

І.В. Харченко

Проблеми операційного менеджменту в умовах автоматизації управління

Кіровоград 2014

Опубліковано згідно рішення Вченої Ради Кіровоградського Національного Технічного Університету протокол №1 від 29 вересня 2014 року

Рецензенти: д.е.н., проф. Ястремська О.М., зав. кафедрою економіки, організації та планування діяльності підприємств (Харківський Національний Економічний Університет);

д.е.н., проф. Давидов Г.М., декан факультету обліку і аудиту (Кіровоградський Національний Технічний Університет);

д.ф.-м.н., проф. Гамалій В.Ф., зав. кафедрою економічної теорії, маркетингу та економічної кібернетики (Кіровоградський Національний Технічний Університет).

Зміст

ВСТУП.....	4
1.ТЕОРЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ОСНОВНИМ ВИРОБНИЦТВОМ.....	7
1.1 Напрямки удосконалення оперативного управління основним виробництвом.....	7
1.2. Нормативи в оперативному управлінні основним виробництвом...	16
2. Календарний план-графік як адаптивний норматив оперативного управління виробничим процесом.....	26
2.1. Аналіз методів побудови календарних планів-графіків.....	26
2.2. Дослідження моделюючих алгоритмів побудови календарних планів-графіків.....	41
2.3. Регулювання ходу виробництва за допомогою досліджуваних алгоритмів.....	61
3. Формування нормативної бази оперативного планування в умовах автоматизації управління.....	87
3.1. Аналіз календарно-планових нормативів і їх системних взаємозв'язків	87
3,2. Методика визначення системи КПН на основі імітаційного моделювання.....	102
4. Сучасні підходи до вирішення задач операційного менеджменту в автоматизованих інформаційних системах.....	130
Додатки.....	130
Список використаних джерел.....	139

Вступ

Нінішню економіку називають постіндустріальною. Проте зрозуміло, що виробництво промислової продукції є необхідною частиною економічного і суспільного життя будь-якої розвиненої економіки. Нам необхідні машини - легкові, вантажні, робочі, комп'ютери та інші промислові вироби. Треба не просто їх виготовити, а необхідно досягти відповідної якості, рівня виробничих витрат та разом з тим виконати замовлення у встановлені контрактом строки. Все це взаємопов'язані, але разом з тим в значній мірі не тільки неспівпадаючі цілі, але і такі, що суперечать одна одній. Щоб досягти необхідного рівня якості, треба, як мінімум, на рівні технічних вимог виконати запланований технологічний процес. А це означає, що треба дотримуватись трудової і технологічної дисципліни, а значить, витрачати необхідний час на виконання операцій, виконувати ці операції на відповідному обладнанні з відповідним оснащенням, а працювати на обладнанні повинні робітники відповідної кваліфікації. Але одночасно це може збільшити тривалість виробничого циклу, що є загрозою для виконання контракту в строк, а також збільшує вартість виготовлення, обладнання, устаткування та робітник повинні бути вільні в необхідний момент часу, а в інший момент виробничі потужності повинні бути завантажені. Тому дотримання всіх вимог є складним в реалізації питанням. Щоб успішно їх вирішити, треба мати досконалу організацію виробництва. Однією з складових вирішення цього питання є використання операційного менеджменту, який, як і всі науки, розвивається.

Операційний менеджмент охоплює усі види діяльності, які пов'язані з цілеспрямованим перетворенням (трансформуванням) матеріалів, інформації тощо в готовий продукт. Як зазначає одна з найбільш фахових і досвідчених вітчизняних дослідників операційного менеджменту В.Й.Іванова, «Операційний менеджмент розглядається як ефективне та раціональне управління господарськими операціями. Без ефективного та раціонального управління жодна організація (підприємство) нізащо не зможе бути лідером на ринку. Вивчення діяльності багатьох успішно працюючих у нинішніх умовах підприємств призводить до висновку, що їх досягнення базуються на науково обґрунтованому управлінні операційною системою».[24]

Саме на підприємстві виготовляється продукція, створюються послуги, працівник цілеспрямовано взаємодіє з засобами виробництва. Свою стратегію підприємство формує в конкретних умовах зовнішнього середовища, що визначають конкретні стратегічні кроки підприємства по задоволенню певних потреб ринку. Щоб підприємство змогло досягти своєї стратегічної мети, йому потрібна ефективна система управління, за допомогою якої воно буде здійснювати свою діяльність. І в значній мірі це система управління основним виробництвом, або система операційного менеджменту.

Як вже вказувалося, завданням операційного менеджменту на підприємстві є визначення операційних пріоритетів підприємства, а саме - організація ритмічної рівномірної роботи; зниження виробничих витрат; підвищення якості та надійності продукції; зменшення строків виконання замовлень; підвищення надійності поставок; оперативне реагування на зміни попиту.

Фірмою «Тойота» розроблено систему організації виробництва, відому як «бережливе виробництво». Дуже привабливою цю систему робить можливість з її допомогою реалізувати одну з найефективніших загальноконкурентних стратегій - стратегію оптимальних витрат (в класифікації А. Дж. Стрікланда та А.А. Томпсона). Ця стратегія розрахована на створення продукції чи послуг з найкращим співвідношенням «якість – ціна». Визначити собі таку мету нескладно, але дуже складно її реалізувати. Якщо детально проаналізувати загальноконкурентні стратегії переважної більшості фірм, що працюють в різних галузях, то можна зробити висновок, що вони намагаються реалізувати саме таку стратегію в своєму ціновому сегменті. Проте виходить успішно далеко не у всіх. Багато закордонних фірм, що впроваджували таку систему, опинилися у вкрай важкому становищі внаслідок не до кінця точного впровадження цієї системи. Лідером в реалізації цієї стратегії є автомобільна фірма «Тойота». Відомий авторитет стратегічного управління професор Гарварду Майкл Портер називав таку стратегію «опинитися між двох стільців» або «ті, що загрузли на півдорозі». І хоч А. Дж. Стрікланд та А.А. Томпсон, в своїх класифікаціях загальноконкурентних стратегій посилаються саме на Майкла Портера, але в його роботах існує саме таке визначення стратегії «Тойоти». Це говорить лише про те, що під час написання даної роботи «Тойота» мала проблеми з реалізацією даної стратегії. Це зрозуміло - дана стратегія, на наш погляд, є найскладнішою в реалізації. Але вона є і найефективнішою - «Тойота» давно випередила своїх дуже потужних і вмілих американських, німецьких, французьких, японських і інших конкурентів - GM, Audi, Mercedes, BMW, Citroen, Nissan ті інших.. Частка авторинку і обсяг реалізації продукції в світі у неї постійно збільшується навіть у кризові часи. Висновок – стратегія дуже ефективна. Всім зрозуміло, що треба зробити - реалізувати таку стратегію в своїй галузі. Залишається одна велика проблема - як це зробити. Дуже багато визначних дослідників працюють в цьому напрямку. Одним з найактуальніших напрацювань в світі стратегічного управління є стратегія «блакитного океану» гарвардських професорів Чена Кіма та Рене Маборн. На нашу думку, головна ідея цієї роботи полягає в механізмі створення прийомів реалізації даної стратегії «блакитного океану» - тобто, висловлюючись усталеними термінами стратегічного управління, стратегії оптимальних витрат. В своїй відомій книжці вони наводять приклад «Тойоти» як приклад успішної реалізації саме такої стратегії. Надаються

досить конкретні і цікаві рекомендації щодо прийомів реалізації такої стратегії. Проте це зовсім не означає, що скориставшись цими рекомендаціями, можна легко або відносно легко створити і реалізувати таку стратегію. В своїх інтернет-розсилках вони постійно наводять приклади успішної реалізації стратегії «блакитного океану» (автор є одним з чисельних отримувачів таких розсилок). Але кожен з цих прикладів є не просто прикладом автоматичного застосування даних алгоритмів та методів і гарантованого результату, а прикладом творчого застосування даної методики. Секрет успіху стратегії «Тойоти», як і будь-якої стратегії, полягає. як цілком слушно зауважують А. Дж. Стрікланд та А.А. Томпсон, в багатьох складових: системі розробки продукції, системі управління якістю, системі управління персоналом, системі організації виробництва і т. д. На нашу думку, саме система організації виробництва є одним з найважливіших і складних для копіювання факторів, які вивели цю компанію в лідери. Дана система давно і широко відома в світі під різними назвами – «точно в строк» («just in time»), «синхронізоване виробництво», «гемба кайдзен», «бережливе виробництво». Це пояснюється тим, що різні назви використовують різні автори, а також тим, що протягом тривалого часу система удосконалювалася і акценти переносилися з одних моментів на інші. На даному етапі розвитку найбільш широко визнаним терміном є термін «бережливе виробництво», в якому втілюються всі найкращі надбання, пов'язані з іншими термінами. Головною метою створення системи «бережливого виробництва» є максимальне зниження витрат на виробництво при виготовленні бездоганної за якістю продукції. Таке завдання ставлять перед собою майже всі виробники з будь-якими загальноконкурентними стратегіями з більшими або меншим акцентом на це. Основним елементом цієї системи є саме система організації виробництва, або ж організації операційного менеджменту.

Виникнення комп'ютерів значно збільшило можливості людини в пізнанні природних процесів та в можливості їми керувати. В тому числі і в управлінні виробництвом. Тому актуальним є удосконалення вирішення проблем управління в умовах автоматизації, в тому числі з вирішення проблем операційного менеджменту. Саме цьому питанню присвячена дана робота.

1.ТЕОРЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ОСНОВНИМ ВИРОБНИЦТВОМ

1.1 Напрямки удосконалення оперативного управління основним виробництвом

Технічний прогрес і суспільний розподіл праці обумовлюють необхідність поділу управлінських функцій за рівнями управління (корпорація, підприємство, цехи, дільниці, робочі місця) та функціями (стратегічне управління, бюджетування, управління технічною підготовкою виробництва, операційний менеджмент і т. ін.) Розподіл функцій за рівнями можна назвати вертикальним розподілом, а за функціями – горизонтальним розподілом.

На будь-якій ступені управління є система (або орган) управління і керована система. Промислове підприємство (а саме його ми зараз розглядаємо) є об'єктом управління для корпорації або холдингу. В свою чергу, система управління підприємства є органом управління стосовно цеху, система управління цехом є керуючим органом відносно до дільниці і так далі. Це наочно видно на схемі управління (рис. 1.1), з якої зрозуміло, що система управління будь-якого рівня може бути керуючою або керованою залежно від того, по відношенню до якого об'єкту управління розглядається процес управління.

Рациональне поєднання, необхідність адекватності керуючої і керованої ланок витікають з найважливішої тези економічної кібернетики – закону необхідної і достатньої різноманітності, який полягає в тому, що різноманітність керуючої системи повинна відповідати різноманітності керованої системи. Тільки за таких умов управління буде ефективним[9,12,42].

Процес управління на будь-якому ступені представляє собою взаємодію органа і об'єкта управління, який здійснюється за допомогою обміну інформацією між ними. Орган управління задає об'єкту мету на певний термін. Ця мета доводиться у вигляді планових завдань, розроблених на підставі отриманих від вищих органів управління. Об'єкт управління здійснює виконання планових завдань та звітує перед органом управління останній за результатами виконання напрацьовує нові управлінські впливи на об'єкт управління.

Інформаційний зв'язок, що передає керівний вплив органу управління на об'єкт управління, в теорії управління називають прямим зв'язком, звітність об'єкту управління перед органом (інакше кажучи, облік ходу виконання об'єктом управління отриманих планових завдань) – зворотнім зв'язком.

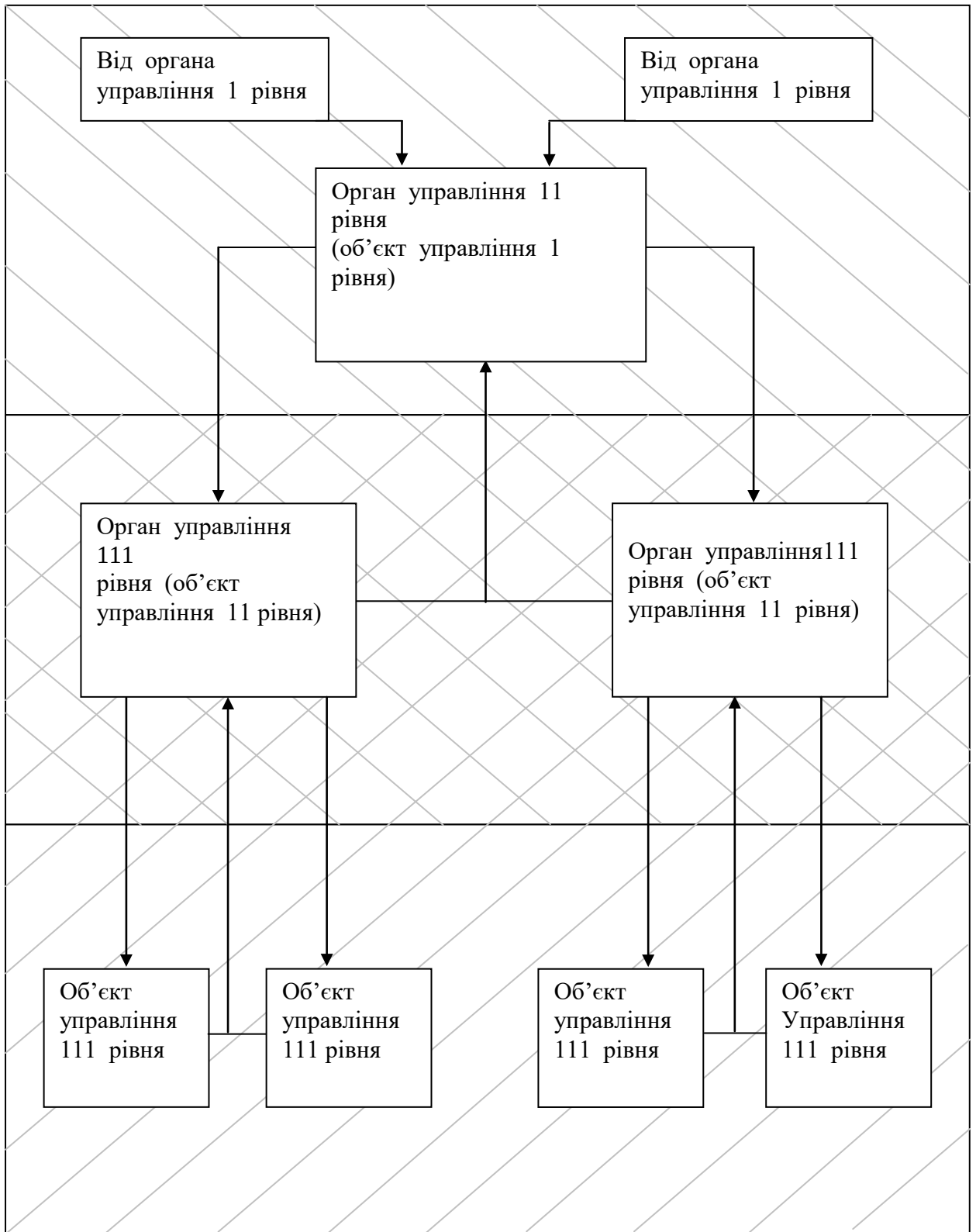


Рис.1.1 Принципова схема управління виробництвом

Наявність прямого і зворотного зв'язку є необхідною умовою процесу управління, тому що інформаційний зв'язок між органом і об'єктом управління повинен бути замкненим. [9,12]

При розриві цього зв'язку навіть в одному місці управління порушується і втрачає сенс. При відсутності прямого зв'язку об'єкт управління не буде отримувати поставлених завдань і строків їх виконання, при відсутності зворотного зв'язку орган управління втрачає контроль над об'єктом управління.

Періодичність інформаційного обміну, що здійснюється між об'єктом і органом управління називають кроком управління. Крок управління – це період, за який між органом і об'єктом управління здійснюється один оборот інформаційного обміну. Інакше кажучи, це період часу, по закінченню якого орган управління отримує інформацію про стан об'єкту управління і на її підставі розробляє відповідні нові команди для останнього з метою усунення відхилень від запланованого ходу виробництва, що виникли. Чим менший крок управління, тим менше час затримки керуючого впливу, направлено на усунення цих відхилень.

Крок управління може дорівнювати періоду планування або бути меншим. У першому випадку управління зводиться до фіксації отриманих результатів виконання наміченого плану, вплинути на який вже неможливо, у другому випадку здійснюється періодичний контроль за ходом виконання директивного плану. Тим самим надається можливість завчасно розробляти і впроваджувати необхідні заходи для виконання плану. Прийнятий крок управління відповідно до директивного планового періоду характеризує оперативність управління. Чим менший крок управління по відношенню до директивного періоду планування, тим вище оперативність управління. Виходячи з цього ступінь оперативності управління можна визначити наступною формулою

$$O_y = \frac{D_n}{K_y} - 1 \quad (1.1);$$

де O_y - величина, що характеризує ступінь оперативності управління і яка показує, скільки разів протягом періоду планування орган управління здійснює контроль за ходом виробництва, виключаючи контроль, за яким результати виконання завдання отримуються на весь плановий період;

D_n - тривалість директивного періоду планування;

K_y - крок управління.

З наведеної формули видно, що у випадку, коли директивний період планування і прийнятий крок управління однакові, оперативність буде дорівнювати нулю. І це зрозуміло, тому що управління, при якому результати роботи керованого об'єкту відомі тільки після закінчення директивного періоду планування, не можна назвати оперативним. Користуючись даною формулою, можна визначити ступінь оперативності для будь-якої підсистеми – техніко-економічного планування, управління технічною підготовкою

виробництва, оперативного управління, матеріально-технічного постачання і т.п.

Підсистема оперативного управління основним виробництвом здійснює конкретизацію у часі і просторі директивних планів по виготовленню продукції і забезпечує їх виконання, і є вирішальною в системі управління виробництвом. Вона займає центральне місце також і в управлінні основним виробництвом. Відповідно підсистема повинна мати більш високий ступінь оперативності порівняно з іншими підсистемами, що і спостерігається в даний час. Особливо великі можливості для збільшення оперативності управління відкриваються з розвитком і впровадженням економіко-математичних моделей, методів та ЕОТ. Оперативне управління здійснюється за допомогою реалізації функцій, склад і зміст яких визначається тими завданнями, що стоять перед ним. Декомпозиція системи операційного менеджменту на керуючу і керовану підсистеми обумовлюється конкретним складом завдань, що розглядаються на різних рівнях управління і міжрівневих стиках: підприємство– цех, планово-диспетчерський відділ заводу– виробничо-диспетчерське бюро цеху, начальник цеху– майстер, майстер– виробнича бригада, бригадир– робітник.

Керованою системою є виробничий процес по виготовленню і випуску готової продукції з усіма його елементами: засобами праці, предметами праці, і самим процесом праці. Всі зміни, що відбуваються у виробничому процесі, впливають на складність його як об'єкта управління, тобто зміна його різноманітності повинна знайти адекватне відображення в побудові системи операційного менеджменту. Практичним наслідком принципу необхідної різноманітності стосовно побудови системи операційного менеджменту є:

- упорядкування керованого об'єкту з метою наближення його стану до оптимального стосовно встановленого критерію;

- надання керуючій системі властивостей, необхідних і достатніх для ефективного впливу на керований об'єкт;

- упорядкування самого об'єкту керування, зменшення його різноманітності і можливих станів з метою прискорення розробки ефективних керуючих впливів.

Це означає, що система управління повинна бути побудована у вигляді комплексу структурних елементів, чітко скоординованих між собою за допомогою завдань, стимулів і обмежень, і одночасно бути достатньо самостійними господарюючими одиницями, що вирішують завдання управління відповідною часткою виробничого процесу, тобто кожний структурний елемент повинен діяти самостійно.

Найважливішими умовами, що забезпечують автономність функціонування, є:

- замкненість контурів управління для кожного автономного елемента (тобто планування, облік, контроль, аналіз і регулювання діяльності діляниць

виробництва виконується, орієнтуючись на критерії ефективності господарської діяльності цієї дільниці);

існуванням для кожного елемента стимулів і важелів, що забезпечують йому достатню свободу при виборі рішень і в той же час зацікавленість в досягненні загальної поставленої мети ;

відносна незалежність діяльності автономних елементів один від одного, що забезпечує мінімальність зв'язків між елементами як за кількістю, якістю, обсягом і періодичністю.

Реалізація цих принципів (їх називають принципами автономності) при проектуванні системи операційного менеджменту дозволяє:

істотно підвищити надійність системи за рахунок механізмів самоуправління, яка дозволить або не допускати локальних „збоїв”, або оперативно ліквідувати їх власними засобами;

істотно покращити експлуатаційні характеристики за рахунок підвищення значущості вхідної і дієвості вихідної інформації;

знижити обсяги опрацювання даних при виконанні розрахунків;

підвищити якість управління і покращити показники господарської і виробничої діяльності для кожного автономно працюючого елемента;

спростити технологію розробки, впровадження і експлуатації систем оперативного управління основним виробництвом, як автоматизованих, так і не автоматизованих, тому що розробка їх компонентів у більшості випадків може вестись незалежно, з урахуванням їх актуальності і підготовленості в умовах конкретного виробництва.

Практично автономність елементів системи управління означає програмно-цільову організацію виробництва, побудовану на подетальній (або предметній) спеціалізації цехів (дільниць), та за уніфікованою груповою або типовою технологією.

Система операційного менеджменту, як і будь-яка система, характеризується метою, критеріями досягнення мети, функціями планування, організації обліку, контролю, аналізу, активізації і регулювання, що забезпечують цілеспрямовану діяльність структурою, тобто складом елементів і їх взаємодією в процесі управління виробництвом. Кінцевою метою операційного менеджменту у повній відповідності з системою цілей підприємства є забезпечення виконання у встановлені строки планів виробництва продукції, реалізації і її постачання у відповідності з укладеними угодами, номенклатурою і якістю при раціональному використанні всіх виробничих ресурсів. Необхідність упорядкування системи операційного менеджменту з метою підвищення її оперативності, використання оптимізаційних методів прийняття рішень, автоматизації розрахунків у відповідності з третім наслідком закону необхідної різноманітності обумовлюють реалізацію специфічної функції системи операційного менеджменту – самовдосконалення. Схема функціональної структури оперативного управління представлена на рис 1.2.

Визначальне значення системи операційного менеджменту у виробничій діяльності підприємства підкреслюється багатьма дослідниками [15,31,35,42,49,78]. В різних роботах наведені різні дані про частку різноманітних умов і причин, що заважають ритмічній роботі підприємств. Важливо зазначити, що аналіз цих даних приводить до висновків, які не співпадають з точкою зору практичних працівників відносно причин неритмічної роботи. Як показують дослідження, працівники підприємств найчастіше пов'язують неритмічну роботу з недоліками у матеріально-технічному постачанні, несвоєчасним надходженням матеріалів і комплектуючих від постачальників [60].. Проте аналіз фактичних даних не підтверджує цих припущень. Автори різних досліджень неоднаково формулюють причини і ступінь їх деталізації при аналізі ступеню впливу різних факторів на рівень ритмічності роботи підприємства, але все ж можливо визначити загальну тенденцію в причинах неритмічної роботи. [5,6,7,11,15,16,19,20,21,24,25,26,29,39,40,42,43,50,57,69,70]. Головна причина неритмічної роботи підприємств – низька якість оперативного управління основним виробництвом – від 35% до 60%. Відповідно питома вага причин, пов'язаних з незадовільним матеріально-технічним постачанням в 2-3 рази менша. Цей висновок підтверджують і інші дослідники. Вони відзначають, що постачання – це важлива умова, що забезпечує передбачену планом організацію виробництва, але недооцінка таких факторів, як виникнення вузьких місць за ходом технологічного може привести до хронічного порушення ритмічності навіть в умовах повного забезпечення виробництва всіма необхідними матеріальними ресурсами. Робиться висновок, що „ритмічна узгоджена робота робочих місць, виробничих підрозділів і всього підприємства в цілому безпосередньо залежить від запланованого режиму і встановлених планом пропорцій. Саме ці пропорції – об'ємні і календарні співвідношення робіт, що виконуються окремими ланками підприємства і забезпечують в першу чергу не тільки ритмічну роботу, але і саму можливість чіткої організації матеріально-технічного постачання (МТП)”[15,16,20,21].

Те, що недоліки пов'язані перш за все з низькою якістю операційного менеджменту, підтверджує той факт, що тривалість простоїв лінії складання готових виробів складає, як правило, не більше 30-40 хвилин. За цей час служба МТП не зможе вплинути на роботу підрозділів постачання. Висловлюється думка, що в механічних і складальних цехах найбільше часу втрачається внаслідок несвоєчасної подачі заготовок, матеріалів, комплектуючих деталей, а в заготівельних - внаслідок несправності устаткування, оснащення і нечіткої організації роботи в межах цеху, тобто знову-таки внаслідок низької якості системи операційного менеджменту

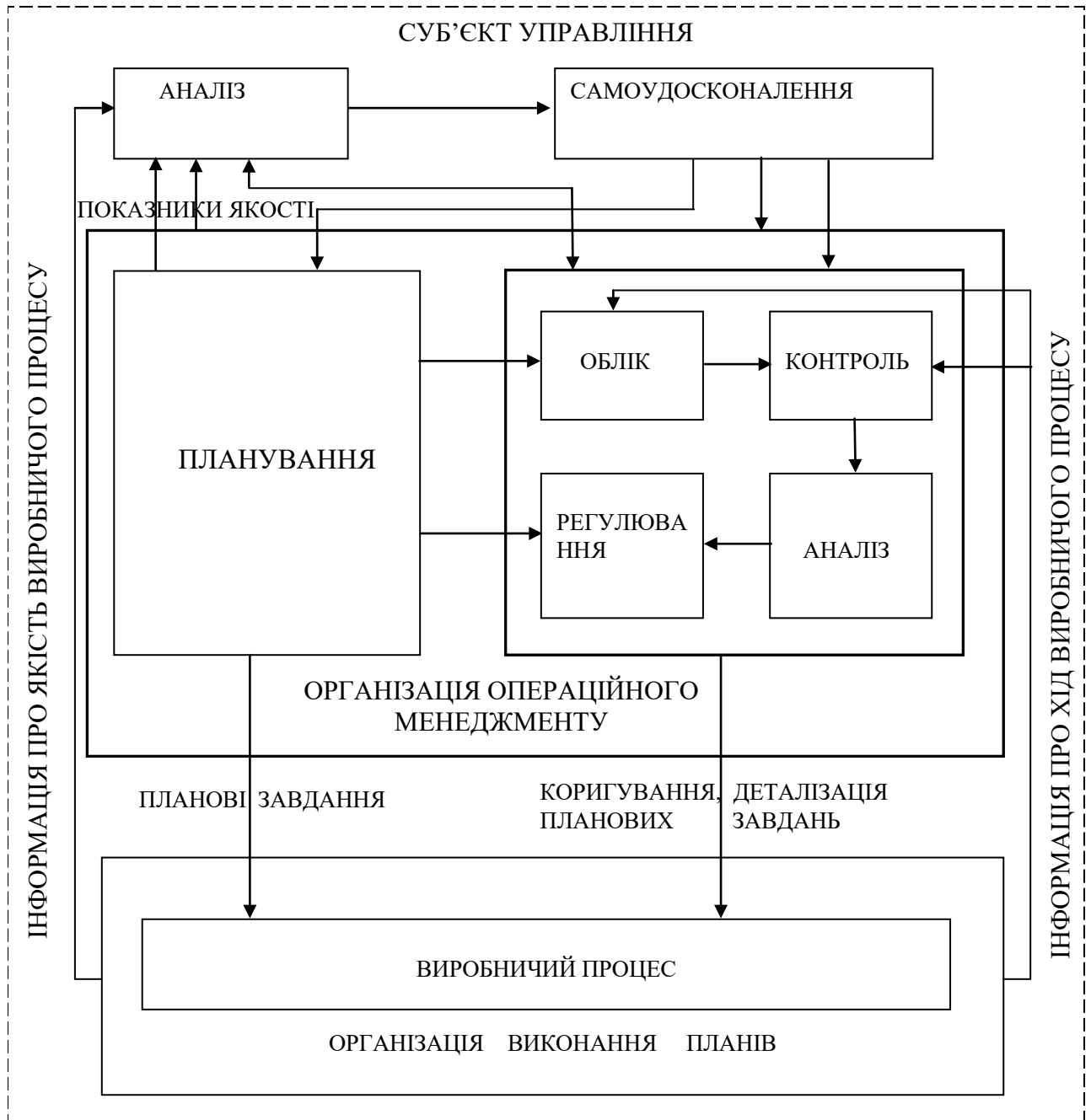


РИС.1.2 СХЕМА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОПЕРАЦІЙНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Незадовільна якість операційного менеджменту викликає ріст простоїв устаткування і робітників, втрачається стабільність і прогнозованість виробничого процесу, знижується ритмічність виробництва; намагання надолужити втрачене призводить до необхідності працювати понаднормово, що призводить до перевитрат фонду зарплатні і проблем з якістю продукції, до прискореного виходу з ладу устаткування, яке використовується з порушенням правил експлуатації, з значним перевантаженням, відхиленнями від технології і як наслідок - підвищена кількість дефектів, порушення виконання угод і контрактів, виникають проблеми з персоналом - порушується трудова етика, зростає плинність кадрів, що призводить до сталого падіння якості продукції, різкі коливання в трудовому ритмі в кінцевому рахунку негативно впливають на продуктивність праці, зростає собівартість продукції, не виконануються контракти та втрачається довіра у контрагентів, а значить, відбувається погіршення стратегічної позиції з усіма відповідними наслідками. Все це спостерігається в умовах, коли устаткування і робітники завантажені в межах, близьких до нормативу. В даний час можна спостерігати роботу промислових підприємств, завантажених значно нижче нормативних показників. В таких умовах низька якість оперативного управління основним виробництвом не створює таких серйозних проблем, але все одно проблеми виникають. Це недостатня завантаженість робітників і устаткування протягом робочої зміни, проблеми з оплатою праці робітників, недостатні можливості нагромадити амортизаційні відрахування для реновації устаткування, недозавантаженість протягом зміни разом з необхідністю працювати понаднормово і т. ін.

Сучасне підприємство відноситься до систем високого ступеню складності, тому що складається з великої кількості елементів з різноманітними зв'язками між ними [36]. Разом з тим воно є єдиним цілим, здатним до розвитку, тобто є складною динамічною системою. Такі системи дослідники відносять до класу погано організованих систем, тому що вони мають такі ознаки:

- стохастичність поведінки;
- нестабільність окремих параметрів;
- здатність адаптуватися до умов середовища, що швидко змінюється;
- можливість зміни структури при збереженні властивостей єдиного цілого;
- здатність формувати різні варіанти поведінки і вибирати серед них найкращий [36,45].

Складність керування такими системами призвела до необхідності застосування засобів автоматизації управлінських процесів, створенню систем автоматизованого управління підприємством. Завдяки впровадженню автоматизованих систем управління підприємством вдалося

досягти підвищення ритмічності роботи підприємств, зменшити внутрішньозмінні втрати робочого часу, обсяги незавершеного виробництва, покращити інші господарські показники. Система операційного менеджменту, що працює в межах автоматизованого управління, дозволяє різко підвищити рівень і якість планування, оперативність і дієвість планових завдань і даних про хід виробничих процесів. Це дозволило помітно скоротити простой устаткування і робітників, скоротити обсяги незавершеного виробництва, підвищити обіговість обігових засобів. [6,35,45]. Проте необхідно сказати, що більшість вирішених проблем відноситься до міжцехового рівня, а проблеми внутрішньоцехового в більшості навіть сучасних автоматизованих систем управління залишаються невирішеними або вирішеними на незадовільному рівні. Так, побудова оптимізованих планів-графіків завантаження устаткування здійснюється лише в найдосконаліших системах зразка ВААН та ІТ-Технології [28,63,71]. Аналіз практики внутрішньоцехового оперативного управління дозволяє сформулювати основні причини, які затримують процес автоматизації оперативного управління,

1. Недостатній рівень завантаженості виробничих потужностей підприємства, що робить процес автоматизації оперативного управління недостатньо актуальним і економічно обґрунтованим.

2, Недостатність коштів на розробку і придбання систем автоматизованого оперативного управління у більшості сучасних українських підприємств, керівники яких вважають, що є більш важливі на даний час завдання.

3. Недостатньо добре працюючі системи автоматизованого управління, при розробці яких допущені такі недоліки:

- неврахування при розробці виробничих систем принципів автономності функціонування;
- побудова систем автоматизованого управління як централізованих, а не багаторівневих ієрархічних структур, що стримує процес автоматизації на внутрішньоцеховому рівні;
- неповне врахування принципів системного підходу при постановці розробці комплексу задач оперативного управління, зокрема, при розробці нормативної бази оперативного управління, що призводить до отримання неякісної нормативної бази; недостатня оснащеність підприємств, особливо виробничих підрозділів, ПЕОМ;
- відсутність в складі проблемного математичного забезпечення моделей, що імітують виробничий процес у темпі виробництва;
- висока вартість і складність розробки таких моделей;
- недостатній рівень кваліфікації кадрів: слабка теоретична підготовка, погані навички роботи на сучасній комп'ютерній техніці.

Недостатній рівень автоматизації призводить до того, що на підприємстві розробляються, як правило, лише укрупнені календарні

плани-графіки запуску-випуску деталей, які відображають хід виробництва лише приблизно. Такі плани-графіки мають невисоку практичну цінність, тому що організувати виробництво за такими документами складно, їх треба ще доопрацьовувати, вирішуючи складні питання чергування обробки партій деталей на робочих місцях. Якщо ж на деяких підприємствах і розробляють по детально-поопераційні плани-графіки, то забезпечити їх виконання досить складно. Розроблені документи порушуються на другу-третю добу, а то й раніше. Перескладання повинно бути реалізовано в реальному масштабі часу, але це, як правило, неможливо внаслідок багатьох причин.

Відсутність якісної нормативної бази є серйозною причиною, що стримує організацію якісного внутрішньоцехового операційного менеджменту. Це зрозуміло, тому що календарно-планові нормативи є інформаційною базою системи операційного менеджменту. Це підтвердили і наші дослідження, наприклад, кіровоградських підприємств ТОВ. «Астра-С», ПАТ «Дозавтомати» та ПАТ «Завод Сегмент»[60]. Науково обґрунтована система КПН дозволяє організувати ефективну роботу виробничих підрозділів за раціонального використання всіх видів ресурсів і забезпечити безперебійну роботу споживаючих підрозділів на базі використання по детально-поопераційних календарних планів-графіків, які є вихідним документом для складання змінно-добових завдань. Необхідно також удосконалювати методи побудови і використання календарних планів-графіків, а також ставитися до них як до адаптивного нормативу.

Якісний операційний менеджмент дозволить:

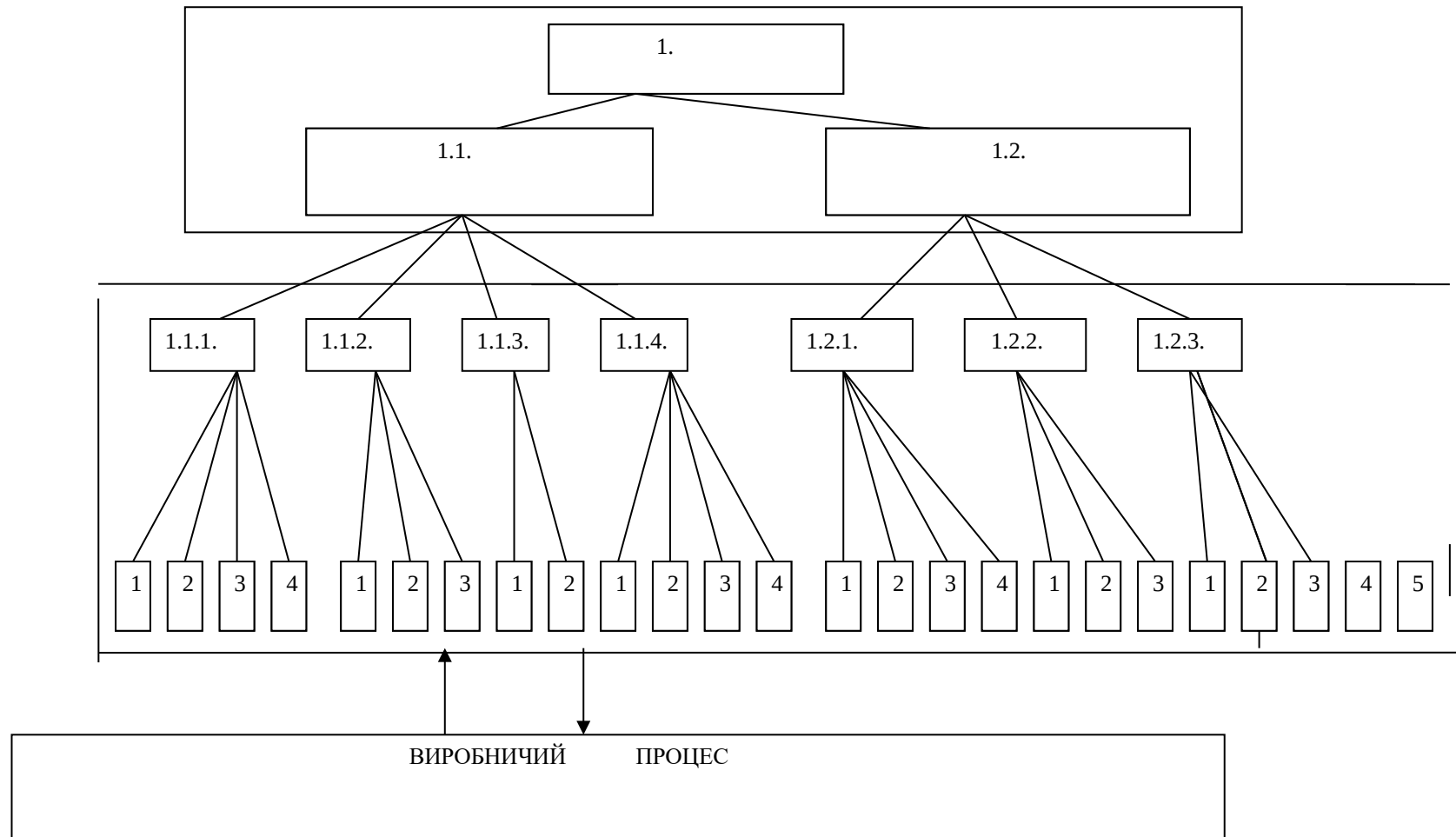
- забезпечити рівномірне завантаження устаткування і використання його найкращим чином;
- забезпечити ритмічний випуск продукції;
- мінімізувати незавершене виробництво, звести до мінімуму пролежування предметів виробництва;
- виконувати планові завдання у встановленні строки в заданій кількості за обсягами і номенклатурою, тобто створити всі умови для виконання угод і контрактів. [6,11,15,20,21, 24,25].

1. 2. Нормативи в оперативному управлінні основним виробництвом.

Головним завданням у виробничій діяльності підприємства є своєчасне виконання укладених контрактів з виготовлення і постачання продукції згідно номенклатури, обсягів і строків. Це ставить перед системою операційного менеджменту завдання „ по забезпеченню узгодженого і комплектного ходу виробництва по виготовленню та випуску продукції у встановлених обсягах і строках при найкращому використанні всіх виробничих ресурсів”[19].

Головна мета системи операційного менеджменту дозволяє побудувати дерево цілей, яке є основою синтезу елементів системи операційного менеджменту, їх агрегування на більш високих рівнях і декомпозиції на

нижчих. Дерево цілей включає завдання на різних рівнях ієрархії. Перший рівень - головна задача функціонування системи операційного менеджменту, вона поділяється на дві задачі другого рангу, які відображають дві сторони функціонування системи: управління виробництвом і організацію процесу. Завдання третього рангу - напрямки реалізації конкретних функцій оперативного управління виробництвом. Глибина декомпозиції завдань системи операційного менеджменту залежить від призначення дерева цілей і може бути продовжена до четвертого, п'ятого і т.п. рівнів. Дерево цілей не повинно мати дуже багато рівнів, тому що це зробить систему занадто великою, потребує дуже великої кількості показників. На рис 1.3 наведено граф дерева цілей, а в таблиці 1.1 сформульовані цілі (завдання) до четвертого рівня включно



Рис,1,3 Дерево цілей системи операційного менеджменту

Таблиця 1.1

Система цілей оперативного управління виробництвом.

Ранг цілі	Шифр цілі	Формулювання цілі
1	2	3
1	1	Забезпечити узгоджену роботу всіх підрозділів виробництва по виготовленню і випуску встановленої номенклатури завдань згідно укладеними угодами на постачання продукції при найкращому використанні всіх виробничих ресурсів і раціоналізації витрат на управління.
2	1.1	Виконувати плани по виготовленню і випуску заданої номенклатури виробів у встановлених обсягах і строках при найкращому використанні всіх видів ресурсів.
3.	1.1.1	Забезпечення високоефективного планування виконання планів виробництва продукції.
4.	1.1.1.1.	Забезпечити якісну нормативну базу
4.	1.1.1.2.	Розробляти раціональні плани виробництва.
4.	1.1.1.3.	Розробляти раціональні календарні плани роботи дільниць.
4.	1.1.1.4.	Розробляти раціональні змінно-добові плани.
3.	1.1.2.	Забезпечити якісний контроль, облік і аналіз ходу виробництва.
4.	1.1.2.1.	Забезпечити ефективний контроль за ходом виробництва.
4.	1.1.2.2.	Забезпечити ефективний облік ходу виробництва.
4.	1.1.2.3.	Забезпечити ефективний аналіз ходу виробництва.
3/	1.1.3.	Забезпечити високоефективне регулювання виконання плану виробництва
4.	1.1.3.1.	Забезпечити ефективне регулювання ходу виробничого процесу на міжцеховому рівні.
4.	1.1.3.2.	Забезпечити ефективне регулювання ходу виробничого процесу на внутрішньоцеховому рівні.
3.	1.1.4.	Організувати виконання планів виробництва продукції.
4.	1.1.4.1.	Своєчасно доводити розроблені плани за призначенням.

Продовження табл 1.1.

1	2	3
4.	1.1.4.2.	Організувати раціональний хід виробничого процесу.
4.	1.1.4.3.	Організувати забезпечення цехів, ділень, робочих місць матеріалами, заготовками, напівфабрикатами у відповідності з календарним планом.
4.	1.1.4.4.	Організувати забезпечення цехів, ділень, робочих місць інструментом і пристроями у відповідності з календарним планом
4.	1.1.4.5.	Організувати забезпечення цехів, ділень, робочих місць технічною документацією у відповідності з календарним планом
2.	1.2.	Раціоналізувати витрати , пов'язані з операційного менеджменту, на виконання плану виробництва продукції
3.	1.2.1.	Забезпечити раціональне використання робочого часу і зниження простоїв устаткування.
4.	1.2.1.1.	Раціонально планувати завантаження робочих і робочих місць.
4.	1.2.1.2.	Зменшувати простой устаткування па планове обслуговування.
4.	1.2.1.3.	Організувати своєчасне забезпечення робочих місць всіма необхідними ресурсами, документами, завданнями.
4.	1.2.1.4.	Забезпечити якісний контроль і облік простоїв робочих і робочих місць.
3.	1.2.2.	Раціоналізувати витрати на незавершене виробництво.
4.	1.2.2.1.	Підтримувати рівень запасів незавершеного виробництва в межах нормативів.
4.	1.2.2.2.	Організувати роботу по зменшенню нормативів НЗВ.
4.	1.2.2.3.	Зменшувати витрати на зберігання і транспортування НЗВ,
3.	1.2.3.	Раціоналізувати витрати на оперативне управління.
4.	1.2.3.1.	Раціоналізувати організаційну структуру системи операційного менеджменту.
4.	1.2.3.2.	Застосовувати засоби малої механізації і оснащення.

Продовження табл 1.1.

1	2	3
4.	1.2.3.3.	Автоматизувати систему операційного менеджменту.
4.	1.2.3.4.	Удосконалювати методи виконання управлінських функцій в системі операційного менеджменту.
4.	1.2.3.5.	Підвищувати якість роботи робітників системи операційного менеджменту.

Як відомо [9,36], в загальному розумінні під системою розуміють єдине ціле, що складається з багатьох елементів з набором зв'язків між ними і їх властивостями. Ці зв'язки і властивості, що характеризують взаємозв'язок упорядкованість і взаємодію даних елементів, є конкретним проявом головного принципу системного підходу - цілісності.

