

О Р Г А Н І З А Ц І Я В И Р О Б Н И Ц Т В А

П Р А К Т И К У М

Частина 1

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як практикум для студентів спеціальності «Менеджмент організацій».

Протокол № 4 від 25 листопада 2005 р.

Вінниця ВНТУ 2005

ББК 65.9(2)304.15

К 59

Рецензенти:

О.В.Мороз, доктор економічних наук, професор

М.Г.Данильченко, кандидат технічних наук, професор

В.Р.Сердюк, доктор технічних наук, професор

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

Козловський Володимир Олександрович.

К 59 Організація виробництва. Практикум. Навчальний посібник.

Частина 1. Видання 2-ге, доповн. та перероблене. – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 154 с.

В навчальному посібнику викладено основи теорії і практики організації виробничої діяльності на підприємствах. Розроблені практичні завдання з актуальних питань організації виробництва, наведені приклади їх розв'язування.

Практикум може бути використаний студентами, що навчаються за спеціальністю „Менеджмент організацій”, студентами технічних спеціальностей, які вивчають дисципліну “Менеджмент”, слухачами, які опановують другу вищу освіту за спеціальністю «Менеджмент організацій», а також студентами заочної форми навчання для виконання контрольних робіт з курсів "Організація виробництва" та "Виробничий менеджмент".

ББК 65.9(2)304.15

©В.О.Козловський, 2005

З М І С Т

Ч а с т и н а 1

Передмова.....	4
1 Побудова та оцінювання діяльності виробничих систем.....	7
2 Визначення типу та організаційно-технічного рівня виробництва.....	22
3 Розрахунок тривалості виробничого циклу простого виробничого процесу.....	38
4 Розрахунок тривалості технологічного циклу виготовлення виробів за груповою технологією.....	54
5 Розрахунок тривалості виробничого циклу складного процесу в умовах одиничного виробництва.....	60
6 Розрахунок тривалості виробничого циклу складного процесу в умовах серійного виробництва.....	67
7 Визначення рівня прогресивності й оптимальності виробничої структури підприємства.....	76
8 Розрахунок оптимального варіанта розміщення обладнання.....	87
9 Розрахунок основних параметрів безперервно-потоккових ліній.....	93
10 Розрахунок безперервно-потоккових ліній з робочим та з розподільчим конвеєром.....	104
11 Розрахунок основних параметрів прямопотоккових ліній.....	113
12 Розрахунок основних параметрів багатопредметних потоккових ліній.....	123
13 Розрахунок основних параметрів автоматичних потоккових ліній.....	136
14 Розрахунок основних параметрів робототехнічного комплексу.....	145
Література.....	153

Ч а с т и н а 2

Передмова.....	4
15 Вимірювання якості продукції.....	7
16 Аналіз якості продукції за допомогою діаграм Парето.....	23
17 Здійснення статистичного контролю якості продукції методом середньоарифметичних значень та розмахів.....	32
18 Здійснення статистичного контролю якості продукції методом індивідуальних значень та медіан.....	48
19 Застосування приймального статистичного контролю.....	59
20 Організація інструментального господарства.....	68
21 Розрахунок потреби підприємства в інструменті.....	79
22 Регулювання потреби підприємства в інструменті.....	90
23 Організація ремонтного господарства підприємства.....	103
24 Організація транспортного господарства підприємства.....	124
25 Організація складського господарства підприємства.....	139
26 Організація енергетичного господарства підприємства.....	154
Література.....	168

П Е Р Е Д М О В А

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. *Законо* 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 виробництва, 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.

Організація виробництва як самостійна дисципліна має власний понятійний апарат, притаманні тільки їй 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.

Теоретичні і практичні положення курсу “Організація виробництва” є основою для вивчення дисципліни “Виробничий менеджмент”, з якою організація виробництва пов'язана найтіснішим чином. Так, якщо *предметом вивчення дисципліни “Організація виробництва”* є закономірності побудови на підприємствах виробничих систем та розробка на їх основі раціональних форм і методів організації виробничих процесів виготовлення конкурентоспроможної продукції, то *предметом вивчення дисципліни “Виробничий менеджмент”* є безпосереднє управління цими системами, процесами, формами, методами тощо.

Сучасний менеджер або інженер, який опановує економічну або технічну спеціальність, повинен знати основи 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 підвищення 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 “Організація виробництва”.

Складовою частиною вивчення студентами дисципліни “Організація виробництва” є здійснення ними практичних розрахунків під час практичних занять. Метою проведення практичних занять з курсу “Організація виробництва” 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-потоккових, перервно-потоккових (прямоточних) ліній, автоматичних потоккових 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 “Організація виробництва”, який пропонується читачам, складається з 2-х частин. В першій частині висвітлюються питання організації основного виробництва. В другій частині – питання організації 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 організації виробництва; *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 дисципліни “Виробничий менеджмент”; слухачами, які опановують другу вищу освіту, а також студентами заочної форми навчання для виконання контрольних робіт з курсів “Організація виробництва” та “Виробничий менеджмент”.

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 ділянок, бригад, 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 даній 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 пере-

важно є *результатом управлінських рішень*. Тому ці змінні певною мірою контрольовані.

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 і 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*, від якої наведений на рис. 1.1.

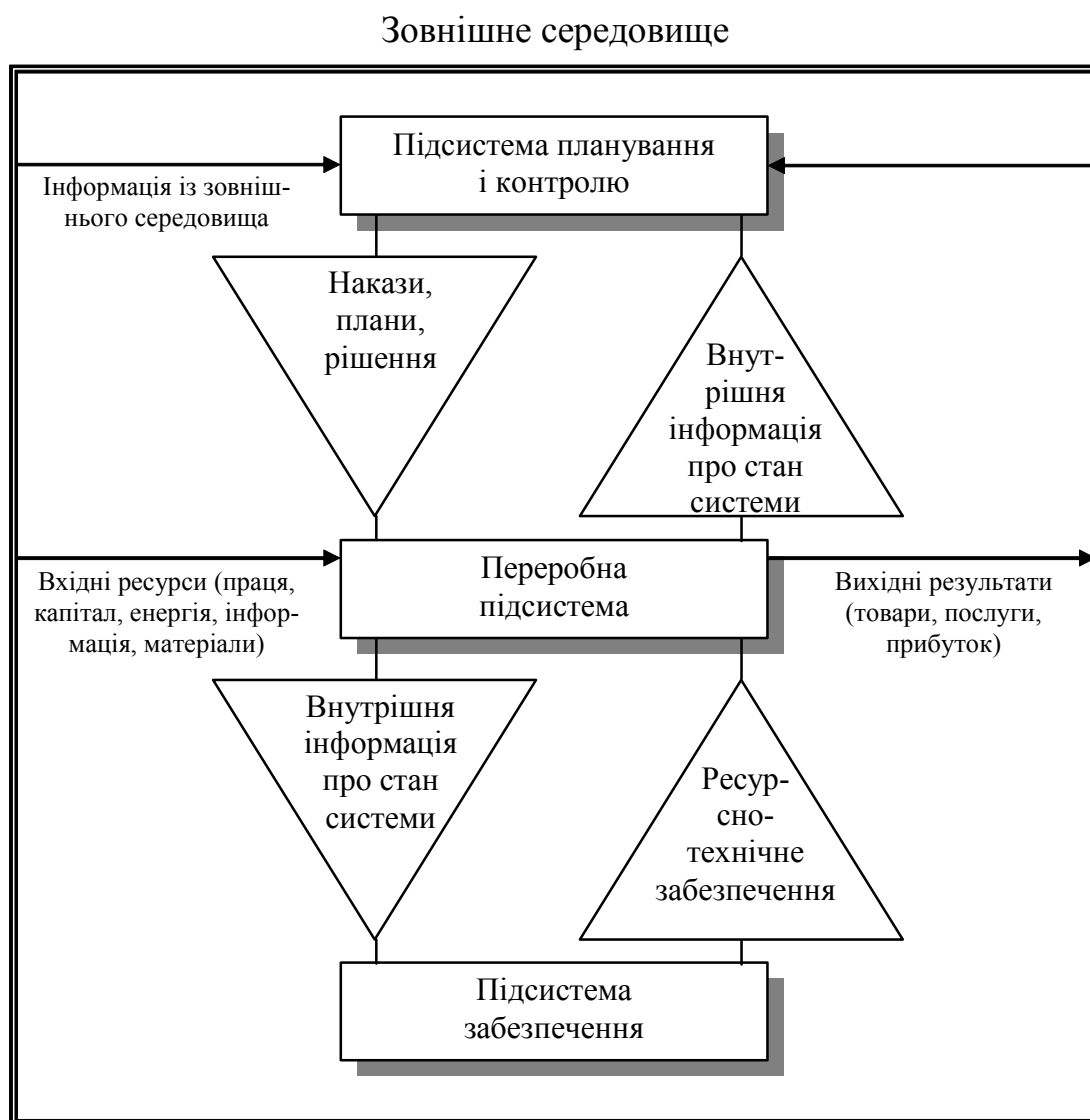


Рисунок 1.1 – Функціональна модель виробничої системи

Функціональна структура підприємства як виробничої системи 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 безперервної 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 зов-

нішнє 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.

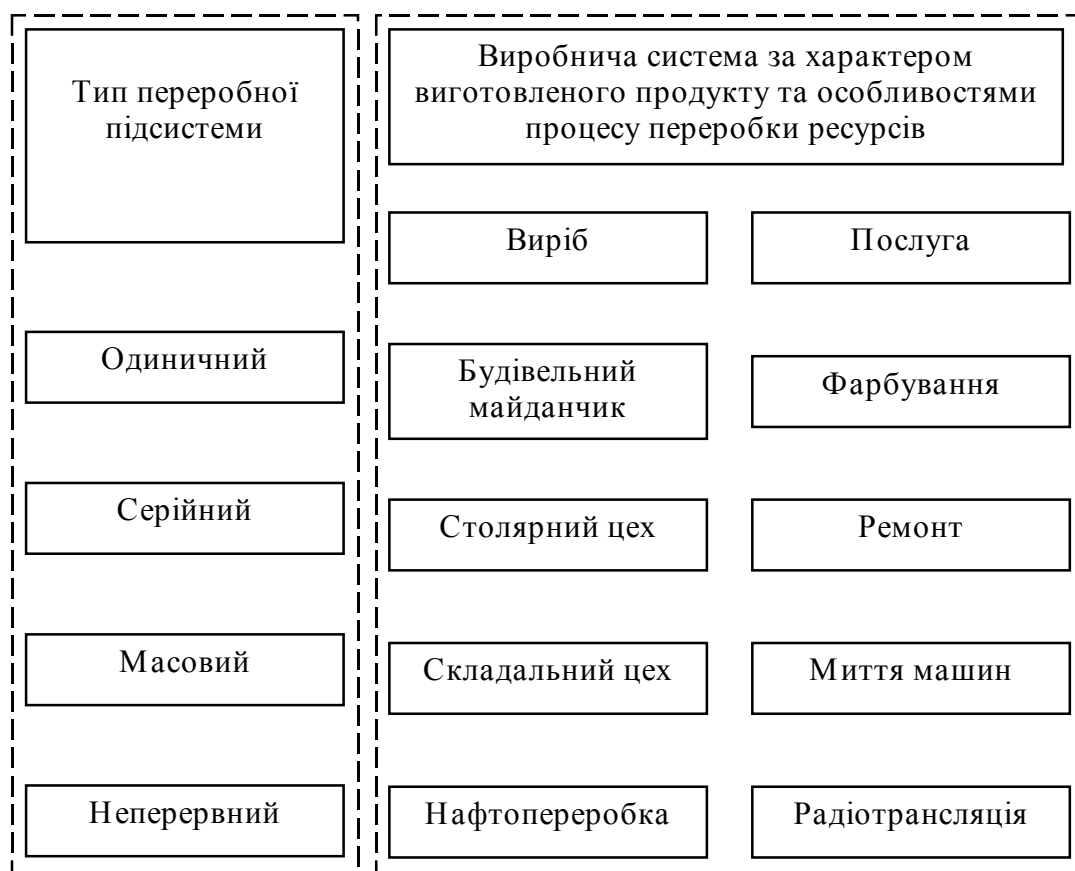


Рисунок 1.2 – Класифікація переробних підсистем за характером виготовленого продукту та особливостями процесу переробки ресурсів

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 виготовля-

ють 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 тісно 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 ступінь 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 досягнення часткової цілі у випадку, коли збільшення цього показника свідчить про покращення роботи виробничої системи; практично завжди $A_j < A_n$;

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

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. Значення 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 потрібно 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.

