

Міністерство освіти і науки України  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
Кафедра економіки та підприємництва

## **ПРОГРЕСИВНІ МЕТОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ  
до виконання практичного заняття  
НА ТЕМУ «ПОБУДОВА КАЛЕНДАРНИХ  
ПЛАНІВ-ГРАФІКІВ РОБОТИ ДІЛЬНИЦІ ПІДПРИЄМСТВА,  
ОПТИМІЗОВАНИХ ЗА РІЗНИМИ КРИТЕРІЯМИ»

»

Для студентів спеціальності 051 Економіка

Затверджено на  
засіданні кафедри економіки та організації  
виробництва  
Протокол №2 від 02.09.2020

Кропивницький  
2020

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до виконання практичного заняття  
НА ТЕМУ «ПОБУДОВА КАЛЕНДАРНИХ ПЛАНІВ-ГРАФІКІВ РОБОТИ  
ДІЛЬНИЦІ ПІДПРИЄМСТВА, ОПТИМІЗОВАНИХ ЗА РІЗНИМИ  
КРИТЕРІЯМИ»

/ Укл. І.В. Харченко, С.С.Нісфоян – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. –  
40 с.

Укладачі: Харченко І.В., канд. екон . наук, доцент.  
Нісфоян С.С., канд. екон . наук

Рецензент:

Сибірцев В. З., д. е. н., професор та завідувач кафедри фінансів  
Центральноукраїнського національного технічного університету

## Вступ

Прогресивний розвиток економіки країни, рівень розвитку її виробничих потужностей та їх ефективна робота визначають конкурентні позиції у сучасному світі. Розвиток сучасної економіки, яку називають «інформаційною», «постіндустріальною», і т. д. все-таки неможливий без розвитку машинобудівного виробництва. Зайве доводити, що сучасне життя неможливе без сучасних легкових і вантажних автомобілів, верстатів, літаків, телевізорів, комп'ютерів тощо. Відома і жорстка конкурентна боротьба, що точиться в кожній з перерахованих, а також і в інших галузях. Тим не менше для України є життєвою необхідністю відновити виробництво сучасної досконалої високотехнологічної машинобудівної продукції, при цьому мати змогу успішно протистояти цій боротьбі. Це неможливо зробити без сучасної досконалої системи організації виробництва. Одною з найдосконаліших систем організації виробництва система «бережливого виробництва».

Основним нормативом, що дозволяє організувати ефективну роботу виробничого підрозділу (цеху, дільниці), є оптимізований за певним критерієм календарний план-графік (КПГ). Для вдосконалення процесу оперативно-виробничого планування (ОВП) необхідно удосконалювати форми і методи побудови КПГ.

Календарно-планові графіки розрізняються за ступенем деталізації і за методом побудови. За ступенем деталізації вони можуть бути подетальними і подетально-поопераційними. В подетальних графіках указуються терміни початку і закінчення обробки партії деталей на дільниці, на підприємстві. В подетально - поопераційних графіках (їх називають також графіками завантаження устаткування), що складаються для дільниць, указуються терміни запуску і випуску деталі-операції по робочих місцях.

Вітчизняна і закордонна практика операційного менеджменту показує, що в даний час саме такі документи (подетальні і подетально-поопераційні календарні плани-графіки) можуть успішно використовуватися для операційного менеджменту, оскільки саме така планово-облікова одиниця, як деталь або деталі-операція найбільш прийнятна в автоматизованих системах управління. До теперішнього часу окремі підприємства використовують різні системи планування: подетальну, машино-комплектну з модифікаціями, безперервну, позаказну і т.д., які склалися до вживання ЕОТ і відповідають певним типам виробництва.

Ці системи в своїй основі використовують агреговану інформацію про виробничий процес, як то: деталь, машино-комплект, добо-комплект, замовлення і т.д. Подібні системи зручні для використання на верхньому рівні управління (директор, начальник виробництва, планово-диспетчерський відділ). Плани в укрупненому вигляді доводяться до цехів і дільниць, де перетворюються в деталі і деталі-операції, об'єднуються в партії запуску. Кожному рівню управління відповідають показники, що характеризують процес виробництва.

Системи операційного менеджменту, що склалися в умовах відсутності ЕОТ і баз даних, такий порядок був прийнятний і раціональний.

Із застосуванням засобів обчислювальної техніки і систем обробки даних змінюється порядок розрахунків. Якщо без вживання ЕОТ вони проводяться децентралізовано, то за допомогою ЕОТ розрахунки стають централізованими з використанням інтегрованої інформаційної бази, що ускладнює вживання існуючих систем планування. Особливо це відчувається при короткостроковому плануванні (змінна, доба) на нижніх рівнях виробничої ієрархії (цех, дільниця) і на стиках планових періодів.

До того ж, на думку багатьох дослідників, основною планово-обліковою одиницею ставатиме детале-операція, а основним нормативом - подетально-поопераційний план-графік. Це підтверджують і дослідження японських фахівців по управлінню, які розглядають одну з самих досконалих на даний момент часу систем операційного менеджменту - виробничу систему фірми "Тойота". Наведемо також висловлювання одного з розробників системи бережливого виробництва - японського фахівця Сігео Сінго<sup>1</sup>:

" Важливими концепціями у виробничій системі Тойоти є управління графіком робіт і управління навантаженням. Управління графіком забезпечує своєчасність виготовлення продукції. Управління навантаженням забезпечує саму можливість випуску продукції за рахунок підтримки балансу між виробничими можливостями і навантаженням. Ось ілюстрація цьому: якщо ви не явитесь на вокзал вчасно, то запізнитесь на потяг (управління графіком), але навіть якщо ви прийдете вчасно, все одно не зможете сісти на потяг, якщо він вже повний (управління навантаженням)." [ стор 151]. І далі:

" Звичайне планування виробництва проходить три стадії:

- основний графік — довгостроковий (дворічний, щорічний або кварталний);
- проміжний графік — щомісячний;
- деталізований графік — реальна послідовність виробництва на тиждень, три дні або один день.

Основний графік компанії Тойота базується на глибокому дослідженні ринку і встановлює приблизні обсяги виробництва. Загальні щомісячні обсяги виробництва надаються заводам і постачальникам комплектуючих за два місяці до початку виробництва і потім підтверджуються через місяць. Ці остаточні об'єми використовують для складання детальних тижневих і щоденних виробничих графіків і вирівнювання виробництва. Приблизно за два тижні до початку виробництва кожній лінії надаються проектні денні обсяги виробництва по кожній моделі автомобіля. ***Детальний виробничий графік з наявними денними змінами спрямовується на вихід лінії остаточного складання для узгодження графіку з дійсними замовленнями.*** (виділено нами –авт. ) Зміни повідомляються по лінії через систему канбан. Гнучкість

1. Сінго С. Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства / Пер. с англ. — М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2006. - 312 с.

детального графіку — це особливість, що відрізняє систему виробничих графіків компанії Тойота від інших. День у день в графік можуть швидко і легко вноситися точні зміни [ стор 152]. Ясухіро Монден :<sup>2</sup>”У компанії «Тойота Мотор Корпорейшн» складається річний план виробництва, в якому вказується, скільки в поточному році потрібно випустити і продати автомобілів. Є також і місячні виробничі плани, що складаються в два етапи. На першому етапі, за два місяці до планованого, визначаються моделі, модифікації і обсяги їх випуску. А потім на другому етапі, за місяць до планованого, складається більш детальний план. Ця довідкова і директивна інформація в ті ж терміни доводиться до компаній-постачальників. На підставі місячного виробничого плану складаються добові виробничі графіки.

Для системи управління виробництвом компанії «Тойота» ці графіки мають особливе значення, оскільки саме в них втілюється концепція вирівнювання виробництва.”

Наведені цитування відомих в усьому бізнесовому світі організаторів та розробників найкращої виробничої системи бережливого виробництва показують важливість впровадження у виробництво роботи за оптимізованими календарними планами-графіками. Саме навчання техніки побудови даних графіків і присвячені дані методичні вказівки.