Виходячи з сутності системи, при її вивченні або формуванні на основі системного підходу виділяють триєдині взаємопов'язані частини: функціональну, елементну і організаційну. Ці складові частини (підсистеми) цілого обумовлені цілісністю трьох сторін (аспектів) системи, а саме: взаємозв'язку, єдності і взаємодії. [9,36]

Функціональний аспект визначає коло функцій, які повинна виконувати система і її відповідні відокремлені підсистеми. Функціональні підсистеми, що складаються з сукупності взаємопов'язаних функцій з однаковою цільовою спрямованістю, визначають склад вирішуваних ними завдань і в підсумку формулюють логіку функціонування системи. Елементний аспект передбачає дослідження і побудову об'єкта як системи і встановлення елементного (компонентного) складу. Його дослідження необхідно для обґрунтованого аналізу і забезпечення на підставі синтезу цілісності системи при її побудові (проектуванні). Організаційний аспект визначає структуру системи, ясну і точну мету функціонування для кожної її структурної складової і реалізує завдання, передбачені функціональним призначенням[9,43]

Система календарно-планових нормативів (КПН), або нормативна база, є складовою частиною системи оперативного управління основним виробництвом. Існують різні підходи до її визначення, дуже часто прямо протилежні, і відповідно протилежні методики формування. Проте майже всі вони використовують такий термін, як „якісна” або „науково обґрунтована”. Щоб з'ясувати ситуацію, розглянемо роль і місце системи календарно-планових нормативів з точки зору загальних законів управління, законів економічної кібернетики. На рис 1.3. представлено функціональний аспект системи оперативного управління основним виробництвом. З нього зрозуміло, що дана система – багаторівнева і являє собою комбінацію елементів, частин, підсистем, розташованих на

різних рівнях ієрархії. Постулат сумісництва, прийнятий в теорії багаторівневих ієрархічних систем, стверджує, що для успішної роботи багаторівневої системи суттєво важливо, щоб цілі (завдання) її підсистем були узгоджені між собою [36]. Звідси виходить висновок стосовно організаційного аспекту системи КПН: вона (ця система) повинна бути орієнтована на досягнення глобального критерію оптимальності функціонування системи операційного менеджменту.

З наведеного рисунку видно, що функцію визначення завдань виконує верхній, перший рівень. Третій рівень відображає виробничий процес. Другий, проміжний рівень, виступає як механізм адаптації (саморегуляції).

Цей рівень на підставі інформації першого рівня і даних щодо виробничого процесу здійснює пошук оптимального режиму виробництва – він визначає нормативні параметри ходу виробництва.

Доцільність різних регулюючих і організаційних процесів визначається їх ефективністю, тобто співвідношенням витрат і економії, пов'язаних з їх впровадженням. Тому система регулювання ходу виробництва повинна мати властивість безперервно пристосовуватися до змінних умов виробництва для досягнення максимальної ефективності виробництва.

Таким чином, система КПН представляє собою механізм адаптації виробничої системи до вимог першого, найвищого рівня виробничої системи [16]. Звідси витікає висновок стосовно системи календарно-планових нормативів: раціональне визначення системи КПН повинно відбуватися тільки на підставі узагальнюючого врахування всіх економічних і організаційних факторів. Склад календарно-планових нормативів залежить від типу і характеру виробництва, що визначають структуру і зміст оперативного управління виробництвом. Вирішальну роль система КПН відіграє в оперативному управлінні виробництвом на підприємствах з серійним характером виробництва. Це обумовлено тим, що чим більше форма організації виробництва відрізняється від безперервно-потокової, тим більше її невизначеність, тим більше ймовірність відхилення фактичного ходу виробництва від розрахункового. Чим більше невизначеність ходу виробництва, тим більшу роль відіграє механізм самоадаптації (пристосовуваності) її до змінних зовнішніх і внутрішніх факторів виробництва. Пристосування в оперативному виробництві здійснюється з допомогою календарно-планових нормативів, в яких знаходиться відображення основна маса знань про хід виробничого процесу. Проблема формування науково обгрунтованої системи КПН стає особливо актуальною в даний час ще й тому, що під впливом науково-технічного прогресу і ринкових умов роботи частка підприємств з серійним характером виробництва неухильно зростає. Сучасне підприємство має складну виробничу структуру і в ньому поєднуються різні типи виробництва.

Це проявляється в тому, що заготівельне і оброблювальне виробництво організоване як серійне, а складальне - як крупносерійне або масове. Професор В.А.Дуболазов назвав таке виробництво „різнотипним”[15]. Раціонально організувати його можна тільки на основі системи календарно-планових нормативів, що застосовуються в серійному виробництві. При цьому масове виробництво можна розглядати як серійне з величиною партії, що дорівнює одинокій потребі.

При організації оперативного планування серійного типу виробництва визначають, як правило, такі календарно - планові нормативи: величину партії деталей або складальних одиниць, величину серії виробів, тривалість виробничого циклу обробки партії, періодичність запуску-випуску партії деталей в обробку, випередження запуску –випуску партії деталей у виробництво, заробки (складські, циклові, такі, що переходять).

Проблемі розробки обґрунтованої системи календарно-планових нормативів присвячено багато теоретичних і практичних робіт, тому що ці нормативи істотно впливають на якість керівництва і рівень його техніко-економічних показників. Основні виробничі фактори, на які впливає система КПН, такі:

рівень витрат на виготовлення продукції, обсяги незавершеного виробництва, величина обігових коштів, показники використання устаткування і підвищення продуктивності праці. Наприклад, величину партії деталей пов'язують з показниками використання устаткування, підвищенням продуктивності праці, обсягом незавершеного виробництва, величиною обігових засобів.

Тривалість виробничого циклу впливає на обсяг незавершеного виробництва, величину запасів на всіх етапах виробничого процесу. Згідно рис.1.3. система календарно-планових нормативів є інструмент адаптації виробничої системи з метою забезпечення її ефективного пристосування до змінних зовнішніх і внутрішніх умов. Тут необхідно вказати на одну особливість щодо складу календарно - планових нормативів. Деякі дослідники відносять календарно-плановий графік до складу нормативів, деякі дослідники його нормативом не вважають. Ми погоджуємося з тими дослідниками, хто вважає КППГ нормативом, тому що вважаємо його нормативом, який дозволяє ефективно організувати виробництво. Саме календарний план-графік може забезпечити якісну адаптацію, поєднати вимоги верхнього рівня і врахувати можливості нижнього рівня. Проте, як говорить теорія і як відомо з практики, цей норматив часто порушується. Тому для продовження ефективної роботи треба його перебудовувати в реальному масштабі часу з урахуванням практичних обмежень, що склалися на виробництві і враховувати вимоги вищого рівня до організації виробничого процесу.

Календарний план-графік дає відповідь на основні питання, що постають перед системою оперативного управління основним

виробництвом, а саме: „які роботи виконувати”, „коли виконувати”, „де виконувати” (на якому робочому місці). Найвичерпніша інформація може бути отримана саме з календарних планів-графіків роботи виробничих підрозділів, в яких відображається послідовність виконання операцій для різних партій деталей і тривалість їх виконання на кожному робочому місці. Всю цю інформацію неможливо замінити тільки нормативними величинами партій і строками їх запуску-випуску у виробництво. З цього приводу професор В.М. Португал пише: „переваги теорії розкладів перед моделями об'ємного планування очевидні. В моделях теорії розкладів основним обмеженням є завжди обмеження за ресурсами, тобто відсутність перевантаження устаткування і побудова реальних календарних планів гарантується. При складанні календарних планів ми фактично моделюємо процес виробництва на ЕОТ, тобто можемо завчасно передбачити „вузькі” місця, найбільш небезпечні з точки зору зриву виконання завдань. І, нарешті, при складанні календарних планів за моделями теорії розкладів, як правило, проводиться оптимізація календарних планів, тобто ми отримуємо оптимальний (за вибраним критерієм) або близький до оптимального план. Зауважимо, що за яким би критерієм не оптимізували план, ми отримуємо деякий виграш не за рахунок залучення будь-яких додаткових засобів, а за рахунок більш правильної організації роботи, за рахунок внутрішніх ресурсів. Наприклад, якщо в якості критерія оптимізації приймаємо тривалість циклу виготовлення комплекту деталей, то в оптимальному розкладі тривалість циклу скорочується за рахунок зменшення простоїв устаткування і пролежування деталей” [44]

Відповідно, для удосконалення роботи системи оперативного управління основним виробництвом необхідно удосконалювати способи побудови календарних планів-графіків.

Передовий закордонний досвід підтверджує цей висновок. Однією з найдосконаліших систем оперативного управління основним виробництвом у даний час вважається система „just in time”-„точно в строк”(в закордонній літературі її також називають „канбан”, яка отримала подальший розвиток і відповідно такі назви як „бережливе виробництво”, „темба кайдзен”, „синхронізоване виробництво”) [26,34,38,39,40,50,66]. Ч.Макміллан, американський фахівець з управління, у розділі „Канбан на практиці” пише:„Тойота” працює за річним виробничим планом, який розбитий на дві складові. Перша з них містить виробничі показники для кожного типу і моделі виготовлюваної продукції. Друга – це власне план виробництва, тобто план ключових операцій. Обидві складові передаються всім суміжникам-виконавцям і постачальникам сировини та комплектуючих, щоб вони знали, що від них вимагають. Саме таким чином йде вирівнювання виробництва, тобто місячні плани переводяться в щоденні робочі графіки...”[34]. Хітосі Такеда, один з найбільш авторитетних дослідників системи синхронізованого виробництва Тойоти, зауважував: „Необхідно постійно покращувати виконання процесів і

операцій, не відступаючи від намічених цілей і дотримуючись фундаментальних принципів. Одним з таких принципів є виготовлення тільки необхідних деталей на усіх робочих станціях, для чого встановлюється **чітка послідовність виконання операцій обробки і складання** (виділено нами – авт.)" [57, стор 63].

Важливим напрямком удосконалення якості адаптації, а значить, і якості календарно-планових нормативів , є використання імітаційного моделювання в роботі системи оперативного управління основним виробництвом.

Імітаційні моделі є дуже важливим засобом аналізу. Тільки на підставі глибокого аналізу виробничих систем, дослідження всіх закономірностей протікання виробничих процесів, можливо підвищити якість управління всією системою, нагромадити інформацію, необхідну для синтезу ефективної системи управління. Видатний дослідник можливостей моделювання Р. Шеннон так обґрунтував його переваги :«Коли ставити експеримент на реальній системі дуже дорого і (чи) неможливо, часто може бути побудована модель, на якій необхідні експерименти можуть бути проведені з відносною легкістю і порівняно недорого з реальними експериментами. При експериментуванні з моделлю складної системи ми часто можемо більше дізнатися про її внутрішні взаємодіючі чинники, чим могли б дізнатися, експериментуючи з реальною системою; це стає можливим завдяки вимірюваним структурним елементам моделі, завдяки тому, що ми можемо контролювати її поведінку, легко змінювати її параметри і т. п.». [64, стор.23-24]

Основне призначення моделі отримали для обґрунтування основних засад теорії резервування, тобто для визначення величин внутрішніх резервів виробничої системи, які повинні бути представлені у розпорядження керівного органу одночасно з формуванням планового завдання.

Коло завдань, що вирішуються моделюванням, достатньо широке:

- визначення схеми руху деталей по операціям технологічного процесу, закріплення деталей на обробку за робочими місцями;
- визначення оптимального рівня заробітків;
- розрахунок тривалості виробничого циклу;
- визначення тривалості періоду планування;
- прогнозування роботи виробничої системи на майбутні періоди з певними вихідними даними;
- регулювання ходу виробництва у реальному масштабі часу та деякі інші.

2. КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК ЯК АДАПТИВНИЙ НОРМАТИВ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМ ПРОЦЕСОМ.

2.1. Аналіз методів побудови календарних планів-графіків.

Основним нормативом, що дозволяє організувати ефективну роботу виробничого підрозділу (цеху, дільниці), є оптимізований за певним критерієм календарний план-графік (КПГ) [5,20,38,40,50,52,57,61,69,70,75,76,77,78]. 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 (змін, доба) на нижніх рівнях виробничої ієрархії (цех, дільниця) і на стиках планових періодів.

Досвід розробки і створення підсистем оперативно-виробничого планування (сучасний вираз - операційного менеджменту) в рамках

економічних інформаційних систем як у нас в країні, так і за кордоном підтверджує сказане.

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" [36,39,40]. Наведемо також висловлювання одного з розробників системи бережливого виробництва - японського фахівця Сігео Сінго :

" 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)." [50, стор 151]. І далі:

" Звичайне планування виробництва проходить три стадії:

- основний графік — довгостроковий (дворічний, щорічний або квартальний);
- 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 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 " [50, стор 152]. Ясухіро Монден : "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 " [38, стор 92].

Можуть заперечити, що такі графіки важко будувати і вони легко руйнуються, особливо якщо вони були оптимізовані. Причини збурень виробничого процесу, що руйнують побудовані графіки, можуть бути найрізноманітнішими: аварійний вихід з ладу устаткування, поломка інструменту або оснащення, самовільна відсутність робітників або невихід на роботу, порушення надходження заготовок і т.д. Відомий і метод боротьби з цими збуреннями: відповідно до принципу зовнішнього доповнення - введення в систему розумної частки надмірності, тобто резервів. Навіть в конвеєрному виробництві, де найбільш ефективно реалізовані принципи безперервності, ритмічності, пропорційності і автоматичності як у нас в країні, так і за рубежом рівень резервування досягає 15-25% виробничої потужності. В дискретному виробництві, де рівень невизначеності набагато вищий, резервування тим більше обов'язково. Але тут резерви, як правило, знаходяться в прихованій формі. Для попередження порушення графіків в світовій практиці застосовують наступні методи:

- надійність устаткування повинна бути дуже високою - про це пишуть багато дослідників системи "точно в строк"
- поставки сировини і комплектуючих деталей проводяться за розрахованими графіками точно в строк всіляко прагнуть підвищити "надійність" працівника (заохочення здорового способу життя, виховання працівника в дусі "моя фірма - моя доля" і т.д.)

Якщо ж порушення ретельно розроблених планів-графіків роботи все ж таки трапляються, то їх перебудовують в реальному масштабі часу по оптимізуючих алгоритмах. Для цього необхідні відповідні технічні засоби і програмне забезпечення, наприклад, автоматизоване робоче місце (АРМ майстра з набором програм. У вітчизняній практиці добре зарекомендував себе підхід, що успішно використовувався ще в автоматизованих системах управління виробництвом (так раніше називалися економічні інформаційні системи)"Сігма" [35]. Всі деталі розбиваються на три групи за ступенем дефіцитності. В першу групу потрапляють хронічно дефіцитні деталі, в третю - ті, які в дефіциті опиняються вкрай рідко. Всі інші - в другу. Розбиття на групи проводять, як правило, працівники заводу: майстри, цехові і заводські диспетчери.

Для першої групи будуються детальні календарні плани-графіки за оптимізаційними алгоритмами. Для деталей другої групи календарні плани-графіки будують за спрощеними алгоритмами з меншою деталізацією - указуються тільки операції, які вимагається виконати над деталлю без вказівки робочих місць. Для третьої групи указуються терміни випуску

деталей і терміни їх рекомендованого запуску у виробництво з урахуванням випереджень.

Цей шлях дає економію часу на генерації планів. Крім того, розбиття деталей на групи по-перше, дозволяє сконцентрувати увагу керівництва на виробничій програмі відповідно до особливостей груп деталей; по-друге, забезпечити необхідну свободу в розподілі ресурсів, та дозволяє зменшити вплив стохастики на виконання виробничої програми; по-третє, повніше використовувати досвід колективу робітників, майстрів і диспетчерів. Якщо термін випуску деталі близький до порушення або порушений, деталь, залишаючись в тій же групі, при черговій побудові календарних планів-графіків одержує особливу мітку і підлягає першочергове випуску. Подібний підхід використовується при організації і плануванні виробництва деревообробних верстатів та зерносушильного устаткування на кіровоградській впроваджувальній фірмі ТОВ "Астра -С"[60].

На сучасному етапі розвитку електронно-обчислювальної техніки цей підхід, на наш погляд, вимагає подальшого розвитку. Річ у тому, що в описаному підході в недостатньому ступені був реалізований принцип оптимізації простоїв устаткування і мінімізації пролежування деталей. А розв'язати задовільно цю проблему, навіть дуже досвідченими диспетчерами і майстрами не завжди представляється можливим через велику складність задачі, Тому необхідно будувати докладні подетально-поопераційні графіки роботи устаткування і завантаження робочих місць в рамках економічної інформаційної системи, зберігаючи при цьому розбиття деталей на групи за ступенем дефіцитності. До того ж більш дефіцитні деталі матимуть більш високий; рівень пріоритету, який забезпечить перевагу при вирішенні конфліктної ситуації. За такого підходу деталі з більш високим пріоритетом оброблятимуться в першу чергу, з низьким - в останню. Для цього необхідно, щоб ЕОТ могла розробити декілька варіантів оптимізованих планів-графіків, а досвід диспетчерів і майстрів допоможе вибрати якнайкращий варіант. При цьому використовуються творчі можливості людини, він залучається до процесу управління, і, крім того, тільки людина може врахувати деякі обмеження виробництва, які немає можливості, та і необхідності, формалізувати.

Побудова оптимальних календарних планів-графіків в даний час є складною і трудомісткою задачею. Це пояснюється тим, що теорія і методологія побудови і оновлення календарних планів - графіків остаточно не була сформована, а також тим, що постановки календарних задач включають значну різноманітність виробничих умов. Як відомо, є декілька груп методів побудови календарних план-графіків, відповідних тому або іншому критерію оптимальності.

I. Точні методи

а) методи зведення задачі календарного планування до задачі цілочисельного лінійного програмування, використання динамічного програмування. Цими питаннями займалися Х.Вагнер А.Е. Боумен, А.Л.Лурье, Р.Беллман і деякі інші [3,4] .

Не дивлячись на помітні успіхи деяких дослідників (наприклад, А.С Мена) не вдається подолати велику розмірність створюваних моделей, через що ці методи не знайшли практичного застосування

б) комбінаторні методи: послідовного конструювання, аналізу і відсівання варіантів, метод "гілок і меж ". Ці методи розвиваються і в даний час вони знаходять більш широке застосування, але також є досить трудомісткими і мають обмежене вживання через велику розмірність одержуваних при вирішенні по них задачам.

2. Приблизні методи:

Це методи часткового перебору; метод направленого перебору ; метод Монте-Карло ; аналітико-пріоритетні і евристичні методи. У зв'язку з розвитком і упровадженням економічних інформаційних систем виникла потреба в рішенні задач календарного планування (КП) великої розмірності, з урахуванням численних технологічних і економіко-організаційних обмежень. Це привело до створення наближених методів, що дають прийнятне рішення в короткі терміни. Слід відмітити, що методи Монте-Карло, часткового і направленого перебору вимагають багатоваріантних переборів, які ускладнюють і обмежують їх практичне вживання.

В даній групі методів проф. В.А.Петров в свій час виокремив частину методів, відносячи їх до аналітико-пріоритетних: "Серед наближених методів рішення задач календарного планування є вельми представницька група, яку ми виділяємо і відносимо до аналітико-пріоритетних методів. Відмітна особливість методів цієї групи полягає в органічному використанні при вирішенні задачі математичної моделі, що будується виходячи з економіко-організаційної сутності задачі, а також алгоритмів, що враховують найважливіші виробничі обмеження за допомогою ранжирування за значущістю правил переваги (пріоритетів) Ці методи не повинні змішуватися з евристичними. В аналітико-пріоритетних методах є математична модель відповідно до функції-критерію, що дозволяє наблизити її рішення до оптимального, тоді як в евристичних методах така функція відсутня, або є в неявно вираженій формі, або задається як локальна функція пріоритету". І далі: "обмеженість принципів пріоритету полягає в тому, що вони забезпечують локальну оптимізацію, не гарантуючи оптимізацію процесу в цілому" [42, 43].

Ці методи були представлені в роботах С.О.Думлера, Ф. Л. Парамонова, К.Г.Татевосова, Я.І.Смоляра і Ф.Й. Бінштока, Ю.А. Львова, Б.І.Кузіна, П.Г.Вигнана , В.А.Петрова, Е.Г.Іоффе і ін. [17, 22, 23, 33, 43, 44, 49, 52, 53, 54]. В цій групі необхідно виділити частину розробок, присвячених створенню моделюючих алгоритмів побудови календарних графіків з використанням правил переваги при вирішенні конфліктних ситуацій (конфліктною вважається ситуація, коли декілька деталей одночасно претендують на обробку на конкретному робочому місці). Ці методи знайшли найширше практичне використання. Найбільш відомі, що затвердили себе на практиці, алгоритми наступних авторів: С.А.Думлера [19], Е. Г. Іоффе [22, 23]., Н.О.Саломатіна, Н.Б.Мироносецького [37]., І.П.

Шубкиної [68]., Т.Г.Подчасової, В.В. Шкурби [44]., В.А.Петрова [42,43,] та деякі інші.

Створення кожного з цих алгоритмів - крок в розвитку теорії і практики. Із цього приводу Н.Б. Мироносецький писав: "слід відмітити, що створення приблизного алгоритму рішення задачі календарного планування - алгоритму, що генерує календарні графіки, які за термінологією дослідження операцій можна назвати "хорошими" - складна і трудомістка задача. Для побудови ефективного евристичного алгоритму і його упровадження в практику планування потрібна напружена дослідницька робота в декілька людино-років" [37]. З літератури відомо, що професор В.А. Петров розробляв та удосконалював свій алгоритм А протягом більше 20 років [42,43], Н.Б.Мироносецький та І.П.Шубкіна працювали над своїм алгоритмом протягом біля 10 років. [67]. Можна прослідити тривалу історію створення і інших згаданих алгоритмів.

Евристичні функції (правила) пріоритету (переваги) є базою як аналітико-пріоритетних, так і евристичних методів

Основні типи функцій переваги:

1.Операційні, тобто такі, у яких аргументами виступають тільки параметри операцій, що беруть участь в конфлікті. Приклади -правило SIO "shortest internal operation" - найкоротшої операції або LIO - "longest internal operation" - правило найтривалішої операції.

2.Партійні - функції, аргументами яких є параметри більш ніж однієї операції над партією деталей або параметрами партії в цілому. Наприклад, функція реалізує правило LOT («longest operation time» - найбільшої тривалості циклу виготовлення). Модифікація її - функція LRT ("longest remaining time" - найбільший час виготовлення, що залишився).

3.Ресурсні - функції, аргументами яких є ті або інші параметри устаткування./ До них можна віднести функцію, що реалізує вирішення конфліктної ситуації в К –ій групі устаткування на користь тієї операції, для якої подальша за технологічним процесом операція повинна виконуватися на одному з верстатів групи устаткування, якнайменше забезпечених запасом деталей операцій. Спосіб використання функцій переваги може залежати також від динаміки розвитку процесу вирішення. . З цієї точки зору можна виділити наступні функції переваги:

1). Статичні - тобто такі, значення яких обчислюються тільки на основі початкової інформації задачі і не залежать від варіанту розвитку процесу рішення.

2). Динамічні, значення аргументів яких залежать від отриманого на момент часу конфлікту варіанту часткового рішення.

3). Прогнозні, при обчисленні яких береться до уваги і інформація про можливі варіанти розвитку процесу рішення після моменту.

Слід також розрізняти елементарний і комбінований способи використання функцій переваги. Елементарною називається така побудова алгоритмів, коли в процесі пошуку одного варіанту рішення аналогічний вираз функції переваги є незмінним і раціоналізованим по всіх

елементах моделі, що беруть участь в конфліктній ситуації. Комбінований спосіб вживання припускає наявність декількох різних аналітичних виразів функцій переваги, використання яких в даній конкретній конфліктній ситуації регламентується виконанням певних умов, Комбіновані функції переваги базуються на елементарних.

Ефективності використання різних функцій переваги присвячено багато робіт [3,8,33,37,44,49,52,53,58,66,68,73,74,75,76.77,78,79]. Серед всіх досліджених функцій виділяються більш або менш ефективні в різних виробничих ситуаціях для досягнення тієї або іншої мети. Деякі автори наводять результати своїх досліджень і говорять про дослідження більше ніж ста різних функцій переваги [79]. Проте, як справедливо наголошується в [44], "універсальних функцій" немає: « Загальним недоліком всіх пропонованих функцій переваги, як простих, так і складних, є наступне. Експериментальна перевірка функцій переваги показує, що для кожної функції існують як задачі, для яких дана функція переваги приводить до рішень, близьких до оптимального, так і задачі, для яких використання даної функції приводить до поганих результатів". Цю думку підтверджують також закордонні дослідники [73,74,75,76.77,78,79]. У зв'язку з цим звернули особливу увагу на ускладнені функції переваги та на комбінований спосіб їх вживання. Це дозволило істотно згладити недоліки, властиві окремо взятим функціям.

Ця проблема детально освітлена в [44]. Автори приходять до наступних висновків: "... з ефективністю евристичних функцій переваги доцільно зіставити іншу їх важливу характеристику - витрати на використання.

Ускладнення функції переваги не завжди викликає відповідне або хоча б помітне підвищення її ефективності. Нерідко підсумок буває зворотним", і далі: "... не слід абсолютизувати той або інший спосіб використання функції переваги. Кожний з них має свої переваги і недоліки. Для обґрунтованого їх вибору в кожній конкретній ситуації, а вірніше, в класі ситуацій слід більш детально проаналізувати їх порівняльні переваги".

Опис цих функцій показує, що відокремлення аналітико-пріоритетних методів від евристичних значною мірою умовне. Алгоритм В.А.Петрова А-6М можна віднести до евристичних алгоритмів з динамічною партійною функцією пріоритету з комбінованим способом її використання відповідно до класифікації авторів роботи [43].. Проте клас аналітико-пріоритетних алгоритмів, на нашу думку, представляє найбільший інтерес для дослідження

Розглядаючи питання вибору алгоритмів для дослідження, не можна не розглянути питання критерію оптимізації. Відомо, що існує децю достатньо добре обґрунтованих і таких, що відповідають вимогам виробництва критеріїв. мінімум тривалості сукупного виробничого циклу - критерій Джонсона;

Це наступні:

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 виконанню календарного плана-графіка, що складаються з поточних і капітальних витрат, співставляваних за допомогою коефіцієнта E_n ;
 мінімум витрат, пов'язаних з втратами на оплату понаднормових, переналагодження устаткування, та пов'язаних з простоями

Визначимо перш за все, з яких позицій треба підходити я вибору критерію. Як відзначено в [35], "Діяльність будь-якого підрозділу виробництва (цеху, дільниці) повинна оцінюватися з допомогою кінцевої діяльності підприємства.

Відповідно має будуватися і критерій оптимальності. В [35] доведено, що на основі внутрішньоцехової інформації неможливо сформулювати критерій оптимальності діяльності цеху, узгоджений із загальним критерієм оптимальності діяльності заводу. Додаткова інформація, на якій монет бути побудований критерій оптимальності календарних графіків, - це інформація про терміни випуску окремих деталей, або їх комплектів. З погляду виконання загальновиробничого плану критерій оптимальності календарного графіка роботи цеху можна прийняти міру відхилення термінів закінчення виготовлення деталей або комплектів від заданих цеху термінів випуску комплектів і деталей/ [35, стор. 10].

Крім того, оскільки не всі деталі йдуть на складання, критерій оптимальності повинен мінімізувати величину простоїв устаткування, збільшувати його завантаження.

Як показали дослідження, проведені різними авторами [34,37,43,52, 53], мінімізація сукупного виробничого циклу виконання завдання найбільшою мірою знижує рівень простоїв устаткування, а отже, підвищує продуктивність всього цеху як технологічної одиниці. Вона ж мінімізує рівень внутрішньоцехових запасів, сприяє зменшенню вартості НЗВ, приводить до підвищення рентабельності об'єкту планування. На думку деяких авторів [43], критерій мінімуму сукупного виробничого циклу поглинає майже всі приведені критерії. Проте неясним залишається наступне питання: чи є тісний кореляційний зв'язок між сумарною величиною міжопераційного пролежування і величиною сукупного виробничого циклу. Про наявність такого зв'язку стверджують автори Л.Г.Блем, В.А.Петров[5,43], про відсутність [59].

Відповідь на це питання дозволить сформулювати критерії оцінки вибору варіанту нормативної бази операційного менеджменту. Наявність тісного кореляційного зв'язку між цими параметрами дозволила б мінімізувати сумарний час міжопераційного пролежування шляхом мінімізації сукупного виробничого циклу.

Для дослідження кореляційного зв'язку між сумарною величиною міжопераційного пролежування і мінімумом сукупного виробничого циклу був використаний приклад, приведений в роботі [43]. Були отримані календарно-планові графіки роботи устаткування, побудовані на базі різних алгоритмів (див. п 2.2). Для кожного КПП, що має певну тривалість сукупного виробничого циклу, була розрахована сумарна величина міжопераційного пролежування (таблиця. 2.1)

Таблиця 2.1

Т _{ц.с.} , годин	47	49	50	52	53	55	55	55	55	56	59	59	59
Т _{м.о.} , годин	67	61	73	76	62	69	84	107	113	86	68	68	69

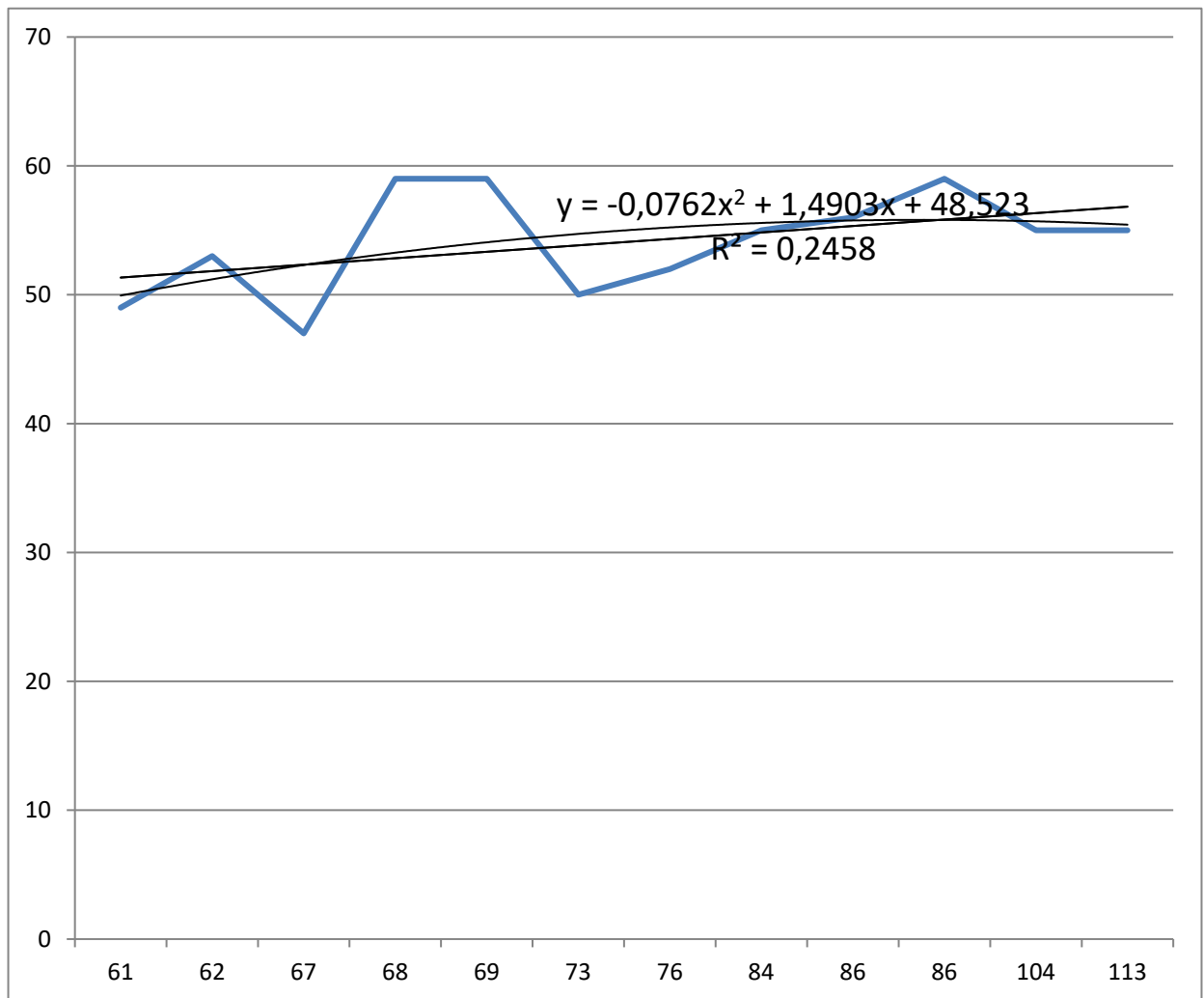


Рис. 2.1. Залежність сумарного часу міжопераційного пролежування від довжини сукупного виробничого циклу

Рівняння регресії визначалося з використанням програм Microsoft Excel. Досліджувалася поліноміальна і лінійна залежності. Графіки представлені на рис. 2.1. Для лінійної залежності коефіцієнти кореляції рівний

$R^2 = 0,2021$, для квадратичної $R^2 = 0,2458$, для поліноміальної (залежність 6-го ступеню) $R^2 = 0,4325$. Отже, говорити про існування тісного кореляційного зв'язку між цими параметрами не можна. Оскільки в окремому випадку гіпотеза відкидається, вона не може бути вірною і в загальному випадку.

Таким чином, відсутність тісного кореляційного зв'язку між тривалістю сукупного виробничого циклу і сумарним часом міжопераційного пролежування підтверджує необхідність при виборі варіантів нормативної бази враховувати обидва критерії.

Проведений аналіз методів побудови календарно-планових графіків і критеріїв їх оптимізації показує, що на сучасному етапі найефективнішими є моделюючі алгоритми, що відносяться до аналітико-приоритетного класу. Виходячи з аналізу літератури, найбільшого визнання серед цих алгоритмів набули наступні: алгоритм А-6М В.А.Петрова; алгоритм А Е.Г. Іоффе; алгоритми Н.Б.Мироносцького, И.П. Шубкиної і З.А.Коробкової; алгоритм С.О.Думлера. В цих алгоритмах як критерії оптимальності використовується мінімум тривалості сукупного виробничого циклу і мінімум відставання фактичних термінів випуску від планових.

Постановка задачі в цих алгоритмах передбачає обробку деталей з різноспрямованими технологічними процесами, що відповідає вимогам виробництва. Враховуючи сказане, представляється доцільним досліджувати ці алгоритми з погляду використання їх для планування і регулювання виробництва в конкретних виробничих умовах

Проте не можна залишати поза увагою закордонні роботи, присвячені цій проблемі [73,74,75,76,77,78,79]. Ретельний аналіз цих робіт дозволив знайти лише два конкретних детально прописаних алгоритми календарного планування - алгоритм Джонсона та його розвиток - алгоритм Кемпбелла. Дудека та Сміта (КДС). Ці алгоритми не можна в повній мірі назвати аналітико-приоритетними, проте вважаємо за необхідне дослідити ці алгоритми також.

2.2.. Дослідження моделюючих алгоритмів побудови календарних планів-графіків.

Для порівняння роботи досліджуваних алгоритмів автором були розроблені програми на мові моделювання GPSS World і були проведені експерименти за вхідних умов, що змінюються. Початкові дані для експериментів були прийняті з [43], де предметно-спеціалізована ділянка обробляє 6 типів деталей на 5 групах верстатів. Деталі мають різноспрямовані технологічні маршрути. Цей варіант завантаження був прийнятий за базовий. Він має вигляд

Таблиця .2.2

Базовий приклад для складання КПП

Тип деталі	Назва групи обладнання ті її номер				
	P_1	T_2	Φ_3	Π_4	C_5
1	9_1	6_2	-	8_3	3_4
2	5_4	-	8_3	6_2	2_1
3	7_1	8_2	-	5_3	4_4
4	6_3	10_2	5_1	4_5	3_4
5	4_4	-	6_3	3_2	10_1
6	7_3	8_2	4_1	10_5	5_4

Позначення : 7_3 - трудомісткість обробки партії на даній операції, нормо-год;
Нижній індекс - номер операції за техпроцесом.

При відлагодженні алгоритмів були використані і інші приклади (приклад розрахунку Ю.А.Львова [39,40], приклад В.А.Петрова [43], приклад Г.Фішера і Г.Томпсона [44]).

З метою отримання найкоротшої тривалості сукупного виробничого циклу за допомогою досліджуваних алгоритмів були проведені експерименти з т «класичними» прикладами, відображеними у відповідній літературі [17, 23. 33, 41, 43,53]. Результати досліджень наведені в таблиці 2.3. Як видно з таблиці, найкоротші розклади отримані у всіх прикладах за допомогою алгоритму А-6М. Такі ж результати, за винятком одного прикладу, дає алгоритм А.Е.Г.Іоффе. Алгоритм Мироносецького дає розклад на 10-35% триваліший, ніж найкоротший з отриманих. Алгоритми Джонсона та КДС давали проміжні результати. Досліджені також тривалості виробничого циклу при різних коефіцієнтах завантаження устаткування..

Таблиця 2.3.

Результати дослідження моделюючих алгоритмів

Метод формування розкладу	Результат за джерелом					
	[17]	[23]	[33]	[41]	[43]	[53]
Тривалість розкладу, отримана з першоджерела	48	72	34	36	58	47
Найкоротша відома з літератури тривалість розкладу	46	70	34	36	55	47
Результат, отриманий за алгоритмом В.А.Петрова А-6М	46	70	34	36	55	47
Результат, отриманий за алгоритмом А.Е.Г.Іоффе	46	70	34	36	55	49
Результат, отриманий за алгоритмом Н.Б. Мироносецького	52	79	39	42	70	65
Результат, отриманий за алгоритмом Джонсона	48	73	34	38	56	50
Результат, отриманий за алгоритмом КДС.	50	74	38	39	57	54

Експерименти проводилися таким чином, За допомогою програм, що реалізують кожний з досліджуваних алгоритмів, будувався календарний план-графік роботи устаткування (дані - з базового прикладу).

Спочатку будувався календарний план-графік обробки деталей для випадку, коли кожний тип деталі був представлений однією партією. Це відповідає коефіцієнту завантаження дільниці

$$K_3 = \frac{33 + 32 + 23 + 36 + 27}{5 \cdot 8 \cdot 22} = 0,177$$

Потім коефіцієнт завантаження дільниці збільшувався, для цього кількість партій деталей різних типів рівномірно зростала. При черговому збільшенні завантаження будувався календарний план роботи устаткування по кожному з досліджуваних алгоритмів.

Розглянемо більш детально кожний з досліджуваних алгоритмів

Алгоритм А-6М, розроблений В.А.Петровим, дозволяє моделювати хід виробничого процесу на дільниці, яка має $M = \{M_j\}, j=1.2.....S$ робочих місць (устаткування); $P = \{P_r\}, r=1.2.....R$ явочного складу робітників (операторів), зайнятих на неавтоматизованих робочих місцях; обробляються деталі (складальні одиниці). Заданий технологічний маршрут обробки кожної партії деталей d_i оброблюваних на S робочих місцях за m операцій в заданій послідовності

В загальному випадку послідовність операцій може бути однієї або різної спрямованості.

Задані трудомісткості обробки i -х партій деталей на j -х робочих місцях по r операціях:

$$t_{ijp} = (n \cdot t_{umijp} + T_{n-3ijp}) / K_{ej} \quad (2.1)$$

n - розмір j -ої партії деталей» шт. ;

t_{umijp} – штучний час, нормо-годин ;

T_{n-3} – підготовчо-заклучний час, нормо-годин;

K_e – коефіцієнт виконання норм на j -му робочому місці.

Треба знайти графік (розклад) руху партій по робочих місцях, при якому задовольняється критерії оптимальності моделі календарного плану

$$T_{ucf} = \max\{T_{ijp}\} \rightarrow \min \quad (2.2)$$

Тобто мінімізація сукупної тривалості циклу обробки заданої множини деталей для f -го планового періоду.

Крім того, слід врахувати, що шуканий субоптимальний графік будується з урахуванням численних практичних обмежень, які дозволяють визначити реальні (формалізовані) умови роботи дільниці. Суть виконуваних при цьому розрахунках полягає в наступному. Для кожної деталі d_i за даними матриці трудомісткостей A визначають розрахункові параметри, що виражають сумарні трудомісткості операції по першій L_{i1} та по другий L_{i2} частинам технологічного процесу обробки деталей.

При парному числі операцій

$$L_{i1} = \sum_{p=1}^{m/2} t_{ijp} \quad \text{та} \quad L_{i1} = \sum_{p=m/2+1}^m t_{ijp} \quad (2.3)$$

При непарному числі операцій

$$L_{i1} = \sum_{p=1}^{m+1/2} t_{ijp} \quad \text{та} \quad L_{i1} = \sum_{p=(m+1)/2}^m t_{ijp} \quad (2.4)$$

Обчислюється показник λ_i зворотної різниці знайдених параметрів:

$$\lambda_i = L_{i2} - L_{i1} \quad (2.5)$$

Далі встановлюються конкуруючі варіанти впорядкованої черговості обробки деталей, заданих матрицею А, взагалі кажучи, по чотирьох правилах.

На підставі викладеного в літературі [42,43] алгоритму складені програми, що реалізують його на мові моделювання GPSS World. В результаті експериментів встановлено, що календарні плани - графіки з мінімальною тривалістю сукупного виробничого циклу дають в переважній більшості випадків правила впорядкування І і ІІ. Правила впорядкування ІІІ і ІУ дозволяють побудувати розклад з тривалістю сукупного виробничого циклу на 10-15 % більше найкоротшого. Хорошими можна визнати графіки, побудовані по параметризаційному алгоритму А6-ІІ (впорядкування деталей тільки на вході в систему, потім діє правило (FIFO "першим прийшов, першим обслужений"). За допомогою цього правила вдавалося побудувати розклад з мінімальною тривалістю циклу. Взагалі ж в експериментах, проведених автором, тривалість сукупного виробничого циклу, отримана за допомогою алгоритму А6-ІІ була більше найкоротшої на 10-15%. Були проведені експерименти і з "зворотним параметризаційним алгоритмом", отриманим нами на основі алгоритму А6-ІІ. Працює він наступним чином: деталі упорядковуються на вході в систему по одному з чотирьох правил, а далі діє правило LIFO "останнім прийшов, обслужений першим". За допомогою цього правила вдавалося побудувати розклади всього на 5% більш тривалі, ніж найкоротший. Для організації нормальної роботи виробничої ділянки важливе значення має раціональне завантаження устаткування і достовірне визначення тривалості виробничого циклу виготовлення. Для визначення залежності тривалості виробничого циклу від коефіцієнту завантаження ділянки була проведена серія експериментів з моделлю, що реалізовує алгоритм А-6М В.А.Петрова, за наслідками експериментів була складена таблиця 2.4. та побудовані графічні залежності (Рис. 2.2, 2.3). Отримані криві були проаналізовані і була визначена регресійна залежність для кожного найменування деталі (додаток табл. ІІ. 1.1).

Таблиця 2.4.