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	

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 1.3 – Початкові дані для виконання завдання

Показники	A _j	A _n	Показники	A _j	A _n	Показники	A _j	A _n
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,є	0,2 – 0,3 – 0,4 – 0,1	ц,ч,ю,с	0,3 – 0,1 – 0,25 – 0,35
Б	є,є,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,є,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 KK_1 та KK_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 KK_1 , а показник A_n – шляхом множення на показник KK_2 .

Таблиця 1.6 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Виробничі системи	KK_1	KK_2	Варіант	Виробничі системи	KK_1	KK_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 1.

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 характеру 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, наприклад, 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 розчленити 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 пропускної 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 но-

менклатури, 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 укруп-

нено. 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, що 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 виробках уніфікованих та взаємозамінних елементів. Зміна виробів буває дуже 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 привести до порушення виробничих пропорцій. Ретельне розроблення технологічного процесу, застосування спеціального обладнання і спеціальних пристосувань дає змогу використовувати працю робітників невисокої кваліфікації. Разом з тим, водночас 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:

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

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

D_k – кількість календарних днів в даному році;

D_v – кількість вихідних та святкових днів в даному році;

m – 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 *одиничні* показники K_i , які характеризують окремі сторони виробництва, та *зведений* показник $K_{зв}$, який визначає загальний організаційно-технічний рівень даного виробництва.

Одиничні 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 одиничних 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 одиничних 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:

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

Зрозуміло, що:

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

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

$$K_{мп} = \frac{T_1 + T_2}{T_3} \cdot 100\% = \frac{t_1 \cdot N_1 + t_2 \cdot N_2}{\sum_1^n t_i \cdot N_i} \cdot 100\%, \quad (2.6)$$

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

T_3 – загальна трудомісткість робіт, нормо-годин, яка визначається за формулою:

$$T_3 = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5; \quad (2.7)$$

T_3, T_4, T_5 – трудомісткість робіт, які виконуються відповідно робітниками 3, 4 та 5 груп, нормо-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 $K_{мп}$ ” 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:

$$K_{\text{мр}} = 100\% - K_{\text{пр}}. \quad (2.9)$$

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 $K_{\text{тп}}$ (в %) розраховується за формулою:

$$K_{\text{тп}} = \frac{\sum_1^m t_{\text{T}} \cdot N_{\text{T}}}{\sum_1^n t_{\text{j}} \cdot N_{\text{j}}} \cdot 100\%, \quad (2.10)$$

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 $K_{\text{мп}}$, $K_{\text{мр}}$ та $K_{\text{тп}}$, 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* $K_{\text{зв}}$ можна розрахувати за формулою:

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

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 ділянки “А” та “Б”. В кожній ділянці 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.

В таблиці 2.4 наведені дані щодо того, які робочі місця конкретно встановлені 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.

Таблиця 2.3 – Початкові дані для виконання завдання

Дільниця "А"				Дільниця "Б"			
Робочі місяця	t, хв.	N, тис.шт.	Група робітників	Робочі місяця	t, хв.	N, тис. шт.	Група робітників
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
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

Таблиця 2.4 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Номери робочих місць, які конкретно установлені на дільницях	Д _к , дні	Д _в , дні	m	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

Керуючись даними таблиць 2.3 та 2.4, потрібно:

1. Для кожного робочого місця дільниць “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 дільниці, зробити порівняння та висновки.

3. Розрахувати для кожної дільниці 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 дільницях “А” та “Б”.

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 – 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 дільницю 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 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.

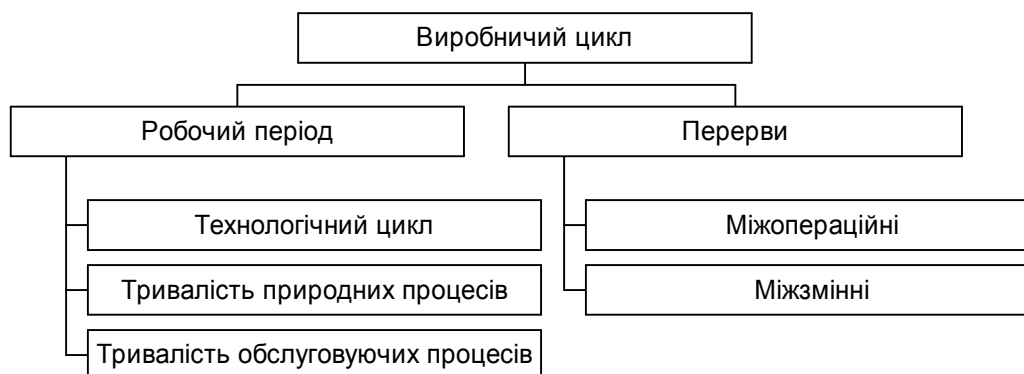


Рисунок 3.1– Структура виробничого циклу

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) обробки 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 обробці виробу, хв.;

$m_{\text{ц}}$ – кількість цехів або інших структурних підрозділів, шт.;
 $T_{\text{мц}}$ – середня тривалість міжцехового пролежування при обробці 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 час виконання i -ої технологічної операції над партією виробів.

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 обробляється, передається з попередньої операції на наступну тільки після повного завершення обробки всіх предметів праці на попере-

дній 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.

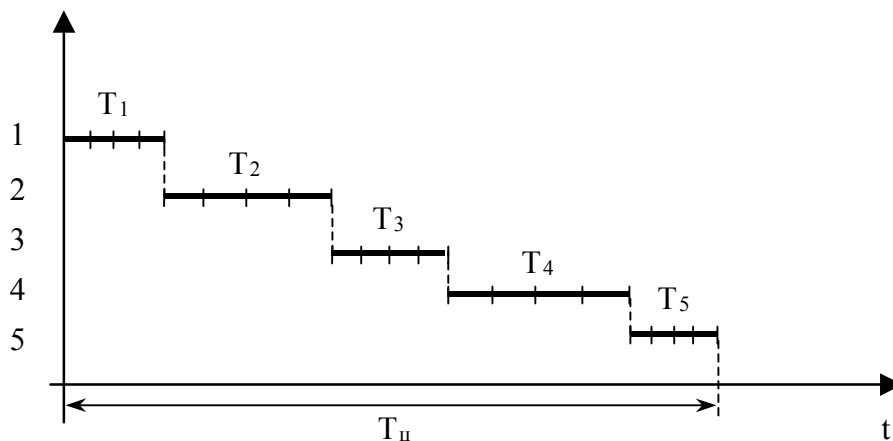


Рисунок 3.2 – Послідовний вид руху предметів праці

Тривалість технологічного циклу $T_{\text{посл}}$ при послідовному виді руху предметів праці в 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 в 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.

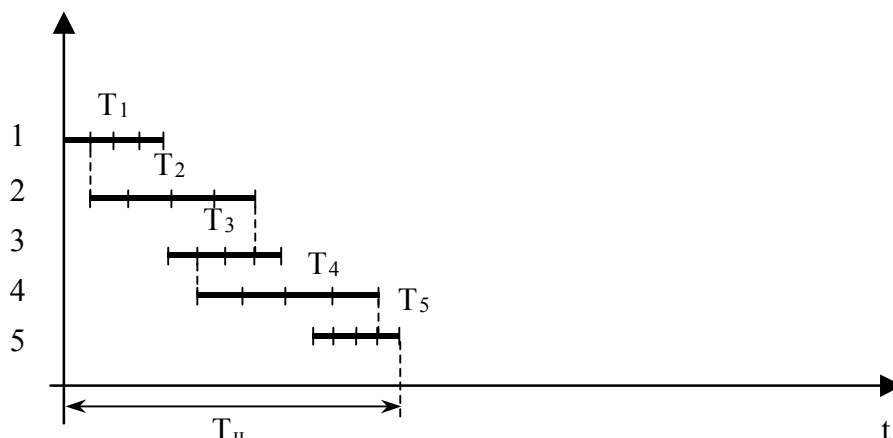


Рисунок 3.3 – Послідовно-паралельний (змішаний) вид руху предметів праці

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:

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

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

$\sum_{i=1}^{m-1} \left(\frac{t_i}{C_i} \right)_k$ – сума найбільш коротких операцій із кожної пари суміжних, хв.

них, 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 в виробництві $T_{п/п(1)}$ можна розрахувати за формулою:

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

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

При *паралельному виді* руху предметів праці в 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 в 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 $T_{пар}$ при паралельному виді руху предметів праці в виробництві розраховується за формулою:

$$T_{пар} = p \sum_{i=1}^m \frac{t_i}{C_i} + (n - p) \left(\frac{t_i}{C_i} \right)_{\Gamma}, \quad (3.7)$$

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

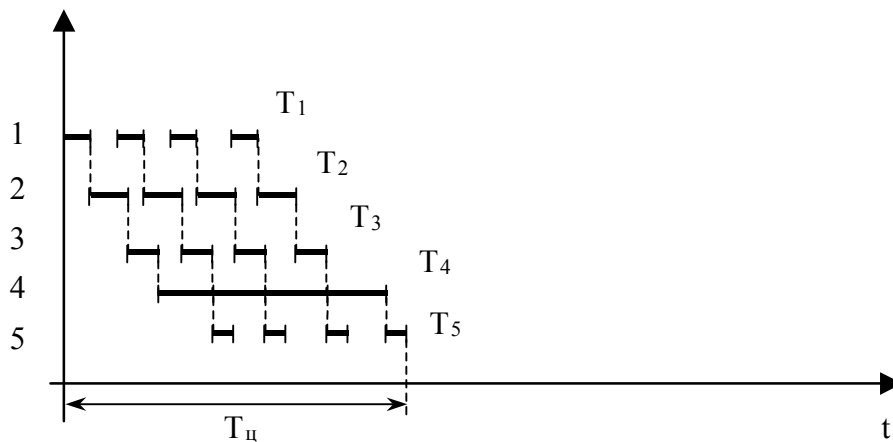


Рисунок 3.4 – Паралельний вид руху предметів праці

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 п, 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
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

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
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 відбуваються природні процеси	D_k , дні	D_p , дні
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
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 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) видів руху предметів праці в виробництві.
4. Побудувати графіки виготовлення партії виробів при послідовному, послідовно-паралельному (змішаному) та паралельному видах руху предметів праці в 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 в виробництві.
6. Побудувати графіки виготовлення партії виробів при послідовному, послідовно-паралельному (змішаному) та паралельному видах руху предметів праці в 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 в 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 в 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 в 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., вели-

чина передаточної (транспортної) партії складає 25 шт. Вид руху виробів в 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, в 3 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 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 (транспортної) 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 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 (передаточ-

ної) 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 в 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 змога 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. 3 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, ураховуючи 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.