2. Монден Я. «Тоета»: методы эффективного управления: Сокр. пер. с англ./Науч. ред. А. Р. Бенедиктов, В. В. Мотылев. —М.: Экономика, 2009. —288 с .

## 1. Види спеціалізації дільниць

Під впливом науково-технічного прогресу частка підприємств серійного типу виробництва неухильно зростає. Крім того, багато підприємств організовані так, що в них поєднуються різні типи виробництва. Це виражається в тому, що заготівельне і обробне виробництво організовано як серійне, а складальне як багатосерійне або масове (в спеціальне літературі така організація виробництва називається різнотипова). Тому для дільниць серійного типу виробництва на машинобудівних підприємствах досягає значне величини.

Отже, спеціалісту необхідно знати, як організовано виробництво на дільницях серійного типу і вміти раціонально спланувати хід виробничого процесу.

Ділянки серійного типу виробництва організовані як технологічно або предметно (подетально) спеціалізовані, а також як групові або змінно-потоківі лінії.

Технологічна форма спеціалізації характеризується створенням дільниць, на яких обладнання спеціалізоване за ознакою їх технологічної однорідності і розмірів (тобто на ділянці зібрані верстати фрезерної, токарної чи іншої групи).

На технологічних дільницях (при розташуванні устаткування по групах) партії деталей можуть оброблятися одночасно на декількох одиницях устаткування (дублерах). У цьому випадку може бути організоване багатOVERстатне обслуговування, при якому значно скорочується час і тривалість виробничого циклу обробки партії деталей, знижується собівартість їх обробки.

При розташуванні устаткування (робочі місця) за технологічною формі спеціалізації деталь може проходити обробку на декількох технологічних дільницях і іноді на один і той же ділянку повертатися по кілька разів. Виходить довгий і складний шлях руху деталі, збільшуються час і витрати на транспортування, оформлення документації, обсяг незавершеного виробництва. Рух партій предметів праці відбувається, як правило, по послідовному типу,

(тобто партія деталей передається на наступну операцію після завершення попередньої) збільшується тривалість виробничого циклу. З іншого боку, на таких дільницях досягається найбільш повне завантаження устаткування за часом і по потужності.

На предметно (подетально) спеціалізованих дільницях (які називаються також предметно-замкнутими) повинні виконуватися всі - від першої до останньої - або більшість операцій, необхідних для виготовлення деталей або збірки складальних одиниць в даному цеху.

Замкнути повністю процес виготовлення на одній ділянці не завжди представляється можливим. У цьому випадку може бути допущена деяка кооперація з іншими дільницями.

Номенклатура деталей, оброблюваних на предметно-замкнутому ділянці, значно менше ніж на будь-якому технологічно спеціалізованому ділянці. Вся номенклатура деталей, закріплених за цехом, розподіляється по декількох предметно-замкнутих дільницях, на кожному з яких обробляється тільки деяка частина деталей.

На таких дільницях обробляються конструктивно і технологічно однотипні деталі на універсальному обладнанні. При цьому підвищується відповідальність майстрів і робітників за якісне та своєчасне виконання планових завдань, зменшуються міждільничні зв'язки і спрощується оперативно-виробниче планування, що призводить до поліпшення техніко-економічних показників роботи дільниць та цеху в цілому. Створення предметно-замкнутих дільниць сприяє розширенню типізації технологічних процесів, викликає появу передумов до переходу в умовах серійного виробництва до поточковим методам виробництва.

Важливим питанням є спрямованість технологічних маршрутів деталей, оброблюваних на ділянці. Технологічні маршрути оброблюваних деталей можуть бути однаковою, схожою і різної спрямованості.

Деталі (складальні одиниці) з однаковими технологічними маршрутами повинні мати один і той же склад і одну і ту ж послідовність виконання операцій.

Деталі з подібними технологічними маршрутами мають різний склад, але однакову послідовність виконання операцій, тобто обробляються без зворотних рухів (односпрямовані маршрути).

Деталі з різними технологічними маршрутами мають різний склад і різну послідовність виконання операцій (різноспрямовані маршрути).

Необхідно насамперед прагнути до організації предметно-замкнених ділянок з однаковими або подібними технологічними маршрутами виготовлення деталей. Такі предметно-замкнені ділянки являють собою найпростішу форму поточкових ліній і мають наступні переваги, порівняно з іншими предметно-замкненими ділянками: зменшення числа і різноманітності маршрутів оброблюваних на ділянці деталей; зменшення міжопераційного часу; ліквідація міжділяночного, в іноді і міжцехового часу.

Для створення предметно-замкнених ділянок потрібно іноді переглянути конструкції і технологію виготовлення деталей з метою уніфікації та нормалізації деталей і типізації техпроцесів, а також з метою найкращого розпланування обладнання (робочих місць); при цьому потрібно тверде закріплення операцій за робочими місцями. Це призводить у збільшення серійності виробництва; до підвищення продуктивності праці; до скорочення шляху руху, тривалості виробничого циклу обробки деталей і незавершеного виробництва і в кінцевому рахунку до зниження собівартості продукції.

У серійному виробництві застосовуються також ділянки предметно-групові і зі змішаною формою організації виробництва.

В основі предметно-групової організації виробництва лежить використання групової технології обробки деталей. Метод групової обробки деталей полягає в розробці технологічного процесу і технологічного оснащення для групи зведених між собою деталей або операцій, для яких потрібно однотипне устаткування і оснащення; при цьому скорочується різноманіття виконуваних деталей-операцій. Це метод сприяє застосуванню технології та організації крупносерійного і масового виробництва.

На додаток до переваг, які мають предметно-замкнені ділянки, подетально-групові ділянки володіють ще наступним:



- 1) відсутністю часу на переналагодження верстатів, що призводить до зниження собівартості обробки деталей і підвищенню продуктивності праці;
- 2) спрощенням внутрішньоцехового оперативного-виробничого планування та управління за рахунок зменшення зовнішніх зв'язків кожної ділянки;
- 3) підвищення ступеня саморегулювання діляниць внаслідок збільшення внутрішні зв'язків.

У деяких випадках здійснювати виготовлення деталей на одній ділянці не вдається з ряду причин (недостатня завантаження устаткування, необхідно виносити деякі операції в окремі приміщення за вимогами технології і т.д.). Це призводить до використання змішаної форми непотокового виробництва, тобто до обробки деталей на технологічних і предметно-групових ділянках.

На ділянках серійного типу можуть також використовуватися потокові методи організації виробництва - лінії зі змінним потоком і групові.

## 2. Види календарних планів-графіків.

Вид календарного плану-графіка (КПГ) роботи ділянки залежить від типу ділянки. Так, для предметно-потокової і групової лінії має наступну норму стандарт-плану:

№ деталі	Завдання на м-ц	Трудомісткість завдання зміни	Періодичність запуску, змін	Робочі дні місяця													
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
А	10000	4	44														
Б	18000	10	44														
В	12000	8	44														

Календарні плани-графіки можуть складатися як подетальні, (см.рис. 2) так і подетально-поопераційні (рис. 3.).

### Подетальний КПГ

Найменування та номер деталі	Робочі дні та зміни													
	1		2		3		4		5		6			
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
А(1-121)	—————								—————					
Б(2-143)					—————									

Подетальний план-графік може застосовуватися як робочий документ для

технологічно спеціалізованих, так і для предметно-замкнених ділянок. Однак цей документ не дозволяє точно скоординувати роботу устаткування і робітників, тому тут не враховується пропускна здатність устаткування. Цей недолік відсутній у подетально-поопераційному КПП. Складання його - складна проблема, яка не має однозначного вирішення. Надалі будемо розглядати правила побудови подетально-поопераційних КПП.

### **3. Завдання складання календарного плану-графіка роботи ділянки**

Календарний план-графік (КПП), складений за допомогою певних правил, дозволяє раціонально і ефективно організувати роботу виробничого підрозділу з виконання виробничих завдань в намічені терміни і при раціональному використанні всіх видів виробничих ресурсів.

Календарний план-графік дає відповідь на основні питання, які стоять перед оперативно-виробничим плануванням, а саме: "яку роботу виконувати?", "коли виконувати?" і "де виконувати?" (на якому робочому місці). Найбільш повна інформація з зазначених питань може бути отримана з календарних планів-графіків роботи виробничих підрозділів, в яких відображається послідовність операцій для різних партій деталей і тривалість їх виконання на кожному робочому місці.