Залежність тривалості виробничого циклу та часу міжопераційного пролежування від коефіцієнту завантаження дільниці при побудові КПП за алгоритмом А-6М В.А. Петрова

Тип деталі	K ₃ =0, 177		K ₃ =0,354		K ₃ =0,531		K ₃ =0,708		K ₃ =0,885		K ₃ =1,06	
	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год
1	31	5	38	12	45	19	53	27	64	38	75	49
2	28	7	51	30	74	53	97	76	120	99	143	122
3	47	23	55	31	54	30	62	38	73	49	79	55
4	47	19	86	58	120	92	146	118	158	130	167	139
5	38	15	72	49	106	83	144	121	174	151	208	185
6	38	4	59	25	70	36	86	52	102	68	118	84

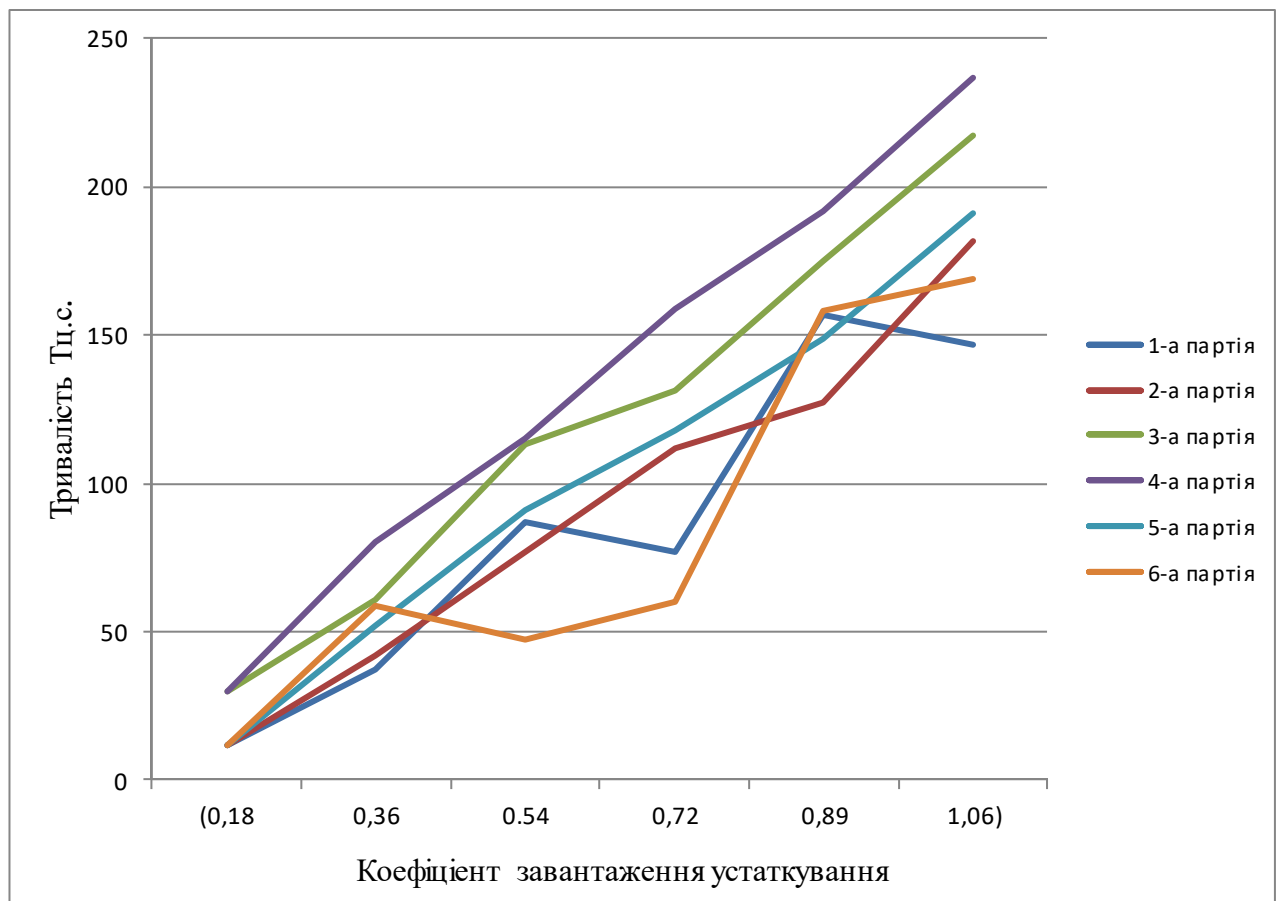


Рис 2.2. Графік залежності тривалості виробничого циклу від коефіцієнта завантаження устаткування при побудові КПП за алгоритмом А-6М В.А. Петрова

Виходячи з графічної форми залежностей, визначалися статистичні регресійні залежності - лінійна і поліноміальна. Для кожної регресійної залежності визначалися коефіцієнти кореляції.

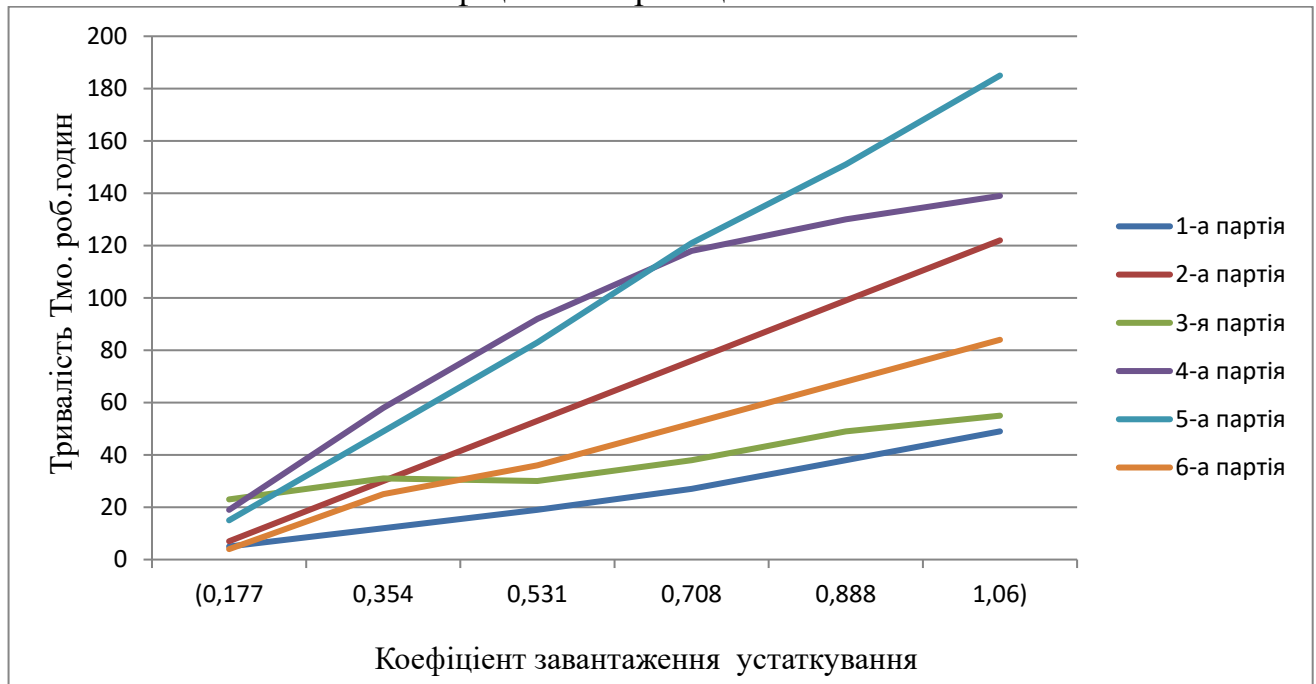


Рис.2.3. Залежність тривалості міжопераційного пролежування від коефіцієнта завантаження устаткування при побудові КПП за алгоритмом А-6М В.А. Петрова

Виходячи з величини коефіцієнта Фішера і значень розподілу Фішера при 1% і 2%- ному рівні значущості, робився висновок про значущість отриманих рівнянь регресії. Як відомо, при перевищенні значення коефіцієнта Фішера значення розподілу Фішера при 1%- -ому рівні значущості, можна зробити висновок, що отримана залежність значуща, якщо ж значення коефіцієнта Фішера менше значення розподілу Фішера при 5%-ному рівні значущості то залежність незначуща. Якщо ж значення коефіцієнта знаходиться між цими двома значеннями, то значущість залежності була невизначена. Залежність тривалості виробничого циклу і часу міжопераційного пролежування від коефіцієнта завантаження дільниці побудові КПП за алгоритмом А-6М В.А.Петрова представлена в таблиці 2.4

Результати експериментів свідчать про наявність тісного кореляційного зв'язку між тривалістю виробничого циклу і коефіцієнтів завантаження, а також про значущість цього зв'язку. Це забезпечує можливість достовірного прогнозування тривалості виробничого циклу виготовлення партії деталей, а значить, можливість ритмічної роботи дільниці. Аналогічні дослідження були проведені для встановлення залежності тривалості виробничого циклу і часу міжопераційного пролежування від величини розміру партії при дробленні партії деталей.

Результати експериментів були приведені у таблиці 2.5, на малюнках 2.4, 2.5, в додатку V 1, таблиці .П. 1.1.

Таблиця 2.5

Залежність тривалості виробничого циклу та часу між операційного пролежування від величину партії при побудові КПП за алгоритмом А-6М В.А.Петрова

Тип деталі	n		n/2		n/4		n/8	
	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год
1	24,8	4,0	16,4	6,0	14,2	9,0	13,1	10,6
2	22,4	5,6	14,8	6,4	8,2	4,0	7,7	5,6
3	37,6	18,4	24,8	15,2	13,8	9,0	12,9	10,5

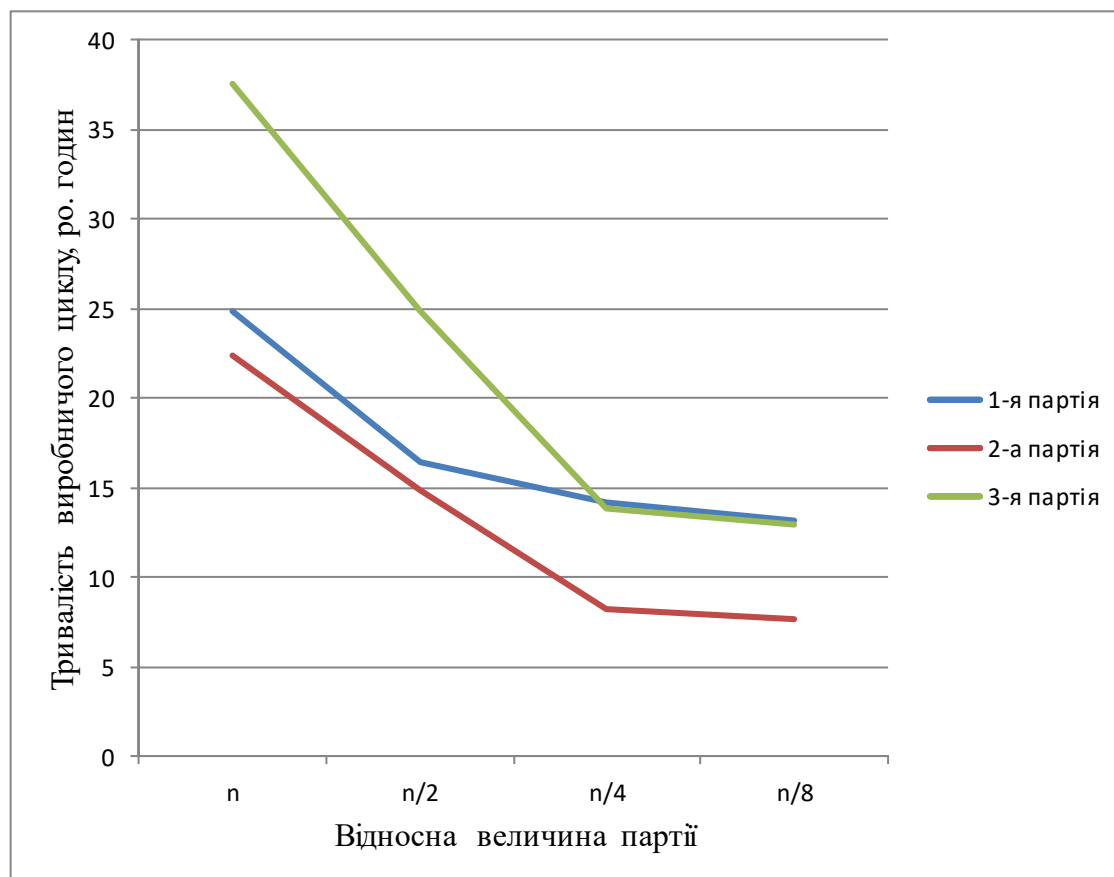


Рис 2.4. Графік залежності тривалості виробничого циклу від величини партії деалей при побудові КПП за алгоритмом А-6М В.А. Петрова

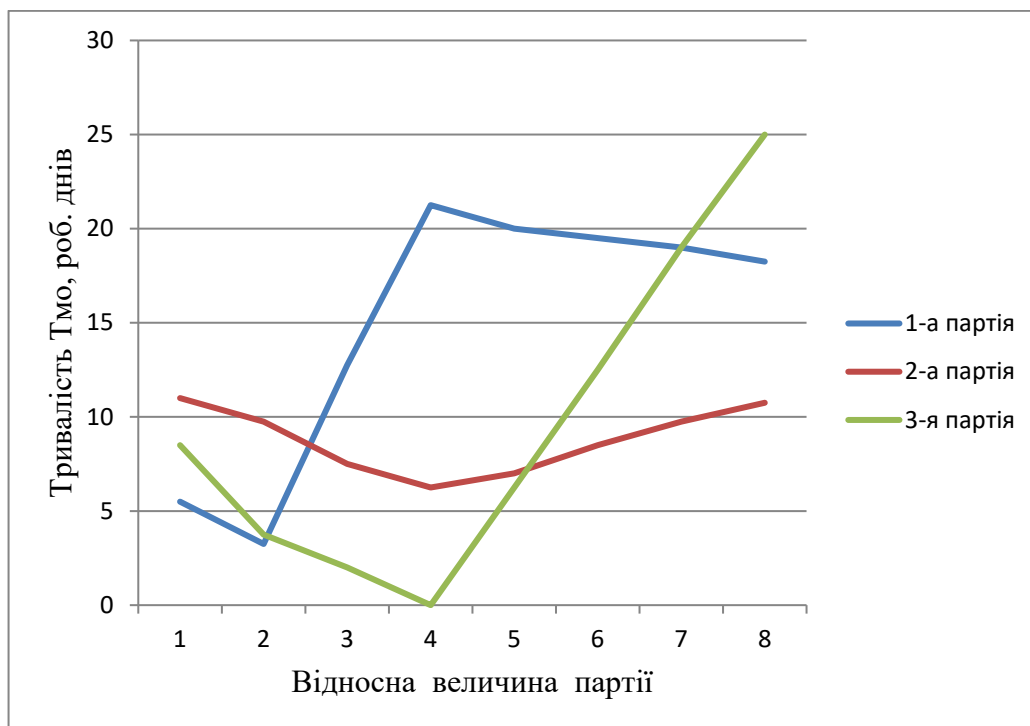


Рис 2.5. Графік залежності часу міжопераційного пролежування від величини партії деалей при побудові КПП за алгоритмом А-6МВ.А. Петрова

Як видно з приведених даних, при дробленні партії деталей також можливе прогнозування тривалості виробничого циклу і часу міжопераційного пролежування при використанні алгоритму А-6М, що має важливе значення при регулюванні ходу виробництва .

Алгоритм А Е. Г. Іоффе відноситься до класу аналітико-приоритетних алгоритмів (по класифікації проф. В. А. Петрова), або до класу евристичних алгоритмів, що використовують партійно-ресурсні динамічно - прогнозні функції переваги з комбінованим способом їх застосування (відповідно до класифікації авторів роботи [43]). Алгоритм побудований на основі ретельно розробленої математичної моделі, виходячи з економіко-організаційної суті завдання [22,23].

Постановка завдання в основному така ж, як в алгоритмі А-6М В, А. Петрова:

Дано m деталей і n верстатів. Ці верстати об'єднані в h груп устаткування. У кожній групі устаткування k еквівалентних верстатів. Заданий технологічний маршрут кожної деталі, взагалі кажучи, різний для різних деталей, і час виконання t кожної операції t_{ij} (j - порядковий номер операції для i -ої деталі). На одному верстаті може оброблятися одночасно не більше однієї деталі. Необхідно знайти таку черговість обробки деталей, при якій час обробки усіх деталей мінімальний.

Визначена мінімально можлива тривалість розкладів - так звана умовна нижня межа довжини розкладу / яка знаходиться таким чином:

$$T = \max\{\tau_r, t_i\} \quad (2.6)$$

де $i = 1, 2, \dots, m$ (деталі); $r = 1, 2, \dots, n$ (верстати);

τ_r - час, впродовж якого r -й верстат може обробити покладені деталі, якщо не простоюватиме;

t_i - сумарний час виконання усіх операцій по i -й деталі, за умови, що ця деталь не пролежуватиме між операціями. Ідея алгоритму полягає в тому, що на кожному кроці складання розкладу черга деталей проглядається перед вибраним певним чином верстатом і стан завантаження цього верстата.

Перед r -м верстатом є черга деталей. Вибираємо критичну деталь, тобто таку, що має мінімальний допустимий час пролежування. Після цього перевіряємо: а) якими стануть допустимі часи пролежування деталей, що стоять в черзі перед r -м верстатом, і допустимий простій цього верстата, якщо першою буде вбудована критична деталь; б) яким стане допустимий час пролежування критичної деталі і допустимий простій r -го верстата, якщо першою буде вбудована в графік кожна з інших деталей. Очевидно, що при вбудовуванні в графік якої-небудь деталі допустимі часи пролежування інших деталей зменшаться на якісь величини $S_k \geq 0$. а допустимий простій r -го верстата - на величину $q \geq 0$.

При складанні розкладу домагаються того, щоб допустимий час пролежування кожної деталі після виконання усіх її операцій і допустимий простій кожного верстата змінилися на можливо меншу величину. З цією метою на кожному кроці складання розкладу вводяться величини, що характеризують відносне зменшення часу пролежування i -ої деталі, що стоїть в черзі перед r -м верстатом, при вбудовуванні в графік безпосередньо перед k -ою деталлю якої-небудь іншої деталі з цієї черги.

При цьому $\Delta_K^S = \frac{a_R^{S-1} - t_1^S}{a_K^{S-1}}$. якщо $a_K^{S-1} \geq t_1^S$ $a_K^{S-1} > 0; k = i_2, \dots, i_g$

$$\Delta_K^S = \frac{a_R^{S-1} - t_1^S}{a_i^{S-1}}. \text{ якщо } a_K^{S-1} \geq t_1^S \quad a_K^{S-1} > 0;$$

$t_K^{S-1}(k)$ – час пролежування критичної деталі в черзі перед верстатом, якщо на цьому верстаті перед критичною деталлю оброблятиметься k -а деталь ;

t_K^S – час пролежування k -ої деталі в черзі перед верстатом, якщо на цьому верстаті перед критичною деталлю оброблятиметься K -а деталь

$t_1^S = \min_{i \in I} t_i^S$, S - крок розкладу (2.8). Нехай при цьому $\Delta_i^S = \min_{K \in I} \Delta_K^S; K = i_1, i_2, \dots, i_g$
 $a_K^{S-1} > 0; k = i_2, \dots, i_g$

Це означає, що зменшення часу пролежування критичної деталі при вбудовуванні в графік безпосередньо перед нею k -ої деталі відносно більше, ніж збільшення часу пролежування i -ої деталі при вбудовуванні в графік безпосередньо перед нею критичній деталі, тому "вигідніше" вбудувати в графік критичну деталь.

Якщо ж $\Delta_i^S > \min_{K \in I} \Delta_K^S; K = i_1, i_2, \dots, i_g$ $a_K^{S-1} > 0; k = i_2, \dots, i_g$, то "вигідніше" вбудувати в графік вибрану певним чином якусь некритичну деталь якщо після цього час пролежування критичної деталі буде не від'ємним. Проте вбудовування в графік вибраної деталі може привести до простою верстата,

який буде більше за допустимий. Очевидно, що при вбудовуванні в графік якої-небудь деталі допустимі часи пролежування інших деталей зменшаться на якісь величини $S_k \geq 0$, а допустимий простій r -го верстата - на величину $q \geq 0$. При складанні розкладу слід прагнути до того, щоб допустимий час пролежування кожної деталі після виконання усіх її операцій і допустимий простій кожного верстата змінювалися на можливо меншу величину. Для встановлення залежності тривалості виробничого циклу від коефіцієнта завантаження ділянки з моделлю, що реалізовує алгоритм А. Е. Г. Іоффе також була проведена серія експериментів, результатам експериментів побудовані графічні залежності. Отримані криві проаналізовані і визначені регресійні залежності для кожного найменування деталі (додаток І, таблиця. 1.1). Результати експериментів свідчать про те, що далеко не завжди між цими параметрами існує тісний кореляційний зв'язок, і залежність не є значущою. Це робить неможливим достовірне прогнозування тривалості виробничого циклу виготовлення партії деталей, тобто істотно утрудняє можливість ритмічної роботи ділянки. Аналогічні дослідження проведені для встановлення залежності тривалості виробничого циклу і часу міжопераційного пролежування від величини розміру партії при дробленні партії деталей. Результати експериментів приведені на мал. 2.6-2.9, в таблицях 2.6, 2.7, в додатку таблиці. П. 1.1. Як видно з наведених даних, можливість достовірного прогнозу відсутня при використанні моделі алгоритму А. Е. Г. Іоффе.

Таблиця 2.6.

Залежність тривалості виробничого циклу та часу між операційного пролежування від коефіцієнту завантаження дільниці при побудові КППГ за алгоритмом А.Е.Г.Юффе

Тип деталі	K ₃ =0, 177		K ₃ =0,354		K ₃ =0,531		K ₃ =0,708		K ₃ =0,885		K ₃ =1,06	
	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год
1	34	11	84	58	65	39	58	32	70	44	72	46
2	28	7	43	22	59	28	54	33	45	24	36	15
3	32	8	32	8	40	16	52	28	57	33	59	35
4	49	21	50	22	54	26	63	35	61	33	58	30
5	32	9	62	39	94	71	91	68	74	51	49	26
6	44	10	97	63	98	64	77	43	90	56	88	54

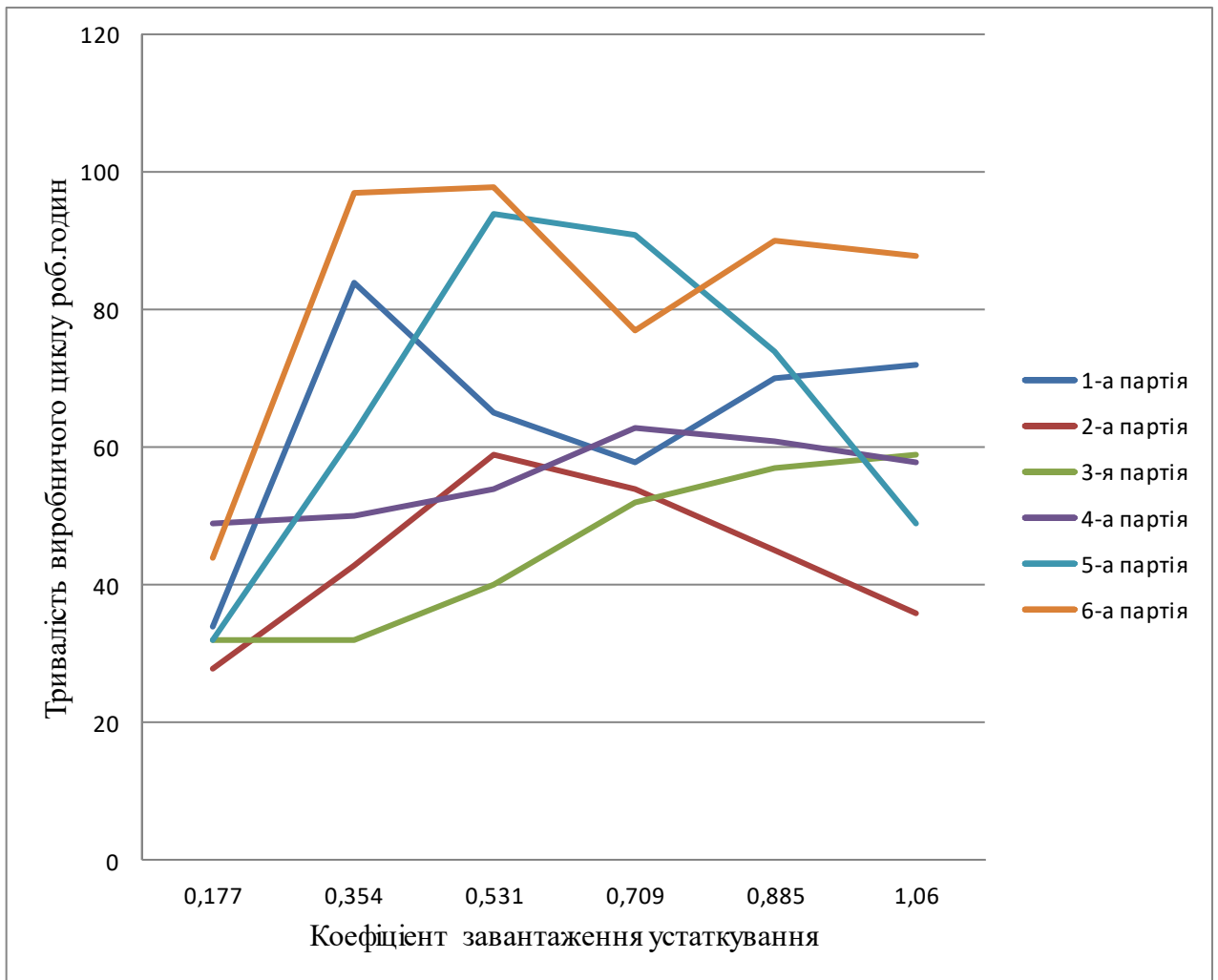


Рис 2.6. Графік залежність тривалості виробничого циклу від коефіцієнту завантаження устаткування при побудові КППГ за алгоритмом А.Е.Г.Іоффе

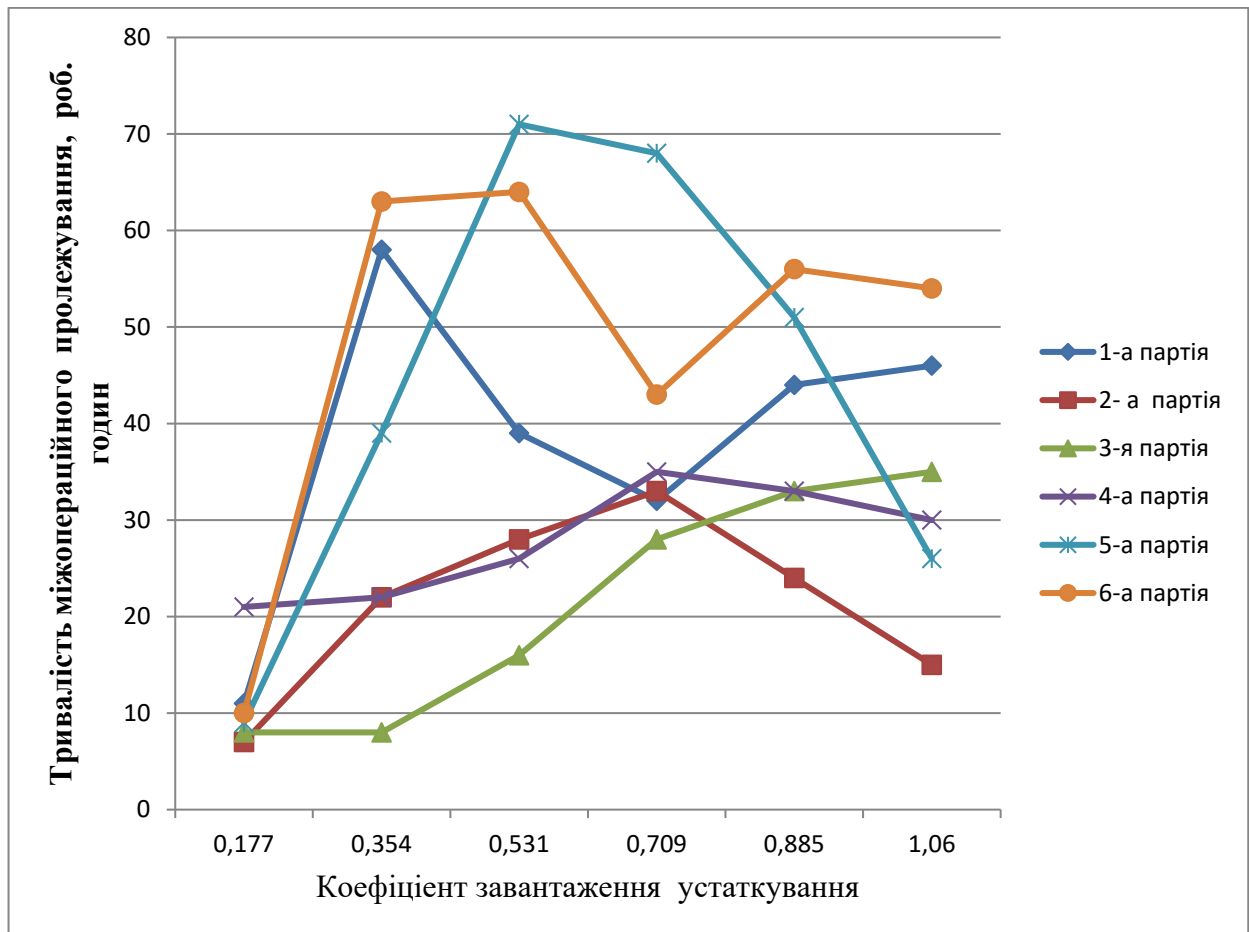


Рис 2.7. Графік залежності тривалості міжопераційного пролежування від коефіцієнту завантаження устаткування при побудові КПП за алгоритмом А Е.Г.Іоффе

Таблиця 2.7

Залежність тривалості виробничого циклу і часу міжопераційного пролежування від величина партії при побудові КПП по алгоритму А Е. Г. Іоффе

Тип деталі	n		n/2		n/4		n/8	
	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год
1	39,2	17,6	33,2	22,4	10,2	4,8	9,9	7,2
2	22,4	5,6	20,4	12,0	19,4	15,2	13,3	11,2
3	25,6	5,6	33,2	23,2	10,4	5,4	10,0	7,5

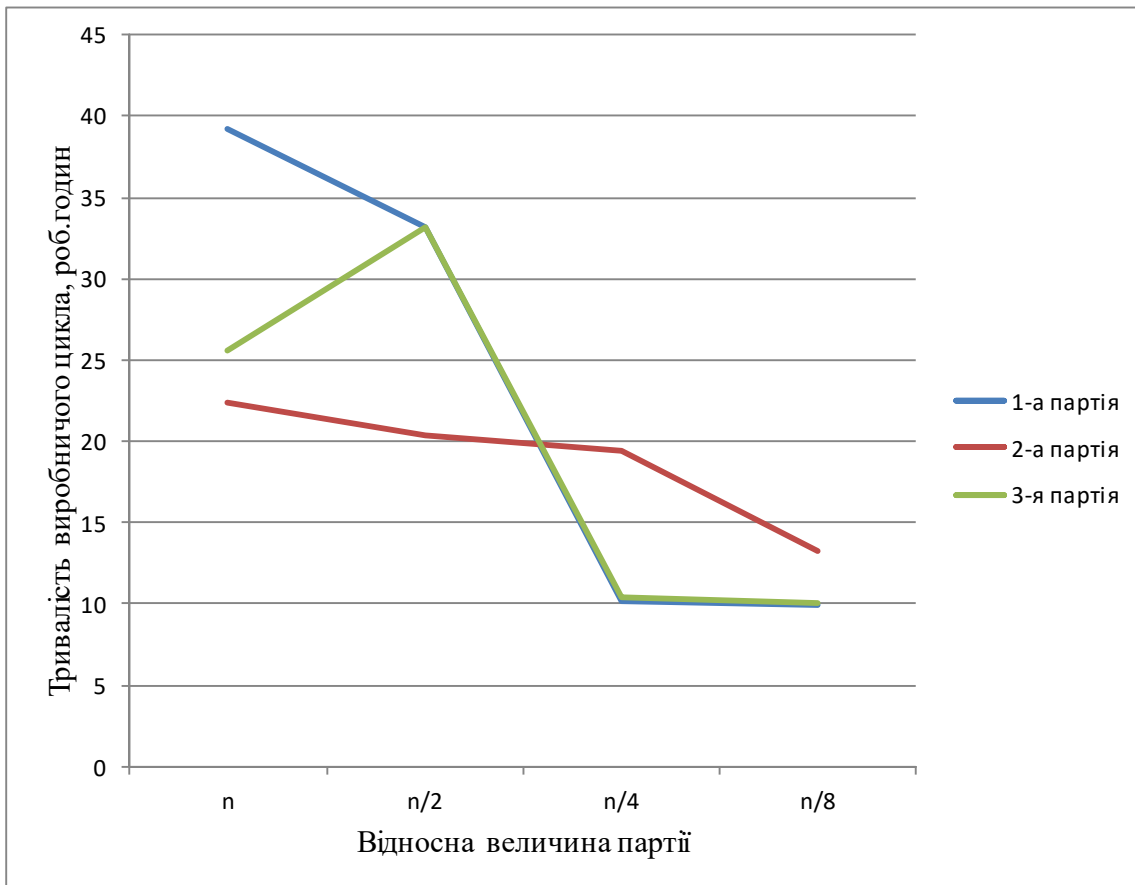


Рис.2.8. Графік залежності тривалості виробничого циклу від величина партії при побудові КПП за алгоритмом А. Е. Г. Іоффе

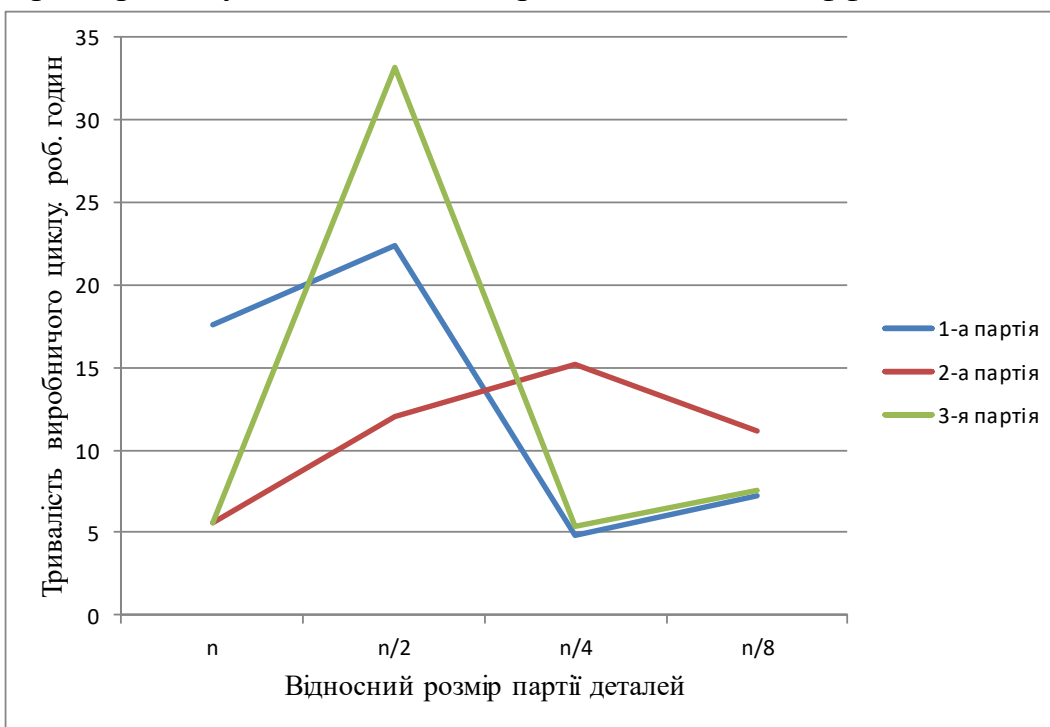


Рис.2.9. Графік залежності часу міжопераційного пролежування від величина партії при побудові КПП за алгоритмом Н. Б. Мироносцького, І. П. Шубкиної і З. В. Коробкової

Алгоритм Н. Б. Мироносцького, І. П. Шубкиної і З. В. Коробкової моделює роботу ділянки, на якій є m деталей і n верстатів [68].

Деталі D_i характеризуються наступними даними задані матриці (a_{ij}) та (b_{ij}) , де a_{ij} - час виконання j -ої операції на i -ій деталі,

b_{ij} - тип верстата, на якому виконується ця операція. Деталі, що відносяться до незавершеного виробництва, характеризуються аналогічним чином але тільки починаючи з тієї операції, яка повинна виконуватися в планований період.

Задається характеристика роботи парку устаткування $C_1, C_2, \dots, C_n$ - типи верстатів (усе устаткування в цеху розбите на типи - групи, причому в один тип включаються взаємозамінні верстати, яким надається один загальний номер, тобто передбачається повна взаємозамінність верстатів одного типу $d_1, d_2, \dots, d_n$ - змінність роботи верстатів; $r_1, r_2, \dots, r_n$ - коефіцієнт перевиконання норм вироблення на верстаті. Необхідно побудувати графік завантаження устаткування, який би забезпечив випуск заданої кількості деталей в задані терміни і з мінімальною сумою внутрішніх простоїв верстатів і мінімальний цикл обробки деталей.

Додатково по кожній деталі $D_1, D_2, \dots, D_n$ відоме: її необхідно обробити в задані календарні терміни $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ - на цьому наборі верстатів Щоб випустити деталь в заданий календарний термін τ_i , необхідно побудувати для деталі функцію пріоритету. Надання деталі пріоритету залежно від значення функції пріоритету дозволяє при побудові графіку віддавати перевагу деталям, для яких задані більш ранні терміни випуску τ_i . Функція пріоритету деталі виражатиметься таким чином:

$$\Delta \tau_1 = \tau_1 - \tau_i^H - \tau_i^O$$

τ_i^O - час, з якого деталь може оброблятися з планованому періоді ;

τ_i^H - нормований цикл обробки деталі D_i , рівний тривалості обробки цієї деталі в робочих днях

$$\tau_i^H = \frac{1}{8} \sum_{j=1}^Z \frac{t_{ij}}{d_k \cdot r_n} \quad (2.10)$$

Чим менше $\Delta \tau_1$, тим менше часу може пролежувати деталь без порушення терміну випуску і тим менше ймовірність того, що деталь може бути випущена в календарний термін

Пошук деталі під завантаження здійснюється таким чином. Для верстата S_k , що стоїть в черзі на k -тому місці (); знаходиться деталь, для якої виконуються умови-

$$A_k \geq B_i, i \in C_k \quad (2.11)$$

де C_k - множина індексів деталей з черговими операціями на цей верстат S_k і $i \in C_k$ означає, що чергова операція деталі D_i може вироблятися на верстаті S_k ; A_k - час, з якого k -й верстат може використовуватися в планованому періоді $A_k \geq 0$. B_i - час звільнення деталі

Ді від попередньої операції, на початку планованого періоду . При складанні календарно-планових графіків : забезпечується технологічна послідовність руху усіх деталей по верстатам; будь-яка деталь може проходити через один і той же верстат стільки разів, скільки вимагається по технологічному маршруту її обробки (тобто можливе будь-яке число "повернень"); час обробки деяких верстатах може бути "нульовим", тобто деталь на верстаті не обробляється ; деталі обробляються партіями; наявність взаємозамінного устаткування; разносменность роботи устаткування.

дотримані заздалегідь задані терміни випуску окремих деталей.

Необхідно відмітити одну особливість, що впливає на роботу алгоритму Н.Б.Мироносецького. Як відомо, рівень пріоритету партії деталей залежить від намічених термінів випуску деталі. Від рівня пріоритету залежить черговість запуску конкуруючих партій деталей на обробку, а від останньої, у свою чергу, тривалість календарного плану-графіку роботи устаткування. Відповідно, змінюючи терміни випуску партії деталей, можна впливати на вигляд складеного КПП.

У даній ситуації представляється логічним реалізувати в експериментах дві лінії поведінки.

1). При збільшенні кількості партій деталей одного і того ж типу залишати для партій деталей, що знову вводяться, терміни випуску таким же, як і для перших партій, тобто порівнянними з тривалістю технологічного циклу обробки.

2). При збільшенні кількості партій деталей одного і того ж типу терміни випуску для партій, що знову вводяться, збільшувати в число разів, кратне числу партій деталей, що знову вводяться.

При цьому криві, побудовані згідно 1-ої лінії поведінки за алгоритмом Н. Б. Мироносецького, позначались $M I$, побудовані згідно 2-ї лінії поведінки – $M 11$. Криві, побудовані з допомогою алгоритму А-6М В. А. Петрова, позначались $П$, алгоритму А. Е. Г. Іоффе - I на рис. 2.16.

Для встановлення залежності тривалості виробничого циклу від коефіцієнта завантаження дільниці за допомогою моделі, що реалізовує алгоритм Н. Б. Мироносецького, була проведена серія експериментів по двох лініях поведінки - $M 1$ і $M 11$. За результатами експериментів побудовані графічні залежності (мал. 2.10-2.13). Графіки, побудовані відповідно до варіанту $M II$, показують, що можливо достовірне прогнозування тривалості виробничого циклу і часу міжопераційного пролежування, оскільки ці параметри в даному випадку практично стабільні.

Криві, отримані при реалізації лінії $M I$, також були проаналізовані і визначені регресійні залежності для кожного найменування деталі (додаток Р) Результати експериментів свідчать про наявність тісної кореляційною зв'язи між тривалістю виробничого циклу і коефіцієнтом завантаження дільниці і про значущість цього зв'язку. Це забезпечує можливість достовірного

прогнозування тривалості виробничого циклу. Отже, ритмічна робота дільниці можлива при реалізації обох ліній поведінки.

Таблиця 2.8.

Залежність тривалості виробничого циклу та часу між операційного пролежування від коефіцієнту завантаження обладнання при побудові КПП за алгоритмом Н.Б. Мироносецького (строки випуску партії деталей однакові-М1)

Тип деталі	K ₃ =0, 177		K ₃ =0,354		K ₃ =0,531		K ₃ =0,709		K ₃ =0,885		K ₃ =1,06	
	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год
1	49	23	65	39	107	81	100	74	175	149	168	142
2	36	15	68	47	102	81	136	115	150	129	199	178
3	55	31	94	70	133	109	157	133	196	172	235	211
4	55	27	98	70	137	109	180	152	211	183	262	234
5	38	15	76	53	114	091	140	117	174	151	220	197
6	38	4	80	46	70	36	86	52	182	148	190	156

Таблиця 2.9.