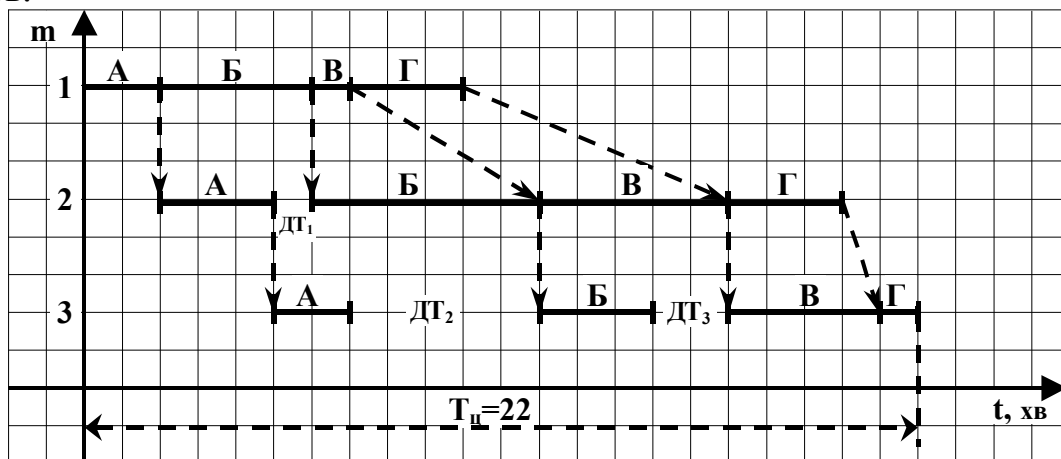


Рисунок 4.1 – Попередній графік руху групи деталей (масштаб: 1 клітинка = 1 хв.)

2-й крок: будують графік обробки деталі “А” на всіх інших операціях. Передача деталі на кожен 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 групою технологією, наведений на рис. 4.1.

5-й крок: визначають тривалість технологічного циклу обробки групи деталей. Тривалість технологічного циклу $T_{ц}$ обробки деталей за групою 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 $T_{ц}$ 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.

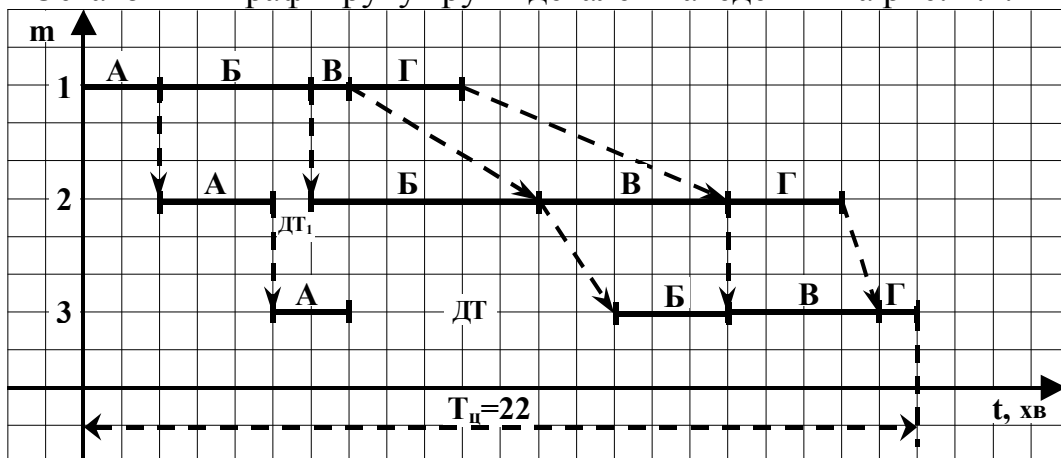


Рисунок 4.2 – Остаточний графік руху групи деталей (масштаб: 1 клітинка = 1 хв.)

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.

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 неминучі, 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 графіку 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 оптимального 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, агрегата, 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).

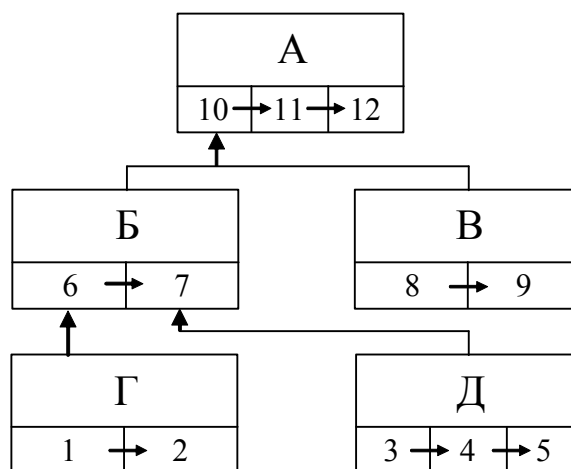


Рисунок 5.1 – Схема складання виробу (машини)
(деталь „Г” подається на 6-у операцію, деталь „Д” – на 7-му, вузли „Б” та „В” – на 10-у операцію)

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 десяту 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 тривалість технологічних (або виробничих) циклів кожного із простих процесів виготовлення деталей, вузлів тощо, які входять до складу виробу.

2-й крок: побудова циклового графіка. Приймавши термін 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 проміжних, наприклад, виготовлення окремих вузлів; і закінчуючи початковими, наприклад, виготовлення окремих деталей. 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.

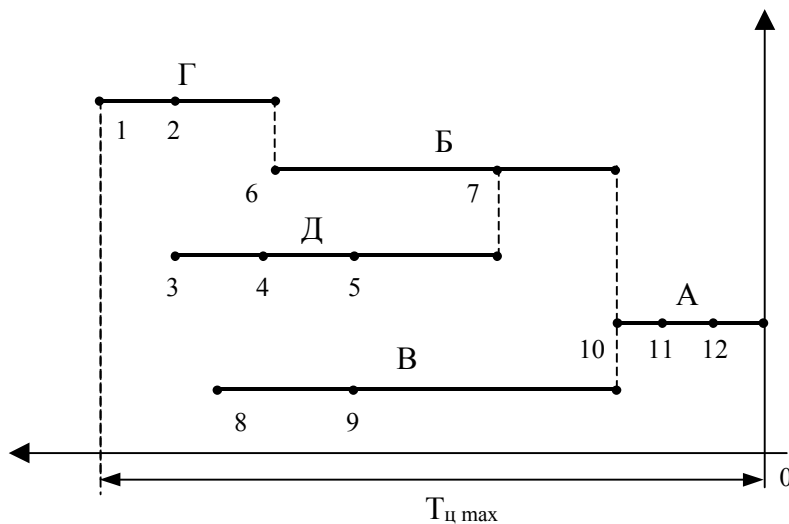


Рисунок 5.2 – Цикловий графік складання виробу

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 проце-

сів, 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	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
В 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

Продовження таблиці 5.1

<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
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 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
В ₁	8	7	6	9	8	7	6	5	3	4	12	4	3	2	5
В ₂	5	5	8	4	7	6	9	7	6	4	4	2	3	5	4
В ₃	8	9	6	7	4	5	2	3	4	5	4	3	7	8	6
В 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
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

Продовження таблиці 5.2

<i>l</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
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;
- „V_i” – тривалість виготовлення *i*-го вузла, який входить до складу машини, днів;
- „ПВ_{i-j}” – тривалість виготовлення підвузла *j*, який входить до складу вузла „V_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. Збільшиться 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 одиничного 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* $N_{\text{мін}}$, яку потрібно запустити у виробництво:

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

де $t_{\text{п/п}}$ – 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 N_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 в 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 діляниці (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 до тих пір, 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 маємо такі дані: $N=2100$ шт., $D_p=21$ доба, $H_d = 100$ 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 $N_o=200+H_d=200+100= 300$ 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 в 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 за побудованим цикловим графіком 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 дільниці або в цеху робочих місць для виготовлення визначеної оптимальної 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:

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

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

R – ритм роботи, дні;

m – 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 число робочих місць може бути більшим за $C_{пр}$, а на інших – меншим за $C_{пр}$. Це визначається конкретними умовами виробництва та проектувальниками дільниці.

7-й крок: вибирається реальна кількість робочих місць $C_{прі}$ 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 $C_{прі}$ 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:

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

де $C_{прі}$ – 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.

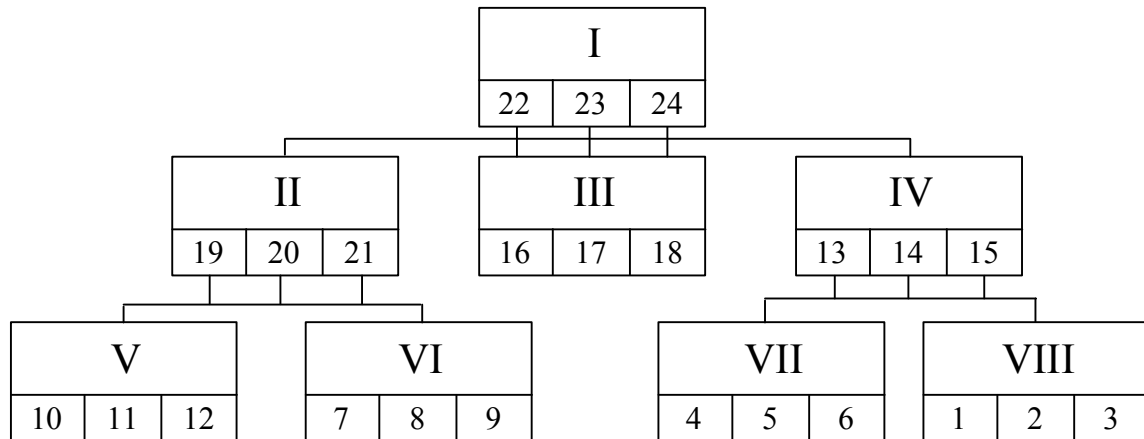


Рисунок 6.1 – Схема складання машини

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.

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

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.

Таблиця 6.2 – Початкові дані для виконання завдання

Операції	“а”		“б”		“в”		“г”		“д”		“е”		“ж”		“з”		“і”		“к”	
	$t_{i, XB}$	$t_{i/15, XB}$	$t_{i, XB}$	$t_{i/15, XB}$	$t_{i, XB}$	$t_{i/15, XB}$	$t_{i, XB}$	$t_{i/15, XB}$	$t_{i, XB}$	$t_{i/15, XB}$	$t_{i, XB}$	$t_{i/15, XB}$	$t_{i, XB}$	$t_{i/15, XB}$	$t_{i, XB}$	$t_{i/15, XB}$	$t_{i, XB}$	$t_{i/15, XB}$	$t_{i, XB}$	$t_{i/15, XB}$
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
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

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.

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).

Таблиця 6.3 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант завдання	Система кодів	N, шт.	Д _р , дні	m	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”

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 переналадження 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 переналадження обладнання – 2,5%.

Після застосування технічних удосконалень величина втрат на переналадження 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 переналадження 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.