При складанні КПП ми фактично моделюємо процес виробництва, отже, можемо заздалегідь передбачити можливі "вузькі" місця, найбільш небезпечні з точки зору зриву виконання плану.

КПП будується, як правило, з використанням деяких правил, тобто при цьому оптимізується (поліпшується). Таким чином ми отримуємо оптимальний (найкращі) або субоптимальний (близький до оптимального) план. Оптимізація (поліпшення) зазвичай здійснюється за темою чи іншими критеріями. Критерій оптимізації - той чи інший параметр, екстремального значення якого необхідно досягти в результаті оптимізації. Існують наступні розроблені теорією і перевірені практикою критерії оптимізації КПП:

- мінімум тривалості сукупного виробничого циклу - критерій Джонсона;
- мінімум вартості незавершеного виробництва;

- максимум завантаження устаткування;
- мінімум сумарних відхилень від планових термінів виготовлення деталей;
- мінімум максимальних відхилень від планових термінів випуску деталей;
- мінімум суми витрат на обробку заданої кількості деталей;
- максимум використання трудових ресурсів;
- мінімум сумарного міжопераційного часу пролежування деталей;
- мінімум сумарних витрат по здійсненню календарного плану-графіка, що складаються з поточних і капітальних витрат;
- мінімум витрат на оплату понаднормових, переналагодження обладнання, пов'язаних з простоями.

Але якому б критерієм ми не оптимізували план, вигаш отримуємо не за рахунок залучення будь-яких додаткових коштів, а за рахунок організації більш правильної роботи, за рахунок внутрішніх ресурсів. Наприклад, якщо в якості критерію оптимізації приймаємо мінімум тривалості сукупного виробничого циклу виготовлення комплекту деталей, то в оптимальному розкладі тривалість циклу скорочується за рахунок зменшення простоїв устаткування і пролежування деталей.

Критерії оптимізації можуть бути узагальнюючими по відношенню до інших критеріям або навпаки, приватними. Наприклад, критерій мінімуму тривалості сукупного виробничого циклу "поглинає" такі критерії, як максимум завантаження устаткування і мінімум внутрішньоцехового незавершеного виробництва, тобто якщо досягається перший критерій (загальний), то автоматично виконуються й інші (приватні по відношенню до цього критерію). Зворотного закономірності немає.

Існують різні методи побудови календарних планів-графіків, відповідних тому чи іншому критерію оптимальності.

#### 1. Точні методи.

а) методи зведення задачі календарного планування до задачі цілочисельного ливарного програмування, застосування динамічного

програмування. Незважаючи на окремі успіхи деяких дослідників, не вдається подолати велику розмірність створюваних моделей, через що ці методи не знайшли практичного застосування.

б) комбінаторні методи: послідовного конструювання, аналізу та відсіювання варіантів, метод "гілок і меж". Ці методи знаходять більш широке застосування, але також обмежені через великої розмірності одержуваних завдань.

## 2. Наближені методи.

До них належать такі: метод часткового перебору варіантів; метод спрямованого перебору варіантів; метод Монте-Карло; аналітико-пріоритетні і евристичні методи.

Наближені методи дають не завжди найкраще, але завжди прийнятне, досить близьке до оптимального (субоптимальне) вирішення завдання побудови КПП.

На нинішньому етапі розвитку науки та електронно-обчислювальної техніки (ЕОТ) ці методи найбільш прийнятні для практичних завдань календарного планування. Ці методи побудовані на евристичних функціях (правилах) переваги для вирішення конфліктних ситуацій. Конфліктна ситуація це така, коли на обробку на одному верстаті претендують кілька партій деталей. Евристичне правило (функція) перевагу - формальне правило, котре надає в конфліктній ситуації пріоритет (перевага) на завантаження верстата тією партією деталей, яка більшою мірою відповідає даному правилу.

Наприклад, правило найкоротшої операції - правило SIO (shortest internal operation). При вирішенні конфліктної ситуації (дві партії деталей - партія деталей А і партія деталей В претендують на обробку на верстаті S1) віддає перевагу (право заняття верстата першої) тієї партії деталей, яка має найкоротший час обробки на верстаті S1. Якщо час обробки партії деталей А на верстаті S1 дорівнює 120 хв., а час обробки партії деталей В на верстаті S1, равно 150 хв., то вирішуючи конфліктну ситуацію відповідно до правила SIO, право бути обробленою першою на верстаті S1 надається партії деталей А.

Основні типи функції переваги:

1. Операційні, тобто такі, у яких аргументами виступають тільки параметри які приймають участь в конфлікті операцій.

Це наступні:

- а) правило SIO – найкоротшою операції
- б) правило LIU - найбільш довгою операції;
- в) правило FIFO – першим прийшов, першим обслужений;
- г) правило LIFO – останнім прийшов, обслужений першим;
- д) правило RANDOM – рівноверогідністний вибір будь-якої партії деталей.

і т.д.

2. Партіонні – функції, аргументами яких є параметри більш ніж однієї операції над партією деталей або параметрами партії в цілому.

Це:

1) правило найбільшою тривалості циклу виготовлення LOT - (longest operation time), при використанні цього правила для кожної деталі визначається сумарна тривалість всіх операційних циклів з обробки

$$1\text{-я деталь } \Sigma T_1 = T_{o11} + T_{o12} + T_{o13} + \dots + T_{o1k}$$

$$n\text{-я деталь } \Sigma T_n = T_{on1} + T_{on2} + T_{on3} + \dots + T_{onm},$$

де  $n$  - загальна кількість деталі;

$k$  - кількість деталей-операцій з обробки 1-й партії деталей;

$m$  - кількість деталей-операцій з обробки  $n$ -й партії деталей.

При виникненні конфліктної ситуації (кілька партій деталей претендують на зайняття одного верстата) перевагу (право заняття першим) віддається деталі з максимальною величиною  $\Sigma T$ .

При дії цього правила пріоритети визначаються один раз - на початку, при визначенні величини  $\Sigma T$ .

Партія деталей з більшою величиною  $\Sigma T$ , вступаючи в конфлікт з іншими партіями, що мають меншу величину  $\Sigma T$ , завжди буде отримувати пріоритет.

2) Правило LRT (longest remaining time) найбільше залишився виготовлення - є модифікацією правила LOT. Тут також розраховується величина LOT, але різниця в тому, що після виконання кожної деталей-операції

величина LOT перерозраховується і входять в неї тривалості тільки невиконаних деталей-операцій. Очевидно, що це динамічне правило, тобто пріоритет постійно змінюється. Одна і та ж деталь в одному випадку може мати найбільший, в іншому - найменший пріоритет.

3) Правило SOT (shortest operation time) - найменшої тривалості виготовлення. Протилежність правилу LOT.

4) Правило SRT (shortest remaining time) – найменший залишковий час на виготовлення. Працює подібно правилу LRT але навпаки - найвищий пріоритет має партія деталей з мінімальним значенням SRT. Динамічне правило, тобто перерахунок величини пріоритету проводиться після виконання кожної деталей-операції.

5) Правило m – найбільший пріоритет має партія деталей з максимальним числом невиконаних деталей-операцій (m - кількість ще невиконаних деталей-операцій).

6) Правило – протилежне правилу m. Динамічне правило.

7) Правило – максимальний пріоритет має партія деталей з найбільшим значенням цієї величини.

8) Правило, p – середня тривалість виконання деталей-операції.

$$p = \frac{Toi_1 + Toi_2 + \dots + Toi_m}{m}$$

де m – число деталей-операції по обробці даної партії деталей. Величина p, так само як і величина LRT, перераховується після виконання кожної деталей-операції. Крім цих правил є безліч інших:

$$\frac{SRT}{m}; \quad \frac{SRT}{p}; \quad \text{RANDOM і т.д.}$$

3. Ресурсні функції, аргументами яких є ті чи інші параметру обладнання  
Ресурсні функції переваги в основному базуються на двох величинах (і їх модифікаціях):

1) заділи операцій перед верстатом;

2) величина простою верстата.