Залежність тривалості виробничого циклу та часу між операційного пролежування від коефіцієнту обладнання при побудові КПП за алгоритмом Н.Б. Мироносецького (строки випуску партії деталей диференційовані М П)

Тип деталі	$K_3=0,177$		$K_3=0,354$		$K_3=0,531$		$K_3=0,709$		$K_3=0,885$		$K_3=1,06$	
	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год
1	39	13	47	21	47	21	47	21	47	21	47	21
2	34	13	34	13	34	13	34	13	34	13	34	13
3	55	31	55	31	55	31	63	39	63	39	63	39
4	55	27	55	27	55	27	55	27	55	27	55	27
5	38	15	38	15	38	15	38	15	38	15	38	15
6	46	12	46	12	46	12	14	12	46	12	46	12

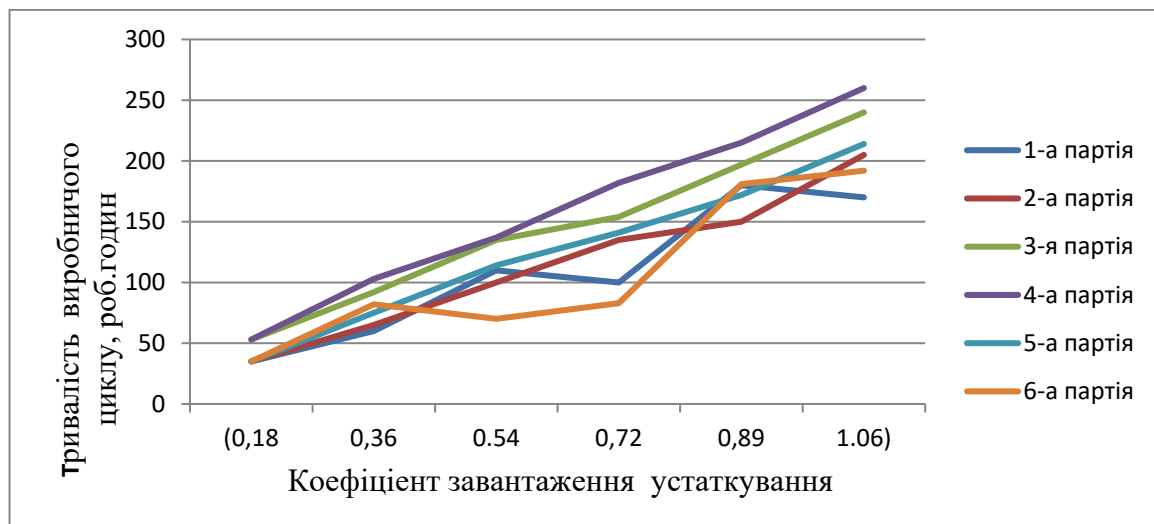


Рис.2.10. Графік залежності тривалості виробничого циклу від коефіцієнту завантаження обладнання при побудові КППГ за алгоритмом Н.Б. Мироносецького (строки випуску партії деталей однакові-М1)

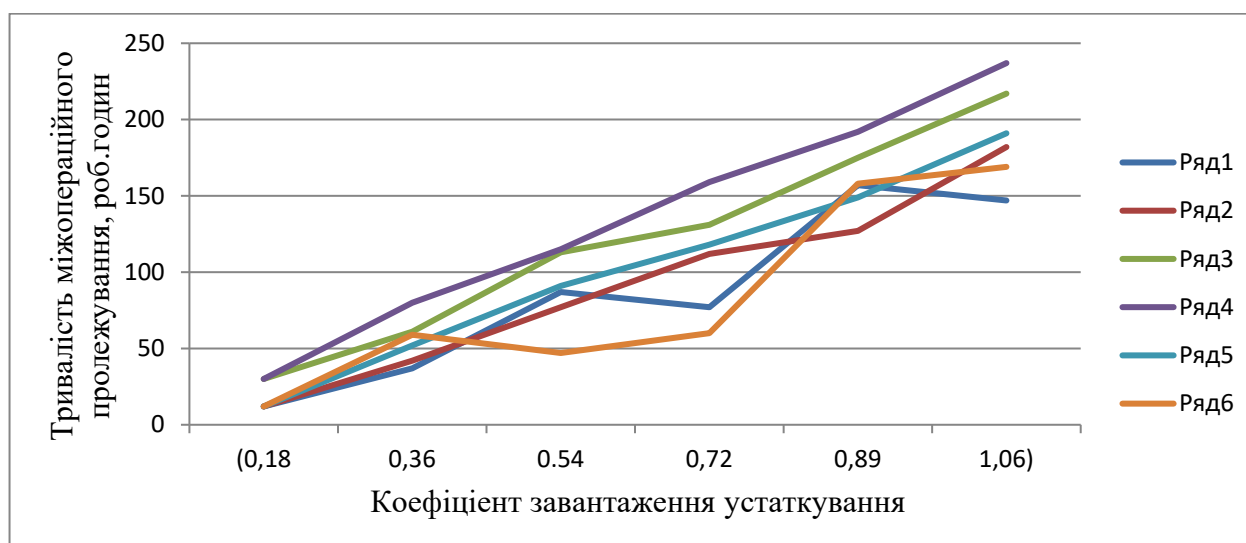


Рис.2.11. Залежність тривалості виробничого циклу від коефіцієнту завантаження обладнання при побудові КППГ за алгоритмом Н.Б. Мироносецького (строки випуску партії деталей однакові-М1)

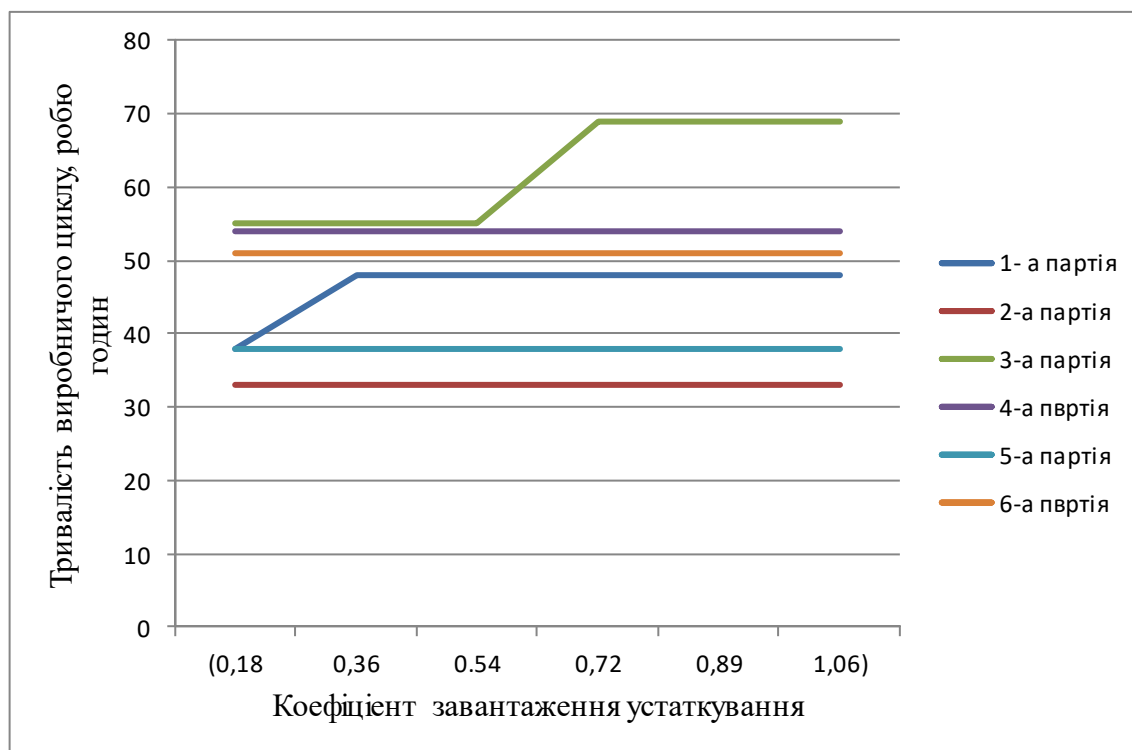


Рис.2.11. Залежність тривалості виробничого циклу та часу від коефіцієнту завантаження обладнання при побудові КППГ за алгоритмом Н.Б. Мироносцького (строки випуску партії деталей диференційовані -М II)

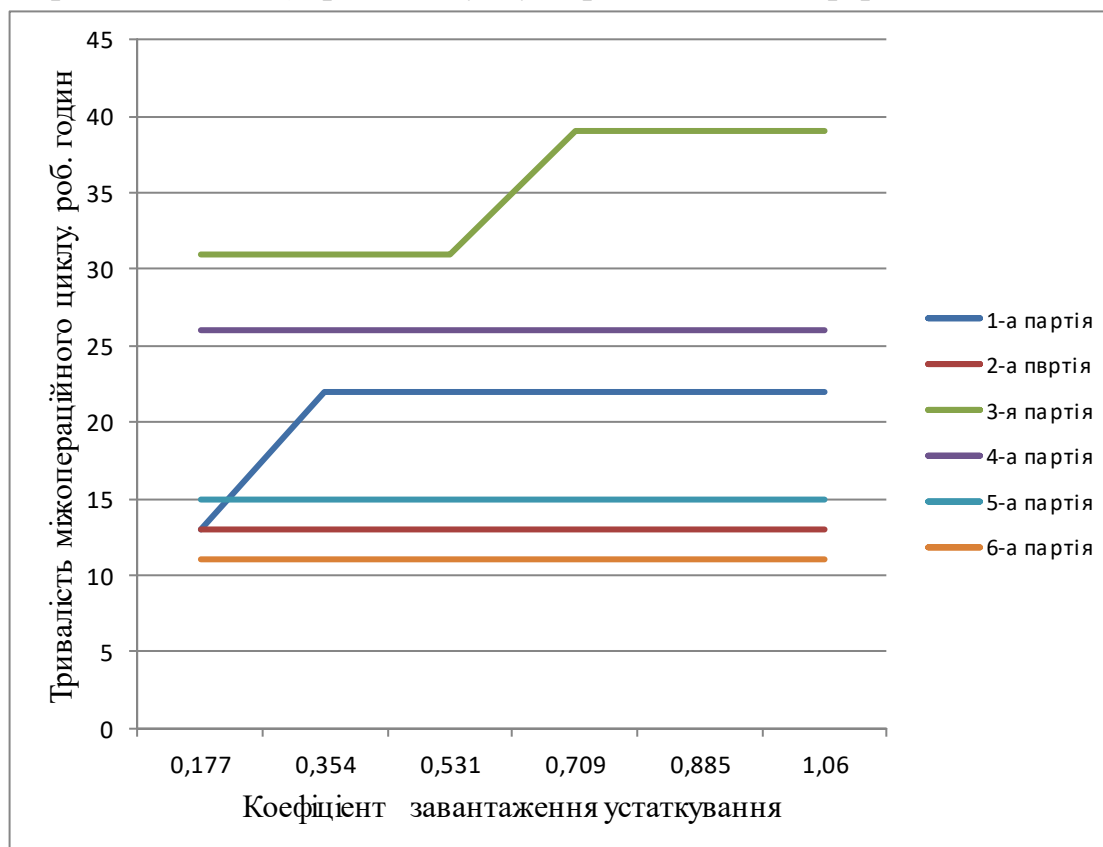


Рис.2.12. Залежність тривалості часу міжопераційного пролежування від коефіцієнту завантаження обладнання при побудові КППГ за алгоритмом Н.Б. Мироносцького (строки випуску партії деталей диференційовані М II)

Можлива ритмічна робота і при дробленні партій деталей, оскільки в цьому випадку також можливий достовірний прогноз тривалості циклу) - таблиця. 2.10, мал. 2.14, 2.15,.

Таблиця 2.10.

Залежність тривалості виробничого циклу та часу міжопераційного пролежування від величини партії деталей при побудові КППГ за алгоритмом Н.Б. Мироносецького

Тип деталі	n		n/2		n/4		n/8	
	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год
1	39,2	18,4	31,6	21,2	6,6	3,4	8,3	5,7
2	27,2	10,8	14,8	6,4	13,8	9,6	13,5	11,4
3	44,0	24,8	9,6	0,3	8,8	4,0	11,3	8,9

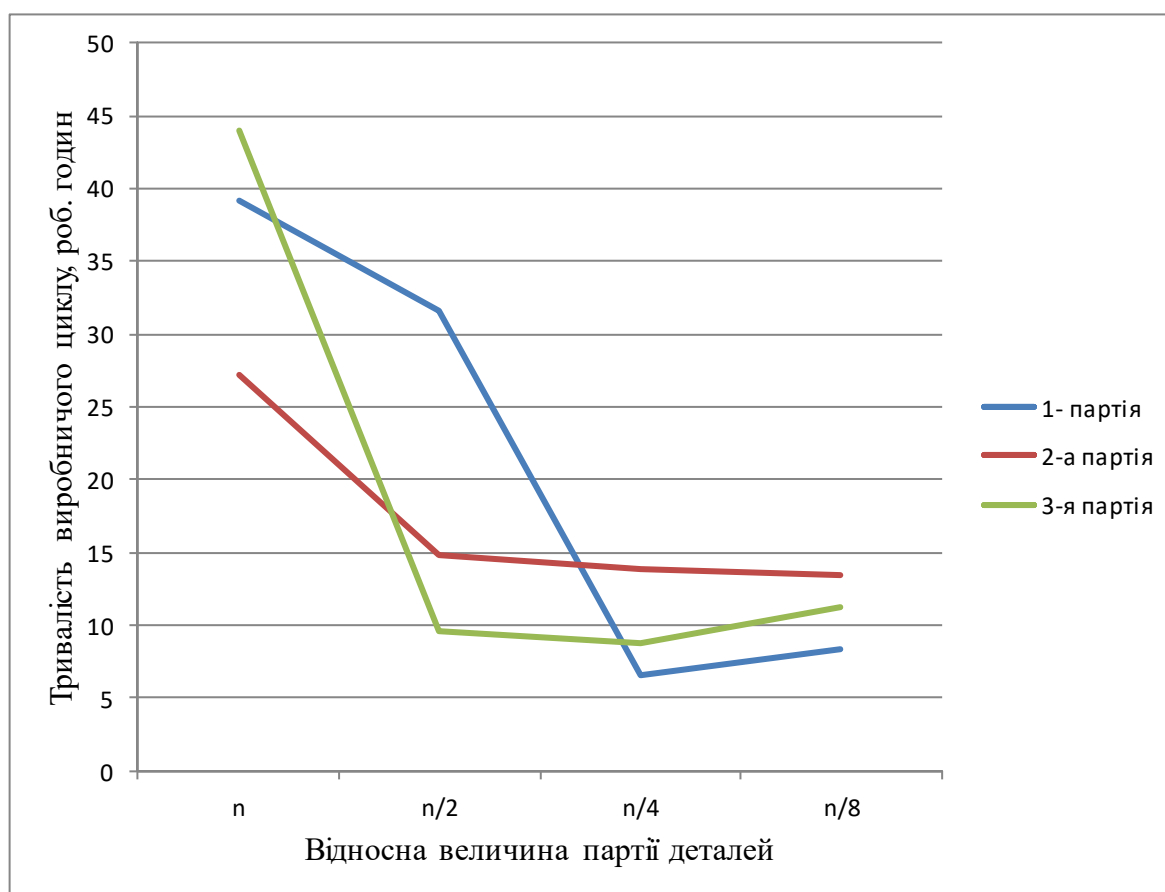


Рис.2.13. Залежність тривалості виробничого циклу від величини партії деталей при побудові КППГ за алгоритмом Н.Б. Мироносецького

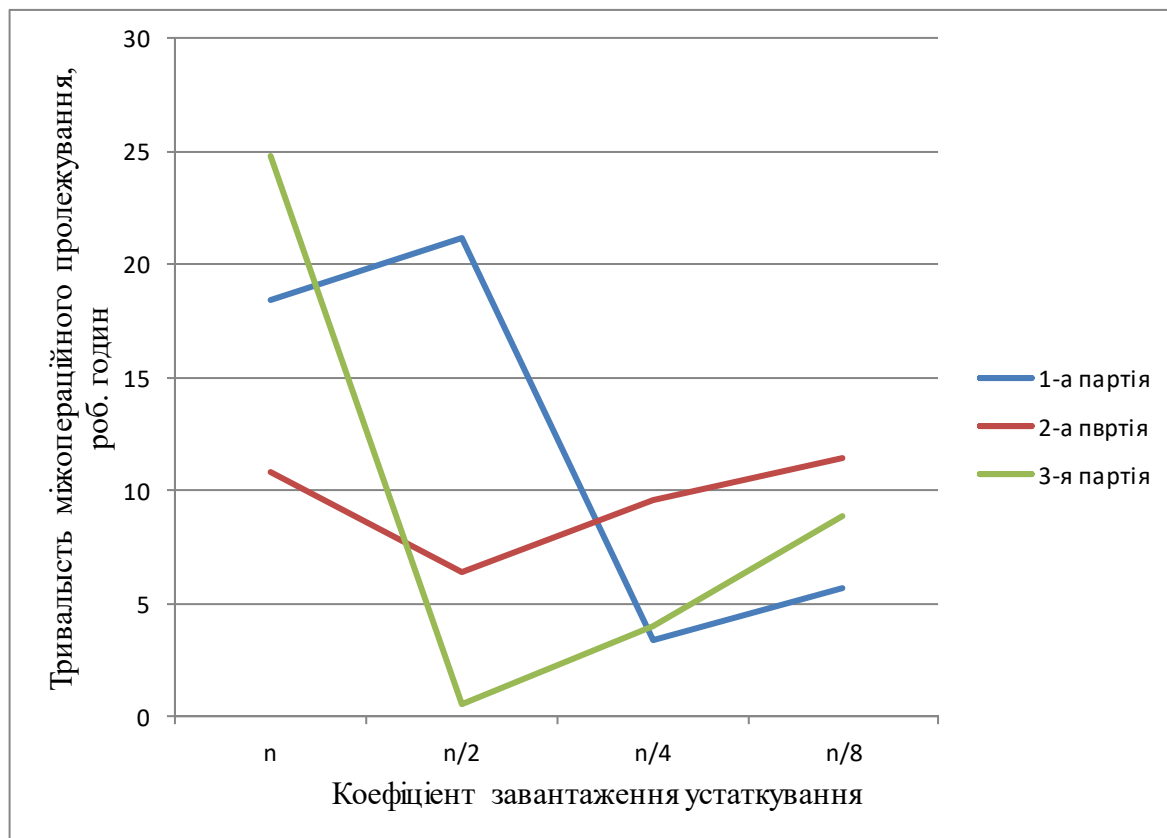


Рис.2.14.Залежність тривалості часу міжопераційного пролежування від величини партії деталей при побудові КППГ за алгоритмом Н.Б. Мироносецького

Алгоритм С. О. Думлера детально викладений в [17]. Алгоритм побудований на використанні однієї функції пріоритету, що називається коефіцієнтом ненапруженості. Головна складова коефіцієнта ненапруженості - час запуску, що визначається як різниця між заданим терміном випуску і максимальною тривалістю виробничого циклу, визначуваною заздалегідь.

Застосовується також варіювання технології залежно від величини ненапруженості, руху деталей і завантаження устаткування, створюються мінімуми запасів робіт для кожної групи устаткування. Йде постійне спостереження за величиною запасів робіт перед верстатами, що забезпечує коливання запасів у вузьких межах.

У основних положеннях алгоритм аналогічний алгоритму Н.Б. Мироносецького, К.В. Шубкіної та З. В. Коробкової. Деякі відмінні моменти (альтернативна технологія, дроблення партії за наявності вільного верстата, аналогічного завантаженому і так далі) в умовах сучасної організації праці втрачають своє значення. Відповідно, всі висновки, що відносяться до алгоритму Н.Б.Мироносецького, можуть бути віднесені до алгоритму С. А. Думлера.

Алгоритм Джонсона [78] також призначений для побудови КППГ завантаження устаткування з використанням функцій пріоритету. Він складається з чотирьох кроків:

Крок 1. Вибирається найкоротша операція серед сукупності операційних циклів партій деталей, що претендують на обробку.

Крок 2а. Якщо ця операція є першою в техпроцесі, то така деталь розташовується першою в черзі на заняття устаткування.

Крок 2б. Якщо ця операція є останньою в техпроцесі, то така деталь розташовується останньою в черзі на заняття устаткування.

Крок 3. Дана послідовність повторюється до тих пір, поки всі позиції не будуть заняті.

Як бачимо, алгоритм на має математичної моделі і не може бути віднесений до аналітико-приоритетного класу. Проте це один з небагатьох конкретних алгоритмів, що викладені в спеціальній закордонній літературі. Тому була розроблена імітаційна модель на мові GPSS World і проведені імітаційні експерименти

Таблиця 2.6.

Залежність тривалості виробничого циклу та часу між операційного пролежування від коефіцієнту завантаження ділянки при побудові КППГ за алгоритмом Джонсона.

Тип деталі	$K_3=0,177$		$K_3=0,354$		$K_3=0,531$		$K_3=0,708$		$K_3=0,885$		$K_3=1,06$	
	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год
1	49	23	91	65	116	90	143	117	173	147	212	186
2	28	7	56	35	83	62	135	114	167	146	204	183
3	32	8	63	39	110	86	153	129	183	159	221	197
4	50	22	93	65	121	93	163	135	195	167	232	204
5	32	9	76	53	121	98	145	122	177	154	215	192
6	38	4	69	35	131	97	173	139	207	173	243	209

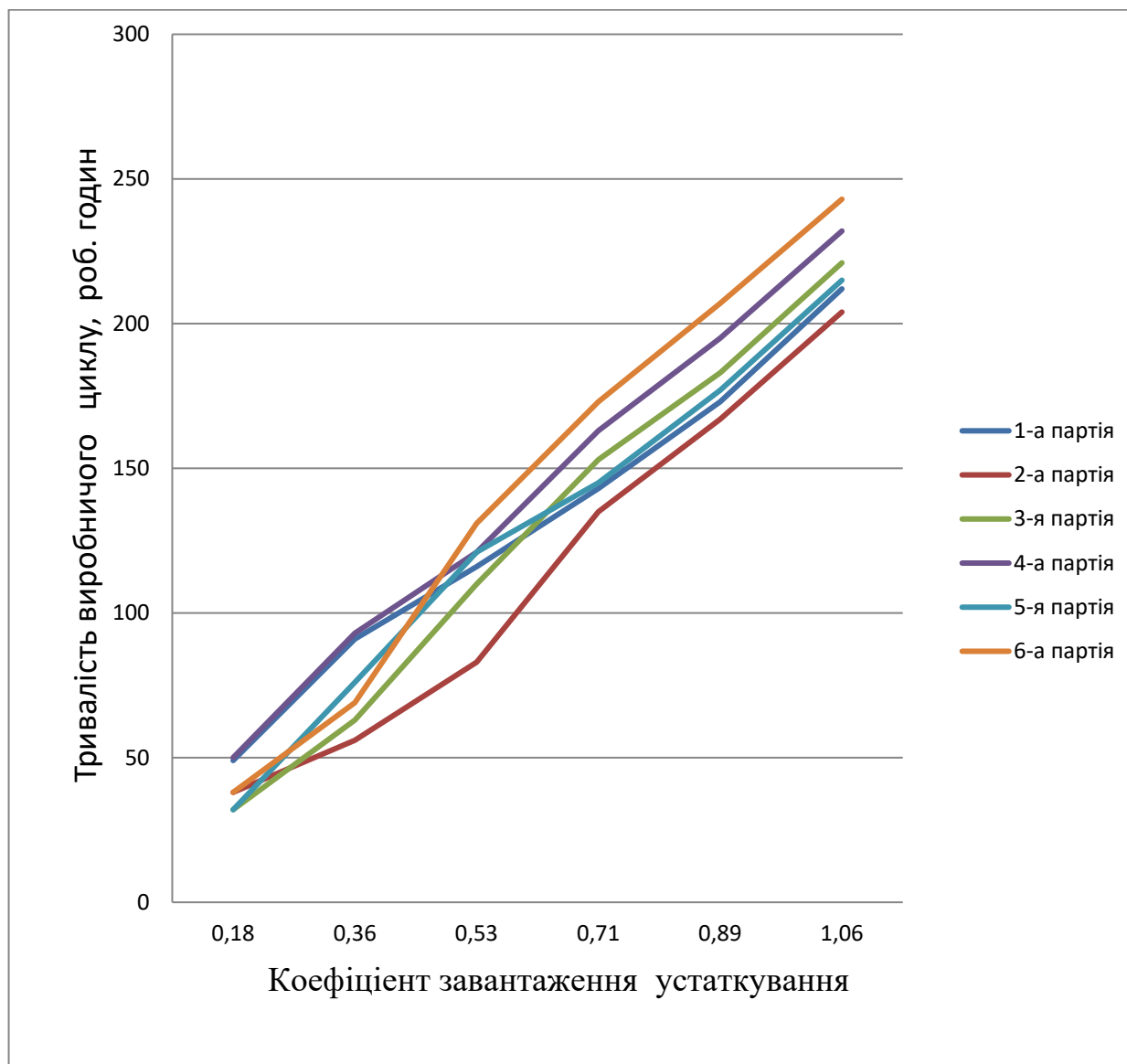


Рис 2.15. Графік залежності тривалості виробничого циклу від коефіцієнта завантаження устаткування при побудові КПП за алгоритмом Джонсона

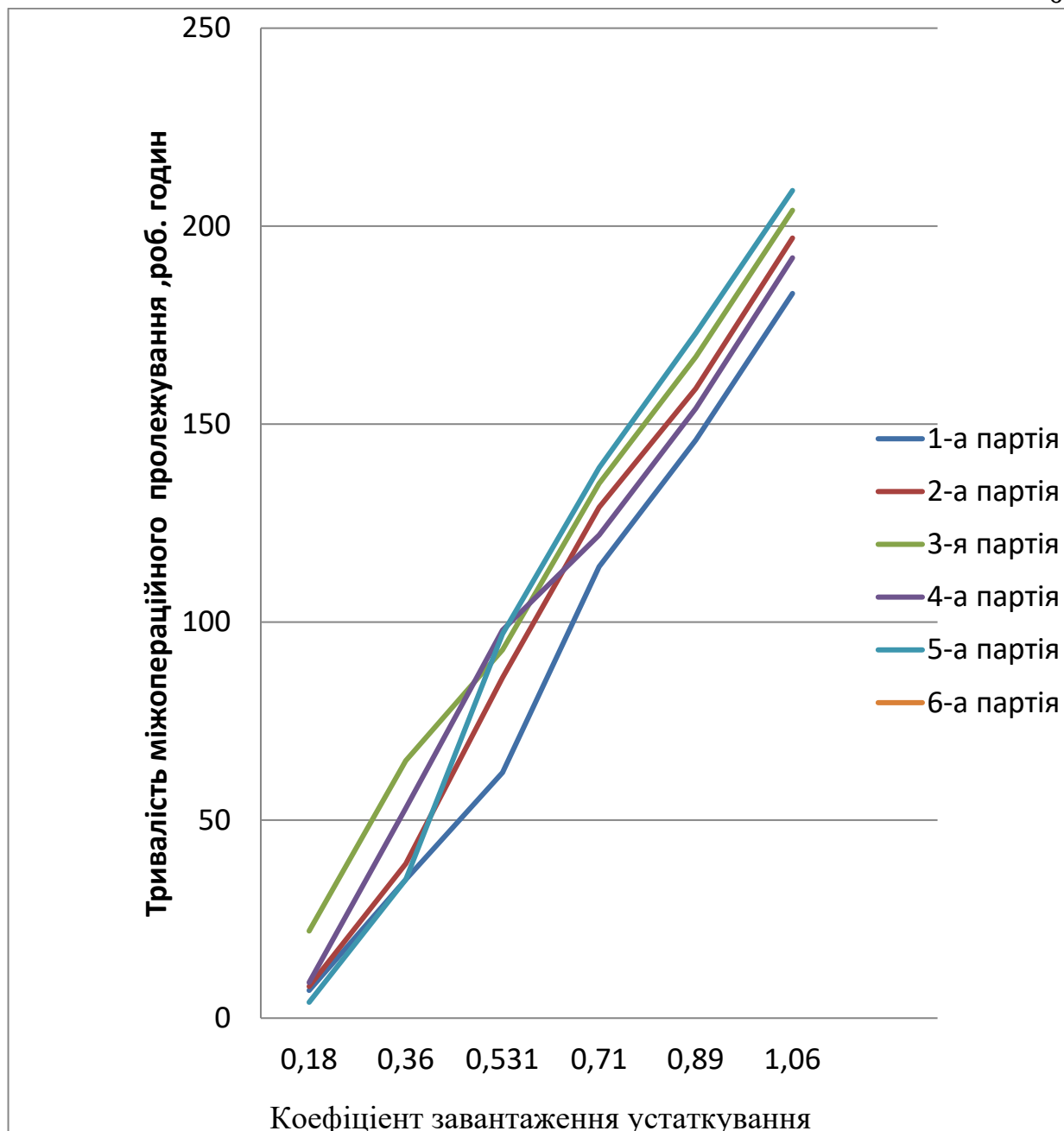


Рис 2.16. Графік залежності тривалості міжопераційного пролежування від коефіцієнта завантаження устаткування при побудові КПП за алгоритмом Джонсона

Таблиця 2.7

Залежність тривалості виробничого циклу і часу міжопераційного пролежування від величина партії при побудові КПП по алгоритму Джонсона

Тип деталі	n		n/2		n/4		n/8	
	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год
1	36	19,2	17,2	8,8	12,2	8	8,9	7,8
2	25,6	10,8	12,4	2,6	9,8	6,1	8,5	6,65
3	22,4	3,2	10,4	0,8	9,2	3,4	8,6	6,2

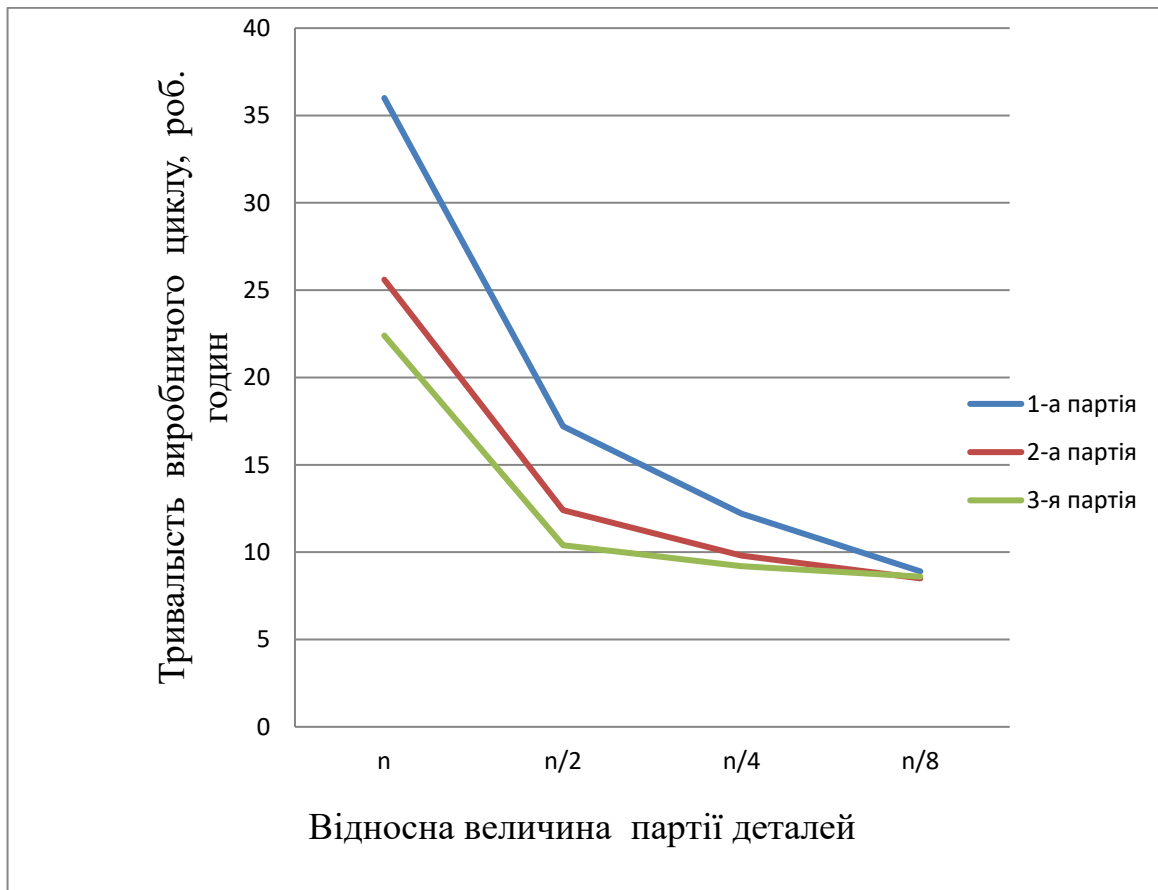


Рис.2.17. Графік залежності тривалості виробничого циклу від величина партії при побудові КПП за алгоритмом Джонсона

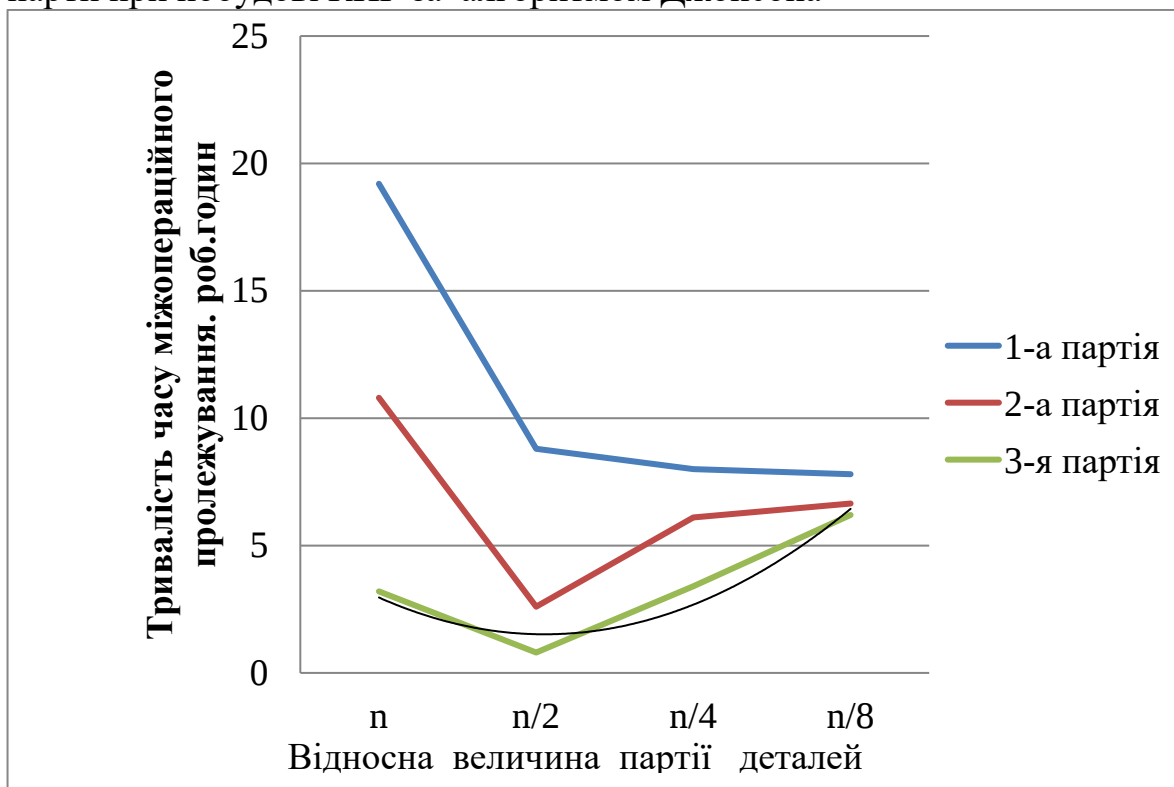


Рис.2.18. Грфік залежності часу міжопераційного пролежування від величина партії при побудові КПП за алгоритмом Джонсона

В джерелі [78] викладений також алгоритм КДС (Кемпбелла, Дудека та Сміта). Його сенс викладений таким чином (переклад наш-автор): «Для більш широкомасштабних проблем досить складно отримати рішення в обмежений час при складанні розкладів для графіка мілкосерійного виробництв які є комбінаторними проблемами. Це означає, що час вирішення комплексної функції при вирішенні буде зростати за експоненціальним законом. Алгоритм КДС є евристичним і використовується для складання розкладів у мілкосерійному виробництв. Відповідно ми повинні використовувати евристику для використання широкомасштабних проблем розкладів мілкосерійного виробництва. Алгоритм КДС кореспондує з багатоетапним використанням використаного для вихідного процесного часу.

Етап 1. Правило Джонсона використовується для 1-ої та m -ої операції Проміжні операції ігноруються.

Етап 2. Правило Джонсона використовується для перших двох та двох останніх операцій.»

Як і для інших алгоритмів, була розроблена імітаційна модель на мові GPSS World та проведені імітаційні експерименти з нею. Результати експериментів наведені нижче.

Таблиця 2.6.
Залежність тривалості виробничого циклу та часу між операційного пролежування від коефіцієнту завантаження дільниці при побудові КПП за алгоритмом КДС.

Тип деталі	$K_3=0,177$		$K_3=0,354$		$K_3=0,531$		$K_3=0,708$		$K_3=0,885$		$K_3=1,06$	
	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год	$T_{ц},$ год	$t_{мо},$ год
1	49	23	84	58	106	80	164	138	158	126	216	190
2	26	5	55	34	82	61	135	114	166	145	211	190
3	32	8	63	35	123	99	168	144	185	161	232	208
4	50	22	81	53	123	95	168	140	196	168	236	208
5	38	15	101	78	101	78	145	122	176	153	215	192
6	44	10	91	57	132	98	178	144	206	172	247	213

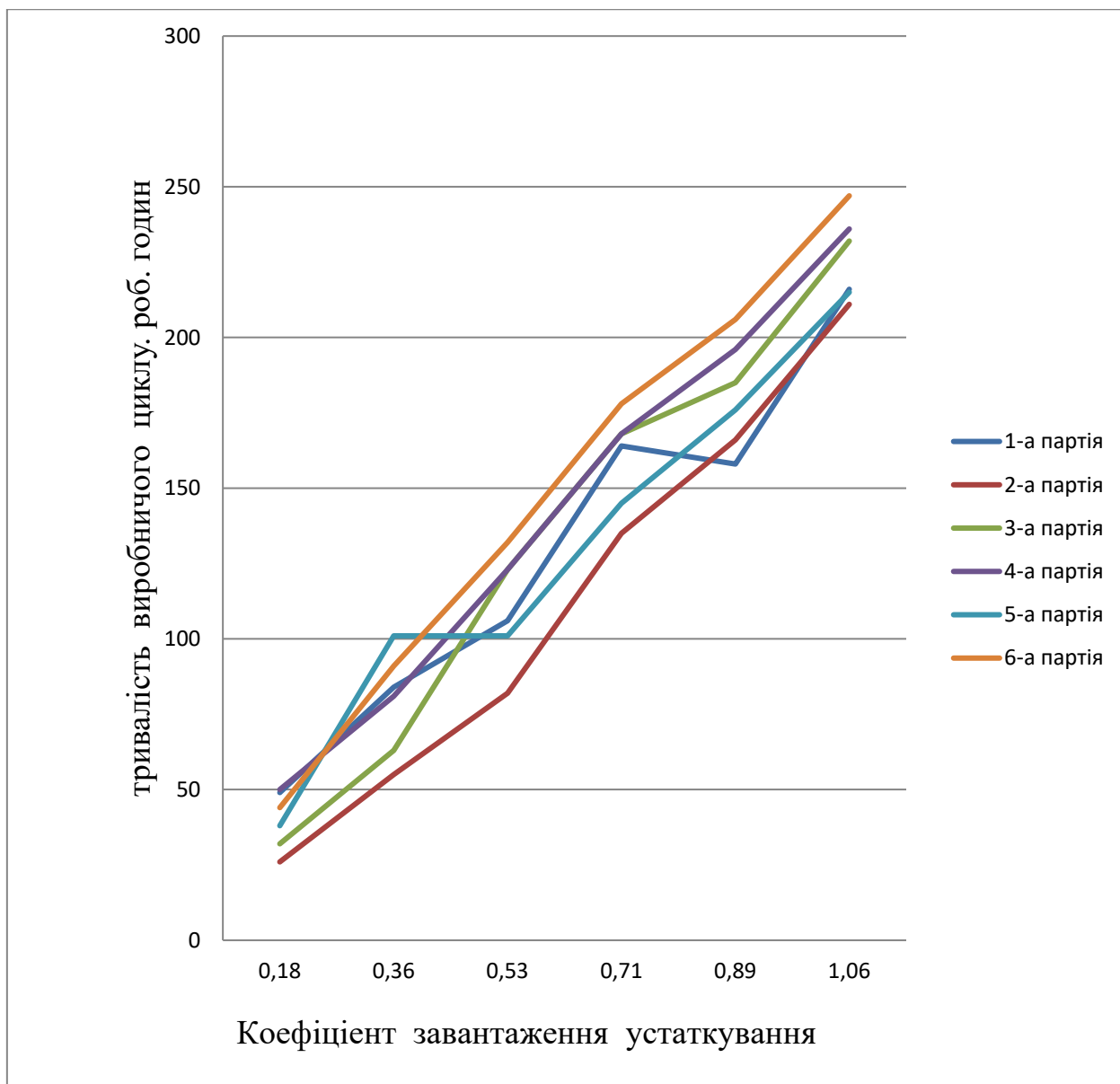


Рис 2.19. Графік залежність тривалості виробничого циклу від коефіцієнта завантаження устаткування при побудові КПП за алгоритмом КДС

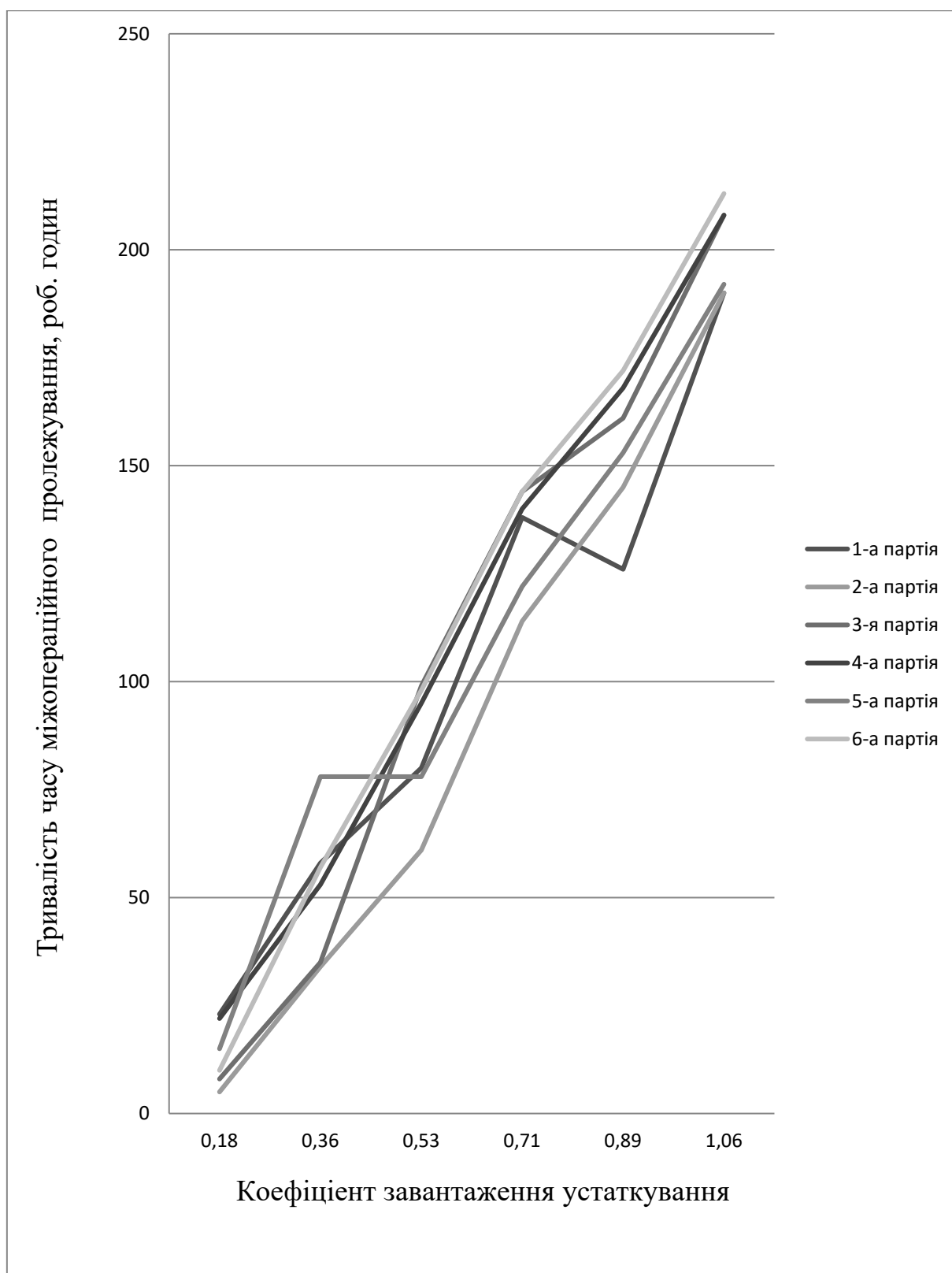


Рис 2.20. Графік залежності тривалості міжопераційного пролежування від коефіцієнта завантаження устаткування при побудові КППГ за алгоритмом КДС

Таблиця 2.7

Залежність тривалості виробничого циклу і часу між операційного пролежування від величина партії при побудові КПП за алгоритмом КДС

Тип деталі	n		n/2		n/4		n/8	
	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год	T _ц , год	t _{мо} , год
1	39,2	17,6	33,2	22,4	10,2	4,8	9,9	7,2
2	22,4	5,6	20,4	12,0	19,4	15,2	13,3	11,2
3	25,6	5,6	33,2	23,2	10,4	5,4	10,0	7,5

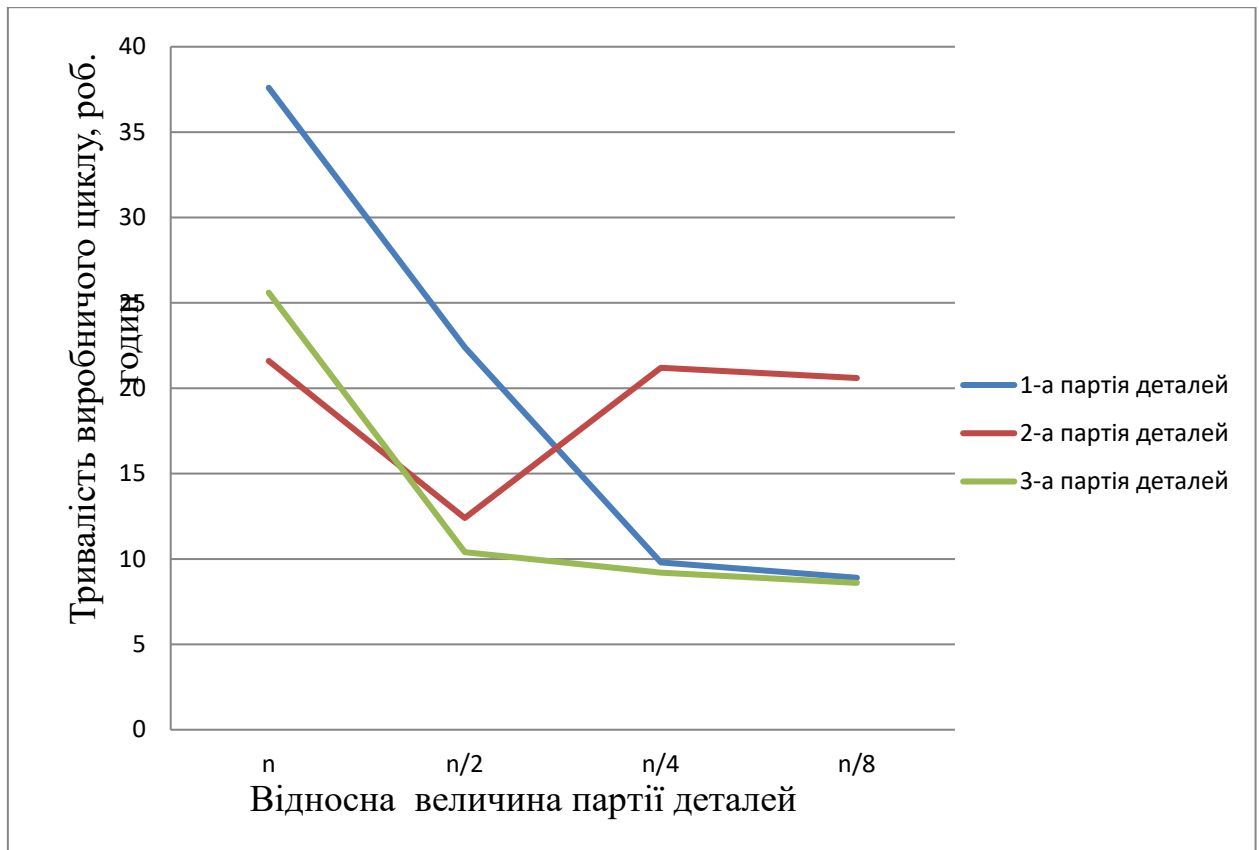


Рис.2.21. Графік залежності тривалості виробничого циклу від величина партії при побудові КПП за алгоритмом КДС

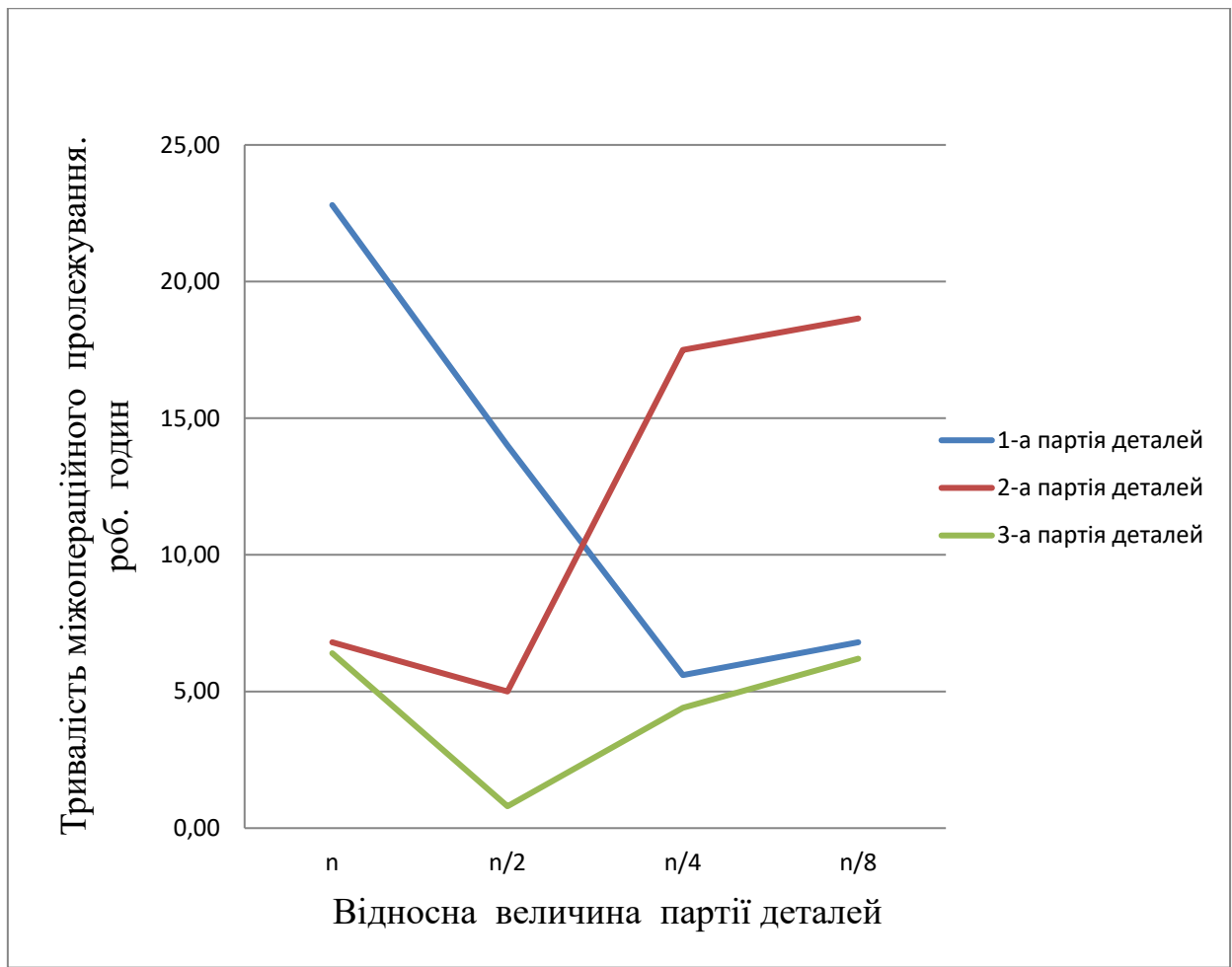


Рис.2.22. Графік залежності часу міжопераційного пролежування від величина партії при побудові КПП за алгоритмом КДС.