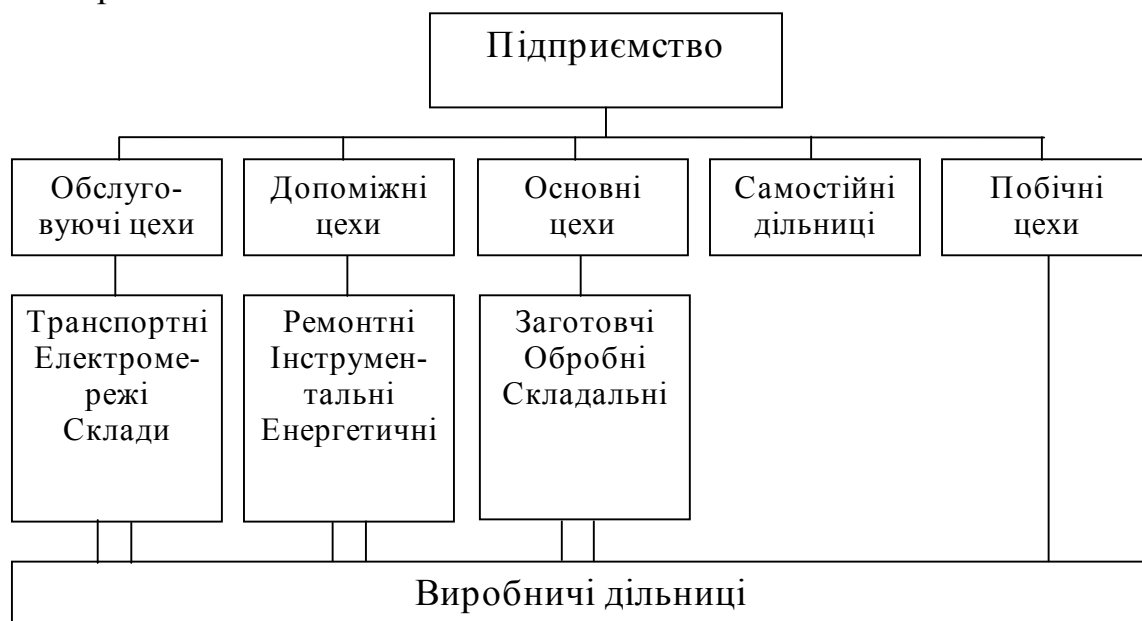


Рисунок 7.1– Виробнича структура підприємства

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*

хів відносяться інструментальні, модельні, ремонтно-механічні, електро-ремонтні, 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, тобто 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 простотою. Вона має мінімум або не має зовсім внутрішніх структурних підрозділів. На малих підприємствах дуже 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, обумовлений видом та обсягами продукції, яка виготовляється, 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, ділянки починають з розрахунку кількості робочих місць (обладнання), які необхідні для виконання виробничого завдання.

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

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

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 – коефіцієнт виконання норм часу, який планується.

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

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

де D_k – число календарних днів в даному році;

D_v – число святкових та вихідних днів в даному році;

m_{zm} – число змін роботи;

T_{zm} – 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 ділянки 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 паралельного 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_3 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 робітників, тривалість технологічних операцій, тривалість виробничого циклу тощо;

$A_{\text{тех}(i)}$ – 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, тривалість технологічного циклу виготовлення партії виробів. Дані щодо 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 дані 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 плануються перевести на предметну спеціалізацію
		технологічну	предметну	
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
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, вписати та підрахувати абсолютні значення показників $A_{пр(i)}$ та $A_{тех(i)}$, які вибрані для визначення рівня прогресивності виробничої структури підприємства. Наприклад, для першого варіанта завдання кількість робочих місць, які спеціалізовані технологічною ознакою (цехи 1 та 2), складе, відповідно, 36 та 65, а кількість робочих місць, які спеціалізовані за технологічною ознакою (цехи 3 та 4), складе, відповідно, 70 та 27.

Примітка. Чисельність робочих місць, кількість технологічних операцій та загальну тривалість транспортних операцій підрахувати шляхом складання абсолютних значень цих показників по кожному із цехів, а середню тривалість технологічних операцій та середню тривалість виробничого циклу підрахувати як середнє арифметичне із відповідних показників діяльності даних цехів.

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_3 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_3 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 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 забезпечує *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 дільниці можна вирішити за допомогою застосування матричного методу.

Покажемо це на такому прикладі.

Припустимо, на дільниці 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 → фрезерна → свердлильна операції або Т → Ф → С; деталь “Б” – фрезерна → токарна → свердлильна операції або Ф → Т → С; деталь “В” – свердлильна → фрезерна → токарна операції або С → Ф → Т.

Кожна технологічна операція виконується на спеціалізованому робочому місці. Припустимо, що деталь “А” важить 0,2 кг і їх 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” складе $0,2 \cdot 1000 = 200$ 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 → фрезерне → свердлильне або Т → Ф → С.

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 (Т → Ф) буде передано тільки 200 кг деталей “А”. З фрезерної на свердлильну (Ф → С) – 200 кг деталей “А”. З фрезерної на токарну (Ф → Т) буде передано 180 кг деталей “Б” та 420 кг деталей “В”. З токарної операції на свердлильну (Т → С) буде передано 180 кг деталей “Б”. З свердлильної операції на фрезерну (С → Ф) буде передано 420 кг деталей “В”. З свердлильної операції на токарну передачі 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 складають 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 (Т→Ф), як і відстань між фрезерним та токарним обладнанням (Ф→Т), складає 3 метри. Відстань між фрезерним та свердлильним (Ф→С) обладнанням,

як і відстань між свердлильним та фрезерним обладнанням (С → Ф), складає 3 метри. Відстань між токарним та свердлильним (Т → С) обладнанням, як і відстань між свердлильним та токарним обладнанням (Т → С), 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:		
	Т – токарна	Ф – фрезерна	С – свердлильна
Т – токарна	0	3	6
Ф – фрезерна	3	0	3
С – 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 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 Ф → Т → С. 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 Ф → Т → С.

	Матриця вантажів			Матриця відстаней		
	Ф	Т	С	Ф	Т	С
Ф	0	800	620	0	3	6
Т	0	0	180	3	0	3
С	0	0	0	6	3	0

Тоді 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 $Q_3 = 7200$ кг·м; для схеми $\Phi \rightarrow C \rightarrow T$ вантажний оборот $Q_4 = 7200$ кг·м; для схеми $C \rightarrow T \rightarrow \Phi$ вантажний оборот $Q_5 = 6660$ кг·м; для схеми $C \rightarrow \Phi \rightarrow T$ вантажний оборот $Q_6 = 5340$ кг·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 дільниці 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
4	1350	2000	600	750	0,2	0,16	0,1	0,18	T-Φ-C	Φ-C-T	C-T-Φ	T-C-Φ	8,4
5	400	800	1000	2000	0,3	0,2	0,4	0,1	Φ-T-C	C-Φ-T	T-Φ-C	Φ-C-T	4,5
6	2000	750	1500	1250	0,2	0,12	0,17	0,4	C-T-Φ	T-C-Φ	Φ-T-C	C-Φ-T	5,4
7	1300	1000	900	400	0,1	0,3	0,12	0,4	Φ-C-T	T-C-Φ	C-T-Φ	C-Φ-T	7,5
8	500	750	1000	1500	0,15	0,2	0,3	0,1	C-Φ-T	Φ-C-T	Φ-T-C	T-Φ-C	9,6
9	1300	2100	650	950	0,4	0,1	0,35	0,2	T-Φ-C	T-C-Φ	Φ-C-T	C-Φ-T	4,2
10	1000	1200	600	300	0,1	0,2	0,15	0,7	Φ-C-T	C-T-Φ	C-Φ-T	T-C-Φ	4,8
11	1250	1500	2000	2500	0,2	0,13	0,14	0,5	T-Φ-C	Φ-C-T	Φ-T-C	C-T-Φ	6,7
12	1000	2000	1250	750	0,3	0,2	0,35	0,1	Φ-T-C	T-C-Φ	C-T-Φ	C-Φ-T	7,6
13	1250	1750	750	2000	0,15	0,2	0,3	0,6	T-Φ-C	C-T-Φ	C-T-Φ	C-Φ-T	8,6
14	2000	1300	850	1500	0,4	0,2	0,15	0,3	C-T-Φ	T-Φ-C	Φ-T-C	C-Φ-T	4,1
15	800	1500	1300	1750	0,1	0,4	0,25	0,15	T-Φ-C	Φ-T-C	C-T-Φ	T-C-Φ	3,8
16	450	1500	800	1750	0,2	0,15	0,6	0,3	Φ-T-C	T-Φ-C	C-Φ-T	Φ-C-T	6,9
17	600	1500	900	1750	0,24	0,17	0,1	0,4	C-Φ-T	Φ-T-C	T-Φ-C	T-C-Φ	9,5
18	1000	750	1500	2000	0,54	0,16	0,39	0,13	Φ-T-C	T-Φ-C	C-T-Φ	Φ-C-T	9,1
19	1500	1000	950	2000	0,43	0,2	0,3	0,15	T-Φ-C	T-C-Φ	Φ-T-C	C-T-Φ	4,6
20	2100	900	1500	500	0,2	0,3	0,25	0,5	C-T-Φ	C-Φ-T	Φ-T-C	T-C-Φ	4,8
21	2000	850	1500	750	0,5	0,2	0,3	0,15	Φ-C-T	Φ-T-C	C-Φ-T	T-Φ-C	6,2

Продовження таблиці 8.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15
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 верстатами для кожного варіанта розміщення обладнання, враховуючи, що всі верстати розміщуються 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 ділянки.

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 ділянки.

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 ділянки?

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 дільницю, 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			
Ступінь спеціалізації	Однопредметні		Багатопредметні	
Ступінь безперервності	Прямо- токові	Безперервно-потоккові		Прямо- токові
Спосіб підтримки ритму		Регламентований	Вільний	
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 потокових 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 потокових 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 потокових 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 робочих місцях; в) лінії, на яких предмети праці є нерухомими, а робітники рухаються за спеціальними маршрутами (так званий “стаціонарний потік”).

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

Синхронізація поточної 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 поточної лінії, хв.

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

Попередня синхронізація – проводиться на стадії проектування поточної лінії. Здійснюється добором обладнання з відносно однакою 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 10...15%.

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

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 поточної лінії

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

Так, для потоккових 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.

Для потоккових 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 потоккових 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 потоккових 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.;

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

$t_{\text{тр}}$ – 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 хвилинах) розраховується за формулою:

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

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_b – число вихідних та святкових днів в плановому періоді;

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

T_z – 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:

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

де N_3 – програма запуску виробів на потокову 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_{Π} 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:

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

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

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

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

де m – число технологічних операцій.

Коефіцієнт серійності K_c потокової лінії розраховується за формулою:

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

де m – число технологічних операцій, шт.;

C_{Π} – 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:

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

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

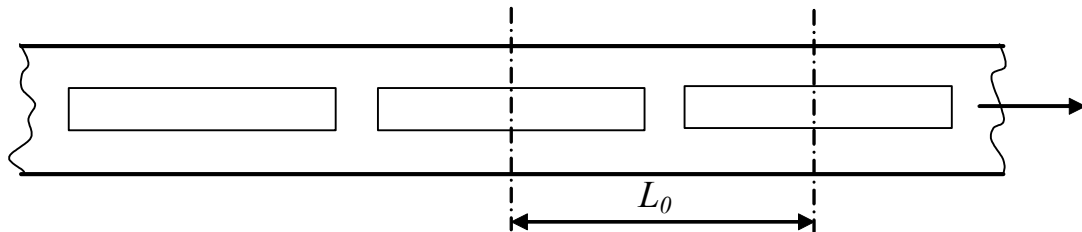


Рисунок 9.3 – Визначення кроку конвеєра

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

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

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

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

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

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 $Z_{\text{т}}$ розраховуються за формулою:

$$Z_{\text{т}} = p \cdot C_{\text{л}}, \quad (9.16)$$

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 $Z_{\text{тр}}$ розраховуються за формулою:

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

Резервні напрацювання – це сукупність виробів, які складаються 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:

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

де $t_{\text{пер}(i)}$ – 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* $Z_{\text{заг}}$ розраховується за формулою:

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

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.