Пріоритет віддається, як правило, тієї деталі, обробка якої першою на

верстаті мінімізує час простою верстата або максимізує заділ перед верстатом.

Спосіб застосування функції переваги може залежати також від динаміки розвитку процесу рішення. З цієї точки зору можна виділити наступні функції переваги:

1) статичні, значення яких обчислюються тільки на основі вихідної інформації завдання та не залежать від варіанту розвитку процесу рішення. Приклад - правила SIO, LIO, LOT, SOT, m, і т.д.

2) динамічні, значення аргументів яких залежать від отриманого на момент часу  $t_s$  варіанту часткового вирішення конфлікту. Це правила FIFO, LIFO, LRT, SRT, і т.д.

3) прогнозні, при обчисленні яких приймається до уваги інформація про можливі варіанти розвитку процесу рішення. До прогнозних функцій відносяться, як правило, складні ресурсні функції переваги.

Наприклад, з двох деталей, які претендують на обробку на одному верстаті перевага віддається тій, обробка якої в першу чергу дозволить зменшити простої верстатів на наступних операціях техпроцесу.

Універсальних функцій переваг, тобто тих які дають у всіх випадках найкраще рішення, немає. Експериментальна перевірка функцій переваги показує, що для кожної функції є завдання, для яких дана функція переваги призводить до вирішення, близькому до оптимального, так і завдання, для яких застосування даної функції призводить до поганих результатів.

#### **4. Методи побудови КПП, застосовувані на практиці.**

Як видно з вищевикладеного, завдання побудови КПП складна і не має однозначного вирішення, оскільки навіть на дільницях одного типу можуть бути умови які істотно відрізняються між собою, а також тому, що від результатів вирішення цього завдання залежить багато параметрів - час простою зборки, верстатів, робітників, величина незавершеного виробництва, кількість необхідних переналагоджень обладнання, кількість понаднормових робіт і т.д. Тому методи і критерії формування КПП залежать від конкретних умов виробництва. На практиці при формуванні КПП найчастіше

використовують два критерії оптимізації:

- 1) критерій мінімуму сукупного виробничого циклу - критерій Джонсона;
- 2) критерій мінімуму відставання фактичних термінів випуску від заданих.

Поняття першого критерію вимагає деякого роз'яснення. Припустимо, є предметно-замкнута діляниця, на якій є декілька груп устаткування - токарна, фрезерна, свердлильна і т.д. У групі може бути від одного до декількох верстатів. На цій ділянці обробляється  $n$  деталей. Робочий час від початку обробки першої деталі до завершення обробки останньої називається сукупним виробничим циклом.  $T_{ц.с}$

Цей критерій оптимізації застосовується в тому випадку, коли планово-обліковою одиницею в оперативному плануванні є машино-комплект деталей, і при побудові КПП необхідно домагатися максимального завантаження устаткування і по можливості одночасного закінчення обробки всіх деталей.

Завдання мінімізації  $T_{ц.с}$  дуже складна. Ніяке правило пріоритету не може у всіх випадках забезпечити задовільне рішення. В одних випадках ефективно застосування одних функцій пріоритету, в інших випадках якихось інших функцій, причому заздалегідь не можна сказати, чи буде ефективно застосування якоїсь певної функції в конкретному випадку. Існують спеціальні аналітико-пріоритетні алгоритми для вирішення завдання мінімізації  $T_{ц.с}$  при побудові КПП (алгоритм А-6М В.А. Петрова, алгоритм А Є.Г. Іоффе і т.д.).

Алгоритм в даному випадку - це послідовність розрахунку та застосування функцій переваги.

Правило "мінімум відставання фактичних термінів випуску від заданих" застосовується наступним чином. Нехай на ділянці, що має  $K$  верстатів повинні оброблятися  $n$  партій деталей. Кожна з них повинна бути оброблена до якогось терміну  $\tau$ :

$$1\text{-я} - \tau_1;$$

$$2\text{-я} - \tau_2;$$

$$3\text{-я} - \tau_3;$$

.....



$$n\text{-я} - \tau_n.$$

Далі для кожної партії деталей розраховується сумарна тривалість операційних циклів:

$$1\text{-я деталь: } \Sigma T_{o1} = T_{o11} + T_{o12} + T_{o13} + \dots + T_{o1m}$$

$$2\text{-я деталь: } \Sigma T_{o2} = T_{o21} + T_{o22} + T_{o23} + \dots + T_{o2l}$$

.....

$$n\text{-я деталь: } \Sigma T_{on} = T_{on1} + T_{on2} + T_{on3} + \dots + T_{onz},$$

де  $m, l, z$  - кількість операцій з обробки 1, 2 ...  $n$ -партій деталей.

Очевидно, що величина  $\tau$  повинна бути більше величини  $\Sigma T_o$  для кожної деталі. Для кожної деталі розраховується величина  $\Delta\tau$ :

$$\Delta\tau_1 = \tau_1 - \Sigma T_{o1}$$

$$\Delta\tau_2 = \tau_2 - \Sigma T_{o2}$$

.....

$$\Delta\tau_n = \tau_n - \Sigma T_{on}$$

Ясно, що чим більше величина  $\Delta\tau$  для даної партії деталей, тим більше часу вона може пролежувати перед верстатом. Тому з кількох партій деталей, що претендують на обробку на даному верстаті в даний момент часу, пріоритет віддається партії деталей з мінімальною величиною  $\Delta\tau$ . Треба враховувати, що це правило динамічне, тобто вимагає перерахунку в процесі складання КПП.

Так, якщо в початковий момент часу термін закінчення обробки партії дорівнює  $\tau$ , то в момент часу  $T$  величина  $\tau$  зменшиться на величину  $T$ . Якщо перед початком обробки партії на першій операції залишився обробки:

$$\Sigma T_{on} = T_{o1n} + T_{o2n} + \dots + T_{okn},$$

де  $k$  - число операцій техпроцесу з обробки  $n$ -й деталі, то після обробки партії на першій операції величина  $\Sigma T_{on}$  зменшується на величину  $T_{o1n}$ :

$$\Sigma T_{on} = T_{o2n} + \dots + T_{okn},$$

### Завдання № 1

За вихідними даними побудувати КПП, використовуючи критерій оптимізації - мінімум сукупного виробничого циклу. При побудові використовувати послідовний вод руху партії деталей. Будувати графік можна,

використовуючи довільно одну або декілька функцій переваги або інтуїтивно.

Після побудови графіка вручну підготувати дані відповідно до інструкції користувача (дивись. далі) і ввести в ЕОМ. Отриманий в табличній формі КПП, оптимізований за критерієм мінімуму  $T_{ц,с}$ , представити графічно і порівняти з побудованим вручну.

## Завдання № 2

За вихідними даними побудувати КПП, використовуючи критерій оптимізації - мінімум відставання фактичних термінів випуску від планових. При побудові використовувати змішаний вид руху, тобто паралельно-послідовний, де необхідно і можливо в інших випадках послідовний.

При побудові КПП керуватися правилом  $\Delta t$ .

Після побудови графіка вручну отримати графік з допомогою ЕОМ, підготувавши дані відповідно до інструкції користувача.

Отриманий на ЕОМ графік роботи обладнання з табличної форми перевести в графічну. Результати порівняти.

Примітка: Паралельно-послідовний вид руху доцільно використовувати, коли сумарна тривалість попередньої та подальшої операції дорівнює чи більше 4 робочих змін, або 32 робочих годин.

## Інструкція користувачеві

Програма ( \_\_\_\_\_ ) реалізує змішаний (паралельно-послідовне і послідовне) рух предметів праці. Паралельно-послідовний рух реалізується в тому випадку, коли є можливість і необхідність. Необхідність є тоді, коли сума тривалостей операційних циклів попередньої  $To_{ij}$  і подальшої  $To_{ij + 1}$  деталей-операцій над  $i$ -тою деталлю більше або дорівнює 4-м робочим змінам:  $To_{ij} + To_{ij + 1} \geq 32 \text{ р.час} = 1920 \text{ хв}$ .