Необхідно провести підсумковий аналіз роботи моделюючих алгоритмів (таблиця 2.11, рис.2.16).

Як видно з рисунка і таблиці, найкоротший розклад при коефіцієнті завантаження ділянки $K_z = 0,177$, отримано при використанні алгоритму А-6М (у цих умовах на ділянці обробляється по одній деталі кожного найменування).

При коефіцієнті завантаження $K_z = 0,354$ (на ділянці обробляється більше однієї деталі кожного найменування) найкоротші розклади виходять при використанні алгоритму Н.Б.Мироносецького, коли терміни випуску партій диференційовані (лінія поведінки М11). Такі умови найбільшою мірою відповідають роботі виробничої ділянки на період часу від тижня до місяця. Проведені дослідження дозволяють сформулювати наступні висновки.

Таблиця 2.11

Залежність довжини сукупного виробничого циклу від коефіцієнту завантаження дільниці при побудові КПП з використанням різних моделюючих алгоритмів

Алгоритм	0,177	0,354	0,531	0,709	0,886	1,06
М1	55	98	141	184	227	270
А	49	97	126	165	213	255
А-6М	47	90	128	166	204	247
М П	55	87	120	158	196	234
Джонсона	50	93	131	173	207	243
КДС	50	91	132	178	206	247

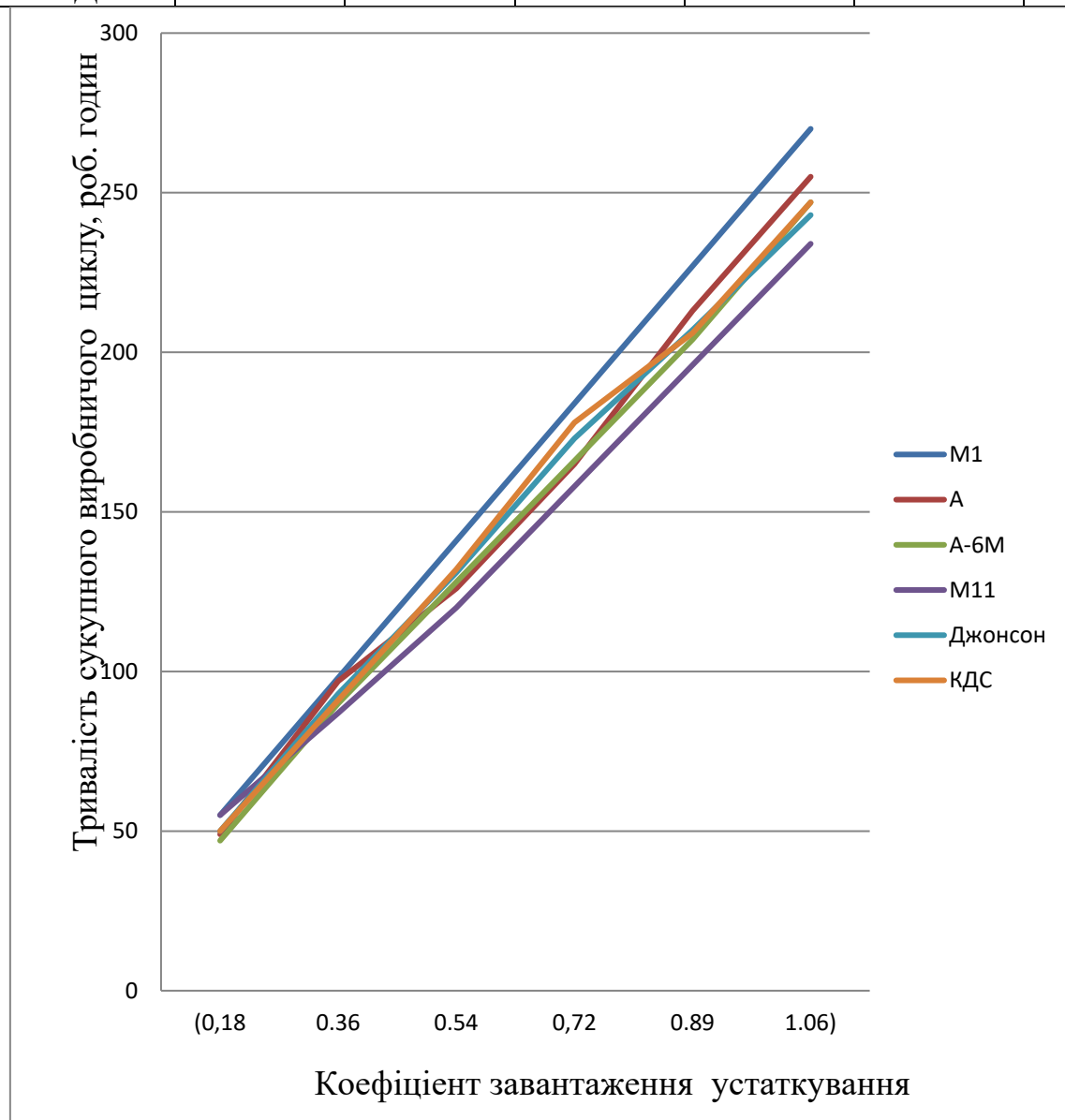


Рис.2.23. Графік залежності тривалості сукупного виробничого циклу від коефіцієнту завантаження дільниці при побудові КПП з використанням різних моделюючих алгоритмів.

Прогнозувати тривалість виробничого циклу можна, використовуючи для побудови календарних планів-графіків алгоритми В. А. Петрова і Н.Б.Мироносецького. Алгоритм А. Е. Г. Іоффе не дає можливості достовірного прогнозу. Календарні плани-графіки роботи устаткування на короткий період часу (до тижня), які по термінології теорії розкладів можна назвати "хорошими", можуть бути отримані за допомогою алгоритмів В. А.Петрова і Е. Г. Іоффе. Складна конструкція алгоритму Е. Г. Іоффе, значно ускладнює відладку і експлуатацію цього алгоритму для розробки програми і вимагає програмістів високої кваліфікації. Це, а також те, що при використанні цього алгоритму значно ускладнюється прогноз тривалості виробничого циклу обробки партії деталей, робить його менш придатним у виробничих умовах.

"Хороші" календарні плани-графіки роботи устаткування на період часу (понад тиждень) можуть бути отримані при використанні алгоритмів В. А.Петрова і Н.Б.Мироносецького, Джонсона та КДС. Алгоритм Н. Б. Мироносецького дає в цьому випадку коротші розклади, терміни закінчення обробки деталей залишаються практично стабільними при зміні коефіцієнта завантаження устаткування. Це, а також проста логіка дають йому певні переваги в виробничих умовах.

2.3. Регулювання ходу виробництва за допомогою досліджуваних алгоритмів

Як показано в главі І, календарний план-графік роботи устаткування є узагальнюючим нормативом, що дозволяє організувати цілеспрямовану роботу виробничого підрозділу по виконанню заданого об'єму робіт при раціональному використанні всіх видів ресурсів. Відомо також і те, що стійкість попередньо складеного плану робіт в умовах нинішньої організації виробництва невисока. Внаслідок перебоїв в постачанні заготовками, інструментом, виходу з ладу устаткування, невиходу з різних причин робочих на роботу і т. д. календарний план-графік роботи зазвичай порушується на другу-третю, максимум - на п'яту добу. Крім того, дуже часто виникає необхідність в найкоротші терміни обробити одну або декілька партій деталей, в яких виник дефіцит на складальних операціях. Тому представляється важливим відповісти на наступне питання –наскільки добре "працюють" досліджувані алгоритми при регулюванні ходу виробництва, коли разом з позачерговим випуском деяких партій деталей вимагається раціонально, з точки зору вибраних критеріїв оптимальності, завантажити устаткування, що залишилося, дотримуючись вимог технології і організації виробництва.

За алгоритмом А-6М В. А.Петрова спочатку складений оптимізований календарний план-графік роботи устаткування (нульовий приклад), де усі партії деталей мають однаковий пріоритет -- нульовий, представлений в таблиці. 2.12.

Регулювання побудови календарних планів-графіків, а з ним і ходу виробництва здійснюється наданням підвищених пріоритетів.

Як уже згадувалося, моделі, що реалізують досліджувані алгоритми, розроблені на мові моделювання GPSS World, що має 128 рівнів пріоритету. Спочатку складені оптимізовані календарні плани графіки отримані, коли всі транзакти, що моделюють партії деталей в імітаційних експериментах, мають нульовий рівень пріоритету. Сталої методики, в якій розроблені питання дослідження ефективності регулювання ходу виробництва за допомогою побудови КППГ з використанням моделюючих алгоритмів, при аналізі спеціальної літератури не виявлено. Тому пропонується наступний підхід. Партії деталей, яка завершує обробку останньою, згідно спочатку складеного оптимізованого КППГ надається підвищений пріоритет (першого рівня). Після цього аналізуємо знову складений КППГ. Якщо він відрізняється від первинного, то слідує новий крок - надання вищого пріоритету (другого рівня) партії деталей, обробка якої закінчується останньою в знову складеному варіанті КППГ. Число кроків надання вищого пріоритету має бути таким, щоб не менше половини партій деталей мали підвищений пріоритет. При такій кількості експериментів можна буде вірно судити про роботу моделюючого алгоритму при регулюванні ходу виробництва. Тому згідно з викладеним підходом надаємо четвертій партії деталей, яка закінчує обробку останньою в прикладі 0, пріоритет I. Календарний план-графік матиме вигляд, представлений в прикладі 1. Порівнюючи отримані графіки можна зробити наступні висновки.

Тривалість розкладів в графіку, який піддався регулюванню, збільшилася з 47 до 52 роб. годин. Діяльність виробничого циклу обробки четвертої партії деталей скоротилася з 47 до 29 роб. годин, час міжопераційного пролежування зменшився з 19 до I роб. годин. Таким чином, існує можливість регулювання ходу виробництва при використанні моделі, що реалізовує алгоритм А -6М. Наступний крок - шостій партії деталей» обробка якої в прикладі 1 закінчується останньою, надаємо пріоритет 2. Календарний план-графік в цьому випадку матиме вигляд, представлений в прикладі 2. В даному прикладі тривалість розкладу дорівнює 58 роб. годин. Тривалість виробничого циклу шостої партії деталей, що має найвищий пріоритет, скорочена до 38 роб. годин, час міжопераційного пролежування - з 18 до 4 роб. годин тривалість виробничого циклу четвертої партії деталей, що має пріоритет I, в прикладі 2 дорівнює 42 роб. годин - більше, ніж в прикладі I, коли ця партія мала найвищий пріоритет, але менше, ніж в прикладі 0. Надамо першій партії деталей, обробка якої завершується останньою в прикладі 2, вищий пріоритет - 3. Календарний план-графік роботи устаткування зміниться (приклад 3). Тривалість виробничого циклу першої партії деталей скоротилася з 58 до 31 роб. годин, час міжопераційного пролежування - з 32 до 5 роб. годин. Час обробки шостої і четвертої партії деталей залишився таким же, як в прикладі 2 - відповідно 38 і 42 роб. години.

Таблиця 2.12

Первісний календарний план-графік роботи ділянки, побудований з використанням алгоритму А-6М (приклад 0)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	5	2	0	2	2
2	3	6	0	4	4
3	4	2	2	6	8
4	1	1	0	9	9
5	3	4	4	5	9
6	5	5	2	10	12
7	2	6	4	8	12
8	4	5	12	3	15
9	1	3	9	7	16
10	3	2	9	8	17
11	2	1	12	6	18
12	1	6	16	7	23
13	3	5	17	6	23
14	4	1	18	8	26
15	1	2	23	5	28
16	2	4	18	10	28
17	5	6	23	3	28
18	5	1	28	3	31
19	1	5	28	4	32
20	2	3	28	8	36
21	4	6	28	10	38
22	1	4	32	6	38
23	5	4	38	3	41
24	4	3	38	5	43
25	5	3	43	4	47
26	4	4	43	4	47

Таблиця 2.13

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований з використанням алгоритму А-6М (приклад 1)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	5	2	0	2	2
2	3	4	0	5	5
3	4	2	2	6	8
4	1	1	0	9	9
5	3	6	5	4	9
6	5	2	2	10	12
7	2	4	5	10	15
8	4	5	12	3	15
9	1	3	9	7	16
10	3	2	9	8	17
11	1	4	16	6	22
12	2	6	15	8	23
13	3	5	17	6	23
14	5	4	22	3	25
15	1	2	22	5	27
16	4	4	25	4	29
17	2	1	23	6	29
18	1	6	27	17	34
19	2	3	29	8	37
20	4	1	29	8	37
21	1	5	34	4	38
22	5	6	34	5	39
23	4	3	37	5	42
24	5	1	39	3	42
25	5	3	42	4	46
26	4	6	42	10	52

В даному прикладі останньою завершує обробку третя партія деталей. Надавши цій партії деталей пріоритет 4, отримаємо новий розклад роботи дільниці (цей приклад не наводиться). Тривалість розкладу буде 49 роб. годин, час обробки - третьої партії деталей скоротиться з 51 до 32 роб. годин, час міжопераційного пролежування - з 27 до 8 роб. годин Тривалість обробки партії деталей, що мають підвищений пріоритет, така: першої (пріоритет 3) - 37 роб.

годин, шостої (пріоритет 2), - 44 роб. годин - четвертої (пріоритет І) - 49 роб. годин.

Таким чином, можна зробити наступні висновки відносно моделі алгоритму А-6М В. А.Петрова:

Регулювання ходу виробництва з використанням моделі алгоритму можливо за допомогою підвищених пріоритетів. Підвищення пріоритету сприяє скороченню тривалості виробничого циклу і часу міжопераційного пролежування. Для партії деталей, що має найвищий пріоритет, ці параметри скорочуються в максимальній мірі. Партії деталей, що мають проміжні рівні пріоритету, можуть мати більшу тривалість довжини розкладу, ніж партії деталей з нульовим пріоритетом. Це буває в двох випадках:

а) партії деталей мають різноспрямовані технологічні маршрути і рідко вступають в конфлікт при визначенні черговості обробки, через що втрачає значення різниця в пріоритетах;

б) партії деталей мають різну кількість операцій обробки і різну тривалість технологічного циклу.

Розклади, складені для випадку, що має різні рівні пріоритетів, відходять від оптимального (в даному випадку найкоротшого), причому відходять нерівномірно. Не обов'язково меншій кількості рівнів пріоритету відповідатиме коротший розклад.

Таблиця 2.14

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований за допомогою алгоритму А-6М (приклад 2)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	5	2	0	2	2
2	3	6	0	4	4
3	4	2	2	6	8
4	6	4	4	5	9
5	1	1	0	9	9
6	2	6	4	8	12
7	5	5	2	10	12
8	4	5	12	3	15
9	1	3	9	7	16
10	3	2	9	8	17
11	2	4	12	10	22
12	1	6	16	7	23
13	3	5	17	6	23
14	5	6	23	5	27
15	2	1	22	6	28
16	1	4	23	6	29
17	5	4	29	3	32
18	1	2	29	5	34
19	2	3	28	8	36
20	4	6	28	10	38
21	1	5	34	4	38
22	4	4	38	4	42
23	4	3	42	5	47
24	5	3	47	4	51
25	4	1	47	8	55
26	5	1	55	3	58

Таблиця 2.15.

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований за допомогою алгоритму А-6М (приклад 3)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	5	2	0	2	2
2	3	6	0	4	4
3	4	2	2	6	8
4	1	1	0	9	9
5	3	4	4	5	9
6	2	6	4	8	12
7	5	5	2	10	12
8	4	5	12	3	15
9	1	3	9	7	16
10	3	2	9	8	17
11	2	1	12	6	18
12	1	6	16	7	23
13	3	5	17	6	23
14	4	1	18	8	26
15	5	6	23	5	28
16	2	4	18	10	28
17	1	2	23	5	28
18	5	1	28	3	31
19	1	4	28	6	34
20	2	3	28	8	36
21	5	4	34	3	37
22	4	6	28	10	38
23	1	5	34	4	38
24	4	4	38	4	42
25	4	3	42	5	47
26	5	3	47	4	51

Розглянемо роботу моделі, що реалізує **алгоритм А. Е. Г. Іоффе**. Оптимізований календарний план-графік, отриманий за допомогою моделі, представлений в прикладі 4. Тривалість розкладу в цьому найкоротша в експериментах з моделлю алгоритму А. Е. Г. Іоффе - 49 роб. годин. Останньою завершує обробку четверта партія деталей. Після надання їй пріоритету І календарний план-графік має вигляд, представлений в прикладі 5

Таблиця 2.16.

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований за допомогою алгоритму А. Е. Г. Іоффе (приклад 4)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	5	2	0	2	2
2	3	6	0	4	4
3	1	3	0	7	7
4	4	2	2	6	8
5	3	4	4	5	9
6	2	6	4	8	12
7	5	5	2	10	12
8	4	5	12	3	15
9	1	1	7	9	16
10	3	2	9	8	17
11	2	3	12	8	20
12	1	6	16	7	23
13	3	5	17	6	23
14	4	3	20	5	25
15	2	1	20	6	26
16	1	2	23	5	28
17	5	6	23	5	28
18	5	3	28	4	32
19	1	5	28	4	32
20	4	1	26	8	34
21	2	4	26	10	36
22	5	1	34	3	37
23	1	4	36	6	42
24	4	6	34	10	44
25	5	4	42	3	45
26	4	4	45	4	49

. Як бачимо, регулювання за допомогою моделі можливо. Тривалість розкладу складає у разі 55 роб. годин, тривалість виробничого циклу обробки четвертої партії деталей скоротилася з 49 до 29 роб. годин, час міжопераційного пролежувать з 21 до 1 роб. години. Останньою завершена обробка шостої партії деталей. Згідно прийнятому підходу до вивчення "роботи" моделей алгоритмів при регулюванні ходу виробництва наступний крок - надання пріорітету 2 шостій партії деталей. Календарний план-графік роботи дільниці зміниться і матиме вигляд, представлений в прикладі 6.

Таблиця 2.17

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований за допомогою алгоритму А. Е. Г. Іоффе (приклад 5)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	5	2	0	2	2
2	3	4	0	5	5
3	1	3	0	7	7
4	4	2	2	6	8
5	3	6	5	4	9
6	5	5	2	10	12
7	2	4	5	10	15
8	4	5	12	3	15
9	1	1	7	9	16
10	3	2	9	8	17
11	1	4	16	6	22
12	2	6	15	8	23
13	3	5	17	6	23
14	5	4	22	3	25
15	1	2	22	5	27
16	4	4	25	4	29
17	2	3	23	8	31
18	1	6	27	7	34
19	4	3	31	5	36
20	2	1	31	6	37
21	1	5	34	4	38
22	5	6	34	5	39
23	5	3	39	4	43
24	4	1	37	8	45
25	5	1	45	5	48
26	4	6	45	10	55

Тривалість виробничого циклу обробки шостої партії складає 38 роб. годин, час міжопераційного пролежування 4 години (у прикладі 4 відповідно до 56 і 21 роб. годин). Для четвертої партії деталей, що має пріоритет І, ці величини відповідно дорівнюють 42 і 14 роб. година, В даному прикладі останньою завершена обробка першої партії деталей. Надаємо їй пріоритет 3 і повторюємо експеримент по складання розкладу. Він має вигляд, представлені в прикладі 7. Тривалість сукупного виробничого скоротилася і стала дорівнювати 51 роб. годин, час обробки першої партії деталей зменшився до 31

роб. години, час міжопераційного пролежування - до 5 годин. Час обробки шостої і четвертій партій залишився таким же, як і в прикладі 3 - відповідно 38 та 42 роб. години. Останньою завершує обробку третя партія деталей. Надавши їй більше високий пріоритет - 4, отримаємо новий розклад роботи дільниці (цей приклад не представлений). Тривалість цього розкладу - 49 роб. годин, тривалість виробничого циклу третьої партії скоротилася до 32 робочих годин, час міжопераційного пролежування - до 4 годин. Тривалість сукупного виробничого циклу партій деталей, що мають підвищений пріоритет, така: першою (пріоритет 3) - 37 роб. годин; шостий (пріоритет 2) - 44 роб. годин; четвертою (пріоритет 1) - 49 роб. годин. Як видно, вищому рівню пріоритету відповідає коротший виробничий цикл.

Роглянем тепер роботу моделі, що реалізує алгоритм А. Е. Г. Іоффе. Оптимізований календарний план-графік, отриманий з допомогою моделі, представлений в прикладі 4. Тривалість розкладу в цьому найкоротша в експериментах з моделью алгоритму А. Е. Г. Іоффе - 49 роб. годин. Останньою завершує обробку четверта партія деталей, після надання їй пріоритету I календарний план-графік має вигляд, представлений в прикладі 5. Як бачимо, регулювання з допомогою моделі можливо. Тривалість розкладу складає у даному разі 55 роб. годин, тривалість виробничого циклу обробки четвертої партії деталей скоротилася з 49 до 29 роб. годин, час міжопераційного пролежування з 21 до I роб. години. Останньою завершена обробка шостої партії деталей. Згідно з прийнятим підходом до вивчення "роботи" моделей алгоритмів при регулюванні ходу виробництва наступний крок - надання пріоритету 2 шостій партії деталей. Календарний план-графік роботи дільниці зміниться і матиме вигляд, представлений в прикладі 6.

Тривалість виробничого циклу обробки шостої партії буде 38 роб. годин, час міжопераційного пролежування 4 години (у прикладі 4 відповідно по 56 і 21 роб. годин). Для четвертої партії деталей, що має пріоритет I, ці величини відповідно дорівнюють 42 і 14 роб. годин. В даному прикладі останньою завершена обробка першої партії деталей. Надаємо їй пріоритет 3 і повторюємо експеримент по складанню розкладу. Він має вигляд, представлений в прикладі 7. Тривалість сукупного виробничого скоротилася і стала рівною 51 роб. година, час обробки першої партії деталей зменшився до 31 роб. години, час міжопераційного пролежування - до 5 годин. Час обробки шостої і четвертої партій залишився таким же, як і в прикладі 6 - відповідно до 38 і 42 роб. години. Останньою завершує обробку третя партія деталей. Надавши їй більш високий пріоритет - 4, отримаємо новий розклад роботи дільниці (цей приклад не представлений). Тривалість цього розкладу - 49 роб. годин, тривалість виробничого циклу третьої партії скоротилася до 32 роб. годин, час міжопераційного пролежування - до 4 годин. Тривалість сукупного виробничого циклу партій деталей, що має підвищений пріоритет, така: першої (пріоритет 3) - 37 роб. годин, шостої (пріоритет 2) - 44 роб. години, четвертої (пріоритет I) - 49 роб. годин. Як видно, вищому рівню пріоритету відповідає коротший виробничий цикл.

Висновки, що відносяться до моделі алгоритму А-6М В. А.Петрова, повною мірою відносяться і до моделі алгоритму А Е.Г.Иоффе.

Таблиця 2.18.

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований за допомогою алгоритму А Е. Г. Іоффе (приклад 6)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	5	2	0	2	2
2	3	6	0	4	4
3	1	3	0	7	7
4	4	2	2	6	8
5	3	4	4	5	9
6	2	6	4	8	12
7	5	5	2	10	12
8	4	5	12	3	15
9	1	1	7	9	16
10	3	2	9	8	17
11	2	4	12	10	22
12	1	6	16	7	23
13	3	5	17	6	23
14	5	6	23	5	28
15	1	4	23	6	29
16	2	3	22	8	30
17	3	4	29	3	32
18	1	2	29	5	34
19	2	1	30	6	36
20	4	6	28	10	38
21	1	5	34	4	38
22	4	4	38	4	42
23	4	3	42	5	47
24	5	4	3	47	51
25	4	1	47	8	55
26	5	1	55	3	58

Таблиця 2.19

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований за допомогою алгоритму А. Е. Г. Іоффе (приклад 7)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	5	2	0	2	2
2	3	6	0	4	4
3	4	2	2	6	8
4	1	1	0	9	9
5	3	4	4	5	9
6	2	6	4	8	12
7	5	5	2	10	12
8	4	5	12	3	15
9	1	3	9	7	16
10	3	2	9	8	17
11	2	1	1	6	18
12	1	6	16	7	23
13	3	5	17	6	23
14	4	1	18	8	26
15	5	6	23	5	28
16	2	4	18	10	29
17	1	2	23	5	28
18	5	1	28	3	31
19	1	4	28	6	34
20	2	3	28	8	36
21	5	4	34	3	37
22	4	6	28	10	38
23	1	5	34	4	38
24	4	4	38	4	42
25	4	3	42	5	47
26	5	3	47	4	51

Проаналізуємо можливість регулювання ходу виробництва за допомогою моделі алгоритму Н.Б.Мироносецького. Як вказувалося раніше, цей алгоритм базується на визначенні функції пріоритету, що відбиває терміни готовності деталі (див. формулу 2.9). Звідси видно, що регулювання органічно властиве механізму роботи цього алгоритму, воно лежить в основі його роботи. При зміні терміну готовності деталі змінюється її пріоритет і деталь виготовляється

швидше чи повільніше залежно від того, збільшується або зменшується величина τ .

При цьому не можна сказати, за яких умов буде отримано мінімальний або максимальний за тривалістю розклад. Це пояснюється тим, що за приблизно рівних умов пріоритету алгоритм дає, як правило, досить довгі розклади (перевищують найкоротший на 15-20 %). Так, при термінах випуску τ для усіх партій деталей, порівнянних з тривалістю технологічного циклу, алгоритм дає розклад тривалістю 55 роб. годин, що довше найкоротшого на 8 роб. годин або на 17 % (приклад 8). Цей розклад отриманий при термінах готовності для усіх партій деталей при $\tau = 38$ роб. годин, аналогічний розклад був отриманий і у тому випадку, коли були змінені терміни готовності деяких деталей до $\tau = 40$ робочих годин. У цьому розкладі в останню чергу закінчується обробка третьої і четвертої партій деталей у момент часу 55 робочих годин. Змінимо термін готовності четвертої партії деталей з 30 до 40 робочих годин.

Це дозволяє отримати новий розклад та скоротити часу обробки четвертої партії деталей до 37 робочих годин. За рахунок скорочення часу міжопераційного пролежування з 27 до 9 роб. годин (приклад 9) тривалість сукупного виробничого циклу обробки усіх партій деталей зменшилася і складає 52 роб. години. Останньою завершується обробка шостої деталі. Зменшивши для цієї партії термін готовності до 10 роб. годин, отримаємо новий розклад тривалістю 55 годин, де час обробки шостої партії деталей буде скорочено до 38 роб. годин (цей приклад не наводиться). Як видно з проведених експериментів, змінюючи терміни готовності партій деталей, можна добитися зміни розкладу роботи дільниці, прискореної обробки необхідної партії деталей.

Задаючи для партії деталей малу величину терміну готовності, можна добитися того, що ця i -та партія деталей оброблятиметься в першу чергу на початкових операціях технологічного процесу. З ходом виробництва значення функції пріоритету цієї деталі може порівнятися зі значенням функції пріоритету іншої деталі, яка ще не запускалася на обробку. У такої партії деталей виконано мале, в порівнянні з оброблюваною поза чергою партією, число операцій, і на останніх операціях технологічного процесу пріоритетна партія поступатиметься в конфліктних ситуаціях, і хоча такий хід виробництва, ймовірно, буде гармонійнішим і дозволить скоротити тривалість сукупного виробничого циклу, ця пріоритетна партія не буде оброблена в мінімально можливий термін. Такий короткий термін можна отримати, якщо призначити цій партії нереально короткий термін готовності, або якщо ця партія має технологічний маршрут, що складається з малого (дві-три) числа операцій, а також якщо інші партії матимуть дуже великі терміни готовності.

Регулювання ходу виробництва на основі побудови КПП за **алгоритмом Н.Б.Мироносця** можна здійснювати не лише змінюючи терміни готовності деталей, але і надаючи партіям деталей підвищені пріоритети, що є, на наш погляд, більш раціональним. Партія деталей з підвищеним пріоритетом

оброблятиметься на усіх операціях в першу чергу. Так, в початковому варіанті календарного плану-графіку тривалість виробничого циклу обробки 3-ої партії деталей складала 55 роб.годин. Надавши їй вищий пріоритет - I, можна добитися значного скорочення тривалості її виробничого циклу і часу міжопераційного пролежування - відповідно до 32 роб. годин і 4 годин (приклад 10). Були також проведені експерименти по регулюванню розкладів шляхом надання вищих рівнів пріоритетів. Так, в прикладі 10 останньою завершується обробка шостої партії деталей. Після надання їй пріоритету 2 було отримано новий розклад тривалістю 50 роб. годин при прискореній обробці шостої партії деталей - 38 роб. годин. В цьому випадку останньою завершується обробка четвертої партії деталей. Після надання їй пріоритету 3 був отриманий новий графік роботи дільниці тривалістю 55 роб. годин і скорочений час обробки вказаної партії деталей (цей приклад не наводиться).

Таблиця 2.20.

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований за допомогою алгоритму Н.Б.Мироносецького (приклад 8)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	3	6	0	4	4
2	1	1	0	9	9
3	3	4	4	5	9
4	5	5	0	10	10
5	2	6	4	8	12
6	5	2	10	2	12
7	4	5	10	3	13
8	1	3	9	7	16
9	4	2	13	6	19
10	3	5	13	6	19
11	2	4	12	10	22
12	1	6	16	7	23
13	3	2	19	8	27
14	5	6	23	5	28
15	1	4	23	6	29
16	2	3	22	8	30
17	5	4	29	3	32
18	1	2	29	5	34
19	2	1	30	6	36
20	4	6	28	10	38

Продовження таблиці 2.20.

21	1	5	34	4	38
22	4	1	38	8	45
23	5	1	46	3	49
24	4	3	46	5	51
25	4	4	51	4	55
26	5	3	51	4	55

Таблиця 2.21.

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований за допомогою алгоритму Н.Б.Мироносецького (приклад 9)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	3	4	0	5	5
2	1	1	0	9	9
3	3	6	5	4	9
4	5	5	0	10	10
5	5	2	10	2	12
6	4	5	10	3	13
7	2	4	5	10	15
8	1	3	9	7	16
9	4	2	13	6	19
10	3	5	13	6	19
11	1	4	16	6	22
12	2	6	15	8	23
13	5	4	22	3	25
14	1	5	22	4	26
15	3	2	19	8	27
16	2	1	23	6	29
17	4	4	25	4	29
18	1	6	26	7	33
19	2	3	29	8	37
20	4	1	29	8	37
21	1	2	33	5	38
22	5	6	33	5	38
23	5	1	38	3	41
24	4	3	37	5	42
25	5	3	42	4	46
26	4	6	42	10	52

Отже, регулювання ходу виробництва з використанням моделі алгоритму Н.Б.Мироносецького за допомогою надання пріоритетів, дає приблизно такі ж результати, як і при використанні моделей алгоритмів В. А.Петрова і Е. Г. Іоффе. Відповідно висновки, що відносяться до цих двох моделей, справедливі і для моделі алгоритму Мироносецького.

Таблиця 2.22

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований за алгоритмом Н.Б.Мироносецького (приклад 10)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	3	4	0	5	5
2	1	3	0	7	7
3	3	6	5	4	9
4	5	5	0	10	10
5	5	2	10	2	12
6	4	5	10	3	13
7	2	4	5	10	15
8	1	1	7	9	16
9	4	2	13	6	19
10	3	5	13	6	19
11	1	4	16	6	22
12	2	3	15	8	23
13	5	4	22	3	25
14	1	5	22	4	26
15	3	2	19	8	27
16	4	3	23	5	28
17	2	6	23	8	31
18	5	3	28	4	32
19	1	2	27	5	32
20	4	4	28	4	32
21	2	1	31	6	37
22	1	6	32	7	39
23	5	6	39	5	44
24	4	1	37	8	45
25	5	1	45	3	48
26	4	6	45	10	55

Можна зробити наступний висновок щодо можливостей регулювання ходу виробництва при використанні алгоритму Н.Б.Мироносецького.

Регулювання наданням пріоритетів дає можливість прогнозу результату - партія деталей, що має вищий пріоритет, буде оброблена за коротший термін при співмірній тривалості технологічних циклів і числі операцій. Регулювання за допомогою термінів випуску не таке прийнятне, оскільки ускладнює прогноз результату.

Перевіримо також можливості регулювання виробництва для алгоритма Джонсона. Найоптимальніший розклад має наступний вигляд(приклад 11) і має тривалість сукупного виробничого циклу 50 робочих годин.

Таблиця 2.23

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований за алгоритмом Джонсона (приклад 11)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	5	2	0	2	2
2	3	6	0	4	4
3	1	3	0	7	7
4	4	2	2	6	8
5	3	4	4	5	9
6	5	5	2	10	12
7	2	6	4	8	12
8	4	5	12	3	15
9	1	1	7	9	16
10	3	2	9	8	17
11	2	3	12	8	20
12	1	6	16	7	23
13	3	5	17	6	23
14	4	3	20	5	25
15	1	2	23	5	28
16	5	6	23	5	28
17	2	4	20	10	30
18	5	3	28	4	32
19	1	5	28	4	32
20	2	1	30	5	35
21	1	4	32	6	38
22	4	6	28	10	38
23	5	4	38	3	41
24	4	1	38	8	46
25	5	1	46	3	49
26	4	4	46	4	50

Останньою закінчує обробку партія деталей №4, що має тривалість виробничого циклу 50 робочих годин. Згідно нашого підходу надаємо їй пріоритет 1 та знову проводимо експеримент – приклад 12.

Таблиця 2.24

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований за алгоритмом Джонсона (приклад 12)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	5	2	0	2	2
2	3	4	0	5	5
3	1	3	0	7	7
4	4	2	2	6	8
5	3	6	5	4	9
6	5	5	2	10	12
7	2	4	5	10	15
8	4	5	12	3	15
9	1	1	7	9	16
10	3	2	9	8	17
11	1	4	16	6	22
12	2	3	15	8	23
13	3	5	17	6	23
14	5	4	22	3	25
15	1	2	22	5	27
16	4	3	23	5	28
17	2	6	23	8	31
18	1	5	27	4	31
19	4	4	28	4	32
20	5	3	28	4	32
21	2	1	31	5	36
22	1	6	31	7	38
23	5	6	38	5	43
24	4	1	36	8	44
25	5	1	44	3	47
26	4	6	44	10	54

Як видно з вищенаведеного прикладу, строк обробки даної партії значно скоротився - до 32 годин, але сукупний виробничий цикл помітно подовжився і складає 54 робочих години, тобто одночасної оптимізації не відбувається. Робимо наступний крок і надаємо підвищений пріоритет -

2 партії деталей № 6, що закінчує обробку останньою в даному прикладі. Отримуємо приклад 13.

Таблиця 2.25

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований за алгоритмом Джонсона (приклад 13)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	5	2	0	2	2
2	3	4	0	5	5
3	1	3	0	7	7
4	4	2	2	6	8
5	3	6	5	4	9
6	5	5	2	10	12
7	2	4	5	10	15
8	4	5	12	3	15
9	1	1	7	9	16
10	3	2	9	8	17
11	1	4	16	6	22
12	2	6	15	8	23
13	3	5	17	6	23
14	5	4	22	3	25
15	1	2	22	5	27
16	4	4	25	4	29
17	2	3	23	8	31
18	1	6	27	7	34
19	2	1	31	5	36
20	4	3	31	5	36
21	1	5	34	4	38
22	5	6	34	5	39
23	5	3	39	4	43
24	4	1	36	8	44
25	5	1	44	3	47
26	4	6	44	10	54

В цьому випадку розклад складає 54 робочих години, але це зовсім не впливає на тривалість виробничого циклу 6-ої партії деталей. Оптимізації завантаження також не відбувається. Нагадаємо, що в цьому випадку присутні партії деталей з пріоритетами 1 (4-а партія деталей) та 2 (6-а партія

деталей). Надання 6-й партії деталей 3-го рівня пріорітету також не вирішує проблеми скорочення тривалості - приклад 14.

Таблиця 2.26

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований за алгоритмом Джонсона (приклад 14)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	3	4	0	5	5
2	1	3	0	7	7
3	3	6	5	4	9
4	5	5	0	10	10
5	5	2	10	2	12
6	4	5	10	3	13
7	2	4	5	10	15
8	1	1	7	9	16
9	3	5	13	6	19
10	4	2	13	6	19
11	1	4	16	6	22
12	2	3	15	8	23
13	5	4	22	3	25
14	1	5	22	4	26
15	3	2	19	8	27
16	4	3	23	5	28
17	2	6	23	8	31
18	4	4	28	4	32
19	5	3	28	4	32
20	1	2	27	5	32
21	2	1	31	5	36
22	1	6	32	7	39
23	5	6	39	5	44
24	4	1	36	8	44
25	5	1	44	3	47
26	4	6	44	10	54

Якщо знизити пріорітет 4-ої партії деталей до нульового, то розклад складе 50 робочих годин (цей приклад не наведений).

Висновок – регулювання можливе, але обмежено та без одночасної оптимізації завантаження устаткування.

Перевіримо можливості регулювання виробництва для алгоритма КДС. Початковий розклад має наступний вигляд (приклад 16) і має тривалість сукупного виробничого циклу 54 робочих години.

Таблиця 2.27

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований за алгоритмом КДС (приклад 16)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	5	2	0	2	2
2	3	4	0	5	5
3	1	3	0	7	7
4	4	2	2	6	8
5	3	6	5	4	9
6	5	5	2	10	12
7	2	4	5	10	15
8	4	5	12	3	15
9	1	1	7	9	16
10	3	2	9	8	17
11	1	4	16	6	22
12	2	3	15	8	23
13	3	5	17	6	23
14	5	4	22	3	25
15	1	2	22	5	27
16	4	3	23	5	28
17	2	6	23	8	31
18	1	5	27	4	31
19	5	3	28	4	32
20	4	4	28	4	32
21	2	1	31	5	36
22	1	6	31	7	38
23	5	6	38	5	43
24	4	1	36	8	44
25	5	1	44	3	47
26	4	6	44	10	54

Надаємо партії деталей № 6 пріорітет 1. Отримуємо приклад 17

Таблиця 2.28

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований за алгоритмом КДС (приклад 17)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	5	2	0	2	2
2	3	6	0	4	4
3	1	3	0	7	7
4	4	2	2	6	8
5	3	4	4	5	9
6	2	6	4	8	12
7	5	5	2	10	12
8	4	5	12	3	15
9	1	1	7	9	16
10	3	2	9	8	17
11	2	3	12	8	20
12	1	6	16	7	23
13	3	5	17	6	23
14	4	3	20	5	25
15	5	6	23	5	28
16	1	2	23	5	28
17	2	4	20	10	30
18	5	3	28	4	32
19	1	5	28	4	32
20	2	1	30	5	35
21	4	6	28	10	38
22	1	4	32	6	38
23	5	4	38	3	41
24	4	1	38	8	46
25	5	1	46	3	49
26	4	4	46	4	50

Як бачимо, тривалість сукупного виробничого циклу складає 50 робочих годин, тривалість виробничого циклу партії деталей № 6 скоротилася і склала 38 робочих годин - є оптимізація і скорочення тривалості виробничого циклу партії деталей, що має підвищений пріоритет. Надаємо наступний ступінь підвищеного пріоритету - 2 партії деталей № 4, що закінчує обробку останньою в даному прикладі. Отримуємо приклад 18.

Таблиця 2.29

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований за алгоритмом КДС (приклад 18)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	5	2	0	2	2
2	3	4	0	5	5
3	1	3	0	7	7
4	4	2	2	6	8
5	3	6	5	4	9
6	5	5	2	10	12
7	2	4	5	10	15
8	4	5	12	3	15
9	1	1	7	9	16
10	3	2	9	8	17
11	1	4	16	6	22
12	2	6	15	8	23
13	3	5	17	6	23
14	5	4	22	3	25
15	1	2	22	5	27
16	4	4	25	4	29
17	2	3	23	8	31
18	1	6	27	7	34
19	2	1	31	5	36
20	4	3	31	5	36
21	1	5	34	4	38
22	5	6	34	5	39
23	5	3	39	4	43
24	4	1	36	8	44
25	5	1	44	9	53
26	4	6	44	10	54

Тривалість виробничого циклу партії деталей № 4 скоротилася до 38 робочих годин, але тривалість сукупного виробничого циклу становить 54 робочих години, тобто оптимізації завантаження досягти не вдається.. Робимо наступний крок і надаємо підвищений пріоритет - 3 партії деталей № 6, що закінчує обробку останньою в даному прикладі. Отримуємо приклад 19. Тривалість виробничого циклу скоротилася до 38 робочих годин, а тривалість сукупного виробничого циклу становить 50 робочих години.