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

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. Підрахувати 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-потоківій лінії.
6. Підрахувати коефіцієнт серійності безперервно-потоківій лінії.
7. Розрахувати швидкість руху конвеєра, враховуючи, що безперервно-потоківій лінії оснащена конвеєром безперервної дії.
8. Розрахувати тривалість технологічного циклу виготовлення виробу на безперервно-потоківій лінії.
9. Розрахувати всі види напрацювань на потоківій 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), підрахувати величину незавершеного виробництва, яка має місце на даній безперервно-потоківій лінії.
11. Зробити висновки.

9.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення поняття “потоківе виробництво”. Що є первинною ланкою потоківого виробництва?
2. Охарактеризуйте основні передумови, які потрібно мати, щоб запровадити потоківе виробництво.
3. Наведіть основні ознаки, за якими здійснюється класифікація потоківих ліній.
4. Назвіть основні види потоківих ліній.
5. Дайте характеристику потоківих ліній в залежності від ступеня спеціалізації. Де застосовуються ці лінії?
6. Дайте характеристику потоківих ліній в залежності від ступеня безперервності. Де застосовуються ці лінії?
7. Дайте характеристику потоківих ліній в залежності від способу підтримки ритму.
8. Дайте характеристику потоківих 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 потоківих лініях. Охарактеризуйте поняття “стаціонарний потік”.
10. Що означає і для чого здійснюється синхронізація потоківій лінії? Наведіть математичну умову синхронізації.
11. Охарактеризуйте суть та мету основних етапів здійснення синхронізації потоківих ліній.
12. Зробіть порівняльний аналіз попередньої та остаточної синхронізації потоківих 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 поточної 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 поточної лінії?

18. Як розраховуються коефіцієнти завантаження робочих місць на поточної 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 поточкових лініях безперервної дії та на поточкових 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-поточної лінії? Що означає ця тривалість?

23. Які напрацювання створюються на безперервно-поточної лінії? Назвіть основні види цих напрацювань.

24. Як розраховуються технологічні напрацювання на безперервно-поточної лінії? Яка суть цих напрацювань?

25. Як розраховуються транспортні напрацювання на безперервно-поточної лінії? Яка суть цих напрацювань?

26. Як розраховуються резервні напрацювання на безперервно-поточної лінії? Яка суть цих напрацювань?

27. Як розраховуються загальні напрацювання на безперервно-поточної лінії?

28. Як розраховується величина незавершеного виробництва, яка має місце на безперервно-поточкових лініях? Яку інформацію потрібно знати, щоб розрахувати величину незавершеного виробництва?

29. Що означає показник “ступінь готовності” виробу на поточної 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 їх основних параметрів.

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.

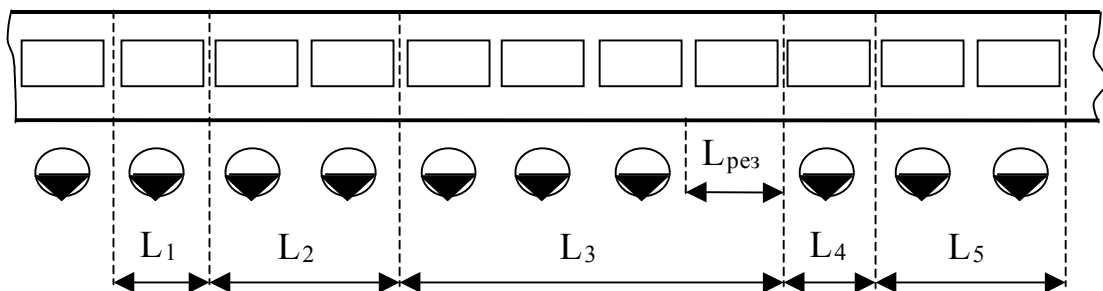


Рисунок 10.1 – Схема безперервно-потоккової лінії з робочим конвеєром та нанесеними робочими зонами

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).

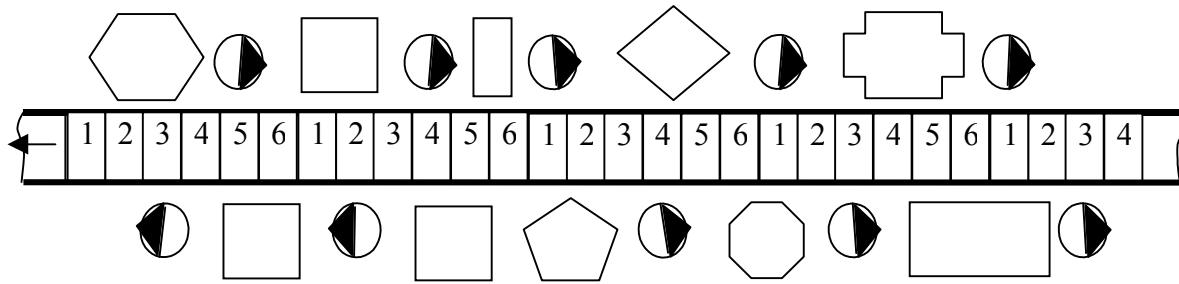


Рисунок 10.2 – Схема безперервно-потокової лінії з розподільчим конвеєром та нанесеними знаками

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 робітникам 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 ділянкою, де установлена безперервно-потокова лінія, стоїть завдання виготовити за місяць певну кількість виробів. Тривалість технологічних операцій, режим роботи лінії, виробниче 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	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
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-потоківих ліній з робочим та з розподільчим конвеєром
2. Які додаткові показники розраховуються на безперервно-потоківих лініях з робочим конвеєром?
3. Поясніть як визначаються і як розраховуються робочі зони на безперервно-потоківій лінії з робочим конвеєром.
4. Поясніть як визначаються і як розраховуються резервні робочі зони на безперервно-потоківій лінії з робочим конвеєром.
5. Наведіть формули, за якими розраховується довжина робочої частини конвеєра безперервно-потоківої лінії.
6. Як розраховується довжина замкнутої стрічки конвеєра для безперервно-потоківої лінії з робочим конвеєром?
7. Які додаткові показники розраховуються на безперервно-потоківих 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-потоківої лінії з розподільчим конвеєром? Відмінності по відношенню до потоківих ліній з робочим конвеєром.

10.4 Задачі для розв'язування за темами 9 та 10

1. На потоківій лінії безперервної дії здійснюється складання радіоприймачів. Випуск виробів за добу – 1000 шт. Режим роботи потоківої 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 потокової лінії, число робочих місць на лінії та швидкість руху конвеєра.

2. На потоковій 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 потокової 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 потокової 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 потокової лінії, загальне число робочих місць на лінії, тривалість виготовлення одного виробу на потоковій 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, добу 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 пра-

цює 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-потокової 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-потокової 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 потоковій 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 потокової лінії та кількість виробів, які виготовляються на потоковій лінії за добу.

13. Довжина замкнутої стрічки конвеєра на безперервно-потоковій лінії з робочим конвеєром складає 106,28 м. Радіус натяжного барабана дорівнює 1 м. На потоковій лінії розташовано 25 робочих місць. Всі місця розташовані з одного боку.

Розрахувати крок та швидкість руху конвеєра, якщо такт потокової лінії дорівнює 4 хвилини.

14. Довжина замкнутої стрічки конвеєра на безперервно-потоковій лінії з робочим конвеєром складає 306,28 м. Радіус натяжного барабана – 1 м. На лінії розташовано 50 робочих місць. Швидкість руху конвеєра дорівнює 3 м/хв.

Розрахувати крок конвеєра та такт потокової лінії.

15. Обробка виробу на безперервно-потоковій 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 потоковій лінії встановлено 11 робочих місць.

Розрахувати тривалість 5-ої технологічної операції.

16. 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 (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-потоковій 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 ліній працювала як безперервно-потокова, а також випуск виробів з потокової лінії за зміну.

19. На безперервно-потоковій лінії з розподільчим конвеєром виконується 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 прямотокових ліній”

Мета заняття: дати студентам теоретичні знання з основ проектування і побудови прямотокових ліній та розвинути практичні навички з розрахунку їх основних параметрів.

11.1 Теоретична частина

Прямотоккові 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 вдається.

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 прямотокової 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 прямотокова 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 прямотокової лінії передбачає здійснення таких робіт:

1-й крок: розраховують такт роботи прямотокової лінії.

Такт прямотокової 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) кількість робочих місць C_i на кожній операції. Після цього приймають певну кількість робочих місць на кожній операції C_n , 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 $C_n = 4$, а коефіцієнт їх завантаження склав би $K_i = 3,6/4 = 0,9$.

Для прямотокової 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 прямотокової лінії, тобто графік, за яким було б видно, коли робітники протягом часу, який дорівнює укрупненому 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 укрупненому 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 прямотокову 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 240 хв. Всі інші розрахунки та дії з організації прямотокової лінії наведені в таблиці 11.2.

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	60	120	180	240
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							

Як видно із таблиці 11.2, для побудови прямої 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-потоківих ліній. Тобто на відрізок часу, який дорівнює збільшеному ритму, вдалося добитися синхронізації технологічних операцій.

5-й крок: розраховують максимальну величину оборотних міжопераційних напрацювань.

Суттєвою відмінністю прямої лінії від безперервно-потоківих 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. Поток лінії 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, коли 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 120 хвилин, коли на першій операції працюють 3 робітники, а на другій – один робітник; і другий інтервал тривалістю теж 120 хвилин, коли на першій операції працюють 2 робітники, а на другій – теж 2 робітники.

Тоді в першому інтервалі часу $T=120$ хвилин максимальна величина оборотних напрацювань складе:

$$\Delta Z_{1-2}^1 = \frac{120 \cdot 3}{12,5} - \frac{120 \cdot 1}{7,5} = 13.$$

Це означає, що протягом перших 120 хвилин величина напрацювань між першою та другою операціями збільшується на 13 виробів.

Протягом другого інтервалу часу $T=120$ хвилин максимальна величина оборотних напрацювань між першою та другою операціями складе:

$$\Delta Z_{1-2}^2 = \frac{120 \cdot 2}{12,5} - \frac{120 \cdot 1}{7,5} = -13.$$

Це означає, що протягом наступних 120 хвилин величина напрацювань між першою та другою операціями зменшується на 13 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, 60 хвилин, 60 хвилин та 120 хвилин.

Максимальна величина оборотних напрацювань між цими операціями в визначених інтервалах складе:

- в першому інтервалі, який дорівнює 60 хвилин:

$$\Delta Z_{2-3}^1 = \frac{60 \cdot 1}{7,5} - \frac{60 \cdot 1}{1,25} = -40,$$

тобто в цьому інтервалі величина оборотних напрацювань зменшиться на 40 виробів;

- в другому інтервалі, який також дорівнює 60 хвилин:

$$\Delta Z_{2-3}^2 = \frac{60 \cdot 1}{7,5} - \frac{60 \cdot 0}{1,25} = 8,$$

тобто в цьому інтервалі величина оборотних напрацювань збільшиться на 8 виробів;

- в третьому інтервалі, який дорівнює 120 хвилин:

$$\Delta Z_{2-3}^3 = \frac{120 \cdot 1}{7,5} - \frac{120 \cdot 0}{1,25} = 32,$$

тобто в цьому інтервалі величина оборотних напрацювань збільшиться на 32 вироби.

Графіки зміни величини міжопераційних напрацювань між першою і другою та другою і третьою операціями наведені на рис 11.1.