Під можливістю розуміється таке становище, коли верстат для виконання подальших деталей-операції вільний чи звільняється раніше моменту часу, коли закінчується обробка на попередній деталей-операції однієї передавальної партії від усієї партії деталей. Домовимося, що в нашому випадку величина

передавальної партії  $p$  дорівнює четвертій частині всієї партії  $n$ :

$$T_{o_{ijp}} = \frac{1}{4} T_{o_{ijn}}$$

Послідовний рух реалізується у всіх інших випадках.

Для роботи програми необхідно ввести вихідні дані. Вихідними даними в нашому випадку є:

- 1) техпроцес обробки партії деталей;
- 2) штучний час обробки партії деталей на кожній операції;
- 3) крайній термін виготовлення партії деталей.

Для з'ясування того, як підготовлюються вихідні дані, розглянемо наступний приклад.

Приклад. На предметно-замкнутому ділянці, що складається з 5 верстатів: токарного, свердлильного, шліфувального, фрезерного і строгального, необхідно обробити  $b$  партій деталей.

Таблиця

Вихідні данні

№ оп	Найменування	tшт., хв.	ПЗ, хв.
1 деталь - цинга, n = 200 шт.			
1	токарна	5,65	30
2	свердлувальна	4,8	20
3	фрезерна	4,675	25
4	стругальна	5,2	40
5	шліфувальна	3,95	10
2 деталь - кронштейн, n = 400 шт.			
1	стругальна	1,93	30
2	фрезерна	3,39	45
3	шліфувальна	2,19	25
4	токарна	2,7	20
3 деталь - куліса, n = 280 шт.			
1	токарна	3,21	40
2	свердлувальна	3,5	20
3	фрезерна	2,05	26
4	стругальна	5,6	32
5	шліфувальна	2,3	16
4 деталь. - рейка, n = 300 шт.			
1	шліфувальна	3,2	20
2	свердлувальна	3,5	30
3	токарна	4,9	20
4	фрезерна	3,9	30
5	стругальна	3,2	20
5 деталь - стійка, n = 400 шт.			

1	стругальна	2,1	40
2	фрезерна	2,45	20
3	шліфувальна	2,2	20
4	токарна	2,4	40
6 деталь - направляюча, n = 200 шт.			
1	шліфувальна	4,8	20
2	свердлувальна	4,7	20
3	токарна	5,8	40
4	фрезерна	3,9	20
5	стругальна	5,9	20

Вихідні дані необхідно представити у вигляді, зручному для використання при роботі програми.

Як відомо, однією з умов роботи дільниць з подетальною спеціалізацією є жорстке закріплення деталей-операцій за верстатами. Для цього присвоїмо всім верстатів номера по порядку, незалежно від їх типу.

Токарний верстат	№ 1
Свердлильний верстат	№ 2
Шліфувальний верстат	№ 3
Фрезерний верстат	№4
Стругальний верстат	№5

(Програма розрахована на максимальну кількість верстатів - 10).

Тоді техпроцеси обробки всіх деталей запишемо в наступному вигляді:

1 деталь - 1,2,4,5,3

2 деталь - 5,4,3,1.

3 деталь - 1,2,4,5,3.

4 деталь - 3,2,1,5,4.

5 деталь - 5,4,3,1.

6 деталь - 3,2,1,5,4.

Необхідно також визначити операційний час для кожної деталей-операції.

Воно буде дорівнює:

$$T_{o_{ij}} = n_i \cdot t_{шт_{ij}} + t_{пз_{ij}}$$

Так, для першої деталі операційний час виконання першої деталей-операції буде:

$$T_{o_{11}} = n_1 \cdot t_{шт11} + t_{пз11} = 200 \cdot 5,85 + 30 = 1200 \text{ хв.}$$

Тоді тривалість виконання всіх деталей-операцій у хвилинах може бути записана наступним чином:

1 деталь - 1200, 980, 1000, 1080, 800

2 деталь - 800, 1400, 900, 1100

3 деталь - 940, 1000, 600, 1600, 660

4 деталь - 980, 1080, 1480, 1200, 980

5 деталь - 880, 1000, 900, 1000

6 деталь - 980, 960, 1200, 800, 1200

Кількість операцій з обробки деталей відповідно дорівнює:

1 деталь – 5

2 деталь – 4

3 деталь – 5

4 деталь – 5

5 деталь – 4

6 деталь – 5

Важливою характеристикою партії деталей є термін, до якого повинна бути оброблена ця партія деталей. У виробничих умовах такі дані визначаються виробничою необхідністю. У нашому випадку терміни можуть бути задані довільно. Необхідно дотримати лише наступне умова - термін повинен бути заданий у хвилинах робочого часу.

Припустимо, 1-ша партія деталей повинна бути подана на складання через 7 робочих днів, що становить 56 робочих годин (при роботі ділянки в одну зміну або  $56 \cdot 60 = 3360$  робочих хвилин).

Здамося наступними термінами випуску партій деталей

1 деталь – 3360

2 деталь – 5200

3 деталь – 6100

4 деталь – 2990

5 деталь – 1280

6 деталь – 2000

Отже, всі дані для побудови календарного плану-графіка є. Необхідно представити їх у зручному для використання програмою для ЕОМ вигляді. Масиви даних зручно представляти у вигляді матриць.

У матриці № 15 вказано кількість деталей-операцій з обробки деталі, в матриці № 11 - трудомісткість деталей-операцій з обробки деталі, в матриці № 12 - техпроцеси обробки деталей, в матриці № 1 - крайні терміни готовності деталей.

Необхідні для роботи програми дані повинні бути представлені в наступному вигляді;

Паралельно-послідовний рух предметів праці

Н.7.8 Матриця трудомісткості деталі

МН11/1.1/. 1200/МН11/1.2/.980/МН11/1.3/.1000

МН11/1.4/.1080/МН11/1.5/.800/МН11/2.1/.800

МН11/2.2/.1400/МН11/2.3/.900/МН11/2.4/.1100

МН11/3.1/.940/МН11/3.2/.1000/МН11/3.3/.600

МН11/3.4/.1600/МН11/3.5/. 660/МН11/4,1/.980

МН11/4.2/.1080/МН11/4.3/.1480/МН11/4.4/.1200

МН11/4.5/.980/МН11/5.1/880/МН11/5.2/.1000

МН11/5.3/.900/МН11/5.4/.1000/МН11/6.1/.980

МН11/6.2/.960/МН11/6.3/.1200/МН11/6.4/.800

Н.7.8 Матриця техпроцесів

МН12/1.1/. 1/МН12/1.2/.2/МН12/1.3/.4/МН12/1.4/.5

МН12/1.5/.3

МН12/2.1/.5/МН12/2.2/.4/МН12/2.3/.3/МН12/2.4/1

МН12/3.1/.1/МН12/3.2/.2/МН12/3.3/.4/МН12/3.4/.5

МН12/3.5/.3

МН12/4.1/.МН12/4.2/.2/МН12/4.3/.1/МН12/4.4/.5

МН12/6.5/.4

МН12/5.1/.5/МН12/5.2/.4/МН12/5.3/.3/МН12/5.4/.1

МН12/6.1/.3/МН12/6.2/.2/МН12/6.3/.1/МН12/6.4/.5

МН12/6.5/.4

Х.300.7 Календарний план-графік

Н.6.5 Крайні терміни виготовлення виробів

МН1/1.1/.3400

МН1/2.1/.5200

МН1/3.1/.6100

МН1/4.1/.2990

МН1/5.1/.1280

МН1/6.1/.2000

Н.6.1 Кількість операцій по обробці деталей

МН15/1.1/.5

МН15/2.1/.4

МН15/3.1/.5

МН15/4.1/.5

МН15/5.1/.4

МН15/6.1/.5

## **5. Порядок побудови календарного плану-графіка**

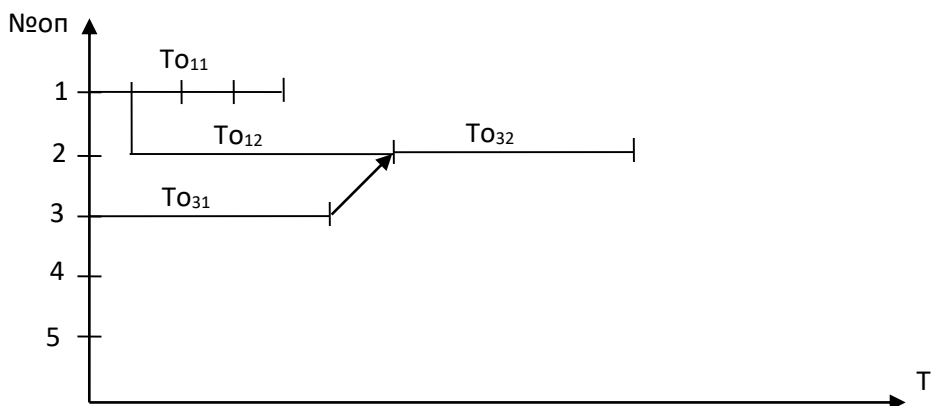
Необхідно побудувати подетально-поопераційний календарний план-графік роботи предметно-замкнутого ділянки за даними, викладеними в інструкції для користування.