Таблиця 2.30

Календарний план-графік роботи дільниці, побудований за алгоритмом Джонсона (приклад 19)

Порядковий номер	Тип верстату	Тип деталі	Час початку обробки партії деталей, год	Час обробки, год	Час завершення обробки партії деталей, год
1	5	2	0	2	2
2	3	6	0	4	4
3	1	3	0	7	7
4	4	2	2	6	8
5	3	4	4	5	9
6	2	6	4	8	12
7	5	5	2	10	12
8	4	5	12	3	15
9	1	1	7	9	16
10	3	2	9	8	17
11	2	3	12	8	20
12	1	6	16	7	23
13	3	5	17	6	23
14	4	3	20	5	25
15	5	6	23	5	28
16	1	2	23	5	28
17	2	4	20	10	30
18	5	3	28	4	32
19	1	5	28	4	32
20	2	1	30	5	35
21	4	6	28	10	38
22	1	4	32	6	38
23	5	4	38	3	41
24	4	1	38	8	46
25	5	1	46	3	49
26	4	4	46	4	50

Висновок – регулювання можливе, проте одночасна оптимізація досягається далеко не завжди.

Усі досліджувані алгоритми дають можливість регулювання ходу виробництва. При регулюванні можлива оптимізація роботи устаткування, якщо кількість різних рівнів пріоритету невелика. Добрі результати при оптимізації під час регулювання дають алгоритми В. А. Петрова і Е. Г. Іоффе. Алгоритми Н.Б.Мироносецького, Джонсона, КДС поступаються в цьому вищеназваним алгоритмам.

Висновки

І. Алгоритми, що належать до аналітико-пріоритетного класу (класифікація проф. В. А. Петрова), відповідають потребам виробництва. Вони дозволяють побудувати розклад роботи устаткування, досить близький до оптимального за прийнятний для виробництва період часу.

2. КПП, оптимізовані за критерієм мінімум сукупного виробничого циклу і мінімуму відставання фактичних термінів випуску від планових, найбільшою мірою відповідають вимогам практики. Критерій мінімуму сукупного виробничого циклу "поглинає" такі критерії, як: мінімум простоїв устаткування, мінімум незавершеного виробництва та ін. Тісний кореляційний зв'язок між тривалістю сукупного виробничого циклу і сумарним часом міжопераційного пролежування відсутній. Прогнозувати тривалість виробничого циклу можна, використовуючи для побудови календарних планів-графіків алгоритми В. А. Петрова і Н. Б. Мироносецького, Джонсона, КДС. Алгоритм А. Е. Г. Іоффе не дає можливості достовірного прогнозу.

3. Усі досліджувані алгоритми дають можливість регулювання ходу виробництва, при регулюванні можлива оптимізація роботи устаткування, якщо кількість різних рівнів пріоритету невелика. Хороші результати при оптимізації під час регулювання дають алгоритми В. А. Петрова і Е. Г. Іоффе. Алгоритми Мироносецького Джонсона, КДС поступається вищезазначеним алгоритмам.

4. Календарні плани-графіки роботи устаткування на короткий період часу (до тижня), які за термінологією теорії розкладів можна назвати "хорошими", можуть бути отримані за допомогою алгоритмів В. А. Петрова і Е. Г. Іоффе. Складна конструкція алгоритму Е. Г. Іоффе значно ускладнює відладку і експлуатацію цього алгоритму, вимагає для розробки програми програмістів високої кваліфікації. Це робить його малопридатним у виробничих умовах.

5. "Хороші" календарні плани-графіки роботи устаткування на тривалий період часу (понад тиждень) можуть бути отримані допомогою алгоритмів В. А. Петрова і Н. Б. Мироносецького. Алгоритм Н. Б. Мироносецького дає в цьому випадку коротші розклади. При використанні цього алгоритму терміни закінчення обробки деталей залишаються практично стабільними при зміні коефіцієнту завантаження устаткування. Цей факт, а також проста логіка його побудови дають йому певні переваги у виробничих умовах. Алгоритми Джонсона та КДС дають триваліші розклади.

3. ФОРМУВАННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ В УМОВАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ.

3.1. Аналіз календарно-планових нормативів і їх системних взаємозв'язків.

Методика формування нормативної бази операційного менеджменту повинна забезпечити отримання такої системи КПП, яка, перш за все, відповідає трьом основним вимогам сучасної теорії організації: чіткій меті функціонування; цілісності складу елементів, що забезпечує досягнення заданої мети, плану функціонування, що встановлює порядок взаємодії елементів в реалізації заданої мети [36,43]. Мета визначається організаційним аспектом системи. В розділі 1.2 даної роботи доведено, що система КПП повинна бути орієнтована на досягнення глобального оптимуму функціонування системи. Цей теоретичний висновок підтверджується одним з розробників виробничої системи Тойоти Хітосі Такеда : " ... слід пам'ятати, що переслідувана мета — добитися ефективності усієї виробничої системи, а не окремих її елементів". [57, стор 49].

Існуючі методики розрахунку КПП це не враховують (виняток становлять роботи проф А. Н. Золотарьова і проф. В. А. Петрова) [19,20,42,43]. Не знаходить цей факт достатнього віддзеркалення і в методиках розрахунку величин партії предметів праці.

Під орієнтацією системи КПП на досягнення глобального оптимуму функціонування системи мається на увазі створення умов для злагодженої роботи всіх ланок виробництва з виготовлення і випуску встановленої номенклатури виробів відповідно до договорів поставки при якнайкращому використанні виробничих ресурсів і раціоналізації витрат на управління. Дана задача декомпозується на дві неспівпадаючі за цілями задачі, добитися одночасного рішення яких вельми складно.

- забезпечення виготовлення і випуску встановленої номенклатури виробів у відповідності з договорами поставки;
- досягнення оптимального функціонування виробничого підрозділу при виконанні завдань системи вищого порядку.

Це означає, що

- коефіцієнт завантаження устаткування повинен бути максимальним в умовах даного типу виробництва;
- зведені до мінімуму недовантажені та перевантажені потужності і наднормові роботи;
- визначений і підтримується необхідний рівень витрат на незавершене виробництво і управління.

Цілісність складу елементів вимагає, щоб методикою одночасно визначалися всі нормативи всієї номенклатури оброблюваних предметів праці.

Дане положення частково отримало віддзеркалення в окремих роботах. Так, дослідник Л. Г.Блем [5] висловлює думку, що розрахунок елементів

системи КПН повинен бути єдиною задачею, якщо число керованих параметрів є більше одного елемента, тобто при одноразовому розрахунку ми повинні отримати всі взаємозв'язані елементи системи КПН: величину партії предметів праці, тривалість виробничого циклу, періодичність запуску-випуску, закріплення детале-операцій за робочими місцями і т.д.

Такий підхід дозволить врахувати системний зв'язок нормативів, мінімізувати загальні витрати на планування і здійснення календарного розкладу робіт і не йти по шляху мінімізації витрат при розрахунку кожного окремого параметра. Це дозволяє поставити на перше місце мету всієї системи операційного менеджменту при розрахунку КПН. Проте пропонується Л.Г.Блемом метод розрахунку – шляхом послідовних наближень (ітерацій) незадовільний, тому що використання аналітичних залежностей не може адекватно відобразити всі обмеження, які формалізуються і не формалізуються. Вирішувати задачу треба методом імітаційного моделювання.

Разом з тим в дослідженнях з розрахунку КПН не був відображений той факт, що методика формування нормативної бази повинна забезпечувати отримання нормативів одночасно всієї номенклатури оброблюваних предметів праці (виключення - методика проф .В. А. Петрова [43]).

План функціонування визначається календарним планом-графіком, в якому була відображена взаємодія всіх елементів нормативної бази в досягненні заданої мети. Це питання було розглянуто в розділах I і 2 даної роботи.

Для синтезу будь-якої системи, у тому числі і системи КПН, необхідно визначити три взаємозв'язані частини системи: функціональну, елементну і організаційну, які обумовлені цілісністю трьох аспектів системи - єдністю, взаємозв'язком і взаємодією.

Єдність системи КПН обумовлюється вимогою її цілеспрямованості на забезпечення ритмічного і комплектного ходу виробництва при ефективному використанні всіх видів виробничих ресурсів. На практиці це означає, що при розрахунку величин партій деталей або виробів повинна враховуватися комплектність ходу виробництва.

Взаємозв'язок повинен відображати системний зв'язок нормативів, наприклад, знаючи величини партій предметів праці і кількість цих нормативів, потрібно мати достовірні відомості про тривалість виробничого циклу кожної партії, обсяги НЗВ, що утворюються при роботі з такими нормативами, закріплення детале-операцій за робочими місцями і т.д.

Взаємодія в системі КПН виражається у взаємодії різних параметрів її: величин партій різних деталей при обробці на устаткуванні, величин партій і тривалостей виробничих циклів виготовлення. На відміну від двох перших аспектів, останній не враховується жодними існуючими методиками.

Оскільки система КПН є інструмент адаптації виробничої системи (3-го рівня) до вимог керуючої системи (1-го рівня), методика її формування повинна бути такою, щоб вона могла врахувати будь-які зміни в роботі виробничого підрозділу, тобто бути достатньо чутливою.

Як відзначає проф. А.Н.Золотарьов, "дані нормативи надзвичайно чутливі до всякого роду змін, і на них відображаються всі зміни в організації виробничого процесу і номенклатура продукції, що випускається, в тому, що використовується для виготовлення продукції устаткуванні і вживаній технології. Нормативи руху виробництва строго індивідуальні для цілком певних умов і зміна цих умов викликає необхідність перерахунку нормативної бази" [20].

Аналізу чутливості системи КПН присвячена робота [46]. Дослідження проводилися за допомогою апарату диференціального числення. Так, чутливість величини партії визначається як сума часткових похідних величини партії всіх параметрів, від яких, як вважає автор роботи Л. М. Путятіна, залежить даний норматив.

З приводу даного підходу до проблеми можна сказати, що деякі автори налічують 32 чинники, від яких залежить величина партії [55]. На нашу думку, ця методика не може задовільно вирішити наступні задачі: відбір необхідної кількості чинників і врахування ступеню їх впливу на систему КПН, визначення моменту, коли необхідно коригувати системи КПН у разі зміни виробничих умов; врахування взаємодії величин партій деталей при обробці. Це пов'язано з тим, що аналітичними методами не можна описати весь комплекс проблем, пов'язаних з розрахунком системи КПН. Таким чином, методика формування КПН повинна забезпечувати отримання таких КПН, які дозволять досягти глобального оптимуму функціонування системи.

Для цього необхідно:

формувати нормативну базу всієї номенклатури виробів, що виготовляються в підрозділі: повинні бути відомі величини партій, тривалість виробничого циклу кожне партії деталей, обсяг НЗВ, що складається при роботі з даними нормативами і т.д. ;

враховувати комплектність ходу виробництва;

враховувати взаємодію різних нормативів системи КПН;

щоб методика формування нормативної бази була чутливою до зміни виробничих умов.

Сформульовані вимоги дозволяють зробити висновок, що навіть при частковій зміні виробничих умов необхідно модифікувати нормативну базу операційного менеджменту. Модифікація нормативної бази, не дивлячись на деяке збільшення об'єму розрахунків, дає можливість оперативно реагувати на зміну виробничих умов і тим самим підвищувати ефективність виробництва.

Питання вибору раціональної або оптимальної величини партії предметів виробництва, що поставляються або виготовляються, відносяться до найранішніх проблем управління виробництвом.

Були проведені численні дослідження результати яких не тільки не співпадають в схожих виробничих умовах, але часом і прямо протилежні один одному. Так, ми знайдемо чимало рекомендацій укрупнювати величину партії предметів праці. Разом з тим одна з самих передових в даний час концепцій

управління –бережливого виробництва - базується на роботі з малими партіями предметів праці.

Є рекомендації проводити по техпроцесу партію предметів праці, не міняючи її розмір [19,54]. В роботах одного з основоположників операційного менеджменту професора К.Г.Татевосова обґрунтовується необхідність дроблення партії предметів праці по ходу технологічного процесу її обробки[59] .

Одна з найперших спроб, зроблених для визначення раціональної величини партії, була зроблена Бабкоком (1912 р.), Гаррісом (1915 г), Тафтом (1910 г) і рядом інших дослідників. Методичні положення, з погляду яких виводилася формула раціональної величини партії виготовлюваних або таких, що поставляються, предметів праці, отримали в даний час назву теорії управління запасами . Згодом методика Гарріса-Уїлсона придбала дуже багато прихильників, велика кількість дослідників займалася її вдосконаленням і розвитком [5,11,55 і ін.].

При визначенні величини партії ця методика враховує наступні чинники: витрати по запуску партії деталей в обробку (витрати на наладку, оформлення документації, включенні партій в графік запуску і видачу нарядів виконавцю, облік руху партії в ході обробки і т.п.) ;

витрати по виготовленню однієї деталі (матеріали, зарплата, цехові витрати) ;

кількість деталей, що виготовляються за програмою в плановий період; коефіцієнт втрат від скріплення засобів в незавершеному виробництві.

Проте велике число робіт присвячено і критиці цієї методики [43,54 і ін].

Прихильники даної методики стверджують, що її використання дозволяє мінімізувати незавершене виробництво по даній деталі. Але, як справедливо відзначав проф. С. О. Соколіцин, "при розрахунку по цих методах не можна сказати, якою буде величина незавершеного виробництва по цеху або заводу в цілому" [54]. Зрозуміло, що це набагато важливіше, ніж мінімізація НЗВ по одному виду ресурсів.

Крім того, не можна сказати, чи рівномірно завантажуються і раціональне використовується устаткування при роботі з партіями, розрахованими за цією методикою. (Відомо, що година простою устаткування обходиться в 10-30 разів дорожче, ніж година пролежування партії деталей) [19].

Таким чином, очевидно, що при використуванні цієї методики визначається локальний оптимум системи і не знаходиться загальний оптимум. Проте, як відомо, локальні оптимуми дезорганізують роботу [35,36].

Згідно даної методики визначаються величини партій послідовно по кожній номенклатурній позиції, а не вся сукупність нормативів по всій номенклатурі предметів праці, що виготовляється, тобто не враховується системний зв'язок і взаємодія в системі КПП. Крім того, залишається відкритим питання комплектності ходу виробництва. Проф. С. О. Соколіцин говорить про те, що "розміри партій, визначені по цих методах, часто ведуть не до забезпечення, а до порушення ритмічності виробництва, створюють умови,

при яких ритмічність стає неможливою" [75, стор.221]. На наш погляд, це твердження недостатньо обґрунтоване. Точніше було б сказати, що цей метод не враховує вимог ритмічності.

Розглянемо тепер питання про чутливість аналізованої методики до зміни виробничих умов. Зона оптимуму, визначена за цією методикою, достатньо широка. За дослідженням С. О. Думлера, вона складає $[0,5-2] n_{opt}$. При цьому собівартість деталі коливається всього на 0,5 % [17]. В інших дослідженнях на конкретних прикладах [76,86] вона складає $(0,625 - 1,4) n_{opt}$ і $(0,725 - 1,5) n_{opt}$ при коливанні собівартості деталі 3 %. при коливанні ж собівартості в 10 %, що цілком допустимо в реальних виробничих умовах, зона оптимуму досягає $(0,4 - 2,16) n_{opt}$. Якщо зміняться умови виробництва будь-якої іншої деталі, що виготовляється на даній дільниці, або зміняться умови роботи дільниці в цілому, то це не може бути враховано даною методикою в принципі. Необхідно також відзначити, що величини, па підставі обліку яких визначається величина партії n_{opt} згідно цій методиці, самі залежать від величини партії. Тому, відзначає проф. В. А. Петров, дана методика економічно некоректна [42]. Були зроблені численні спроби удосконалити дану методику. Зупинимось на найцікавіших, на наш погляд.

В роботах [11,62] і інших вказується, що приведену методику важко застосовувати на практиці через те, що вона не враховує ряд виробничих обмежень, які впливають на результати розрахунку. Після визначення n_{opt} за згаданою формулою розрахункове значення доводиться коригувати, щоб величина партії n_{opt} була рівна одному з ряду значень, кратних програмі випуску, на планований період, і при цьому втрачається точність розрахунків.

Пропонується наступний вихід. Вся виробнича програма розбивається на ряд значень, кратних програмі випуску. Для кожного розміру партії предметів праці розраховуються витрати на переналагодження і витрати в незавершеному виробництві. Сумарний мінімум витрат визначає величину партії предметів праці, при роботі з якими витрати мінімальні. Приклад визначення "оптимальної величини" партії деталей згідно даному варіанту аналізованої методики був показаний в табл. 3.1, приведеній в роботі [11].

Таблиця 3.1

Величина виробничих витрат в залежності від розміру партії деталей та числа її запусків

Деталь	Партія, шт.	Число запусків	Витрати на переналагодження, руб.	Витрати в незавершеному виробництві, руб.	Загальні витрати, руб.
Корпусна	10	8	22,4	3,36	25,76
	20	4	11,2	6,72	17,92
	40	2	5,6	13,44	19,04

Продовження таблиці 3.1

	80	1	2,8	26,88	26,88
Некорпусна	65	4	7,52	6,24	13,76
	130	2	3,76	12,48	16,24
	260	1	1,88	24,96	26,84

З табл. 3.1 витікає, що для корпусних деталей оптимальної є партія величиною 20 шт., яка має мінімальні загальні витрати - 17,92 руб. ; для некорпусних деталей - партія розміром 65 шт., загальні витрати відповідно 13,76 руб.

На нашу думку, це удосконалення дає можливість врахувати деякі практичні обмеження і відводить заперечення про економічну некоректність. Решту серйозних недоліків цей метод не усуває. Звернемо увагу ще на один момент.

Витрати на виготовлення однієї деталі при роботі партією по 10 шт. при виготовленні корпусної деталі складають:

$$B_{од}^{(10)} = \frac{B_{заг}}{n} = \frac{25,76}{10} = 2,576 \text{ руб}$$

При роботі партіями по 20 штук:

$$B_{од}^{(20)} = \frac{B_{заг}}{n} = \frac{17,92}{20} = 0,896 \text{ руб}$$

При роботі партіями по 40 штук:

$$B_{од}^{(40)} = \frac{B_{заг}}{n} = \frac{19,04}{40} = 0,476 \text{ руб}$$

При роботі партіями по 80 штук:

$$B_{од}^{(80)} = \frac{B_{заг}}{n} = \frac{29,68}{80} = 0,371 \text{ руб}$$

При цьому пропонується працювати партіями по 20 штук. Приведений розрахунок показує, що назвати даний метод економічно обґрунтованим, навіть з погляду локального критерію, не можна. В даному випадку буде неправомірною і початкова посилка даного підходу - мінімізація собівартості витрат на виготовлення одиниці продукції. Припустимо, з умови комплектності необхідно виготовити 130 корпусних деталей. Слідуючи рекомендаціям авторів цього методу, треба запускати у виробництво з деяким інтервалом 2 партії деталей по 65 штук в кожній. Сумарні витрати складають:

$$B_1 = 2 \cdot 13,76 = 27,52 \text{ руб}$$

За даними цих же авторів (дивись табл. 3.1) витрати обробки однієї партії деталей розміром 130 шт. складають:

$$B_2 = 16,24 \text{ руб}$$

Так званий "економічно обґрунтований" метод приводить до втрат.

$$Bm_1 = B_1 - B_2 = 27,52 - 16,24 = 11,28 \text{ руб}$$

Якщо потреба на складанні 260 шт. корпусних деталей, то втрати складуть.

$$Bm_2 = 28,2 \text{ руб}$$

Це міркування в повній мере відноситься і до некорпусної деталі, але там втрати будуть ще більше.

Необхідно розглянути ще одну спробу удосконалити методику, засновану на теорії управління запасами. Вона була зроблена в роботах [51,55], але найбільш детально обґрунтована в роботі [55]. Автор цього дослідження спробував зробити величину партії регулятором, який враховує всі обставини, пов'язані з виготовленням деталей партіями. Це наступні:

- 1) потреба в матеріалах певного вигляду, нерівномірність поставки матеріалів, можливість виготовлення різних деталей з одного виду сировини;
- 2) кількість операцій в технологічному процесі обробки деталі;
- 3) сумарна трудомісткість обробки деталі;
- 4) вартість її виготовлення, можливість і вірогідність втрат при тривалому зберіганні деталей;
- 5) залежність цих втрат від кількості збережених деталей і їх добової потреби і так далі - повинен забезпечити максимальне завантаження устаткування. збільшити чутливість нормативу. В цій роботі була зроблена спроба від локального критерію перейти до глобального, системного.

Вказана методика має такі суттєві недоліки.

1) Для здійснення роботи по даному методу необхідне істотне зростання об'ємів незавершеного виробництва на кожній операції техпроцесу обробки предметів праці, причому до невизначених розмірів.

2) Порушується один з принципів концепції ЛІТ ("just in time") - "не робити зайвої роботи тільки для того, щоб не простоювати" [38]. Нагадаємо, що головна мета системи операційного менеджменту - випуск необхідної продукції в задані терміни і в необхідних об'ємах.

3) Очевидні порушення комплектності ходу виробництва через коливання величини партії по ходу техпроцесу.

4) Навіть при дуже добре поставленій економічній роботі на підприємстві отримати всі необхідні для розрахунку за запропонованою удосконаленою методикою дані досить непросто.

Однією з найпоширеніших методик визначення величини партії є методика, заснована на раціональному співвідношенні між часом обробки і переналагодження. Визначення величини партії предметів праці звичайно здійснюється в два етапи. Спочатку визначається мінімальна величина партії. З цією метою з усіх операцій технологічного процесу вибирається операція з найбільшим відношенням підготовчо-заключного часу до штучного часу. Така операція приймається як ведуча, на ній базується розрахунок.

На другому етапі проводиться коригування розрахункової величини партії, як правило, у бік збільшення, і встановлюється нормативна величина партії. Іноді використовують в цій методиці коефіцієнти, що враховують масу

деталі, ціну заготівки, дефіцитність матеріалу і т.д. Це ще більше наближає формулу до практичних потреб виробництва.

Очевидно, що методика, заснована на співвідношенні штучного і підготовчо-заключного часу, більшою мірою враховує глобальний критерій оптимальності, ніж методика, заснована на теорії управління запасами. Проте врахування це недостатнє. Не можна сказати, чи буде рівномірно завантажено устаткування при роботі з партіями предметів праці, розрахованими за цією методикою, якими будуть рівень НЗВ, тривалість виробничих циклів, як взаємодітимуть величини партій при обробці на дільниці або в цеху і т.д. Залишається невирішеним і питання комплектного ходу виробництва. Визначені у такий спосіб величини партій предметів праці, що входять в один виріб, не забезпечує об'єктивно існуючу пропорційність виробництва виробів і їх окремих складових, оскільки величини партій різних деталей, розраховані за цим методом, різні.

Тому, як відзначає проф. А. Н. Золотарьов в роботі [20], "обробка деталей партіями при виготовленні однієї і тієї ж серії виробів приводить до збільшених розмірів об'єму незавершеного виробництва, яке не залежить від запланованого об'єму виробництва". Очевидно, що методика, заснована на співвідношенні штучного і підготовчо-заключного часів, більш чутлива до зміни виробничих умов, ніж методика, заснована на теорії управління запасами. Проте при частковій зміні номенклатури виробів, що випускаються, на дільниці, що змінює умови завантаження устаткування в цілому, дана методика не може врахувати, як треба змінити величини партій оброблюваних предметів праці.

Проф. К. Г. Татевосовим була рекомендована методика розрахунку розміру партії по показнику спеціалізації робочих місць (K_c), викладена в роботі [59]. Треба відзначити, що ця методика орієнтована на глобальні критерії оптимальності системи операційного менеджменту, проте в недостатньому ступені. На думку самого К. Г. Татевосова, "метод є найпростішим і, по суті, найбільш обґрунтований, але лише в тих випадках, коли на дільниці виготовляється однорідна продукція" [59]. Але на нашу думку, для успішного використання цього методу продукція повинна бути однорідною не тільки по трудомісткості, але також і по матеріаломісткості і витратам підготовчо-заключного часу. В іншому випадку не можна сказати, чи рівномірно завантажено устаткування на дільниці, який об'єм незавершеного виробництва, яким буде який час міжопераційного пролежування, чи буде продукція випущена в строк.

Спірним залишається питання і визначення коефіцієнта спеціалізації K_c . Існують дослідження, де були узагальнені коефіцієнти спеціалізації залежно від типу виробництва. Але тип виробництва не може повністю характеризувати виробничі умови в тому або іншому виробничому підрозділі.

Щодо забезпечення комплектного ходу виробництва щодо цієї методики можна сказати, що метод працює незадовільно. Проте, користуючись цією формулою, розрахунок системи КПП можна вести тільки послідовно, метод не забезпечує врахування взаємозв'язку і взаємодії між нормативами.

Розглянемо методику проф. В.А.Петрова, згідно якої величина партії визначається диференційовано в три послідовні етапи розрахунків.

На 1-ому етапі визначають гранично допустимі мінімальну $n_{\min}$ та максимальну $n_{\max}$ величини партій. Для цього заздалегідь визначають коефіцієнт закріплення детале-операцій $K_{3.0}$.

Мінімально допустиму величину партії визначають, виходячи з середнього періоду безперервної зайнятості устаткування $T_{6.3}$ певної ділянки (цехи), зумовленої величиною $K_{3.0.i}$ середнім операційним часом обробки i -ї деталі $T_{\text{оп.сер.}}$.

Максимально допустиму величину партії $n_{\max}$ яка також зумовлюється $K_{3.0.}$, розраховують, виходячи з максимально допустимої тривалості $T_{6.3}$ виробничого циклу партії i -х деталей і середньої тривалості циклу обробки однієї деталі. Параметр $T_{6.3}$ враховує і обмежує допустимий об'єм незавершеного виробництва і зв'язування оборотних коштів.

На 2 –ому етапі розрахункові параметри аналізують і коректують з метою задоволення вимогам техніко-організаційного порядку. Найважливішим з них є забезпечення кратності партії i -х деталей, розміру серії виробів на складанні. $N_{\text{склад}}$, а також місячній програмі випуску виробів $N_{\text{міс.вип}}$. Для цього визначають лімітуючу величину партії

$$\lim n_i = \{n_{1i}, n_{2i}\} \quad (3.1)$$

Ця умова забезпечується підбором такого цілочисельного значення коефіцієнта кратності:

$$\frac{N_{mi}}{n_{c6i}} = K_{II} - 1, 2, 3, \dots - \text{при якому виконується умова}$$

$$n_i = k_n \cdot n_{c6i} = \lim n_i (1 \pm 0.1) \quad (3.2)$$

Друга умова забезпечується встановленням для партії деталей нормальної періодичності повторення її виробництва

Розрахункова періодичність повторення i -х деталей буде

$$Jpi = n_i \cdot 22 / N_m \quad (3.3)$$

Отриману розраховану періодичність коригують, погоджуючи її з одним із значення нормативного ряду. Після цього виконують другу корекцію величини партії, що приймається, згідно умови

$$n_i = Jpi \cdot N_m / 22 \leq n_{2i} \quad (3.4)$$

На 3-ому етапі аналізують отримане по всій сукупності деталей ділянки множині прийнятих періодичностей $Jpi = 1, 2, 3, \dots, K$ з тим, щоб їх різноманітність не перевищувала трьох-чотирьох послідовних кратних значень.

По деталях з періодичністю, що змінилася, за формулою (3.4) перераховують величину нормальної партії, що остаточно приймається.

Позитивним в даній методиці є наступне.

По-перше, методика орієнтована на глобальний критерій оптимальності, оскільки враховує середній час безперервної зайнятості устаткування, середній операційний час обробки деталі (тобто певним чином оптимізується робота устаткування), враховується і обмежується об'єм незавершеного виробництва. Обмеження різноманітності величин партій спрощує процес операційного менеджменту і знижує витрати на нього.

По-друге, при розрахунку величин партій враховується системний зв'язок нормативів. Знаючи величину партії, можна орієнтовно визначити тривалість виробничого циклу її виготовлення. Методикою передбачається визначення нормативів по всій номенклатурі оброблюваних предметів праці.

По-третє, враховується необхідність комплектного ходу виробництва.

Враховує методика і чутливість календарно-планових нормативів, зміни в номенклатурі продукції, що випускається, в технологічних процесах обробки деталей, в кількості і складі верстатного парку можуть бути виражені через коефіцієнт закріплення деталі-операцій і враховані при розрахунку КПН.

Недоліком цієї методики є те, що тривалість виробничого циклу визначається орієнтовно (вона не може бути визначений точно аналітичним методом, адже навіть партії деталей одного типу з однаковим розміром партії можуть мати неоднакову тривалість виробничого циклу). Отже, неточним буде і розрахований об'єм незавершеного виробництва. Не враховує методика і взаємодію різних нормативів при роботі виробничого підрозділу

Найдостовірніший метод визначення тривалості виробничого циклу, а значить, і об'єму НЗВ - метод імітаційного моделювання. Цей метод також дає можливість врахувати взаємодію нормативів.

Необхідно розглянути методику розрахунку КПН проф. А. Н. Золотарьова [19, 20]. Тут вперше був поставлено питання про відповідність нормативної бази глобальному критерію ефективності - "оптимізації виробничих процесів по виготовленню всіх серій виробів" [20, стор 45].

Оптимальний розмір серії виробів пропонується визначати, враховуючи наступні чинники:

дійсний фонд часу роботи устаткування у відповідному календарному періоді;

годинну тарифну ставку наладжувальника;

тривалість часу наладки устаткування на кожному робочому місці;

умовно-змінні витрати при виготовленні виробів серіями; умовно-постійні витрати, що доводяться на одиницю виробу; коефіцієнт, що враховує внутрішньовиробничі витрати;

коефіцієнт закріплення засобів в незавершеному виробництві ;

величину критичного шляху мережної моделі, що відображає виготовлення одного виробу;

параметри сітьової моделі, яка відображає виготовлення одного виробу і вибрана для визначення періоду запуску-випуску.

Визначивши таким чином оптимум використання трудових і матеріальних ресурсів, можна встановити оптимальний розмір партії деталей,

що виготовляються, з урахуванням комплектності входження кожної деталі в готовий виріб.

Як видно, методика орієнтована на досягнення системного оптимуму використання матеріальних і трудових ресурсів всього виробничого підрозділу (цеху, заводу), що випускає дану продукцію.

Проте треба відзначити, що такий укрупнений метод розрахунку приводить до втрати точності і цілком імовірно, що виробничі підрозділи (цехи, дільниці), що входять в структуру того підрозділу, для якого був визначений критерій оптимальності (завод, цех), функціонуватимуть недостатньо близько до свого оптимуму. Такий висновок виходить з принципу емерджентності, який вказує на об'єктивну суперечливість систем: "у виробничих системах між підсистемами немає жодної пари критеріїв, які при скільки завгодно високому рівні їх організації не мали б мінімального кута неузгодження". [12]

Отже, даний принцип указує на можливість неспівпадання локальних цілей і критеріїв окремих частин з глобальною метою і критеріями системи. Тому методика визначення нормативної бази, на нашу думку, повинна не тільки бути орієнтованою на досягнення оптимуму всієї системи, але і дозволяти також досягати оптимуму при функціонуванні її структурних складових.

Це також одна з найперших робіт, де поставлений і був вирішено питання про комплектність величини партії, що розраховується [19].

Проте треба відзначити, що визначивши величину партії, не можна точно сказати, яка буде тривалість її виробничого циклу, тобто дана методика не враховує системний зв'язок нормативів. Ця методика припускає визначення тривалості виробничого циклу з сітьової моделі, а не з аналітичних розрахунків одночасно з визначенням величин партії.

Методика припускає одночасне визначення нормативів деталей, що входять в даний виріб, а не всієї номенклатури деталей, що виготовляються в даному виробничому підрозділі. На нашу думку, останній спосіб більше відповідає принципам системності. Взаємодія нормативів при роботі виробничого підрозділу методикою не враховується.

Методика орієнтована на чутливість: вона враховує зміни в технології і організації виробництва даного виробу. Зміна ж технології і організації виробництва деталей або складальних одиниць, що виготовляються в тому ж підрозділі (цеху, дільниці), але не що входять в даний виріб, враховується недостатньо.

Існує статистичний метод розрахунку КПН, заснований на теорії кореляції, про необхідність розробки такого методу згадується в деяких роботах, наприклад [11]. Цей метод враховує деякі істотні чинники, наприклад:

- вживаність даної деталі у виробі;
- кількість операцій по обробці;
- трудомісткість виготовлення деталі.

На нашу думку, дана методика може задовільно працювати при розрахунку КПН, якщо вже знайдений якимсь шляхом оптимум функціонування виробничого підрозділу. В цьому випадку методика

орієнтована на оптимум функціонування виробничого підрозділу, дозволяє орієнтовно визначити тривалість виробничого циклу. Ця методика дозволяє врахувати зміну в технології і організації виробництва даної деталі, але не може врахувати, як повинна відбитися на величині партій деталей зміна умов роботи виробничого підрозділу, якщо ця зміна безпосередньо не торкнулася даної деталі. Тому зрозуміло, що чутливість даної методики недостатня, якщо ж оптимум функціонування не знайдений, то її використання лише погіршує становище.

Крім того, навіть у разі оптимального функціонування необхідно набрати статистику, тобто потрібен виробничий досвід. Якщо ж необхідно сформувати нормативну базу в виробничому підрозділі, що починає роботу, то метод працює незадовільно. Можна шукати подібні умови виробництва і по цьому досвіду формувати нормативну базу, але: по-перше, немає гарантій, що там вона була визначена для оптимальних умов функціонування; по-друге, зовсім необов'язково, що формули, які дозволили визначити оптимальні КПН в "прообразі", дадуть оптимальні КПН і в шуканому випадку. Взаємодія нормативів при роботі виробничого підрозділу при формуванні нормативної бази методикою не враховується.

Аналіз методик розрахунку КПН свідчить про необхідність послідовного проведення системного підходу, врахування конкретних виробничих умов, використання досягнень електронно-обчислювальної техніки і програмування, зокрема імітаційного моделювання, при формуванні нормативної бази операційного менеджменту.

3.2. Методика визначення системи КПН на основі імітаційного моделювання

Використання імітаційного моделювання для формування нормативної бази оперативного планування і управління було викликано двома причинами.

По-перше, вимоги, яким повинна відповідати методика отримання системи КПН, сформульовані на основі системних концепцій. А ці концепції можна реалізувати на основі використання економіко-математичних методів, моделювання і використання обчислювальної техніки.

По-друге, імітаційне моделювання зарекомендувало себе як ефективний засіб вивчення складних систем, що відповідає ролі КПН як інструменту адаптації виробничої системи.

Як вказано раніше, КПН руху виробництва повинні бути орієнтовані на досягнення оптимуму функціонування системи вищого порядку і повинні дозволяти досягати оптимуму функціонування системи нижчого порядку. Добитися поставленої мети тільки на підставі критеріїв системи тільки вищого або критеріїв системи тільки нижчого порядку не можна, оскільки системи мають об'єктивну суперечливість.

"Найважливішою проблемою в побудові систем і їх моделей є правильне визначення (завдання) мети і критеріїв ефективності її досягнення. Мету необхідно визначати на основі аналізу ситуації в досліджуваному об'єкті і тенденцій її можливого розвитку, що склалася. Формулювання мети дається відповідно до тієї тенденції розвитку об'єкту, яка представляється найкориснішою (ефективною). Не дивлячись на початкову невизначеність, мета повинна бути конкретною і однозначною. В повній відповідності із завданням мети розв'язується задача вибору критерію її ефективності у вигляді порогових значень одного або декількох показників допустимої області реалізації мети. Обов'язковою умовою рішення даної задачі є адекватність критерію і мети за змістом і рівню спільності" [43].

Це положення, виказане проф. В.А. Петровим, повинно бути враховано при формуванні критеріїв ефективності системи календарно-планових нормативів.

Відповідно до мети дослідження необхідно відповісти на наступні питання і визначити конкретні критерії і методи реалізації даної задачі:

визначити календарний проміжок часу, виробнича програма якого береться за основу визначення нормативів;

визначити такі значення нормативів оперативного управління виробничим підрозділом, які б забезпечували успішну роботу споживаючих підрозділів, а також дозволили б організувати оптимальне функціонувати підрозділу-виробника при певному алгоритмі календарного планування (величини партій кожної деталі і відповідним їм кількості запусків, а також тривалість виробничого циклу кожної партії деталей) .

Як проміжок часу, виробнича програма якого приймається за основу визначення календарно-планових нормативів, може бути вибраний період, протягом якого нормативи руху виробництва не змінюються, - період стабільності КПП. Це необхідно враховувати з двох причин.

По-перше, робота по певних нормативах повинна забезпечувати виконання виробничої програми в повному об'ємі без роботи по дефіцитних відомостях і необґрунтованого зростання НЗВ.

По-друге, нормативи повинні враховувати частоту проведення можливих модернізацій продукції, що випускається, а також частоту і кількість виконання спецзамовлень (північне, тропічне і експортне виконання) при незмінній загальній програмі випуску. Виробнича програма може залишатися стабільною протягом всього періоду виготовлення продукції- року, кварталу, місяця.

Домовимося, що під продукцією, що випускається, тут розуміється кінцева продукція виробничого підрозділу (заводу, об'єднання), а в цю продукцію входить складовою, комплектуючою частиною продукція, що випускається більш дрібним структурним підрозділом (цехом, дільницею), для якого і визначаються календарно-планові нормативи.

Частота можливих модернізацій залежить від досконалості конструкції продукції, що випускається, ступеню відпрацьованості технології виробництва,

а також від результатів комерційної діяльності підприємства. Від цих же чинників залежить частота виконання спецзамовлень.

Тому, щоб врахувати всі ці чинники, необхідно знати конкретні умови виробництва

Дослідження проводилося в механічному цеху підприємства, що випускає сільськогосподарську техніку. Конструкція була відпрацьована і користується певним попитом на зовнішньому і внутрішньому ринку. Удосконалення конструкції звичайно відбивається на половині місячної програми (950 шт.) і ніколи не більш всієї місячної програми (1900 шт.)

Тому періодом часу, який беремо за базу для визначення КПН, буде місяць. Виробнича програма на один місяць - 1900 виробів. Аргументом на користь такого вибору слугує і те, що в практиці роботи заводчани не застосовують величину партії, яка перевищує місячну програму по випуску будь-якої деталі.

Розглянемо тепер питання стабільності величини партії по ходу технологічного процесу.

В процесі виготовлення деталей виділяють три стадії: заготовчу, механооброблювальну і складальну. Треба відзначити, що є предмети праці, у яких в процесі обробки відсутні одна або дві стадії з вищеназваних. Проте все нижченаведені міркування повною мірою відносяться і до них.

Різний характер обробки на різних технологічних переділах, і, отже, різна організація виробництва не дають підстави для встановлення єдиної величини партії предметів праці на всіх технологічних переділах, Більш того, на різних переділах знаходяться різні по суті предмети праці.

На заготовчій стадії як предмети праці виступають сировина і матеріали, з яких проводяться заготовки. Причому дуже часто з однієї сировини виготовляються заготовки, істотно відмінні одна від одної, і при заміні одного виду вихідного матеріалу іншим з цього заміняючого вигляду можна виготовляти заготовки не для всієї сукупності деталей, що виготовляють з замінюваного матеріалу. В практиці нерідкі випадки, коли з ідентичних заготовок на механооброблювальній стадії виробляють різні деталі, а на складальних операціях (особливо з використанням зварювальних операцій) з аналогічних початкових деталей збирають різні складальні одиниці.

Таким чином, зміна змісту предметів праці при переході з однієї стадії на іншу приводить до різних величин партій і робить закономірним висновок про те, що визначити величини партій предметів праці доцільно в межах однієї технологічної стадії

В межах одного технологічного переділу партія предметів праці може проходити по ходу технологічного процесу незмінною [15, 16, 19, 20, 54], або дробиться в ціле число раз [59].

Необхідність дроблення партії в ході обробки може бути викликана як технічними причинами (обмежена місткість гальванічної ванни, фарбувальної камери, галтовочного барабана і ін.), так і організаційними - можливістю скорочення тривалості виробничого циклу і досягненням гармонізації

протікання процесу [19, 20]. Тут прихильники обох підходів стоять на загальній точці зору. Таким чином, можливість і необхідність дроблення партії необхідно враховувати при формуванні нормативної бази операційного менеджменту. Слід тільки відмітити, що дроблення партії застосовується при технологічній спеціалізації виробництва. Але навіть при технологічній спеціалізації виробництво величина партії залишається стабільною або в межах дільниці, або в межах цеху

Широкого розповсюдження набула предметна спеціалізація виробництва. Так, вона застосовується в системі оперативного управління «just in time», яка є одною з найпередовіших на даний момент часу, а головне – є одним з найважливіших елементів для реалізації загальноконкурентної стратегії оптимальних витрат (наприклад, на фірмі «Тойота»). При предметній спеціалізації (подетальної, повузлової) величина партії в межах дільниці залишається стабільною, дуже рідко використовується робота передавальними партіями. Наявність гальванічних або термічних операцій на початку, в кінці або посередині технологічного процесу не робить істотного впливу, тому величина партії предметів праці не міняється.

Дослідження проводилися в цеху, де виробництво організовано на предметно-спеціалізованих дільницях. Тому партія предметів праці проходить за техпроцесом, маючи стабільну, встановлену на початку експерименту величину.

Визначимо тепер межі партій (мінімальну і максимальну), з якими проводитимемо експерименти. Для цього необхідно знати всю сукупність оброблюваних деталей, програму випуску кожній, технологічні процеси обробки, штучний час на кожну деталь. Ці дані були приведені в таблиці П.1.2. До питання визначення мінімальної величини партії можна підійти з різних позицій. Можна встановлювати величину партії так, щоб час на переналагодження був би не більше, ніж рекомендується методикою, заснованою на співвідношенні штучного і підготовчо-заключного часів. Використовуючи цю методику для сукупності деталей, отримаємо рекомендуємо величину партії (після коригування, враховуючи ряд переважних значень періодичностей запуску):

місяці	1/20	1/8	1/5	1/4	1/2	1
дні	1	2,5	4	5	10	20

Можна встановити мінімальну величину партії такою, щоб вона забезпечувала безперебійну роботу в період максимальної продуктивності на складальних операціях протягом одного робочого дня. Тоді мінімальна величина партії буде рівною $n_{\min}=190$ штук для деталей, комплектність яких на 1 машину рівна 2. Для деталей, комплектність яких на машину рівна 1, мінімальна величина партії буде рівна $n_{\min} = 95$ шт. (максимальна кількість зібраних за добу машин). Сюди відноситься вся решта деталей.

Максимальна величина партії не повинна перевищувати кількість деталей, розрахованих на період часу стійкості програми випуску, конструкції і технології виробництва даного предмету. На початку параграфа був визначений такий період для умов конкретного виробництва - 1 місяць.

Кількість експериментів, які можуть бути проведені для встановлення оптимальної нормативної бази, може бути дуже великою. Тому доцільно визначити раціональну стратегію зміни величин партій, яка з урахуванням перерахованих обмежень істотно обмежить кількість необхідних експериментів.

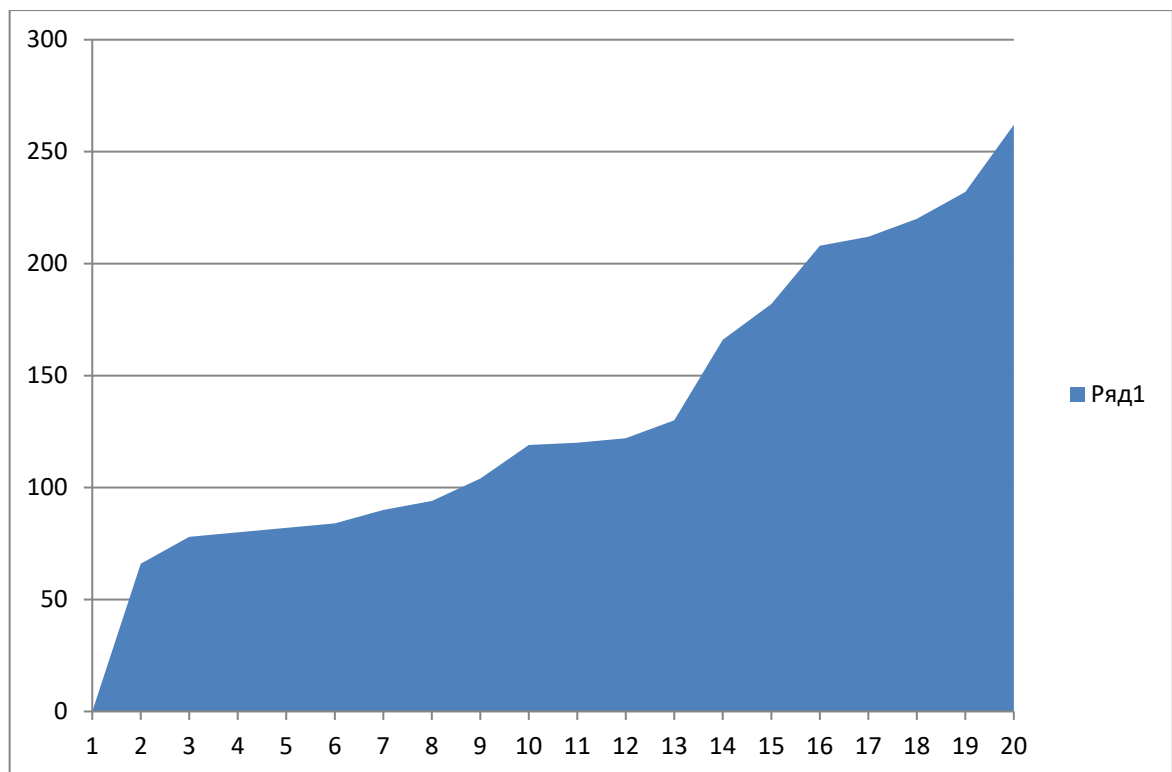


Рис.3.1 Розподіл деталей за трудомісткістю місячної програми. n-годин.