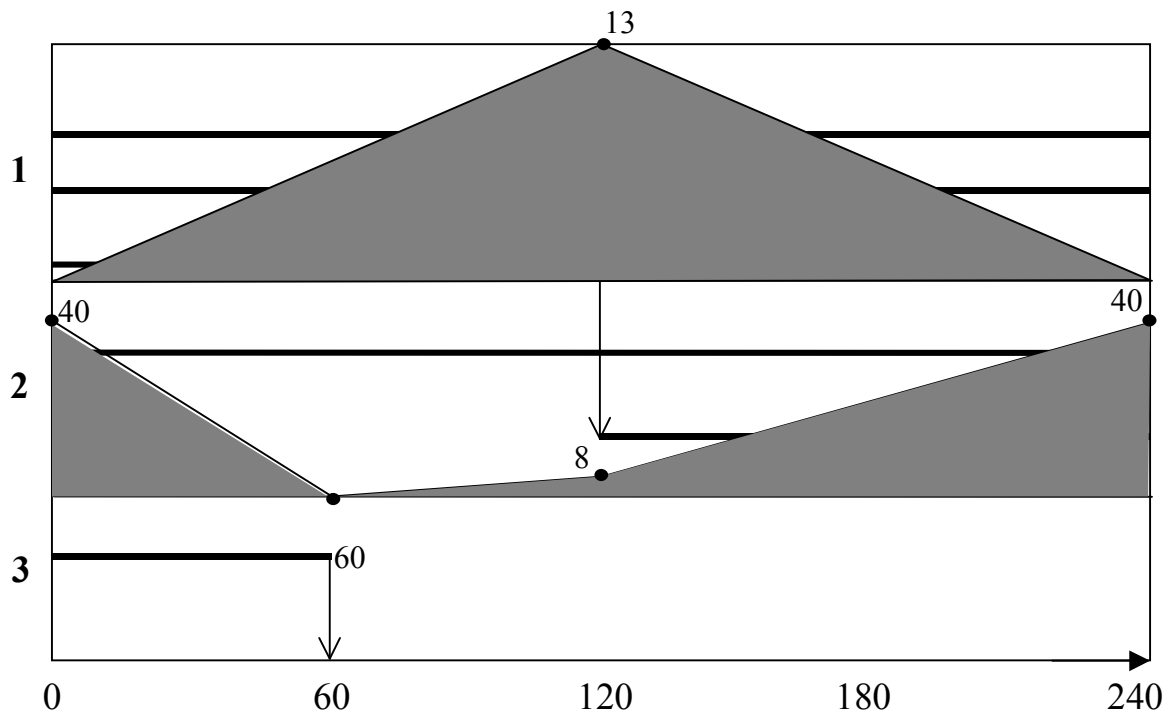


Рисунок 11.1 – Графік зміни величини міжопераційних напрацювань між 1-ою і 2-ою та 2-ою і 3-ою операціями

11.2 Завдання для самостійного виконання

Вироби виготовляються на прямотоковій лінії. Процес виготовлення виробів складається з 6-ти операцій. Такт потокової лінії, тривалість виконання технологічних операцій, тривалість збільшеного ритму наведені в таблиці 11.3.

Таблиця 11.3 – Початкові дані для виконання завдання

Варіант	Такт, хв.	Норми часу на операціях, хв.						Збільшений ритм, хв.
		t ₁	t ₂	t ₃	t ₄	t ₅	t ₆	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5	8	15	6	12	14	10	240
2	6	13,2	10,8	18	9	3	12	480
3	5	4	12	20	13	16	10	960
4	7	14	10	16	18	12	21	720
5	4	9	12	9,6	10,4	7	8	240
6	3	12	7	9	11	15	6	240
7	5	10	12	11	18	19	15	480
8	6	16,2	7	24	19,8	29	12	480
9	10	20	17	45	15	33	30	240
10	5	20	16	21,5	14	8,5	15	480
11	4	20,8	13,6	7,2	6,4	12	8	960
12	8	18,4	24	13,6	12	20	16	720
13	10	16	30	12	24	28	20	240
14	9	11,7	27	33,3	13,5	22,5	18	240
15	4	17	12	7	6	10	16	480
16	6	18	13,2	8,4	28,8	21,6	12	480
17	5	21,5	20	16	8,5	14	15	240
18	4	20,8	13,6	8	7,2	6,4	12	480
19	3	9	11	15	12	7	12	960
20	6	7	24	29	19,8	16,2	12	720
21	5	17	9	13	11	25	15	240
22	7	8	12	13	23	28	14	240
23	8	18	9	14	24	15	16	480
24	5	18	19	10	12	11	15	480
25	4	7	6	10	17	12	8	240
26	7	10	16	12	18	14	21	480
27	8	9	14	24	15	32	18	720
28	9	33,3	22,5	13,5	27	11,7	36	960
29	4	7	6	10	12	4	17	240
30	6	9	3	18	13,2	10,8	18	480

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. Побудувати план-графік роботи прямої лінії.
4. 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.
5. Побудувати епюри зміни напрацювань між суміжними технологічними операціями.
6. Зробити висновки.

11.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення поняття “прямотокова лінія”.
2. Охарактеризуйте принципові відмінності прямої лінії від безперервно-поточної.

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 укрупненого ритму.
5. Поясніть яка величина укрупненого 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 скла-

дається 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.

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:

$$\Gamma = \frac{F_d}{\sum_1^m N_i} = \frac{(D_k - D_b) \cdot m_{zm} \cdot (T_z - T_p)}{\sum_1^m N_i}, \quad (12.1)$$

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_z – тривалість зміни, хв.;

T_p – тривалість регламентованих перерв, хв.

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

$$C_{л} = \frac{\sum_1^m N_i \cdot T_i}{F_d}, \quad (12.2)$$

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:

$$\Gamma = \frac{F_d \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right)}{\sum_1^m N_i} = \frac{(D_k - D_b) \cdot m_{zm} \cdot (T_z - T_p) \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right)}{\sum_1^m N_i}, \quad (12.4)$$

де α – витрати часу на переналагодження потокової лінії, %.

Кількість робочих місць $C_{п(i)}$, які необхідно установити на лінії для обробки виробу i -го найменування, розраховується за формулою:

$$C_{п(i)} = \frac{T_i}{\Gamma}. \quad (12.5)$$

Швидкість руху конвеєра V розраховується за формулою 12.3.

Характерні особливості потокових ліній даного різновиду зведені до таблиці 12.1.

Змінно-потокові 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 потокових 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 $N_{зв(i)}$ з потокової лінії за формулою:

$$N_{зв(i)} = N_i \cdot K_i, \quad (12.7)$$

де N_i – кількість виробів i -го найменування, які необхідно виготовити на потоковій лінії за плановий період, шт.

Далі розраховується *загальний умовний такт* Γ_y потокової 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.

I , 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: 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.

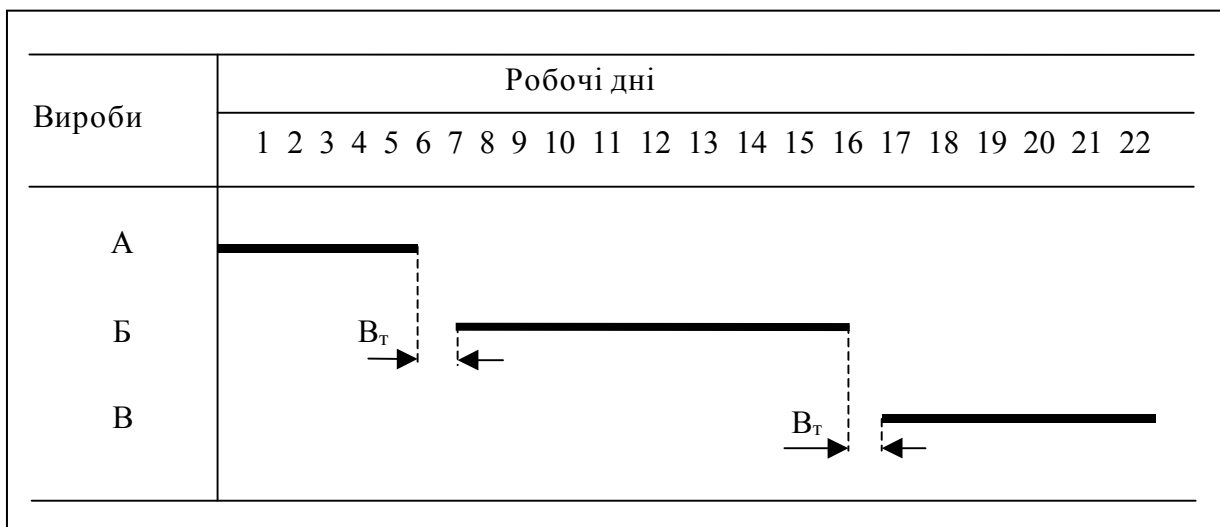


Рисунок 12.1 – Графік роботи багатопредметної потокової лінії

Витрати часу V_T на переналагодження потокової лінії, коли вона переходить на випуск нового виду виробу, розраховуються за формулою:

$$V_T = \frac{D_p \cdot m_{zm} \cdot T_{zm} \cdot \alpha}{100 \cdot (m - 1)}, \quad (12.12)$$

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

T_{zm} – 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:

$$C_L = \frac{\sum_1^m N_i \cdot T_i}{F_d \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right)}. \quad (12.13)$$

Часткові такти Γ_i виготовлення виробів кожного найменування розраховуються за формулою:

$$\Gamma_i = \frac{T_i}{C_L}. \quad (12.14)$$

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:

$$p_i = \frac{НСК}{\Gamma_i}, \quad (12.15)$$

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	Постійне	
Групові поточкові лінії, де обробляються вироби практично однакової трудомісткості (за винятком одного-двох виробів)	Постійний	Постійна	Різне	
Змінно-потокові лінії, на яких здійснюється обробка виробів різної трудомісткості	Різний	Різна	Постійне	
Змінно-потокові лінії, на яких здійснюється обробка невеликих та легких виробів різної трудомісткості	Різний	Постійна	Постійне	Постійний

12.2 Завдання для самостійного виконання

На змінно-потоківій лінії протягом місяця здійснюється обробка виробів 5-ти найменувань: “А”, “Б”, “В”, “Г” та “Д”. Основні показники роботи потокової лінії наведені в таблиці 12.2.

Таблиця 12.2 – Початкові дані для виконання завдання

Вариант	Число робочих днів в місяці	Число змін	Тривалість зміни, годин	Витрати часу на переналагодження, %	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	A=280	5,1	10,3	15,2	20,6	10,1	4,9	15,4
					B=346	22,1	5,5	11,3	16,5	5,4	16,1	11,1
					V=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	A=206	13,7	4,3	9,4	13	4,6	19,5	9,1
					B=560	5,1	10,3	15,2	20,6	10,1	4,9	15,4
					V=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
3	20	3	8,1	3	A=1038	22,0	5,5	11,4	16,6	5,3	16,3	10,9
					B=1170	12,5	18,3	6,1	18,4	12,0	24,3	6,0
					V=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
					B=415	18,1	4,5	9,1	9,3	12,4	23	4,6
					V=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
					B=700	4	4,2	15,8	20,5	4,0	16,1	7,4
					V= 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
					B=350	7,8	2,5	10,8	2,4	12	5,2	9,3
					V=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
					B=1750	3,1	6,3	9,1	12,6	11,9	11,1	5,9
					V=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
					B=224	19	9	27,5	26,9	36,5	18,4	33,7
					V=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

Продовження таблиці 12.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9	20	2	7,2	4	A=448	18,8	9,2	27,3	27,1	36,3	18,4	33,9
					B=284	17,2	26,3	8,5	26,5	35,3	17,0	30,7
					B=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
					B=765	30	19,1	37	9,5	27	19,2	38,7
					B=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
					B= 66	39	19,2	56	58	21	39	53
					B= 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
					B= 98	33	18,3	36,4	17	54	17	80
					B= 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
13	21	3	7,25	8	A = 390	30,3	33	28,9	18	16	52	63,5
					B = 252	21,2	40	60,7	18	21	83	57,7
					B = 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
					B = 272	16,9	9,3	28	20	44,8	17,1	19
					B = 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
					B = 232	14,6	21,2	14	7,9	34	8,6	21,7
					B = 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
					B = 366	11	9,3	31	21	19	41	38
					B = 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
					B = 138	49	12	50	23	61,1	24	21,3
					B = 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
					B = 356	39	50,5	13	12,1	66	13	65,7
					B= 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
					B = 213	52	24,7	29	14	42,3	29	30,1
					B = 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