Порядок побудови КПП наступний. Будується система координат, на горизонтальній осі якої відкладаємо час, на вертикальній позначаємо верстати:



Визначаємо які деталі починають обробку з 1-го верстата. Згідно матриці техпроцесов з 1-го верстата починають обробку 1-а і 3-тя деталі. Отже, має конфліктну ситуацію. При вирішенні конфліктів будемо користуватися правилом мінімуму відставання фактичних термінів випуску від заданих - мінімуму  $\Delta t$ . Знаючи заданий термін випуску для кожної деталі  $\Delta t$  і тривалості часу обробки, визначимо  $\Delta t$  для деталей 1 і 3. Деталь з мінімальною величиною  $\Delta t$  повинна бути оброблена в першу чергу. Її і ставимо на обробку. Так послідовно переглядаємо всі верстати.

Навіть переглядаємо можливість організації паралельно-послідовного руху. Якщо тривалість обробки даної і подальшої операцій більше 4-х робочих змін, то слід організувати паралельно-послідовний рух предметів праці. Для цього також необхідно, щоб верстат, на якому повинна виконуватися наступна по ходу техпроцесу операція, був не завантажений в момент передачі 1 передаточної партії деталей. Якщо неможливо здійснити паралельно-послідовний рух предметів праці, то реалізується послідовний вид руху.



Після цього зсуваємо вправо по осі часу, і знаходимо найближчий час



закінчення обробки партії деталей. Визначаємо, який верстат наступний по техпроцесу, чи не виникає при завантаженні його конфліктна ситуація. Якщо ж конфліктна ситуація виникає, то розрахувавши величину  $\Delta t$ , вирішуємо її, завантажуюмо верстат до т.д. до завершення обробки всіх деталей.

## 6. Організаційно-планові розрахунки

### 6.1. Визначення виробничої програми.

Програма запуску деталей

$$N_z = \sum_1^n N_{vi} \cdot m + N_{з.ч.} + N_{бр} + \Delta N_{н.в.}$$

де:  $N_{vi}$  – програма випуску виробу, в якому використовується дана деталь;

$n$  – кількість найменувань виробів, в яких використовується дана деталь;

$m$  – кількість деталей, що використовуються в виробі;

$N_{з.ч.}$  – кількість деталей, які випускаються у вигляді запасних частин;

$N_{бр.}$  – кількість деталей, які компенсують плануємий технологічно неминучий брак деталей;

$\Delta N_{н.в.}$  – зміна кількості деталей в незавершеному виробництві на плануємий період.

Плануєму кількість випуску запасних частин даного найменування деталей розраховується за формулою:

$$N_{з.ч.} = N_{в.д.} \cdot \left( \frac{t_{нз}}{T_p} \right)$$

де:  $t_{нз}$  – строк зносу даної деталі, год. (днів, років);

$T_p$  – річний фонд часу виробу (машини) год.;

$N_{в.д.}$  – кількість деталей, які підлягають випуску в плануючому періоді.

Плануємий обсяг незавершеного виробництва.

$$N_{н.в.} = N_{в.д.} \cdot \left( \frac{T_{ц.в.}}{D_{н.н.}} \right)$$

де:  $T_{ц.в.}$  – тривалість циклу виробництва виробу в днях;

$D_{n,n}$  – тривалість планує мого періоду в робочих днях

Обсяг незавершеного виробництва приймається в відсотковому відношенні до програми випуску ( $3 \div 8\%$ ).

Плануємо величина технологічно неминучого браку розраховується за формулою:

$$N_{\text{бр}} = 0,12 \cdot N_{\text{в.д}} \cdot \left[ \left(1 + \frac{\alpha_n}{100}\right) \cdot \left(1 + \frac{\alpha_1}{100}\right) \dots \left(1 + \frac{\alpha_m}{100}\right) - 1 \right]$$

де:  $\alpha_n$  – плановий процент прихованого браку литва ( $2 \div 3\%$ );

$\alpha_1 \dots \alpha_m$  – процент технологічно неминучого браку по операціях технологічного процесу (на верстатах-автоматах та полуавтоматах, верстатах з ЧПК і агрегатних верстатах слід приймати  $0,5 \div 1,5\%$ , на фінішних операціях  $0,5 \div 1\%$ );

6.2. Розрахунок потрібної кількості обладнання, визначення типу виробництва.

Для визначення тип виробництва розраховуємо необхідну кількість робочих місць (верстатів) по всіх операціях технологічного процесу, що проектується за формулою:

$$q_{pi} = \frac{N_z \cdot t_{umi}}{F_{\text{д.р.м.}} \cdot 60 \cdot K_g}$$

де:  $t_{umi}$  – штучний час і-ої операції, хвилин;

$K_g$  – нормативний коефіцієнт виконання норм виробки;

$F_{\text{д.р.м.}}$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, годин.

$$F_{\text{д.р.м.}} = F_n \cdot S \cdot (1 - 0.01 \cdot f)$$

де:  $F_n$  – номінальний річний фонд часу роботи обладнання в одну зміну, годин (визначається щорічно за календарем);

$S$  – прийнята зміність роботи обладнання;

$f$  – регламентований процент втрат робочого часу з організаційних причин.

Розраховується коефіцієнт завантаження обладнання по кожній детале-операції та середній по всім операціям.

$$\eta_{zi} = \frac{q_{pi}}{q_{npi}}; \quad \eta_3^{cp} = \frac{\sum_1^m q_{pi}}{\sum_1^m q_{npi}}$$

де :  $q_{npi}$  – прийнята кількість верстатів (ціла величина);

$m$  – кількість операцій технологічного процесу виготовлення деталі;

Проведенні розрахунки зводяться до таблиці 1.

Таблиця 1.

#### Розрахунок завантаження обладнання

№ п/п	Найменування операцій	Штучний час	Кількість обладнання		Коефіцієнт завантаження	Середній коефіцієнт завантаження
			розрахункове	прийняте		
1	2	3	4	5	6	7

По величині  $\eta_3^{cp}$  згідно з таблицею 2 остаточно визначається тип виробництва

Таблиця 2.

#### Визначення типу виробництва.

Тип виробництва.	$\eta_3^{cp}$	$\eta_{норм}$
Масове виробництво (М)	0,51 ÷ 1	0,75 ÷ 0,8
Великосерійне виробництво (ВС )	0,11 ÷ 0,5	
Середньо-серійне виробництво (СС)	0,051 ÷ 1	0,85
Дрібно-серійне виробництво (ДС)	0,025 ÷ 0,05	0,95
Одиничне виробництво (О)	< 0,025	

Визначення кількості робочих місць на предметно-замкнутій або технологічній ділянці.

Кількість робочих місць на ділянці устанавлюються на підставі аналізу даних таблиці 2. Виявляються однотипні технологічні операції, які виконуються на одних і тих же моделях обладнання. За кожним робочим місцем закріплюються певні деталі-операції з урахуванням коефіцієнта завантаження обладнання не менше ніж на 0,85.