Представляється доцільним за основу для визначення величин партій прийняти ряд переважних значень періодичностей запуску, що рекомендується, на місячний період. Оптимальною буде величина партії, відповідна щоденному запуску, або 1/20 місячної програми. Відповідно кількість запусків партій в місяць рівно 20.

$$n_{\min} = N_{\text{міс}} / 20 = 95 \text{ штук} \quad K=20$$

Максимальною буде величина партії, рівна місячній програмі. Кількість запусків в місяць відповідно рівно 1:

$$n_{\max} = N_{\text{міс}} = 1900 \text{ штук} \quad K=1$$

Між $n_{\min}$ і $n_{\max}$ лежить ряд проміжних значень, які також прийматимуть партії деталей даного типу з відповідним числом запусків. Отже, величини партій прийматимуть

95, 238, 380, 475, 950 1900

(для деталей з комплектністю 2 відповідно в два рази більше). Визначимо стратегію зміни величин партій в експерименті. Відомо, що коли планово-облікова одиниця - комплект (машино-, добо-, і т.д.), то величини партій, що входять в нього, рівні або кратні. Як наголошувалося в першому розділі даної роботи, комплектна система планування склалася до широкого впровадження ЕОТ в операційному менеджменті, і в той час зарекомендувала себе прийнятною і раціональною, зручною у використанні, особливо на верхніх рівнях управління. В даний час, коли широке впровадження отримали автоматизовані системи управління виробництвом, такі системи планування не такі ефективні, оскільки істотно ускладнюють оперативне управління основним виробництвом на нижніх рівнях управління, куди все більше зміщується основна відповідальність ухвалення управлінських рішень. Особливо це помітно в останньому поколінні автоматизованих систем управління - багаторівневих та інтегрованих.

На рисунку 3.1 представлено розподіл сумарних трудомісткостей місячної програми випуску деталей по дільниці. Як видно з рисунка, деталі можна розбити на чотири групи по трудомісткості - великої, середньої, малої і дуже малої трудомісткості. Розбиття було проведено на підставі очевидного угруповання крапок, що відображають трудомісткості деталей.

Для визначення лінії поведінки зміни величин партій окрім розбиття деталей по трудомісткості, беруться до уваги наступні положення:

- деталю з більшою трудомісткістю повинна відповідати менша величина партії, відповідати деталям з меншою трудомісткістю відповідає велика величина партії;

- за визначаючу групу приймемо деталі з середнім значенням трудомісткості, щодо яких змінюватимемо величину партії деталі відповідно з малою і великою трудомісткістю;

- величини партій деталей, що входять в одну з груп трудомісткостей - середню, малу або велику - змінюються одночасно;

- деталь № 8 з дуже малою трудомісткістю у всіх експериментах проходитиме по техпроцесу з незмінною величиною партії, що дорівнює місячній програмі випуску - 1900 шт.

Така стратегія зміни величин партій дасть можливість скоротити необхідну кількість експериментів до 56. Значення величин партій деталей в кожному експерименті були представлені в таблиці П.І.3. Графічно стратегія зміни величин партій: представлена на Рис. 3.2.

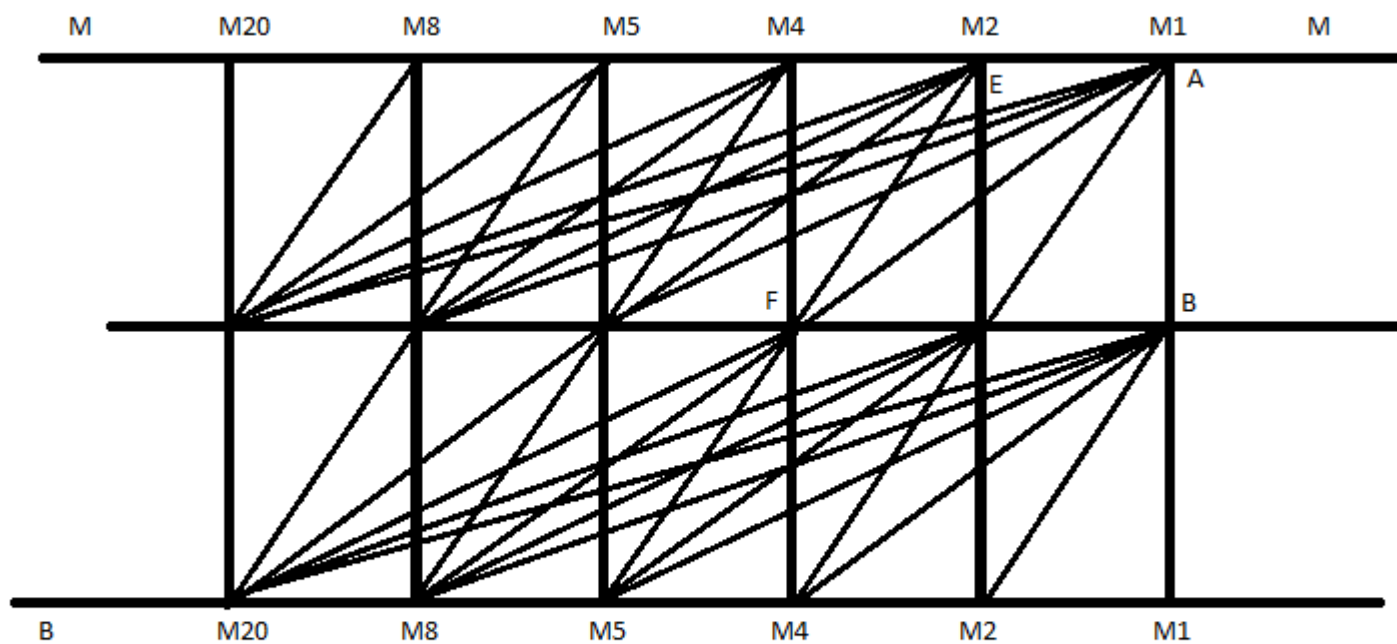


Рис.3.2. Стратегія зміни величини партій в імітаційних експериментах

Кожній лінії, що сполучає лінію М-К з лінією В-Б, відповідає один імітаційний експеримент із значеннями розмірів партій, визначуваних цією лінією. Наприклад, лінії А-В-С відповідає експеримент І.

Згідно нашим положенням експерименту, група деталей з середньою трудомісткістю є визначальною, група деталей з великою трудомісткістю може приймати значення величин партій не більше, ніж група деталей з середньою трудомісткістю, а група деталей з малою трудомісткістю може приймати значення величини партій не менше ніж середня група.

Тому при величині партій групи деталей з середньою трудомісткістю $n_{\max} = N_{\text{mic}} = 1900$ штук проводяться експерименти №№ 1-6.

Після цієї серії величина партії групи деталей з середньою трудомісткістю зменшується і стає рівним $n = 950$ шт. Отже, група деталей з більшою трудомісткістю не може приймати значення величин партій більше 950 шт., а група деталей з малою трудомісткістю - менше $n_{\min} = 950$ шт.

Проводимо експерименти №№ 7-11. Після цього зменшуємо величину партій деталей з малою трудомісткістю до $n = 950$ шт. Проводимо експерименти №№ 12-16. Знову зменшуємо величину партії деталей з середньою трудомісткістю до $n = 475$ шт. і т. д. Треба зазначити, що у всіх експериментах обсяг програми випуску деталей відповідав місячній, так, якщо певна група деталей оброблялася партіями по $n = 95$ шт., то таких партій деталей даного типу повинно бути $K = 20$, відповідно при $n = 475$ шт., $K = 4$ і т.д. Партія деталей з дуже малою трудомісткістю (деталь № 8) у всіх експериментах оброблялася в об'ємі місячної програми $N_{\text{mic}} = 1900$ шт. Необхідно розглянути також питання вибору алгоритму календарного планування. В даному випадку під алгоритмом КП мається на увазі процедура, порядок складання основного робочого документа оперативного управління - календарного плану - графіка

В 2-ій главі даної роботи були описані експерименти з конкретними алгоритмами календарного планування - це алгоритми В.А.Петрова, Е.Г. Іоффе, Н.Б.Міроносецького і Н.П.Шубкиної. Там був проведений їх порівняльний аналіз. На підставі цього аналізу автору представляється раціональним і обґрунтованим рішення, згідно якому в основу алгоритму і програми визначення сукупності раціональних календарно-планових нормативів встановлена програма, що реалізовує алгоритм Н.Б.Міроносецького і Н.П.Шубкиної. Це пояснюємо наступним.

По-перше, вони мають достатньо коротку тривалість розкладів, отриманих при експериментах. Також на підставі інших досліджень був зроблений висновок про те, що цей алгоритм краще за інші відповідає вимогам практики для складання календарного плану-графіка роботи дільниці на місяць.

По-друге, при дослідженні цього алгоритму була з'ясована його важлива відмінна риса, а саме: тривалість виробничого циклу партій деталей при зростанні коефіцієнта завантаження устаткування залишається практично стабільною. Тобто після придбання деякого досвіду роботи з цим алгоритмом в конкретних виробничих умовах можна достатньо точно визначати термін

закінчення обробки кожної партії деталей. А це, як відомо, одна з важливих задач вдосконалення операційного менеджменту, один з головних компонентів роботи за методом "точно в строк".

По-третє, простота і логічність формулювання основного правила визначення пріоритету (черговості) обробки партії деталей спрощує роботу з цим алгоритмом для працівників операційного менеджменту нижнього рівня (диспетчерів, майстрів, бригадирів), які повинні розуміти логіку здійснюваної лінії управління. Останній факт неодноразово підкреслювали різні дослідники.

Для оцінки ефективності вибраної сукупності нормативних значень КПП необхідно встановити параметри ходу виробничого процесу, за якими оцінюватимемо ту або іншу сукупність. За міру такої оцінки можна було б прийняти витрати по виконання виробничої програми на даний період. Але, як справедливо наголошувалося в [11], не всі економічні і організаційні чинники можна звести до вартісних показників.

Як оціночні показники приймемо такі

1. Рівень завантаження устаткування
2. Час міжопераційного пролежування.
3. Об'єм незавершеного виробництва
4. Витрати на переналагодження
5. Тривалість сукупного виробничого циклу виконання завдання

Розглянемо більш детально кожний показник.

Завантаження устаткування характеризується коефіцієнтом завантаження устаткування K_z . Даний показник, визначений за певний проміжок часу, є середньою величиною за цей час. Очевидно, що він не може відобразити коливання в завантаженні устаткування в якомусь конкретному виробничому підрозділі (в нашому випадку дільниці) по всіх групах устаткування. Для обліку даного чинника пропонується ввести показник, який би кількісно виражав нерівномірність завантаження устаткування. В практиці часто зустрічаються випадки, коли устаткування може бути завантажено з різною рівномірністю при однаковому середньому коефіцієнті завантаження. Передбачається, що показник, що вводиться, - назовемо його коефіцієнт нерівномірності завантаження устаткування - відображатиме цей факт. Розраховується він як сума абсолютних відхилень коефіцієнтів завантаження груп устаткування по днях K_z від середнього коефіцієнта завантаження устаткування дільниці K_{zcp} за період часу, необхідний для виконання місячної програми (як показано нижче, він може помітно коливатися).

Коефіцієнт нерівномірності завантаження устаткування буде дорівнювати

$$K_{нер} = \sum_{b=1}^B \cdot \sum_{r=1}^R |\Delta K| = \sum_{b=1}^B \cdot \sum |\Delta K_{z,CP} - K_{RB}| \quad (3.5)$$

Коефіцієнт завантаження устаткування певної і-ої групи устаткування за робочий день можна визначити так:

$$K_{Rb} = \frac{\sum_{b=1}^B l_i \cdot n_i \cdot t_{ir}}{t_{cm} \cdot S \cdot U_r \cdot 60}, \quad (3.6)$$

де

t_i - штучний час обробки i -го найменування деталі на r -й групі устаткування ;

n_i - розмір партії i -го комплектування деталей;

l_i - кількість партій деталей i -го найменування;

S — змінність роботи устаткування;

t_{3M} - тривалість робочої зміни, година;

r - номер групи устаткування;

U_r - кількість одиниць в r -тій групі устаткування

B - тривалість періоду часу, протягом якого виконується виробнича програма, робочих днів.

Час міжопераційного пролежування впливає на об'єм незавершеного виробництва, площі, необхідні для зберігання деталей, що знаходяться у виробництві, і деякі інші величини.

Як наголошувалося раніше, імітаційне моделювання дозволяє з високою точністю визначити величину тривалості виробничого циклу виготовлення партії деталей. В цьому випадку є можливість точного визначення часу міжопераційного пролежування i -тої партії деталей

$$t_{MOi} = T_{Цi} - t_{ТЕХi} \quad (3.7)$$

де $T_{Цi}$ - тривалість виробничого циклу обробки i -ї партії деталей ;

$t_{ТЕХi}$ - тривалість технологічного циклу обробки i -ї партії деталей.

На нашу думку, для врахування часу міжопераційного пролежування доцільно прийняти наступні дві величини:

1. Загальний час міжопераційного пролежування A всіх партій деталей , оброблених на дільниці за період часу B :

$$A = \sum_{i=1}^N t_{mo}. \quad (3.8)$$

Де N - загальна кількість партій оброблених деталей на дільниці за період B .

2. Середній час міжопераційного пролежування однієї партії деталей

$$t_{MOi} = \frac{A}{N} \quad (3.9)$$

Об'єм незавершеного виробництва є одним з найважливіших показників виробничої діяльності підрозділу. необґрунтоване зниження рівня НЗВ веде до простоїв на складанні, неритмічній роботі оброблювальних дільниць. Невиправдане збільшення незавершеного виробництва веде до звязування оборотних коштів збільшенню тривалості виробничого циклу і кінець кінцем до підвищення частки НЗВ в об'ємі нормованих засобів. У виробництві нерідкі випадки, коли рівень НЗВ перевищує норматив в 2-3 рази [24], але все одно не

вдається організувати безперебійне постачання цехів-споживачів (як правило, складальних) продукцією цеху-виготівника. Все це говорить не тільки про важливість визначення обґрунтованого нормативу незавершеного виробництва, але і про необхідність вдосконалення операційного менеджменту. Тут велика роль якісної нормативної бази, що признається всіма без виключення дослідниками [7, 15, 19, 24, 25, 29]. Імітаційне моделювання дозволяє визначити з максимальним ступенем достовірності той рівень незавершеного виробництва, який об'єктивно складається при тому або іншому варіанті нормативної бази. Враховуються всі предмети праці, що знаходяться у виробництві, структура і склад оброблювального устаткування, може також враховуватися і кількість працюючих в підрозділі. Все це важливо для визначення необхідного рівня НЗВ для забезпечення безперебійної роботи підприємства і його структурного підрозділу. нескладно отримати достовірні дані про терміни і об'єми випуску готової продукції (тобто визначити, як задовольняються вимоги системи вищого рівня).

Як відомо, незавершене виробництво складається з трьох частин:

1. Неготової продукції, що знаходиться в процесі виробництва на робочих місцях.
2. Неготової продукції в міжопераційних складах цеху (дільниці), чекаючої звільнення робочих місць наступної операції.
3. Готової в даній стадії технологічного процесу продукції, що чекає подальшої стадії процесу виготовлення - готові заготовки, деталі і зібрані вузли, що лежать на міжцехових складах.

Враховуючи, що наша модель розроблена для імітації діяльності дільниці, об'єкт НЗВ обмежуватиметься виробами, описаними в перших двох пунктах.

Об'єм незавершеного виробництва, що знаходиться, дільниці, у вартісному виразі можна записати так:

$$Q = \sum_{n=1}^{N_i} \cdot \sum_{l=1}^L (P_m + \sum_{k=1}^K C_k) \quad (3.10)$$

N_i - кількість різних найменувань предметів праці, партії деталей яких знаходяться в даний момент часу в обробці на виробничій дільниці; /

L - кількість партій деталей i -го найменування, що знаходяться на дільниці

P_m - вартість заготовок (матеріалу) партії деталей m -го найменування;

K - кількість виконуваних операцій над партією деталей m -го найменування;

C_k - розцінка на k -у операцію.

Об'єм НЗВ в нормо-годинах можна виразити так:

$$V = \sum_{n=1}^N \left(\sum_{l=1}^L \cdot \sum_{k=1}^K \frac{t_{um}}{60} \right) \quad (3.11)$$

де $t_{шти}$ - штучний час на виконання K -ой операції по обробці i -й партії деталей.

Для характеристики рівня НЗВ прийемо середньорівневі значення НЗВ у вартісному виразі і в нормо-годинах:

$$Q_{CP} = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B Q = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \cdot \sum_{n=1}^N \cdot \left(\sum_{l=1}^L (p_i + \sum_{k=1}^K C_K) \right) \quad (3.12)$$

$$V = \frac{1}{B} V = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B \cdot \sum_{n=1}^N \cdot \left(\sum_{l=1}^L \frac{t_{um}}{60} \right) \quad (3.13)$$

Через зміну кількості партій деталей і часу їх обробки на устаткуванні істотно змінюється календарний план-графік роботи виробничого підрозділу, а отже і витрати на переналагодження. Імітаційне моделювання дає можливість визначити величину витрат і у тому випадку, коли вони залежать від послідовності обробки партій на тому або іншому устаткуванні. Отже, можливо дуже точно визначити витрати на переналагодження при тому або іншому варіанті нормативної бази, що може бути ще однією підставою для вибору нормативної бази.

Сума витрат на переналагодження визначається за формулою

$$Z = \sum_{r=1}^R \sum_{m=1}^M \frac{C \cdot t_{nz}}{60} \quad (3.14)$$

C - середня годинна тарифна ставка наладжувальника;

$t_{nz m}$ - час наладки устаткування для обробки m -ої партії деталей;

M - кількість партій деталей, оброблених на r -ому верстаті за час виконання всієї виробничої програми;

R - кількість верстатів у виробничому підрозділі.

Тривалість сукупного виробничого циклу виконання програми - це показник, який корелює з середнім коефіцієнтом завантаження устаткування дільниці і рівнем НЗВ. Значення тривалості сукупного виробничого циклу визначається імітаційною моделлю. Знаючи його, можна більш наочно визначити ефективність даного варіанту нормативної бази.

Необхідно відзначити ще один дуже важливий момент. На підставі календарного плану-графіка обробки деталей, отриманого за допомогою імітаційної моделі, можна отримати терміни готовності кожної партії деталей. В імітаційних експериментах були отримані такі документи.

В документі по кожному найменуванню деталі вказані номер партії, тип (вид) деталі і тривалість виробничого циклу в робочих днях. З документа видно, що партія деталей одного типу може мати різну тривалість виробничого циклу, що природно, оскільки виробництво динамічне. Такі вихідні документи були отримані по кожному варіанту нормативної бази, і в кожному варіанті кожна партія деталей має свою тривалість виробничого циклу.

Документ має велику кількість даних - три показники на кожную партію деталей, а кількість партій деталей в експериментах коливається від 20 до 381. По цій причині він не входить в підсумковий додаток Г "Оцінка варіантів нормативної бази", який скорочено позначимо документ D.

Варіанти нормативної бази були приведені в додатку В. Кожний варіант характеризується показниками $K_{зср}$, $K_{нер}$, A , $t_{мо}$. $Q.V$, Z , $T_{ц.с.}$, D .

Інтерес представляє такий варіант, при якому значення всіх показників було оптимальним: коефіцієнт завантаження устаткування був би найбільшим, коефіцієнт нерівномірності якнайменшим, мінімальним - об'єм НЗВ, витрати на переналагодження, середній час пролежування однієї партії деталей і тривалості сукупного виробничого циклу. Очевидно, що задача знаходження оптимуму належить до задач багатокритеріальної оптимізації. Як бачимо з додатку Г "Оцінка варіантів нормативної бази", такого варіанту немає, і напевно чи може бути.

В цих умовах можна було б шукати оптимальне рішення за допомогою побудови певного узагальнюючого показника, що враховує всі величини, визначені на основі імітаційної моделі. Але цей шлях представляється малоперспективним, оскільки показників багато і не все з них легко можуть бути зведені до вартісної оцінки.

Можна запропонувати наступний спосіб. Вибирається показник, що грає визначальну роль, значення якого повинне бути екстремальним, решта показників грають роль обмежень. Наприклад, для дільниці необхідний варіант нормативної бази, при якому:

$K_{зср} > \max$; $K_{нер} > \min$; $Q = 22000$ грн; $Z = 100$ гривень; $T_{ц.с.} = 25$ робочих днів

Проаналізувавши додаток Г, бачимо, що максимальний коефіцієнт завантаження, рівний 0,442, був отриманий в експериментах № 24, 37 і 46. Але вказані обмеження не виконуються ні в одному з варіантів. В цьому випадку можливі два шляхи.

Перший - знизити жорсткість обмежень і вибрати той варіант, який максимально близький. Це варіант № 24:

$K_{зср} = 0,442$; $K_{нер} = 23,830$; $Q = 22451$ грн; $Z = 207$ грн; $T_{ц.с.} = 26$ роб. днів

Другий - за допомогою моделі перевірити варіанти нормативної бази, які близькі по побудові до оптимальної. Цей крок можна визнати логічним на тій підставі, що нам достеменно невідомі закони зміни досліджуваних параметрів і цілком імовірно, що оптимум досліджуваних характеристик знаходиться між дослідженими дискретними варіантами нормативної бази. При цьому як і раніше враховуватимемо те обмеження, що величина партії повинна бути кратній місячній програмі, а число запусків повинне бути рівним одному з ряду переважних значень чисел запуску, що рекомендується. Так, у варіанті № 24 деталі мають наступні величини партій і числа запусків:

великої трудомісткості	$n = 95$ шт	$K = 20$ запусків
середньої трудомісткості	$n = 475$ шт	$K = 4$ запуски
малої трудомісткості	$n = 950$ шт	$K = 2$ запуски
дуже малої трудомісткості	$n = 1990$ шт	$K = 1$ запуск

Оскільки максимальні коефіцієнти завантаження у всіх випадках були отримані при величинах партій деталей з великою трудомісткістю $n = 95$ шт $K = 20$ запусків, то логічно їх не змінювати, а варіювати розміри партій середньої, малої і дуже малої трудомісткості. Очевидно, що немає сенсу

змінювати розмір партії деталей у всій групі відразу, оскільки отримаємо один з вже наявних варіантів. Так, якщо змінити розміри партій так:

середньої трудомісткості $n = 380$ шт $K=5$ запусків

малої трудомісткості $n = 475$ шт $K=4$ запусків

то отримаємо вже наявний варіант № 27, до речі, близький до даного.

$K_{зср}=0,442$; $K_{нер}=231,212$; $Q=23435$ грн; $Z=243$ гривень; $T_{ц.с}=26$ роб. днів

Отже, варіювати розміри партій будемо всередині груп трудомісткості. Так, виходячи з Рис. 3.1 "Розподіл деталей за трудомісткістю" можна в групі деталей середньої трудомісткості розмірам партії деталей №1 і №7 надати значення $n = 475$ шт $K=4$ запусків; а в групі деталей з малою трудомісткістю партіям деталей № 13 і № 17 надати значення $n = 380$ шт $K=5$ запусків

Запропонований варіант був досліджений на імітаційній моделі і були отримані наступні параметри: $K_{зср}=0,442$; $K_{нер}=231,398$ min; $Q=22445$ грн; $Z=227$ грн; $T_{ц.с}=26$ роб. днів

Був досліджений і варіант, відмінний від останнього тим, що партії деталей № 8 (дуже малої трудомісткості) надавалося значення $n = 950$ шт $K=2$ запуски

Були отримані параметри

$K_{зср}=0,442$; $K_{нер}=231,410$ min; $Q=22451$ грн; $Z=207$ грн; $T_{ц.с}=26$ роб. днів

Досліджувалися близькі варіанти до варіантів № 37 і № 46, але результатів кращих за початкові не було отримано, Це говорить тільки про особливості даного конкретного випадку формування нормативної бази, а не про те, що такий шлях наближення до оптимуму невірний. Цей шлях може бути достатньо довгим, і, врешті-решт, не дати варіанту краще початкового, але може бути і навпаки. Вкажемо, що такий спосіб пошуку і наближення до оптимуму можливий в рамках запропонованої нами методики формування масиву нормативних значень (розбиття деталей на три групи за трудомісткістю і т.д.) при імітаційному підході. Ця методика виявилася дієвою в конкретних умовах, і цілком імовірно, що в інших умовах інша методика розбиття деталей на групи дасть оптимум при меншій кількості експериментів при імітаційному підході до формування нормативної бази.

Відзначимо ще одну обставину. Визначальним чинником в нашій методиці може бути і будь-який інший чинник, наприклад середньоденний об'єм незавершеного виробництва. Це дозволяє:

1. Вибрати варіант нормативної бази так, щоб оптимізувати НЗВ.

2. З максимально можливою точністю обґрунтувати необхідний для безперебійної роботи рівень НЗВ.

За допомогою запропонованого підходу можна оптимізувати і закріплення детале-операцій за робочими місцями. Тут може виникнути велике число варіантів, які необхідно перевірити. Проте раціонально складеною методикою випробувань можна скоротити число необхідних експериментів, а раціонально складеною програмою - час роботи програми на ЕОТ. Так, тривалість експерименту № 56, коли працювала спочатку складена програма, була скорочена в 8 разів після доопрацювання програми, яка виразилася в

невеликих структурних змінах (цей варіант найтриваліший, оскільки кількість оброблюваних партій деталей – 381).

.

Висновки

1. Необхідно визначати всією сукупністю календарно-планових нормативів, діючих у виробничому підрозділі (цеху, дільниці), одночасно, щоб врахувати їх взаємодію. Часткова зміна виробничих умов роботи виробничого підрозділу вимагає переформовування всієї нормативної бази.

2. Системний підхід до визначення нормативної бази повністю і послідовно реалізується тільки при використуванні імітаційного моделювання.

3. Імітаційний підхід дає можливість найбільш обгрунтовано визначити всі значення параметрів нормативної бази: величини партії, тривалість виробничого циклу, рівень НЗВ і закріплення деталі-операції за робочими місцями. Всі нормативи визначаються одночасно.

4. Тільки імітаційний підхід дає можливість сформулювати нормативну базу, відповідну конкретним виробничим умовам, всієї сукупності організаційних і економічних чинників і врахувати їх динаміку, використовувати досвід і творчі можливості управлінського персоналу.

5. Імітаційний підхід в даному випадку означає послідовно проведений системний підхід з урахуванням конкретних виробничих умов.

4. Сучасні підходи до вирішення задач операційного менеджменту в автоматизованих інформаційних системах.

Автоматизовані інформаційні системи (або економічні інформаційні системи, або ж автоматизовані системи управління) в своєму сучасному розумінні пройшли тривалий шлях розвитку. Викладемо основні етапи розвитку автоматизованих інформаційних систем, завдання, які вони вирішували. Зрозуміло, особливу увагу приділимо тому, як вирішуються задачі операційного менеджменту та які принципи і підходи використовуються при цьому. Історія розвитку автоматизованих інформаційних систем досить детально викладена в багатьох джерелах, зокрема в [6, 45]:

«1. Огляд основних принципів роботи систем класу MRPII

У кінці 60-х років, у зв'язку з бурхливим розвитком обчислювальної техніки... всюди почалися активні спроби розробки оптимальної автоматизації і інформатизації бізнесу, створювалися нові концепції управління і удосконалювалися вже існуючі. Основними цілями автоматизації виробничих компаній були: точний розрахунок актуальної собівартості продукції, її аналіз, пониження витрат в процесі виробництва і підвищення продуктивності в цілому, завдяки ефективному плануванню виробничих потужностей і ресурсів. Результатом оптимізації цих параметрів були пониження кінцевої ціни готових виробів і підвищення загальної продуктивності, що відповідно негайно відбивалося на конкурентоздатності і рентабельності компанії. У результаті пошуку рішень в області автоматизації виробничих систем народилася парадигма планування потреб в матеріалах (MRP). По суті, MRP - методологія є алгоритмом оптимального управління замовленнями на готову продукцію, виробництвом і запасами сировини і матеріалів, що реалізовується за допомогою комп'ютерної системи. Іншими словами, MRP система дозволяла оптимально завантажувати виробничі потужності, і при цьому закуповувати саме стільки матеріалів і сировини, скільки необхідно для виконання потокового плану замовлень і саме стільки, скільки можливо обробити за відповідний цикл виробництва.... У зв'язку з конкуренцією, що росте від року до року, кінцеві споживачі продукції стають усе більш "розбещеними", відчутно збільшуються витрати на рекламу і маркетинг, зменшується життєвий цикл виробів. Усе це вимагає перегляду поглядів на планування комерційної діяльності. Віднині потрібно не "щось виробити і намагатися потім продати", а "робити тільки те, що продається". Таким чином, маркетинг і планування продажів мають бути безпосередньо пов'язані з плануванням виробництва. Виходячи з цих передумов, і зародилася нова концепція корпоративного планування.

Концепція MRPII.

Склад систем класу MRPII (Manufacturing Resource Planning)
Очевидно, на будь-якому виробничому підприємстві існує набір стандартних принципів планування, контролю і управління функціональними елементами. Такими елементами є виробничі цехи, функціональні відділи, апарат

керівництва і так далі. На підставі цих принципів створюється замкнута логічна система, яка дозволяє відповідати на наступні питання :

Що ми збираємося робити?

Що для цього потрібне?

Що ми маємо в даний момент?

Що ми повинні отримати у результаті?

Ці, на перший погляд прості питання завжди повинні мати ясні відповіді для керівного складу будь-якого комерційного (виробничого і невиробничого) підприємства. Однією з основ ефективної діяльності будь-якого підприємства є правильно поставлена система планування. Власне, вона і покликана сприяти відповідям на ці питання. Ця система планування повинна чітко відповідати на питання: "Що нам конкретно необхідно в той або інший момент часу в майбутньому?". Для цього вона повинна планувати потреби в матеріалі, виробничих потужностях, фінансових потоках, складських приміщеннях і так далі, зважаючи на поточний план виробництва продукції (чи послуг - тут і далі) на підприємстві. Називають таку систему системою планування ресурсів підприємства, або ж MRPII - системою (Manufacturing Resource Planning System). Закінчення аббревіатури - римська цифра "II" не несе ніякого лексичного сенсу.» Далі: «MRPII -система повинна складатися з наступних функціональних модулів:

1. Планування розвитку бізнесу (Складання і коригування бізнес-плану)
2. Планування діяльності підприємства.
3. Планування продажів.
4. Планування потреб в сировині і матеріалах
5. Планування виробничих потужностей
6. Планування закупівель.
7. Виконання плану виробничих потужностей.
8. Виконання плану потреби в матеріалах.
9. Здійснення зворотного зв'язку.

Модуль планування виробництва затверджує план виробництва усіх видів готових виробів і їх характеристики. Для кожного виду виробу у рамках лінії продукції, що випускається, існує своя власна програма виробництва. Таким чином, сукупність виробничих програм для усіх видів виробів, що випускаються, є виробничий план підприємства в цілому.

« Модуль планування виробничих потужностей перетворить план виробництва в кінцеві одиниці завантаження робочих потужностей (верстатів, робітників, лабораторій і так далі)...

2. Механізм роботи MRPII -системи

2.1. Складання виробничого плану (Master Production Schedule) і загального плану діяльності (Production plan)

Насправді, логіка роботи MRPII системи досить проста. Розглянемо її на конкретному прикладі. Першим етапом є складання плану діяльності підприємства. Для цього, спочатку визначимо виробничу програму (Master

Production Schedule - MPS) у вигляді наступного вираження: "Ми робитимемо 30 автомобілів в тиждень". Далі, при визначенні плану діяльності, ми беремо до уваги наступні чинники:

1. Поточний інвентарний запас виробів на складі
2. Визначення необхідної кількості підтримуваного інвентарного запасу на складі в той або інший момент часу впродовж усього періоду планування.
3. Прогнози продажів виробів на планований період

Програма виробництва (Master Production Schedule)

Цей елемент є оптимізованим графіком розподілу часу для виробництва необхідної партії готової продукції за планований період або діапазон періодів.

2.2. Планування потреб у виробничих потужностях (CRP - Capacity Requirements Planning)

Для того, щоб виробнича програма мала можливість бути реалізованою, необхідно, щоб наявні в наявність виробничі потужності змогли обробити ту кількість сировини і матеріалів-комплектуючих, яке пропонує складений MRP модулем план замовлень, і виготовити з них готові вироби. Власне MRP -план є основним вхідним елементом модуля планування потреб у виробничих потужностях (CRP -модуля). Іншим важливим вхідним елементом є технологічна схема обробки/зборки кінцевого готового виробу (routing plan). Результатом роботи CRP -модуля є план потреби у виробничих потужностях (Capacity requirements plan). Цей план визначає, яку кількість стандартних годин повинна працювати кожна виробнича одиниця, щоб обробити необхідну кількість матеріалів.»

Проте розвиток економічних інформаційних систем на цьому не зупинився. На наш погляд, його добре узагальнила Р.К. Бутова [6]

Табл.3.2

Еволюція економічних інформаційних систем

Найменування системи	Ідеологія системи	Результат в управлінні підприємством	Вхідна інформація
MRP-Планування потреби в ресурсах	Що потрібно? Скільки потрібно? Коли це буде потрібно?	Складання заявки на матеріали по номенклатурі залежно від попиту	Матеріальні витрати на продукцію. Замовлення. Запаси.
MRP11-Планування ресурсів виробництва	Замкнута система детального виробництва на основі бази даних	Моделювання ходу виробництва зі зворотним зв'язком.	Прогноз оцінки виробної потужності

Продовження таблиці 3.2

ERP- Планування ресурсів виробництва	Управління фінансовою і господарською діяльністю	Розширення функціональності збуту, замовлень, постачання, управління кадрами. Покращення і полегшення керованості.	Внутрішня інформація підприємства
ERP11 Управління ресурсами підприємства з інтеграцією процесів співробітництва	Відкрита комп'ютерна архітектура, заснована на застосуванні Internet	Поглиблення функціональності, збільшення зовнішніх зв'язків	Зовнішня і внутрішня інформація підприємства.
CSRP- Планування ресурсів підприємства з інтеграцією процесів співробітництва	Орієнтація на покупця	Підвищення ринкової активності. Покупець впливає на процес виробництва.	Що виготовляти? Як і коли виготовляти? Які ринки завойовувати?

Далі розглянемо як теоретичні підходи, реалізовані в практиці в найкращих. на наш погляд, вітчизняних автоматизованих інформаційних системах управління, таких, як наприклад «комплексная автоматизированная система управления предприятием ИТ-предприятие™» [28].

ERP – система ИТ - enterprise

Для ефективного управління на промислових підприємствах і в холдингових структурах корпорація «Інформаційні технології» пропонує перевірене часом і практикою рішення - вдосконалення системи управління підприємством за допомогою реінжиніринга бізнес-процесів і впровадження ERP -системи ИТ - Enterprise. Згідно з класифікаціями APICS (American Production and Inventory Control Society- американське товариство продуктивності та винахідництва- авт.) і Міжнародної асоціації виробників і користувачів систем управління виробництвом (MESA International) система ИТ - Enterprise повністю відповідає стандартам і концепціям MRPII, MES, APS і ERP.

Концепція APS (Advanced Planning and Scheduling) - синхронне («просунуте», «вдосконалене») планування виробництва і оптимізація. Ця концепція розглядає процес планування з обмеженнями, такими як доступні потужності (устаткування і персонал) і доступні виробничі ресурси (сировина,

матеріали, комплектуючі, площі). При цьому вказані вище обмеження враховуються безпосередньо в ході формування виробничого плану. Такий підхід дозволяє отримати «здійснимий» план. MES (Manufacturing Execution System, виробнича виконавська система) — спеціалізовані системи, призначені для вирішення виробничих завдань синхронізації, координації, аналізу і оптимізації випуску продукції.) Концепція ERP (Enterprise Resource Planning) є розвитком MRPII. Вона дозволяє відстежувати не лише виробничі, але і усі інші ресурси підприємства (фінансові, збутові та ін.).

Система IT - Enterprise акумулює багаторічний досвід успішних впроваджень на підприємствах різних галузей промисловості.

Загальна характеристика контурів управління виробництвом в системі IT - enterprise

Контури управління виробництвом, такі як:

- управління технічною підготовкою виробництва (PLM/PDM);
- управління виробництвом (MRPII, APS/MES);
- управління основними виробничими фондами (EAM)

найбільшою мірою визначають обличчя системи IT - Enterprise, як виробничої системи.

Контури управління виробництвом забезпечують оптимізацію і автоматизацію оперативного планування, обліку і управління виробничою діяльністю підприємства, і охоплює увесь ланцюжок від розробки технічної документації до складання варіантних багаторівневих планів виробництва і завантаження потужностей, обліку їх виконання, управління якістю продукції, управління матеріальними потоками у виробництві, управління основними виробничими фондами, їх технічним обслуговуванням і ремонтами.

Реалізація сучасних стандартів і концепцій MRPII, APS, MES, ERP в системі IT - Enterprise описана нижче.

Управління виробництвом

На різних промислових підприємствах, враховуючи різноманіття типів і характеристик виробництва, використовуються різні підходи і методи управління виробництвом. Проте, в контурі «Управління виробництвом» системи IT - Enterprise виділені ряд типових підходів і методів, які знаходять застосування на більшості підприємств з трьома основними типами виробництва :

Універсальним виробництвом (машинобудування, приладобудування, металообробка, кабельна промисловість, .)

Потоковим виробництвом (металургія, хімія, харчова промисловість, .)

Виробництвом з фіксованим місцем (суднобудування, аерокосмічна галузь, будівництво, .) розташування

Контур «Управління виробництвом» в системі IT - Enterprise базується на наступних стандартах, концепціях і теоріях :

- MRPII (Manufacturing Resource Planning) - стандарт управління виробничими ресурсами;

- MES (Manufacturing Execution System) - стандарт оперативного управління виробництвом;
- APS (Advanced Planning and Scheduling) - концепція синхронного планування виробництва;
- Теорія розкладів (Scheduling Theory) - математичний апарат календарного планування виробництва;
- Евристичні методи календарного планування/
- Теорія обмежень (Theory of Constraints - TOC) - концепція менеджменту, використовувана для управління виробництвом.

Основною метою управління виробництвом є складання погоджених взаємопов'язаних виробничих планів для підрозділів підприємства і забезпечення виконання цих планів за допомогою узгодження виробничих ресурсів. Оптимізація планування виробництва в системі IT - Enterprise спрямована на формування планів, що забезпечують :

- Підвищення пропускної спроможності підприємства;
- Скорочення виробничого циклу;
- Досягнення заданого рівня активів;
- Виконання виробничих замовлень в строк.
- Засобами досягнення перерахованих цілей є:
- Багаторівневе ковзаюче планування (SOP - MPS - RCCP - MRP - CRP - APSMES);
- Балансування потужностей і потреб ресурсів;
- Календарне планування виробництва і закупівель;
- Управління запасами у виробництві;
- Оперативне управління виконанням планів у виробництві;
- Уніфікована єдина схема виробничого, матеріального обліку і обліку праці.

Основні підходи і методи управління виробництвом в системі IT - Enterprise описані нижче.

- Планування (загальний інструментарій);
- Управління виробництвом і завантаженням потужностей;
- Оперативне календарне оптимізаційне управління виробництвом з урахуванням обмежень (APS\MES);
- Внутрішньоцехове управління виробництвом;
- Управління проектним виробництвом;
- Управління ремонтним виробництвом;
- Графікове планування;
- Оптимізація рецептур за критерієм мінімізації собівартості компонентів, що входять;
- Облік матеріальних ресурсів у виробництві;
- Робочий календар;
- Управління якістю (TQM)».

Далі розглянемо, як вирішуються задачі оперативного управління основним виробництвом в даній автоматизованій системі управління[28].

Оперативне управління виробництвом.

- Підсистема оперативного управління виробництвом призначена для вирішення наступних завдань;
- Перспективного об'ємного планування виробництва;
- Позамовного оперативного планування випуску продукції (MPS);
- Деталізованого оперативного планування виробництва (MRP);
- Оперативного об'ємно-календарного планування потужностей (CRP).

Цілі підсистеми

Основною метою оперативного управління виробництвом є складання детальних погоджених виробничих планів для підрозділів підприємства і забезпечення виконання цих планів за допомогою узгодження виробничих ресурсів відповідно до стандарту MRPII

Перспективне об'ємне планування виробництва (SOP) призначено для складання перспективних планів продажів і випуску продукції на тривалий період часу. До об'ємного планування відноситься річне, квартальне і місячне планування

Об'ємні виробничі плани використовуються, в основному, для прогнозів потреб ресурсів - матеріальних, трудових ресурсів і устаткування по підрозділам і підприємству в цілому.

Для складання більш деталізованих планів виробництва виконується підготовка нормативної бази на планові періоди (виділено нами –авт.):

- формування MRP -календаря - інтервалів планування (по декадах п'ятиденках, датах, змінах ...), що довільно настроюються;
- розрахунок позамовних виробничих складів виробів, вибір варіантів техпроцесів і норм на планований період;
- визначення облікових точок в техмаршрутах (дільниці, технологічні операції);
- розрахунок виробничих випереджень по облікових точках - календарних інтервалів відносно термінів випуску.

Багаторівневе виробниче планування

Формування плану випуску готової продукції - головного оперативного виробничого плану першого рівня (MPS -планування). План випуску готової продукції складається по випускних цехах і складається з переліку продукції і ДСО, що підлягають здачі на склад готової продукції. План може бути сформований по різних методиках:

Виготовлення на замовлення (МТО) і складання на замовлення (АТО) - на підставі специфікацій до договорів на постачання продукції, по замовленнях з підсистеми «Управління збутом».

Виробництво на склад (MTS) - по точці перезамовлення для підтримки певної кількості продукції на складі або на підставі статистики по минулим періодах. За планом випуску продукції виконується укрупнене планування виробничих потужностей - устаткування і трудових ресурсів (RCCP).

MRP –плани

Розрахунок деталізованих оперативних виробничих планів (MRP - планування) :

- об'ємно - календарних подетально-поопераційних планів виготовлення і передачі деталей і складальних одиниць (ДСО) між цехами/дільницями - деталізованих виробничих планів міжопераційних подач між цехами та дільницями. Облік складних технологічних маршрутів : «петель» - різних цехозаходів, виконання окремих операцій на інших підприємствах, можливість усунення надмірності усередині дільничного планування;
- об'ємно-календарних планів постачання (завезення) матеріалів і комплектуючих в цехи/на дільниці з центральних складів. Формування лімітів завезення матеріалів і комплектуючих по складах;
- при формуванні оперативних планів може враховуватися наявність матеріалів і комплектуючих в цехах і на дільницях і незавершене виробництво в цехах. При цьому плани відповідно зменшуються.

CRP –плани

По розрахованим MRP - планам виконується планування потреб в потужностях (CRP). Під терміном «потужність» далі розуміється як технологічне устаткування, так і трудові ресурси по професіях. Для CRP планування в системі IT-Enterprise визначаються:

профілі робочих центрів - перелік потужностей в цехах і на дільницях з вказівкою їх виробничо-технологічних характеристик;

розклади роботи кожного робочого центру - планові фонди часу робочого центру на кожен інтервал MRP -календаря. Передбачена можливість щоденного коригування розкладів користувачем, облік в розкладах роботи устаткування ремонтів, простоїв устаткування і так далі, коригування розкладів роботи трудових ресурсів по табелях.

У системі IT-Enterprise реалізовані алгоритми APS - планування - «удосконаленого» або «синхронного» планування виробництва. Основна відмінність цієї прогресивної методики планування полягає в тому, що оперативне деталізоване планування виробництва кожного замовлення виконується у момент оформлення замовлення безпосередньо працівником відділу збуту по робочих центрах і моделі обмеженого завантаження устаткування. Така методика дозволяє досить точно здійснювати варіантне прогнозування терміну відвантаження кожного замовлення виходячи з реального стану завантаження потужностей.

За результатами обліку виконання виробничих планів періодично виконується перепланування.