Продовження таблиці 12.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20	22	4	6	1,5	A = 284	52,4	84	29,1	14	42	29	30,8
					B = 352	60	49,4	31	30,1	15	61	59
					B = 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
					B = 336	11,7	9,9	41	21	19,2	41,1	38
					B = 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
					B = 148	49	12	50,2	23	61	24	21
					B = 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
23	21	2	6,8	1,5	A = 374	38,3	12	50	24,1	61,4	24	21,2
					B = 456	79	52,8	13	12	66	13,2	65
					B = 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
					B = 218	52,1	84,2	29	14	42	29,2	30,6
					B = 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
					B = 332	60	44,9	31	30,1	15	61	59
					B = 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
					B = 316	21,1	9,3	31,1	21	19,9	41	38,3
					B = 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
					B = 178	49	12,2	50	23,3	61	27,5	21
					B = 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
					B = 256	39,8	52	23,3	12	6,9	13,2	65,1
					B = 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
					B = 113	52	34,9	29	14	42,1	29,1	30
					B = 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
					B = 312	60,1	44	31,2	30	15,9	61	59
					B = 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 поточної лінії.
5. Розрахувати швидкість руху конвеєра при випуску виробів кожного найменування. Прийняти, що крок конвеєра дорівнює (1...4) м.
6. Зробити висновки.

12.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення поняття “багатопредметна поточкова лінія”. Назвіть основні види багатопредметних поточкових ліній.
2. Які поточкові лінії називаються груповими? Назвіть відмінності цих ліній. Як розраховується такт групової поточної 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-поточної 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 поточної лінії.

12.4 Задачі для розв'язування

1. На змінно-потоківій лінії виготовляються п'ять видів виробів. Місячна програма виготовлення виробів: "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-потоківих 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-потоківій 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 поточної лінії методом тривалості випуску виробів кожного найменування.

3. На змінно-потоківій 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-потоківій лінії за зміну виготовляється 1000 виробів "А" та 1500 виробів "Б". Трудомісткість виготовлення кожного із виробів складає: "А" – 20 хв., "Б" – 30 хв. Потоківій лінії 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-потоківій 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 поточної 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 “В”. На виготовлення виробів “А” витрачається 60% дійсного фонду часу роботи лінії, а на виготовлення виробів “В” – 40%.

Розрахувати часткові такти роботи лінії з виготовлення кожного виду виробів “А” та “В”.

7. На змінно-потоківій лінії виготовляються вироби “А” та “В”. 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 “В” – 6 хв.

Розрахувати кількість виготовлених за місяць виробів “А”, якщо виробів “В” було виготовлено 1000 шт.

8. На змінно-потоківій лінії за місяць обробляється 2000 виробів “А” та 1500 виробів “В”. 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 “В” він складає 5 хвилин.

9. На змінно-потоківій лінії за місяць виготовляється 800 виробів “А” та 1200 виробів “В”. Частковий такт для обробки виробу “А” складає 6 хв., а для виробу “В” – 8 хвилин.

Розрахувати витрати часу на переналагодження (в хвилинали) лінії, якщо дійсний фонд часу роботи лінії за місяць складає 15000 хв.

10. На груповій поточної лінії за місяць виготовляється 1000 виробів “А”, 2000 виробів “В” 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 поточної лінії виготовляються вироби двох найменувань: “А” та “В”. Дійсний фонд часу роботи поточної лінії за місяць складає 16000 хв. Такт лінії дорівнює 5 хв. Виробів “В” 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 20000 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 місяці; 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. 30 хв. 13. 1400 шт.

14. 17,1 хв. 15. 200 шт. 16. 95 шт.

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:

- *прямоточкові* 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).

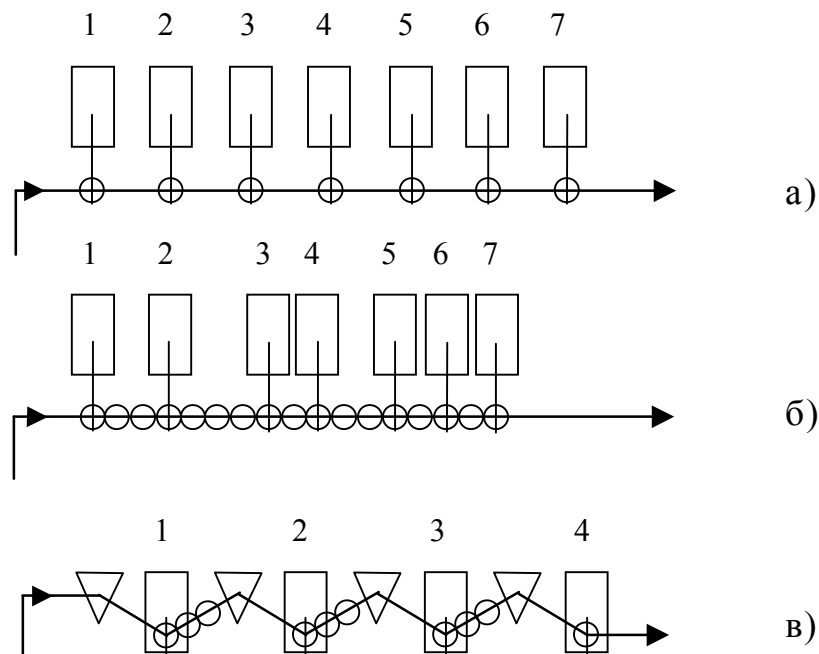


Рисунок 13.1 – Класифікація автоматичних ліній за характером транспортування виробів (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – верстати-автомати)

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. Безперервно 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.

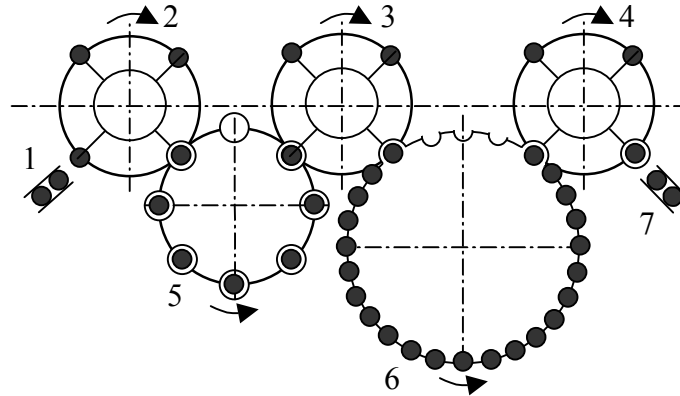


Рисунок 13.2 – Схема роторної лінії
(1 – вхід, 7 – вихід; 5,6 – робочі ротори, 2,3,4 – транспортні ротори)

Розрахунок автоматичних потокових ліній передбачає проведення таких етапів робіт:

1-й крок: розраховують *такт (або ритм)* r роботи потокової лінії. Для прямотових автоматичних ліній такт (або ритм) визначається тільки технічними параметрами верстатів-автоматів і розраховується за формулою:

$$r = t_o + t_d + t_{тр}, \quad (13.1)$$

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* $g_{п}$ потокової лінії (шт./годину):

$$g_{п} = \frac{N_{ц} \cdot 60}{T_{ц} + t_{тех}}, \quad (13.3)$$

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:

$$g_{\phi} = \frac{N_{\text{ц}} \cdot 60}{T_{\text{ц}} + t_{\text{тех}} + t_{\text{орг}}}, \quad (13.4)$$

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* $K_{\text{т}}$ потокової лінії (або технічний рівень автоматичної потокової лінії):

$$K_{\text{т}} = \frac{g_{\text{п}}}{g_{\text{ц}}}. \quad (13.5)$$

6-й крок: розраховують *коефіцієнт загального використання* $K_{\text{заг}}$ потокової лінії (або організаційно-технічний рівень автоматичної потокової лінії):

$$K_{\text{заг}} = \frac{g_{\phi}}{g_{\text{ц}}}. \quad (13.6)$$

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:

$$Z = t_{\text{к}} \cdot \left(\frac{1}{r_{\text{min}}} - \frac{1}{r_{\text{max}}} \right) = t_{\text{к}} \cdot \frac{\Delta r}{r_{\text{min}} \cdot r_{\text{max}}}, \quad (13.7)$$

де $t_{\text{к}}$ – час створення напрацювань (запасів), який дорівнює тривалості зміни, півзміни, доби тощо, хв.;

r_{min} і r_{max} – мінімальний і максимальний такти роботи на суміжних ділянках, хв.;

Δr – допустима величина відхилення тактів роботи на суміжних верстатах-автоматах, хв.

При цьому $\Delta r = (r_{\text{max}} - r_{\text{min}})$.

Компенсаційні напрацювання обов'язкові для бункерних поточкових 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:

$$N = \frac{(D_k - D_b) \cdot m \cdot T_{зм} \cdot 60 \cdot (1 - \frac{\alpha}{100})}{r} \cdot N_{ц} \quad (13.8)$$

де D_k – число календарних днів в плановому періоді;

D_b – число вихідних днів в плановому періоді;

m – число змін роботи за добу;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, годин;

r – такт (ритм) роботи потокової лінії. хв.;

$N_{ц}$ – кількість виробів, які виготовляються на потоковій лінії за один цикл, шт.;

$$\alpha = \frac{t_{тех} + t_{орг}}{r} \cdot 100\% \quad \text{– витрати часу на технічне та організаційне об-}$$

слуговування потокової лінії, %;

$t_{тех}$ – витрати часу на технічне обслуговування потокової лінії протягом такту (ритму) її роботи, хв.;

$t_{орг}$ – 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 дільниць “А”, “Б” та “В”, кожна із яких являє собою самостійну прямотокову 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	Т _{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						
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						

Продовження таблиці 13.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
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						
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						

6. Розрахувати коефіцієнт загального використання кожної прямої автоматичної лінії “А”, “Б” та “В”.

7. Взявши до уваги, що прямоі автоматичні лінії “А”, “Б” та “В” об’єднуються в одну – бункерну, розрахувати величину компенсаційних напрацювань між дільницями “А” і “Б” та “Б” і “В”.

8. Розрахувати допустиму величину коливання тактів Δt на суміжних дільницях “А” і “Б” та “Б” і “В”.

9. Для кожної прямої автоматичної лінії “А”, “Б” та “В” розрахувати витрати часу на їх технічне та організаційне обслуговування (в %).

10. Розрахувати випуск виробів N з кожної прямокуткової автоматичної лінії “А”, “Б” та “В” за плановий період роботи лінії.

11. 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} ” однієї із ліній “А”, “Б” або “В”.

12. Зробити висновки.

13.3 Питання для самоконтролю та перевірки знань

1. Дайте означення поняття “автоматична потокова лінія”. Назвіть її переваги та недоліки.

2. Зробіть класифікацію автоматичних поточкових ліній за складом обладнання, ступенем спеціалізації, кількістю виробів, що одночасно обробляються.

3. Класифікація автоматичних поточкових ліній за характером транспортування і типом кінематичного зв'язку між верстатами-автоматами: суть, види ліній та їх характеристика.

4. Що являють собою роторні поточкові лінії? Чим вони відрізняються від звичайних автоматичних поточкових ліній?