Результати обґрунтування кількості робочих місць та закріплення за ними

детале-операцій представляються в формі таблиці 2.

Таблиця 2

Закріплення детале-операцій за робочими місцями дільниці

№	Найменування операцій та моделей устаткування	Деталь 1		Деталь 2		Коефіцієнт завантаження робочого місця	Вартість обладнання
		Номер операції	Коефіцієнт завантаження	Номер операції	Коефіцієнт завантаження		
1	2	3	4	5	6	7	

6.3. Розрахунок календарно-планових нормативів

Перш за все розраховуємо розмір партії деталей та ритм запуску партії деталей. Розмір партії деталей ( $n_p$ ) рекомендується визначати за такими двома методами:

1-й метод. Вибирається в тому разі, коли трудомісткість переналадки (підготовчо-заклучний час –  $t_{пз}$ ) в середньому на одну операцію перевищує 30 хв.

$$n_p = \frac{t_{пз}^{вед}}{t_{ум}^{вед} \times K_{\partial}} ;$$

де:  $t_{пз}^{вед}$  – підготовчо-завершальний час “ведучої” операції технологічного процесу виготовлення деталі. За “ведучу” приймається операція, у якій відношення  $t_{пз} / t_{ум}$  є найбільшим;

$t_{ум}^{вед}$  – норма штучного часу на “ведучій» операції;

$K_{\partial}$  – коефіцієнт допустимих витрат на переналадку верстатів (для крупно-серійного виробництва – 0,03, для середньо-серійного – 0,03 ÷ 0,05, для дрібно-серійного – 0,1 ÷ 0,15).

2-й метод. Рекомендується використовувати в тому випадку, коли на дільниці оброблюється продукція одного конструктивно-технологічного класу та на виконання технологічної операції не потрібно попереднього

налагодження або коли середня трудомісткість переналагодження верстатів не перевищує 30 хв.

$$n_p = \frac{0,5 \times \Phi_{зм.д}}{t_{ум}^{min}};$$

де:  $\Phi_{зм.д}$  – дійсний фонд робочого часу зміни, хв. (приймається рівним 440хв.);

$t_{ум}^{min}$  - норма штучного часу на найбільш продуктивній операції, хв.

Розмір партії повинен бути встановлений відповідно до потреби в деталях при виконанні плану виробництва в прийнятті при оперативному плануванні терміни. Для спрощення планування доцільно, щоб розмір партії укладався в річному обсязі випуску ціле число разів. З цією метою попередньо визначається розрахункова кількість партій запуску деталей ( $A_p$ ):

$$A_p = \frac{N_3}{n_p}$$

На підставі значення виробляється найближче значення з уніфікованого ряду 2, 4, 6, 8, 12, 24, 52, 104.

Звідси прийнятий розмір партії, шт.:

$$n = \frac{N_3}{A_{np}}$$

Після визначення розміру партії деталей розраховується періодичність запуску-випуску деталей в обробку, в робочих днях:

$$R_3 = \frac{T_p}{A_{np}}$$

де  $T_p$  – число робочих днів у планованому періоді.

6.4. Тривалість багатоопераційного виробничого циклу залежить від виду руху партії деталей (виду сполучень операцій) в часі.

Послідовний вид руху партії деталей приймається в тих випадках, коли тривалість кожного (або більшості) з операційних циклів обробки партії деталей:

а) не перевищує половини робочого дня та обладнання на ділянці розставлено по груповому ознакою;

б) не перевищує двох робочих днів та обладнання на ділянці розставлено по предметного ознакою.

При тривалості кожного (або більшості) з операційних циклів, що перевищує два робочих дні і при предметної розстановці обладнання, застосовується паралельно-послідовний рух партії деталей.

Послідовність розрахунку така:

1. Визначається калькуляційний час по кожній деталі і по всіх операціях, хв:

$$t_{к.і} = t_{ум.і} + \frac{t_{нз.і}}{n}$$

де  $t_{нз.і}$  – підготовчо-заклучний час на і-й операції.

$n$  – розмір партії деталей.

Розраховується калькуляційно-дійсний час обробки однієї деталі, хв.:

$$t_{кд.і} = \frac{t_{ум.і}}{K_g \cdot p_m \cdot q_n} + \frac{t_{нз.і}}{n}$$

де  $p_m$  – технологічна партія деталей (число одночасно встановлюваних деталей в багатомісному пристосуванні працюючих;

$q_n$  – кількість паралельно працюючих місць на даній операції.

Встановлюється тривалість операційного циклу, робочих днів по кожній операції:

$$T_{оц.і} = \frac{n \cdot t_{кд.і}}{S \cdot \Phi_{зм.д}}$$

де  $\Phi_{зм.д}$  – дійсний змінний фонд часу роботи обладнання;

$S$  – кількість робочих змін на протязі доби.

$$\Phi_{зм.д} = \Phi_{зм.} \cdot \left(1 - \frac{f}{100}\right)$$

де  $\Phi_{зм.д}$  – тривалість зміни, хв. ( $S = 480$  хв.).

$f$  – витрати робочого часу на ремонт устаткування в % (приблизно  $6 \div 10\%$ );

Якщо тривалість кожного з операційних циклів (або більшості) обробки партії деталей: а) не перевищує половини робочого дня та обладнання на

дільниці розташоване за групами, б) не перевищує двох робочих днів та обладнання на дільниці розташоване за предметною ознакою, то в цих випадках застосовують послідовний вид руху.

Якщо тривалість кожного з операційних циклів (або більшості) обробки партії деталей, перевищує два робочі дні, а обладнання розташоване за предметною ознакою, то в цьому випадку застосовують паралельно-послідовний вид руху.

Тобто на основі отриманих тривалостей операційних циклів обираємо вид руху партії деталей і розраховується тривалість виробничого циклу.

Розрахункові формули, що визначають тривалість виробничого циклу, мають такий вигляд:

1. При послідовному виді руху тривалість циклу виробництва визначають по формулі:

$$T_{ц.нос} = \sum_1^m T_o + \sum_1^m t_{мо} = \frac{n \cdot \sum_1^m t_{кд.i}}{S \cdot \Phi_{зм.д}} + \sum_1^m t_{мо},$$

2. При паралельно-послідовному виді руху тривалість циклу виробництва визначають по формулі:

$$T_{ц.н-н} = \frac{n \cdot \sum_1^m t_{кд.i}}{S \cdot \Phi_{зм.д}} + \frac{(n - p_{mp}) \cdot \sum_1^{m-1} t_{кд.i}^{кор}}{S \cdot \Phi_{зм.д}} + \sum_1^m t_{мо}$$

де  $p_{mp}$  – число деталей транспортній партії. Розмір транспортної партії визначається залежно від партії, ваги і габаритних розмірів деталей, способу їх транспортування.

$$p_{mp} = \left( \frac{1}{4} \div \frac{1}{10} \right) \cdot n$$

$t_{кд.i}^{кор}$  – тривалість "коротких" операцій циклів із кожної пари суміжних операцій, хвилин.

$t_{мо}$  – міжопераційний час, робочі дні. При укрупнених розрахунках можна рекомендувати (0,25 ÷ 0,8) сумарної величини операційних циклів:

$$\sum_1^m t_{mo} = (0,25 \div 0,8) \cdot \sum_1^m T_{oc}.$$

звідси

$$t_{mo} = \frac{\sum_1^m t_{mo}}{m}$$

У відповідності з певними величинами, і прийнятим видом руху партії деталей в розрахунково-пояснювальній записці необхідно привести графічне побудова тривалості виробничого циклу партії деталей. Датою запуску партії на першу операцію приймається умовно перший робочий день планованого періоду (місяця, кварталу, року).

Результати розрахунків календарно-планових нормативів серійного виробництва зводяться в табл. 3.

Таблиця 3

Календарно-планові нормативи виготовлення деталей на ділянці

Норматив	Деталь		
	1	2	3
1. Програма запуску деталей в місяць, шт.			
2. Розмір партії деталей, шт.			
3. Розмір передавальної партії деталей, шт.			
4. Ритм запуску партії деталей, робочих днів			
5. Тривалість операційного циклу, робочих днів			
6. Тривалість циклу виготовлення партії деталей, робочих днів			

6.5. В серійному виробництві має місце заділи (незавершене виробництво), які поділяються на циклові та складські.