5. Назвіть етапи розрахунку автоматичних поточкових ліній.

6. Як розраховується циклова, потенційна та фактична продуктивність автоматичної поточної лінії? Зробіть порівняльну характеристику цих понять.

7. Як розраховуються коефіцієнти технічного та загального використання автоматичної поточної 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 поточної 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 виконуються 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 на виконання 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 забезпечить 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 цього робота*.

Приклад.

Є *робототехнічний комплекс*, який складається з робота P , накопичувача деталей H , чотирьох верстатів A , B , V та G , на яких виконуються однотипні технологічні операції t . Відстань між суміжними верстатами, відстань між верстатом A та накопичувачем деталей H дорівнює величині L_0 (рис. 14.1). Потрібно описати роботу цього комплексу.

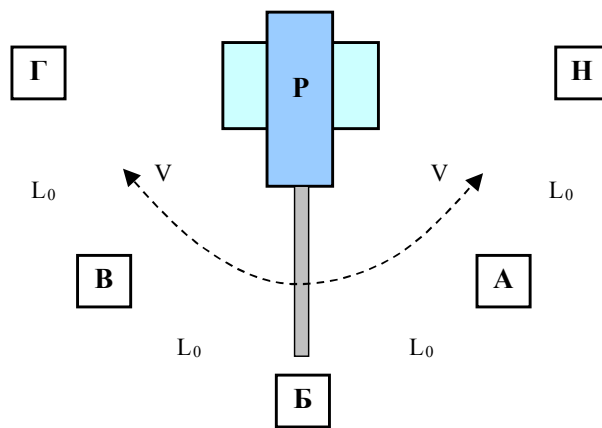


Рисунок 14.1 – Схема робототехнічного комплексу

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 накопичувачі 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 верстата деталями для обробки. Зрозуміло, що варіантів співвідношень швидкості руху робота та тривалості технологічних операцій, які пропонуються 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.

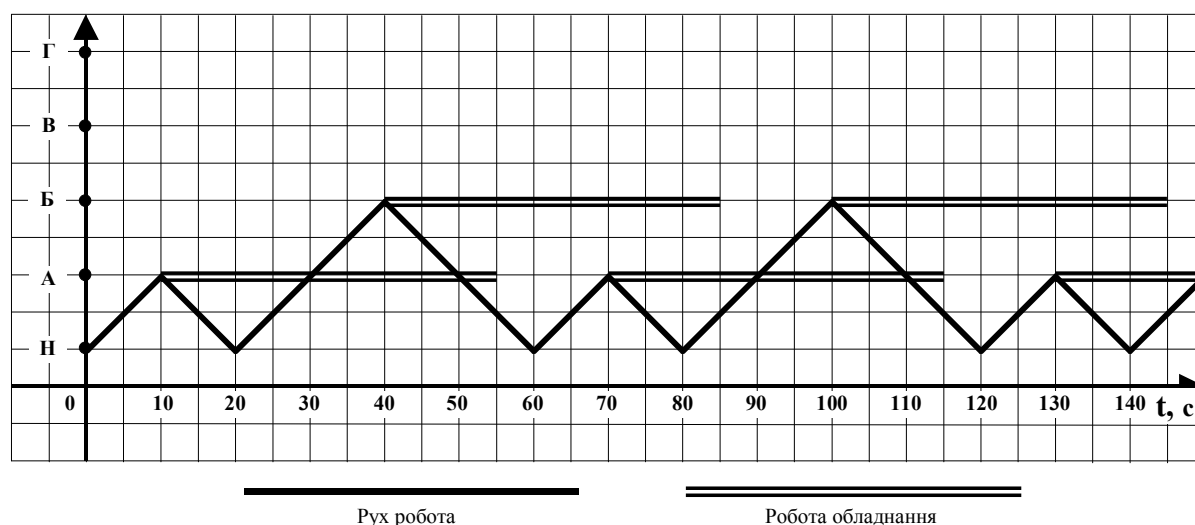


Рисунок 14.2 – Циклограма роботи робототехнічного комплексу для швидкості руху робота $V=0,1$ м/сек.

Аналіз циклограми на рис. 14.2 показує, що робот може обслуговувати тільки верстата А та Б. На верстатах 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 – простоює (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 відрізок часу від 40-ої до 100-ої секунди цей верстат 45 секунд працює (з 40-ої до 85-ої секунди), а 15 секунд – простоює (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 $K_3 = (0,75+0,75+0+0)/4 = 0,375$. 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.

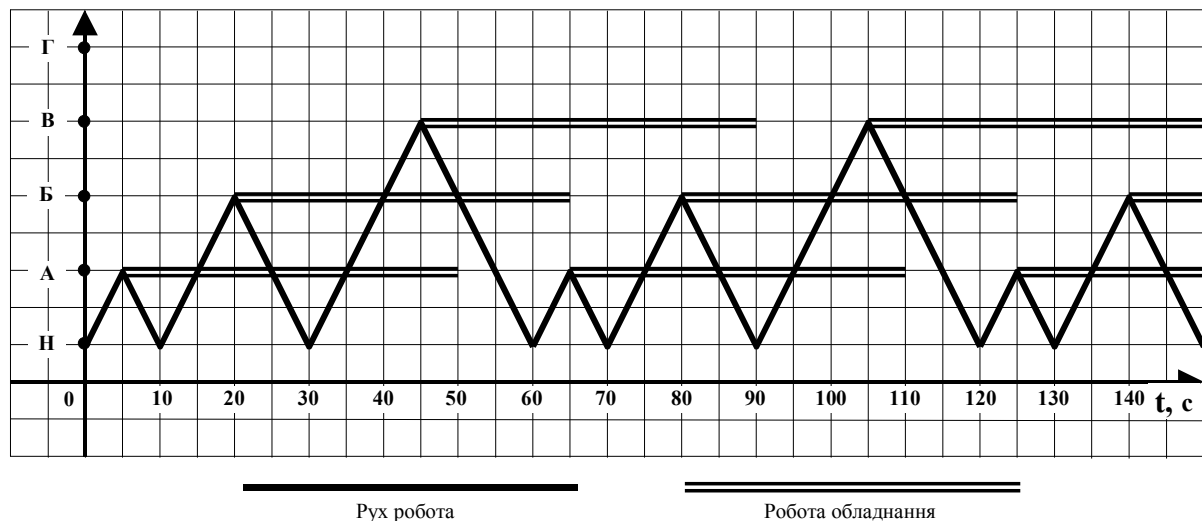


Рисунок 14.3 – Циклограма роботи робототехнічного комплексу для швидкості руху робота $V=0,2$ м/сек.

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: $K_B=45/60=0,75$.

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.

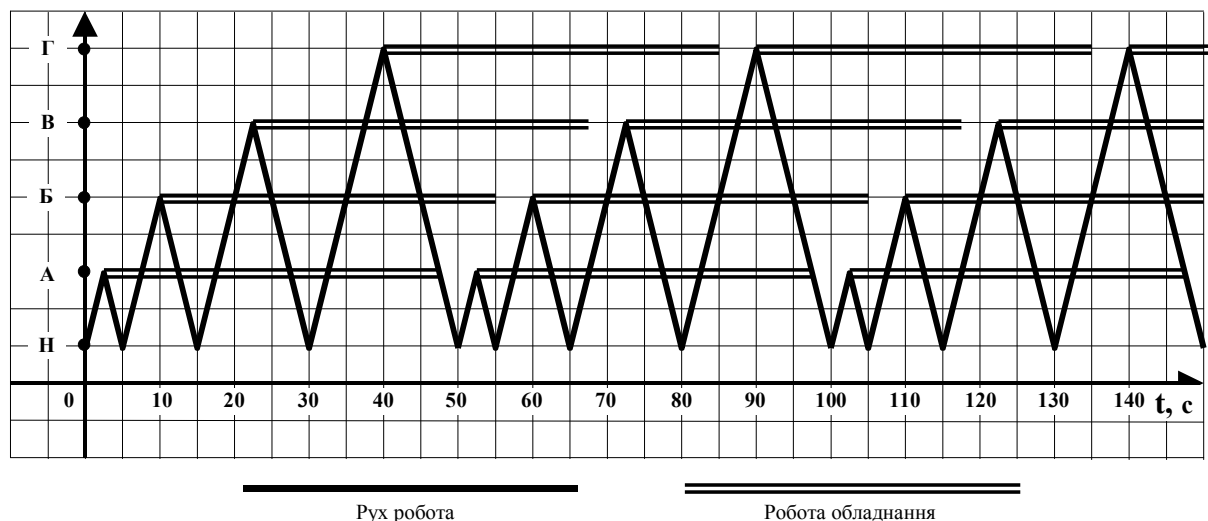


Рисунок 14.4 – Циклограма роботи робототехнічного комплексу для швидкості руху робота $V=0,4$ м/сек.

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: $K_A=45/50=0,9$.

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:

$$N = \frac{\Phi \cdot (1 - \beta) \cdot 3600}{t} = \frac{(D_k - D_v) \cdot m \cdot T_{zm} \cdot (1 - \beta) \cdot 3600}{t} \cdot C \cdot K_3, \quad (14.1)$$

де Φ – ефективний фонд часу роботи робототехнічного комплексу за плановий період, годин;

D_k – кількість календарних днів в плановому періоді;

D_v – кількість вихідних днів в плановому періоді;

m – 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 робототехнічного 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 .

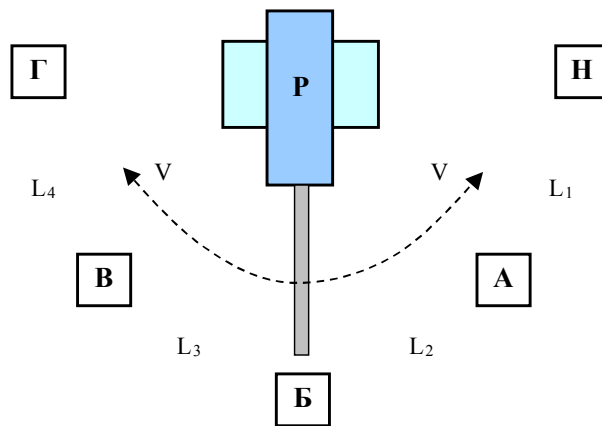


Рисунок 14.5 – Схема робототехнічного комплексу

В таблиці 14.1 наведені дані щодо режимів роботи робототехнічного комплексу.

Таблиця 14.1 – Початкові дані для виконання завдання

Вариант	t, сек.	Відстань між верстатами, м				Можливі швидкості руху робота, м/сек.			Φ, 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

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.

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”.

4. Охарактеризуйте механізм роботи робототехнічного комплексу, який складається з однотипного технологічного обладнання та одного промислового робота.

5. Як розраховується коефіцієнт завантаження обладнання, яке входить до складу робототехнічного комплексу?

6. Яким чином розраховується максимально можливий випуск продукції з робототехнічного комплексу за плановий період часу?

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: ВДТУ, 2002. – 133 с.
14. Макаренко М.В., Махалина О.М. Производственный менеджмент: Учебн. пособие для вузов. – М.: «Издательство ПРИОР», 1998. – 384 с.

Навчальне видання

Володимир Олександрович Козловський

Організація виробництва

Практикум

Частина 1

Видання 2-е, доповнене та перероблене

Оригінал-макет підготовлено автором

Редактор В.О.Дружиніна

Навчально-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001 р.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку 22.03.05 р.	Гарнітура Times New Roman
Формат 29,7 x 42 ^{1/4}	Папір офсетний
Друк різнографічний	Ум. друк. арк. 8,66
Тираж 100 прим.	
Зам. № 2005-047	

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК № 746 від 25.12.2001 р.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.