Середня величина циклового заділу розраховується по формулі:

$$z_{ц} = \frac{n \cdot T_p}{R_3}$$

Величину складського заділу не визначають так як він залежить від цілого ряду факторів, характер впливу яких мало вивчений. Він може бути прийнятий (якщо це необхідно в даних умовах) в розмірі страхового запасу з урахуванням періодичності відвантаження готових виробів.

## 7. Стандарт план



## 7.1. Стандарт план роботи дільниці

Звичайно в цехах, де виробничі дільниці представлені одно предметними поточними лініям, місячна програма та графік доводиться до дільниць у вигляді розкладу щоденного випуску продукції.

При роботі по календарному плану з постійним змінним випуском продукції немає необхідності в змінно-добовому плануванні. Особливо це відноситься до змінно-поточних ліній. Для таких ліній краще всього користуватись стандарт-планом дільниці.

Під стандарт-планом розуміється календарний план-графік роботи дільниці або лінії на відносно короткому відрізку часу. Використовуються він багатократно протягом тривалого періоду. Стандарт-план передбачає виготовлення деталей в постійній послідовності, з певним періодам запуску-випуску партії деталей.

Головною умовою складання стандарт-плану є:

- а) постійність **номенклатури** деталей;
- б) закріплення деталі за певною дільницею та робочими місцями;
- в) постійність розмірів партії деталей;
- г) кратність періодичностей запуску та випуску деталей;
- д) баланс завантаження та пропускнуої спроможності обладнання.

Календарні план-графік роботи дільниці серійного виробництва мають різноманітний вигляд в залежності від кількості детале-операцій, закріплених за одним верстатом та ступенем стійкості номенклатури. Існують наступні види графіків:

1. план-графік роботи змінно-поточної лінії;
2. поопераційний стандартний план-графік для виробничих дільниць при невеликій кількості детале-операцій на одному робочому місці;
3. стандарт-план-графік запуску-випуску партії деталей який застосовується до безперервного або до чітко періодичного складання готових виробів та при умові, що за робочим місцем закріплено більш шести детале-операцій;

4. календарний план-графік термінів подачі деталей на збирання та їх запуск на першу операцію, який застосовується до серійного виробництва без суворого випуску виробів.

Для побудови таких планів-графіків роботи виробничих дільниць необхідна наступна інформація:

1. технологічні маршрути обробки деталей із зазначенням виконуваних операцій, застосовуваного обладнання та норм часу на обробку;
2. закріплення детале-операцій за верстатами;
3. розміри виробничого завдання за місяць стосовно деталей кожного найменування та періодичність запуску їх в обробку.

Складність календарного планування в серійному виробництві обумовлюється тим, що технологічні маршрути партій деталей різних найменувань, як правило, не співпадають. А це і потребує узгодження в просторі та в часі руху партії деталей з різними технологічними маршрутами по одним і тим же робочим місцям, які використовуються для виготовлення деталей різного найменування.

При розробці календарного плану роботи дільниці, цеху, заводу застосовуються різноманітні планово-облікові одиниці: партія деталей одного найменування, комплект деталей, виріб.

## 7.2. Методика побудови стандарт-плану

Стандарт-план є основним документом організації роботи дільниці серійного виробництва в механічному цеху машинобудівного та ремонтного заводу.

Показники та методика розрахунку яких викладена вище, визначають по кожній деталі та заносять до зведеної таблиці.

Для побудови стандарт-плану необхідні наступні результуючі данні:

1. найменування операцій технологічного процесу;
2. послідовність запуску партії деталей на кожній операції з вказівкою номеру деталі та номеру операції;
3. тривалість виконання операції над партією;



	3																
	4																
	5																
5	1																
	2																
	3																
	4																
	5																

ПЛАНОВО – ОПЕРАЦІЙНА КАРТА № \_\_\_\_\_

Деталь – Валик

Кількість на машину – 1

Вага: чорнова – 4,0 кг.

чистова – 2,9 кг.

Матеріал: Ст.45

№ п.п.	Найменування операцій	Варіант 1			
		тип обл.	тшт.	тпз.	розряд
1	Фрезерна	ФЦ2	1,02	25	1
2	Токарна	1К62А	2,0	20	2
3	Розточна	1К62А	9,5	35	3
4	Токарна	1К62А	18,2	35	5
5	Токарна	1К62А	12,3	25	5

ПЛАНОВА – ОПЕРАЦІЙНА КАРТА № \_\_\_\_\_

Деталь – Корпус підшипника

Кількість на машину – 1

Вага: чорнова – 4,4 кг.

чистова – 1,7 кг.

Матеріал: КЧ 37-12

№ п.п.	Найменування операцій	Варіант 1			
		тип обл.	тшт.	тпз.	розряд
1	Токарна	1А283	3,0	25	2
2	Розточна	2А715	2,9	1016	24
3	Свердлувальна	ХА963	1,45	1010	22



(Вал- шестер- ня)	2	MP-105	4,12	22	3												
	3	5K524У	8,0	22	4												
	4	316М	2,48	23	4												
	5	5851	1,2	21	4												

Перевірка двох груп вихідних умов складання стандарт-плану.

Перша група:

1. постійна номенклатура деталей. На практичних заняттях така умова досягається набором деталей з довідника, підготовчої кафедри. В умовах машинобудівного підприємства виникнення труднощів по цій умові не може мати місце. На ремонтних підприємствах та в ремонтних цехах труднощі можуть мати місце відносно нерівномірностей та нерівнозначності деталей (навіть ідентичних) машин, які експлуатуються в різних умовах, на різних ґрунтах та дорогах.
2. закріплення деталей за певними дільницями та робочими місцями – не викликає труднощів;
3. постійність розмірів партії деталей, труднощі можливі у ремонтному виробництві;
4. кратність періодичностей запуску-випуску деталей:

$$R_1 = R_2 = R_3 \text{ або } R_1 = n \cdot R_2 = m \cdot R_3$$

де  $R_1, R_2, R_3$  – ритми запуску першої, другої та третьої деталей;

$n, m$  – найменше парне число (2; 4);

5. баланс завантаження та пропускної спроможності обладнання.

Друга група умов стосується змінно-перервного потоку при складанні поопераційного плану графіка. Вона включає:

1. робоче місце повинно бути завантажено партією деталей по можливості протягом всієї зміни;
2. тривалість циклу повинна бути най коротшою (застосовується паралельно-послідовний вид руху);

3. в першу чергу завантажувати робочі місця найбільш трудомісткими та багатоопераційними деталями;
4. при збігу в часі виконання операцій по різним деталям на одному і тому ж обладнанні зсув операцій в часі подовжує цикл по деталям з найбільш низькою собівартістю (найбільш низькою вартістю матеріалу).

### 7.3. Вибір форми стандарт-плану

Використовуються дві форми стандарт-плану:

1. подетальна;
2. подетально-операційна.

Нижче приведені різновиди стандарт-планів.

#### 1) Подетальний стандарт-план

Найменування та номер деталі	Робочі дні та зміни											
	1		2		3		4		5		6	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
А(1-121)	_____		_____						_____		_____	
Б(2-143)					_____		_____					

#### 2) Подетально-операційний стандарт-план

Найменування робочого місці	Робочі дні та зміни											
	1		2		3		4		5		6	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Токарний верстат			4-25				4-21			6-123		
Фрезерний верстат		1-122				4-25				4-21		





#### 7.4. Оформлення графіку стандарт-плану

Після вибору форми стандарт-плану складають таблицю наступного змісту.

Обладнання (робоче місце)	Деталь	Операція	Завдання на місяць	Трудомісткість місячної програми	Розрахункові та прийняті значення				
					$R_3$	$T_{оц}$	$T_{цп}$	$t_{мо}$	Вид руху
1.									
2.									
3.									

Стандарт план краще всього будувати на міліметровому папері з використанням необхідного масштабу.

Методи розрахунків перерахованих параметрів технологічних процесів визначалися на лекціях та практичних заняттях.