Графікове планування для масового виробництва

Графікове планування виробництва призначено для календарного планування і обліку виробництв у вигляді наскрізних добових план-графіків. Графікова система як система планування використовується на підприємствах з масовим характером виробництва. Графікова система також широко

використовується в якості зручного інструменту оперативного аналізу ходу виробничого процесу .

Управління завантаженням устаткування

Підсистема призначена для оперативного управління виробництвом на усередині-MES -модуль цеховому рівні і є рішенням класу MES (Manufacturing Executing System).

У підсистемі виконується розрахунок календарних планів завантаження устаткування по різних моделях з урахуванням виробничих випереджень запуску напівфабрикатів по операціях і післяопераційного незавершеного виробництва на «вільному» замовленні.

За наявності НЗВ на операції план зменшується на відповідну кількість напівфабрикатів і далі розрахунок плану по попередніх операціях виконується по кількості, що залишилася.

Підсистема підтримує наступні алгоритми і моделі планування:

1. Модель планування по необмеженому завантаженню - призначення на устаткування виконується без аналізу поточного завантаження устаткування
2. Моделі планування по обмеженому завантаженню - призначення на устаткування виконується без перевантаження устаткування в кожен календарний інтервал. Моделі планування по обмеженому завантаженню реалізовані по варіантах:
 - алгоритм призначення «назад» (від вершини - вниз) від дати виконання вершини замовлення і назад до перших технологічних операцій (при цьому може вийти, що запускати треба було N днів назад)
 - алгоритм призначення «вперед» від поточної дати тільки невиконаних технологічних операцій (при цьому може вийти, що замовлення буде виконано не в строк, а через N днів після планової дати виконання)
 - алгоритм «згладжування» перевантажень устаткування з призначенням робіт на альтернативне устаткування
 - алгоритм «ручного» (діалогового) призначення замовлення на устаткування.

Способи планування завантаження устаткування

- APS - планування завантаження устаткування з метою оцінки часу закінчення виконання виробничого замовлення. Виконується по моделі з обмеженим завантаженням при включенні замовлення в план виробництва.
- Щоденне перепланування за результатами фактичного виконання плану за попередню зміну (доба).

Способи побудови пріоритетних черг при переплануванні:

- по пріоритетах замовлень і датах виготовлення замовлення;
- по пріоритетах замовлень і критичному відношенні - відношенні час замовлення, що фактично залишився, до залишку критичного шляху;
- по пріоритетах замовлень і Min або Max тривалості операцій;
- по пріоритетах замовлень і Min даті закінчення операції по MRP;
- по пріоритетах замовлень і Min даті вступу в чергу – FIFO;
- по пріоритетах, визначених користувачем.

Методи розпаралелювання операцій для виконання на робочих центрах

- за розміром замовлення.
- за фіксованим розміром мінімальної партії і кратності партії (з техпроцесу).
- по методах, визначених користувачем.
- формування змінно-добових завдань по дільницях по робочих центрах
- розрахунок і аналіз коефіцієнтів завантаження устаткування (плановий фонд роботи устаткування, фактичне напруження устаткування, нормативний час роботи від фактичного вироблення).

Прочитуємо технічну документацію по економічній інформаційній системі BAAN 1V [71]:

« Розробка основного виробничого плана-графіка

Планове управління виробничими компаніями - не легке завдання. Координація грошових коштів, потужностей і матеріальних запасів, як правило, представляється важко досяжною. Розрив між реалізацією і виробництвом зовсім не сприяє оптимальному використанню ресурсів компанії.

Модуль "Розробка основного виробничого плана-графіка" (Master Production Scheduling, MPS) і створений для того, щоб здолати цей розрив і зробити реальністю планове управління підприємницькою діяльністю. Завдяки своїм потужним засобам моделювання і вибору варіантів, модуль "Розробка основного виробничого плана-графіка" повністю конкурентоздатний і тоді, коли в основі виробництва лежать прогнози (у разі виробництва модифікацій виробів, тобто виготовлення на замовлення), і тоді, коли виробництво ведеться у рамках конкретного проекту.» Далі:

« Основні дані плану

Основні дані служать для завдання умовно-постійних даних для основного виробничого плана-графіка:

Можна задати необмежене число основних виробничих планів-графіків, що дозволяє користувачеві виконувати операції моделювання. Тільки один з цих планів стає фактичним.

За кожним кодом плану можна визначити методи "поглинання", які потрібні як для прогнозування попиту, так і для планування виробничих замовлень. Це робить можливим досягнення оптимального співвідношення між рівнями обслуговування і відповідними рівнями матеріальних запасів.

Плани можна розробляти на різні тимчасові періоди. Це означає, що міра їх опрацювання залежить від того, чи є вони короткостроковими, середньостроковими або довгостроковими. Так звана "частота ковзання" надає можливість автоматично перетворювати довгі планові періоди в короткі.

Основний виробничий план-графік

Основний виробничий план-графік складається з виробничого плану, плану управління запасами і плану попиту. Система дозволяє агрегувати дані у рамках багатоланкової структури. На базі плану попиту визначається виробничий план. Надалі здійснюється його коригування з урахуванням пікових сплесків попиту, для згладжування яких використовуються

стратегічні матеріальні запаси (матеріальні запаси для пом'якшення піків у виробництві).

План попиту дозволяє фіксувати попит на вироби впродовж якогось періоду. Окрім цього він дозволяє визначити відхилення, для чого не лише використовується прогноз стандартного попиту, але і враховуються додаткові об'єми замовлень на постачання продукції.

Для управління виробничим планом замість плану попиту можна використовувати і контракти. Це дозволяє розробляти виробничий план з урахуванням очікуваного попиту по кожному клієнтові окремо. Виробничий план дає безпосереднє уявлення про фактичну і планову виробничу діяльність.

Плани по планово-облікових одиницях можуть бути агреговані на більш високому рівні планово-облікової одиниці. Подібні плани прийнято називати "виробничими".

Різні плани і поточна інформація служать основою для представлення числових показників (у тому числі і звітних) з їх розбиттям по періодах, очікуваним матеріальним запасам і тому подібне (наявна кількість для зобов'язань, запланована проектована готівка і так далі)

Система підтримує багаторівневий основний виробничий план-графік.

Багаторівнєве планування дозволяє використовувати засоби "підтримки". Плани виробництва товарів можуть бути детально проаналізовані як в ретроспективі, так і в перспективі. Подібний підхід дозволяє отримати наочне уявлення про поточні (заплановані) операції з матеріальними запасами.

В ході розробки основного виробничого плана-графіка можна автоматично перебудовувати "ланцюжок постачань", що забезпечує гнучку підтримку внутрішньокорпоративних стосунків.

Завершивши генерування в межах корпоративних вимог, можна на рівні основного виробничого плана-графіка записати внутрішньокорпоративні надходження.

Заплановані MPS -замовлення

На підставі діючого виробничого плану можуть бути вироблені рекомендації по внутрішньокорпоративних зв'язках, а також по замовленнях на закупівлю і продаж. Ці замовлення розглядаються як незалежні потреби при плануванні потреби в матеріалах. На їх основі визначаються дні виникнення потреб в тих або інших компонентах.

Внутрішньокорпоративні замовлення автоматично переводяться в замовлення на закупівлі і враховуються по тій компанії, по якій підтримується основний виробничий план-графік.

Потреби компаній-суміжниць перетворюються в замовлення попиту, де вказується час постачань, їх частота, пріоритетність і періодичність.

Заплановані замовлення можуть бути перетворені у виробничі замовлення безпосередньо в модулі "Розробка основного виробничого плана-графіка", що забезпечує оптимальну інтеграцію діючого плану з основним виробничим планом-графіком.

Серійне виробництво

Разом з позиціонуванням продукту, заснованого на "точці прив'язки замовлення клієнта" (ТПЗК), велике значення має і позиціонування процесу. Процеси характеризуються не лише як "виготовлення на склад", "складання на замовлення" і "конструювання на замовлення", але також розрізняються і по своїй типології: "безперервне виробництво", "потокowe виробництво", "одиничне виробництво" і "проектне виробництво" (НДПКР). Серійне виробництво - важливий різновид "потокowego виробництва".

Серед його властивостей можна виділити:

- виробничий процес заснований на продуктивності;
- робляться вироби з порівняно короткими виробничими циклами;
- процес виробництва, як правило, має лінійну/потокową організацію;
- управління виробництвом ведеться без виробничих замовлень.

Основні дані модуля "Серійне виробництво" (RPT)

Для цілей ведення і розробки виробничих планів-графіків виробничим планам-графікам можна задати певні коди, яким, у свою чергу, ставляться у відповідність часові періоди.

Користувач може зв'язати будь-який період часу з планом-графіком, що дозволяє коригувати міра деталізації плана-графіка і надає йому оптимальну гнучкість.

Можливе використання двох видів графіків : графіки по виробу і графіки по суб'єктах планування (виробничим лініям). Операції можуть бути орієнтовані на продукт і на місце.

Графіки інтегруються безпосередньо з основним виробничим планом-графіком і плануванням потреби в матеріалах і генеруються системою автоматично.

Графік виробництва дає користувачеві можливість проглянути на екрані усі кількісні показники плану : запланований обсяг виробництва; звітно-завершений обсяг виробництва; брак, об'єм, що залишився; планова дата початку, планова дата завершення

Під відносним завантаженням включеної в графік виробничої лінії розуміється завантаження "вузького місця" на дату видачі SFC -замовлення на виріб, до якого відноситься графік виробництва

Кількісні показники на початок і на кінець доби дозволяють проаналізувати, чи були графіки виробництва виконані відповідно до плану або ні.»

Ми навели дуже багато процитованого матеріалу для того, щоб підтвердити актуальність проведених нами досліджень. Як бачимо, для кожного планового періоду розробляється (або ж формується) нормативна база операційного менеджменту, генерується декілька варіантів планів-графіків роботи устаткування, з яких вибирається найпридатніший для даного випадку. Також можна побачити, що плани-графіки широко використовуються для визначення дати виготовлення замовлення,

визначення потреби в матеріалах (перш за все критичних), аналізу виконання плану, визначення потреби у виробничих потужностях і ін. Наведені способи побудови пріоритетних черг в найбільш досконалих сучасних системах наприклад IT-Enterprise та BAAN/ Як доведено раніше багатьма авторами, використання окремих правил пріоритету менш ефективне, ніж використання моделюючих алгоритмів. Проте є різні алгоритми, тому і доцільно їх досліджувати з метою ефективного використання/ Цьому, власне, і присвячена наша робота.

Висновки

Одним з напрямів вдосконалення управління машинобудівним підприємством є вдосконалення підсистеми операційного менеджменту. Науково-технічний прогрес, обумовлюючи автоматизацію функцій управління, висуває до операційного менеджменту нові вимоги: необхідність ухвалення управлінських рішень і регулюючих дій в реальному масштабі часу, в ході виробничого процесу, висока наукова обґрунтованість ухвалюваних рішень, відповідність системи управління конкретним виробничим умовам і рівню розвитку науки і техніки.

1.Вдосконалення системи операційного менеджменту нерозривно пов'язано з вдосконаленням організації виробничих підрозділів, Вдосконалення полягає в тому, що при проектуванні останніх повинні бути повно і були послідовно реалізовані принципи автономності функціонування. На практиці це означає предметну (подетальну) організацію виробництва з використанням уніфікованої групової, або типової і одиничної технології в поєднанні з внутрішньовиробничим госпрозрахунком. Подальше вдосконалення операційного менеджменту вимагає підвищення ролі прогнозу, оптимізації і імітації ходу виробничого процесу, що можливо тільки в рамках автоматизованого управління на базі широкого вживання комплексу технічних засобів – ЕОТ з набором відповідних програмних засобів.

2.Вдосконалення системи операційного менеджменту вимагає вдосконалення основної функції управління - планування, що обумовлює важливість створення науково обґрунтованої нормативної бази планування КПП. Сама система КПП є інструмент адаптації виробничої системи до зовнішніх і внутрішніх умов, що змінюються, з метою забезпечення можливості ефективного функціонування. Вона є сукупністю нормативних значень, параметрів і правил, на підставі яких здійснюється раціональна організація виробничого процесу

3.Календарний план-графік є адаптивним нормативом, що дозволяє організувати ефективний хід виробничого процесу. Дослідження показали, що календарний плани-графіки, найбільшою мірою відповідні вимогам виробництва, можуть бути побудовані на основі використовування аналітико-пріоритетних алгоритмів (класифікація В.А.Петрова), критерій оптимізації яких - мінімум тривалості сукупного виробничого циклу або мінімум відставання фактичних термінів випуску від планових. Проведені експерименти з GPSS-моделями конкретних алгоритмів дозволили уточнити особливості їх

функціонування і розробити методичні рекомендації по вживанню досліджених алгоритмів в конкретних виробничих умовах.

4. Дослідження системи операційного менеджменту дозволило встановити, що її нормативна база повинна бути орієнтована на досягнення глобальної мети системи операційного менеджменту - забезпечення ефективної роботи всього підприємства, а також можливості оптимізації функціонування його підрозділів. Отже, система операційного менеджменту повинна формуватися на основі узагальнюючого обліку економічних і організаційних чинників.

5. В роботі була доведена можливість і необхідність використання імітаційного моделювання для формування нормативної бази операційного менеджменту. Була розроблена методика формування системи стосовно конкретних виробничих умов, що підтвердила свою ефективність на практиці, були визначені загальні напрями вживання імітаційного моделювання до формування нормативної бази. Імітаційне моделювання дозволяє послідовно реалізувати системний підхід, підвищити наукову обґрунтованість системи КПП, врахувати конкретні виробничі умови при формуванні нормативної бази, достовірно визначити системні зв'язки календарно-планових нормативів. Імітаційний підхід дає можливість сформувати багатоваріантну нормативну базу операційного менеджменту, використовувати в плануванні досвід і творчі можливості управляючого персоналу в поєднанні з можливостями сучасної електронно-обчислювальної техніки.

6. В процесі дослідження була отримана сформована на базі імітаційних моделей нормативна база операційного менеджменту для конкретних виробничих підрозділів. Вона дозволяє істотно підвищити якість оперативно-календарного планування і регулювання, дієвість і достовірність нормативів, понизити об'єм незавершеного виробництва і рівень запасів, скоротити об'єм наднормових робіт і витрати на них, підвищити коефіцієнт і рівномірність завантаження устаткування, скоротити тривалість виробничого циклу і кінець кінцем підвищити ефективність виробництва

Додатки

Додаток А

Регресивні залежності, отримані на підставі аналізу КППГ, побудованих за допомогою різних моделюючих алгоритмів

Тип деталі	Форма залежності	Формула залежності	Коефіцієнт кореляції	Висновок щодо значущості залежності	Висновок щодо кращої відповідності
1	2	3	4	5	
Залежність $T_{ц}=f(K_3)$, отримана за алгоритмом А-6М В.А.Петрова					
31	Лінійна L	$Y_L=16,6+57,4 \cdot X$	$R_L=0,98$	Значуща	Поліноміальна
	Поліноміальна Q	$Y_Q=29,6+8,45 \cdot X+34,6 \cdot X^2$	$R_Q=0,99$	Значуща	
2	L	$Y_L=5+129,8 \cdot X$	$R_L=1$	Значуща	Лінійна
	Q	$Y_Q=5+129,6 \cdot X+0,09 \cdot X^2$	$R_Q=1$	Значуща	
3	L	$Y_L=38,2+38,3 \cdot X$	$R_L=0,98$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$Y_Q=44,9+13,5 \cdot X+17,5 \cdot X^2$	$R_Q=0,99$	Значуща	
4	L	$Y_L=125,7+28 \cdot X$	$R_L=0,5$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$Y_Q=8,7+197,3 \cdot X-4 \cdot X^2$	$R_Q=0,98$	Значуща	
5	L	$Y_L=46,6+191,9 \cdot X$	$R_L=0,99$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$Y_Q=2,4+200,3 \cdot X-5,9 \cdot X^2$	$R_Q=0,99$	Значуща	
6	L	$Y_L=24,3+88,1 \cdot X$	$R_L=0,99$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$Y_Q=24,4+87,9 \cdot X+0,17 \cdot X^2$	$R_Q=0,99$	Значуща	
1	2	3	4	5	6
Залежність $T_{мо}=f(K_3)$, отримана за алгоритмом А-6М В.А.Петрова					

1	L	$Y_L = 29,4 + 57,4 \cdot X$	$RL = 0,99$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$Y_Q = 4 + 8,45 \cdot X + 34,6 \cdot X^2$	$RQ = 0,99$	Значуща	
2	L	$Y_L = -15,96 + 129,8 \cdot X$	$RL = 1$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$Y_Q = -15,93 + 139,7 \cdot X + 0,09 \cdot X^2$	$RQ = 1$	Значуща	
3	L	$Y_L = 14,3 + 38,4 \cdot X$	$RL = 0,98$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$Y_Q = 20,9 + 13,6 \cdot X + 17,5 \cdot X^2$	$RQ = 0,99$	Значуща	
4	L	$Y_L = -2,95 + 161,2 \cdot X$	$RL = 0,95$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$Y_Q = 5,6 + 128,9 \cdot X + 22,8 \cdot X^2$	$RQ = 0,95$	Значуща	
5	L	$Y_L = -18,4 + 191,9 \cdot X$	$RL = 0,99$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$Y_Q = -20,6 + 200,3 \cdot X - 5,9 \cdot X^2$	$RQ = 0,99$	Значуща	
6	L	$Y_L = -19,3 + 94,9 \cdot X$	$RL = 0,94$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$Y_Q = -5,1 + 41,6 \cdot X + 37,6 \cdot X^2$	$RQ = 0,95$	Значуща	
Залежність $T_{\text{ц}} = f(\frac{n}{k})$, отримана за алгоритмом А-6М В.А.Петрова					
1	Лінійна L	$Y_L = 107,8 + 135,3 \cdot X$	$RL = 0,99$	Невизначена	Поліноміальна
	Поліноміальна Q	$Y_Q = 126,7 + 31,7 \cdot X + 89,5 \cdot X^2$	$RQ = 1$	Невизначена	
2	L	$Y_L = 50 + 176,3 \cdot X$	$RL = 0,99$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$Y_Q = 44 + 209,8 \cdot X - 28,9 \cdot X^2$	$RQ = 0,99$	Невизначена	
3	L	$Y_L = 84 + 296 \cdot X$	$RL = 0,99$	Невизначена	Поліноміальна
	Q	$Y_Q = 74 + 351 \cdot X - 47,5 \cdot X^2$	$RQ = 0,99$	Невизначена	

1	2	3	4	5	6
Залежність $T_{\text{мо}} = f(\frac{n}{k})$, отримана за алгоритмом А-6М В.А.Петрова					
1	Лінійна L	$Y_L = 108,4 - 73,5 \cdot X$	$RL = 0,96$		Поліноміальна

	Поліноміальна Q	$YQ=128-131\cdot X+92,9\cdot X^2$	$RQ=1$		
2	L	$YL=50+8,35\cdot X$	$RL=0,32$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=44+41,8\cdot X-28,9\cdot X^2$	$RQ=0,41$	Незначуща	
3	L	$YL=84+104\cdot X$	$RL=0,93$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=74+158,97\cdot X-47,5\cdot X^2$	$RQ=0,94$	Незначуща	
Залежність $T_{\text{ц}}=f(K3)$, отримана за алгоритмом А Е.Г.Іоффе					
1	Лінійна L	$YL=53,4+15,9\cdot X$	$RL=0,4$	Незначуща	Поліноміальна
	Поліноміальна Q	$YQ=39+70,1\cdot X-38,3\cdot X^2$	$RQ=0,5$		
2	L	$YL=45,9-5,64\cdot X$	$RL=0,18$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=10,5+127,7\cdot X-94\cdot X^2$	$RQ=0,93$	Невизначена	
3	L	$YL=33+14,9\cdot X$	$RL=0,47$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=8,2+108,4\cdot X-66\cdot X^2$	$RQ=0,8$	Незначуща	
4	L	$YL=44,4+19,8\cdot X$	$RL=0,87$	Невизначена	Поліноміальна
	Q	$YQ=47+10\cdot X+6,8\cdot X^2$	$RQ=0,88$	Незначуща	
5	L	$YL=66-3,8\cdot X$	$RL=0,06$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=5,8+266,6\cdot X-190,9\cdot X^2$	$RQ=0,93$	Невизначена	
6	L	$YL=80,6-5,2\cdot X$	$RL=0,008$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=18,9+226,9\cdot X-163,8\cdot X^2$	$RQ=0,8$	Незначуща	
Залежність $T_{\text{мо}}=f(K3)$, отримана за алгоритмом А Е.Г.Іоффе					
1	Лінійна L	$YL=29,2+14,3\cdot X$	$RL=0,4$	Незначуща	Поліноміальна
	Поліноміальна Q	$YQ=15,3+66,4\cdot X-36,8\cdot X^2$	$RQ=0,5$	Незначуща	
2	L	$YL=24,9-5,6\cdot X$	$RL=0,18$	Незначуща	Поліноміальна

	Q	$YQ=-10,6+127,7\cdot X-94\cdot X^2$	$RQ=0,93$	Значуща	
3	L	$YL=9+14,9\cdot X$	$RL=0,5$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=-15+227\cdot X-164,8\cdot X^2$	$RQ=0,99$	Значуща	
1	2	3	4		
4	L	$YL=16,4+19,8\cdot X$	$RL=0,87$	Невизначена	Поліноміальна
	Q	$YQ=19+10\cdot X+6,8\cdot X^2$	$RQ=0,88$	Незначуща	
5	L	$YL=43-3,8\cdot X$	$RL=0,006$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=-28,8+256\cdot X-190\cdot X^2$	$RQ=0,9$	Невизначена	
6	L	$YL=46,6-5,2\cdot X$	$RL=0,08$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=-15+227\cdot X-164,8\cdot X^2$	$RQ=0,82$		
Залежність $T_{ц}=f(\frac{n}{k})$, отримана за алгоритмом А Е.Г.Іоффе					
1	Лінійна L	$YL=61,9+361,3\cdot X$	$RL=0,91$	Незначуща	Поліноміальна
	Поліноміальна Q	$YQ=-45,3+950\cdot X-509\cdot X^2$	$RQ=0,96$		
2	L	$YL=149,9+82,9\cdot X$	$RL=0,8$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=109,3+305,9\cdot X-192,7\cdot X^2$	$RQ=0,93$	Незначуща	
3	L	$YL=108,3+198,7\cdot X$	$RL=0,66$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=-66+1138\cdot X-811,4\cdot X^2$	$RQ=0,92$	Незначуща	
Залежність $T_{ц}=f(\frac{n}{k})$., отримана за алгоритмом А Е.Г.Іоффе					
1	Лінійна L	$YL=61,9+145,3\cdot X$	$RL=0,67$	Незначуща	Поліноміальна
	Поліноміальна Q	$YQ=-45,3+734,8\cdot X-509\cdot X^2$	$RQ=0,76$	Незначуща	
2	L	$YL=149,9-85,1\cdot X$	$RL=0,83$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=109,3+137,9\cdot X-192,7\cdot$	$RQ=0,84$	Незначуща	

		X^2			
3	L	$Y_L=104,9-1,32 \cdot X$	$R_L=0,006$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$Y_Q=66+938 \cdot X-811,4 \cdot X^2$	$R_Q=0,84$	Незначуща	
Залежність $T_{\Sigma}=f(K_3)$, отримана за алгоритмом Н.Б.Мироносецького (1 варіант)					
1	Лінійна L	$Y_L=25,9+133,2 \cdot X$	$R_L=0,95$	Значуща	Лінійна
	Поліноміальна Q	$Y_Q=10,1+192,7 \cdot X-42 \cdot X^2$	$R_Q=0,95$	Значуща	
1	2	3	4	8	9
2	L	$Y_L=4,8+178,6 \cdot X$	$R_L=1$	Значуща	Лінійна
	Q	$Y_Q=7,7+167,7 \cdot X+7,7 \cdot X^2$	$R_Q=1$	Значуща	
3	L	$Y_L=27,5+186 \cdot X$	$R_L=1$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$Y_Q=14+237,7 \cdot X-35,9 \cdot X^2$	$R_Q=1$	Значуща	
4	L	$Y_L=17,8+223,7 \cdot X$	$R_L=1$	Значуща	Лінійна
	Q	$Y_Q=13+241,7 \cdot X-12,7 \cdot X^2$	$R_Q=1$	Значуща	
5	L	$Y_L=2,9+200,7 \cdot X$	$R_L=1$	Значуща	Лінійна
	Q	$Y_Q=8,1+181,1 \cdot X+13,8 \cdot X^2$	$R_Q=1$	Значуща	
6	L	$Y_L=14,3+143,1 \cdot X$	$R_L=0,9$	Значуща	Лінійна
	Q	$Y_Q=-1,5+191,2 \cdot X-34 \cdot X^2$	$R_Q=0,9$	Невизначена	

Залежність $T_{Mo}=f(K_3)$, отримана за алгоритмом Н.Б.Мироносецького (2 варіант)					
1	Лінійна L	$YL=-0,1+133,2 \cdot X$	$RL=0,95$	Значуща	Лінійна
	Поліноміальна Q	$YQ=-15,9+192,7 \cdot X-42 \cdot X^2$	$RQ=0,95$	Значуща	
2	L	$YL=-16,2+178,6 \cdot X$	$RL=1$	Значуща	Лінійна
	Q	$YQ=-13,3+267,6 \cdot X+7,7 \cdot X^2$	$RQ=1$	Значуща	

3	L	$YL=3,5+186,8 \cdot X$	$RL=1$	Значуща	Лінійна
	Q	$YQ=-10+237,6 \cdot X-35,9 \cdot X^2$	$RQ=1$	Значуща	
4	L	$YL=-10,2+223,7 \cdot X$	$RL=1$	Значуща	Лінійна
	Q	$YQ=-15+241,7 \cdot X-12,7 \cdot X^2$	$RQ=1$	Значуща	
5	L	$YL=-20+200,7 \cdot X$	$RL=1$	Значуща	Лінійна
	Q	$YQ=-14,9+181,1 \cdot X+13,8 \cdot X^2$	$RQ=1$	Значуща	
6	L	$YL=-19,7+143,1 \cdot X$	$RL=0,9$	Значуща	Лінійна
	Q	$YQ=-32,5+191,2 \cdot X-40 \cdot X^2$	$RQ=0,9$	Значуща	
1	2	3	4	8	9
Залежність $T_{ц}=f(\frac{n}{k})$, отримана за алгоритмом Н.Б.Мироносецького					
1	Лінійна L	$YL=41+380,1 \cdot X$	$RL=0,93$	Незначуща	Поліноміальна
	Поліноміальна Q	$YQ=-58,7+928,3 \cdot X-473,4 \cdot X^2$	$RQ=0,96$	Незначуща	
2	L	$YL=97,6+161,4 \cdot X$	$RL=0,9$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=148-115,8 \cdot X+239.5 \cdot X^2$	$RQ=1$	Невизначена	
3	L	$YL=-2,2+397,7 \cdot X$	$RL=0,9$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=173,3-567 \cdot X+833,4 \cdot X^2$	$RQ=1$	Невизначена	
Залежність $T_{мо}=f(\frac{n}{k})$, отримана за алгоритмом Н.Б.Мироносецького					
1	Лінійна L	$YL=41+172,2 \cdot X$	$RL=0,75$	Незначуща	Поліноміальна
	Поліноміальна Q	$YQ=-58,7+720,3 \cdot X-473 \cdot X^2$	$RQ=0,9$	Незначуща	
2	L	$YL=96,3-1,8 \cdot X$	$RL=0,7$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=148,7-289,4 \cdot X+148 \cdot X^2$	$RQ=0,99$	Значуща	
3	L	$YL=104,9-1,3 \cdot X$	$RL=0,06$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=66+937,9 \cdot X-811 \cdot X^2$	$RQ=0,84$	Значуща	

Залежності $T_{ц}=f(K_3)$, отримані за алгоритмом Джонсона					
1	Лінійна L	$YL=-21,86+31,08 \cdot X$	$RL=0,999$	Значуща	Поліноміальна
	Поліноміальна Q	$YQ=22,7+30,461 \cdot X+0,089 \cdot X^2$	$RQ=0,9993$	Значуща	
2	L	$YL=-34,71+129,8 \cdot X$	$RL=0,991$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=11,5+20,34 \cdot X+0,09 \cdot X^2$	$RQ=0,996$	Значуща	
3	L	$YL=-7,8+38,54 \cdot X$	$RL=0,99$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=-13,9+42,6 \cdot X-0,559 \cdot X^2$	$RQ=0,999$	Значуща	
4	L	$YL=16,6+35,94 \cdot X$	$RL=0,99$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=14,2+37,7 \cdot X-0,25 \cdot X^2$	$RQ=0,999$	Значуща	
5	L	$YL=3,46+35,49 \cdot X$	$RL=0,99$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=-10,6+45,73 \cdot X-1,46 \cdot X^2$	$RQ=0,99$	Значуща	
6	L	$YL=-4,6+42,3 \cdot X$	$RL=0,999$	Значуща	Лінійна
	Q	$YQ=-19,1+53,2 \cdot X-1,55 \cdot X^2$	$RQ=0,99$	значуща	

1	2	3	4	5	6
Залежність $T_{мо}=f(K_3)$, отримана за алгоритмом Джонсона					
1	Лінійна L	$YL=-4,15+31,08 \cdot X$	$RL=0,999$	Значуща	Поліноміальна
1	Поліноміальна Q	$YQ=-3,3+30,4 \cdot X-0,09 \cdot X^2$	$RQ=0,999$	Значуща	
2	L	$YL=-35,143+36,143 \cdot X$	$RL=0,999$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=1,16+28 \cdot X+1,16 \cdot X^2$	$RQ=0,999$	Значуща	
3	L	$YL=-31,8+38,51 \cdot X$	$RL=0,999$	Значуща	Лінійна
	Q	$YQ=-37,3+42,64 \cdot X-0,6 \cdot X^2$	$RQ=0,99$	Значуща	
4	L	$YL=-11,46+35,947 \cdot X$	$RL=0,999$	Значуща	Лінійна

	Q	$YQ=-13,8+37,7\cdot X-0,25\cdot X^2$	$RQ=0,999$	Значуща	
5	L	$YL=-19,53+35,49\cdot X$	$RL=0,999$	Значуща	Лінійна
	Q	$YQ=-33,2+45,8\cdot X-1,5\cdot X^2$	$RQ=0,999$	Значуща	
6	L	$YL=-38,6+42,3\cdot X$	$RL=0,999$	Значуща	Лінійна
	Q	$YQ=-53,1+58,2\cdot X-1,55\cdot X^2$	$RQ=0,999$	Значуща	
Залежність $T_{ц}=f(\frac{n}{k})$, отримана за алгоритмом Джонсона					
1	Лінійна L	$YL=40,15+8,63\cdot X$	$RL=0,93$	Значуща	Поліноміальна
	Поліноміальна Q	$YQ=59,5,7+28\cdot X-3,9\cdot X^2$	$RQ=0,96$	Значуща	
2	L	$YL=27,55-5,39\cdot X$	$RL=0,886$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=42,4-20,26\cdot X+2,9\cdot X^2$	$RQ=0,988$	Невизначена	
3	L	$YL=23,3+4,26\cdot X$	$RL=0,9$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=37,5-18,51\cdot X+2,85\cdot X^2$	$RQ=0,079$	Невизначена	

1	2	3	4	5	6
Залежність $T_{mo}=f(\frac{n}{k})$, отримана за алгоритмом Джонсона					
1	Лінійна L	$Y_L=19,7-3,5 \cdot X$	$R_L=0,82$	Незначуща	Поліноміальна
	Поліноміальна Q	$Y_Q=32,5-16,2 \cdot X-2,5 \cdot X^2$	$R_Q=0,978$	Незначуща	
2	L	$Y_L=8,8-0,896 \cdot X$	$R_L=0,34$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$Y_Q=19,7-11,83 \cdot X+2,2 \cdot X^2$	$R_Q=0,826$	Незначуща	
3	L	$Y_L=0,5+1,16 \cdot X$	$R_L=0,4$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$Y_Q=7-5,34 \cdot X+1.3 \cdot X^2$	$R_Q=0,96$	Незначуща	
Залежність $T_{\pi}=f(K3)$, отримана за алгоритмом КДС					
1	Лінійна L	$Y_L=36,14 \cdot X-35,33$	$R_L=0,999$	Значуща	Поліноміальна

	Поліноміальна Q	$YQ=-24,5-28 \cdot X+1,16 \cdot X^2$	$RQ=0,999$	Значуща	
2	L	$YL=-31,8+38,5 \cdot X$	$RL=0,99$	Значуща	Лінійна
	Q	$YQ=-37,3+42,6 \cdot X+0,59 \cdot X^2$	$RQ=0,999$	Значуща	
3	L	$YL=-11,4+35,9 \cdot X$	$RL=0,999$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=-13,8+37,7 \cdot X-0,25 \cdot X^2$	$RQ=0,999$	Значуща	
4	L	$YL=-19,53+35,48 \cdot X$	$RL=0,999$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=-33,2+45,7 \cdot X-1,46 \cdot X^2$	$RQ=0,999$	Значуща	
5	L	$YL=-38,6+42,3 \cdot X$	$RL=0,999$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=-53,1+53,2 \cdot X-1,55 \cdot X^2$	$RQ=0,99$	Значуща	
6	L	$YL=24,3+88,1 \cdot X$	$RL=0,99$	Значуща	Лінійна
	Q	$YQ=-32,5+191,2 \cdot X-40 \cdot X^2$	$RQ=0,9$	значуща	
Залежності $T_{ц}=f(K_3)$, отримані за алгоритмом КДС					
1	Лінійна L	$YL=44,35-9,87 \cdot X$	$RL=0,947$	Значуща	Поліноміальна
	Поліноміальна Q	$YQ=62,2-27,7 \cdot X+3,56 \cdot X^2$	$RQ=0,999$	Значуща	
2	L	$YL=17,5+0,58 \cdot X$	$RL=0,17$	Значуща	Лінійна
	Q	$YQ=28,25-10,17 \cdot X+2,15 \cdot X^2$	$RQ=0,6$	Значуща	
3	L	$YL=26,5-5,22 \cdot X$	$RL=0,83$	Значуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=44,75+23,5 \cdot X+3,65 \cdot X^2$	$RQ=0,977$	Значуща	
Залежність $T_{mo}=f\left(\frac{n}{k}\right)$, отримана за алгоритмом КДС					
1	Лінійна L	$YL=26,4-5,64 \cdot X$	$RL=0,92$	Незначуща	Поліноміальна
	Поліноміальна Q	$YQ=38,9-18,14 \cdot X-2,5 \cdot X^2$	$RQ=0,96$	Незначуща	
2	L	$YL=97,6+4,8 \cdot X$	$RL=0,9$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=148-115,8 \cdot X+239,5 \cdot X^2$	$RQ=1$	Невизначена	
3	L	$YL=-2,2+397,7 \cdot X$	$RL=0,9$	Незначуща	Поліноміальна

	Q	$YQ=173,3-567 \cdot X+833,4 \cdot X^2$	$RQ=1$	Невизначена	
Залежність $T_{mo}=f(\frac{n}{k})$, отримана за алгоритмом КДС					
1	Лінійна L	$YL=41+380,1 \cdot X$	$RL=0,93$	Незначуща	Поліноміальна
	Поліноміальна Q	$YQ=-58,7+928,3 \cdot X-473,4 \cdot X^2$	$RQ=0,96$	Незначуща	
2	L	$YL=97,6+161,4 \cdot X$	$RL=0,9$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=148-115,8 \cdot X+239,5 \cdot X^2$	$RQ=1$	Невизначена	
3	L	$YL=-2,2+397,7 \cdot X$	$RL=0,9$	Незначуща	Поліноміальна
	Q	$YQ=173,3-567 \cdot X+833,4 \cdot X^2$	$RQ=1$	Невизначена	

Перелік деталей, що виготовляються на дільниці №3, технологічних процесів їх обробки та розцінок

№ з. п.	Назва та шифр деталі	Комплектист на 1 машину	Місячна програма, шт	Ціна заготовки, грн	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Трудомісткість місячної програми, Норми-год
					обладнання											
					t шт.											
					розцінка											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Ступиця шлицьова ДСШ 14.21.103	1	1900	0,8	1A240 П6 0,9 1,08	1K62 0,794 0,86	7520 0,51 0,66	1K62 1,618 2	2135 0,66 0,79	2A125 0,562 0,67	7520 0,474 0,55					174,5
2	Ступиця шлицьова диска, що ведуть ДСШ 14.21.101	1	1900	0,8	1A240 П6 1,26 1,5	1A240 П6 0,548 0,69	1K62 1,19 1,43	Верстак 0,043 0,047	1K62 0,919 1,3	2135 0,759 0,6	2A125 0,759 0,8	ТВЧ 1 1,9	7520 0,477 0,568			214
3	Вісь СШ20.22. 117-2	1	1900	1	MP71 0,778 0,01	Центр 0,639 0,692	1K62 2,3 2,49	ТВЧ 1 1,9	1K62 0,699 0,757	3M15 1B 1,352 1,6	2A125 0,44 0,52	2A125 0,161 0,192	1K62 0,636 0,839	6482 0,493 0,56		269
4	Втулка СШ20.30. 115	1	1900	0,3	7520 0,385 0,5	1K62 0,446 0,58	ТВЧ 1 1,9	3185 0,307 0,4								67,7
5	Втулка	1	1900	0,35	7520	1K62	1K62	ТВЧ	3185							78

	СШ20.31. 208				0,42 0,5	0,478 0,57	0,293 0,33	1 1,9	0,27 0,389							
6	Кільце СШ20.22. 531	2	3800	0,1	1A240 П6 0,681 0,858	1K62 0,775 0,881	Верс так 0,08 0,08	1K62 0,255 0,29	2125 0,986 1,242	3M15 18 0,484 0,61	Верс так 0,007 0,007					211,4
7	Вісь дифферен ціалу	1	1900	1,5	1K62 0,585 0,77	3185 0,394 0,512	6482 1,02 1,32	2125 0,569 0,678	Верс так 0,13 0,13	ТВЧ 1 1,9	3185 0,56 0,672					135
8	Сухарь	1	1900	0,05	2125 0,065 0,077	6H82 0,261 0,34	Верс так 0,056 0,07									12,1
9	Втулка Т16.37.12 2	1	1900		2125 0,01 0,01	ТВЧ 1 1,9	1K62 1,37 1,48	3M1 51B 1,562 1,836								125
10	Муфта зубчаста	1	1900	0,3	1A240 П6 0,658 0,947	1A24 0П6 0,641 0,923	7520 0,516 0,57	1K62 0,615 0,8	Верс так 0,137 0,136	ТВЧ 1 1,9	7520 0,391 0,432					125,3
11	Втулка	2	3800	0,4	2A125 0,373 0,485	7520 0,386 0,509	1K62 1,677 1,907	2125 0,66 0,793	3M1 51B 0,54 0,14	Верс так 0,15						239,8
12	Вісь важеля правого гальма	1	1900	0,75	Центр 0,452 0,588	6H81 Г 0,44 0,5	1K62 0,44 0,5	2125 0,252 0,3	3M1 51B 0,09 0,11	ТВЧ 1 1,9	Верс так 0,323 0,42					95

13	Вал педаль гальма T16.40.15 8-3	1	1900	0,4	Центр 0,832	1K62 0,671	2125 0,815 0,976	ТВЧ 1 1,9	3185 0,063 0,068							106,8
14	Вал педаль гальма T16.40.15 8.3-01	1	1900		1K62 0,784 1,02	2125 0,788 0,946	ТВЧ 1 1,9	3185 0,287 0,375								90,5
15	Вісь проміжно ї шестерні додатков ої передачі T16.37.13 4	1	1900	0,7	6H82 Г 0,871 1,13	Центр р 0,634 0,687	1K62 3,08 4	ТВЧ 1 1,9	3M1 51B 1,08 1,43	1K62 0,193 0,23	2A150 0,283 0,322					226
16	Вісь педаль правого гальма	1	1900	0,5	6H82 Г 0,778 1,01	Центр р 0,639 0,692	1K62 0,895 1,16	ТВЧ 1 1,9	3M1 51B 1,08 1,41	6H82 0,27 0,31	2135 0,42 0,45	2A125 0,02 0,26	2A12 5 0,21 0,27	2A125 0,39 0,5	2A12 5 0,26 0,34	194,5
17	Вал вілки включенн я T16.21.15 9-1	1	1900	0,4	1K62 0,84 1,09	3185 0,578 0,75	6H81 Г 0,54 0,71	ДФ7 59 0,436 0,52	6H82 0,578 0,75	Верс так 0,112 0,12						97,7
18	Полумуф та шпінделя	1	1900	0,9	ТВЧ 1 1,9	Верс так 0,046	1K62 0,728 0,88	1K62 0,53 0,579	7520 0,386 0,51							85,2

	СПШ20.22. 111					0,05										
19	Спрямову юча вилки Т16.37.20 4	1	1900	0,2	1K62 0,34 0,442	1K62 0,96 1,25	1K62 1,06 1,35	2M1 12 0,31 0,342	Верс так 0,167 0,172	3M15 1B 0,167 0,172	3M15 1B 0,41 0,442	1K62 0,456 0,543	Верс так 0,121 0,151			126,3
20	Вісь важеля правого гальма Т16.38.10 7	1	1900	0,55	1K62 0,49 0,637	6H81 Г 0,448 0,58	ДФ7 59 0,44 0,5	2M1 12 0,46 0,52	2M1 12 0,172 0,188	Верс так 0,00 06 0,07	3185 0,843 1,09					92,3

Співвідношення величин партій деталей в імітаційних експериментах

Номер експерименту	Величина партії деталей в групі великої трудомісткості В	Величина партії деталей в групі середньої трудомісткості С	Величина партії деталей в групі малої трудомісткості М	Величина партії деталей в групі дуже малої трудомісткості ДМ
1	2	3	4	5
1	1900-1	1900-1	1900-1	1900-1
2	950-2	1900-1	1900-1	
3	475-4	1900-1	1900-1	
4	380-5	1900-1	1900-1	
5	238-8	1900-1	1900-1	
6	95-20	1900-1	1900-1	
7	950-2	950-2	1900-1	
8	475-4	950-2	1900-1	
9	380-5	950-2	1900-1	
10	238-8	950-2	1900-1	
11	95-20	950-2	1900-1	
12	950-2	950-2	950-2	
13	475-4	950-2	950-2	
14	380-5	950-2	950-2	
15	238-8	950-2	950-2	
16	95-20	950-2	950-2	
17	475-4	475-4	1900-1	
18	380-5	475-4	1900-1	
19	238-8	475-4	1900-1	
20	95-20	475-4	1900-1	
21	475-4	475-4	950-2	
22	380-5	475-4	950-2	
23	238-8	475-4	950-2	
24	95-20	475-4	950-2	
25	475-4	475-4	475-4	
26	380-5	475-4	475-4	
27	238-8	475-4	475-4	
28	95-20	475-4	475-4	
29	380-5	380-5	1900-1	
30	238-8	380-5	1900-1	
31	95-20	380-5	1900-1	
32	380-5	380-5	950-2	
33	238-8	380-5	950-2	
34	95-20	380-5	950-2	
35	380-5	380-5	475-4	
36	238-8	380-5	475-4	

1	2	3	4	5
37	95-20	380-5	475-4	1900-1
38	380-5	380-5	380-5	
39	238-8	380-5	380-5	
40	95-20	380-5	380-5	
41	238-8	238-8	1900-1	
42	95-20	238-8	1900-1	
43	238-8	238-8	950-2	
44	95-20	238-8	950-2	
45	238-8	238-8	475-4	
46	95-20	238-8	475-4	
47	238-8	238-8	380-5	
48	95-20	238-8	380-5	
49	238-8	238-8	238-5	
50	95-20	238-8	238-8	
51	95-20	95-20	1900-1	
52	95-20	95-20	950-2	
53	95-20	95-20	475-4	
54	95-20	95-20	380-5	
55	95-20	95-20	238-8	
56	95-20	95-20	95-20	

Оцінка варіантів нормативної бази

Номер експерименту	Середній коефіцієнт завантаження $K_{з,ср}$	Сумарне відхилення від середнього коефіцієнту завантаження $K_{нер}$	Загальний час міжопераційного пролежування, год А	Час міжопераційного пролежування на одну партію $T_{мо}$	Середній обсяг НЗВ в нормо-годину, отриманий при моделюванні	Середньодений обсяг НЗВ в грв, отриманий при моделюванні	Середньодений обсяг НЗВ в нормо-годинах, в перерахуванні на місяць Q	Середньодений обсяг НЗВ в грв, в перерахуванні на місяць V	Витрати на переналагодження, грв Z	Тривалість сукупного виробничого циклу $T_{ц.с.}$	Загальна кількість партій деталей
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,319	0,322	1290	64,5	1230,2	21119	1845,3	31678,5	30	36	20
2	0,349	0,302	2234	86	1244	21106	1683	29021	38	33	26
3	0,397	0,274	3633	96	1175	21035	1219	25417	53	29	38
4	0,397	0,272	4381	100	1178	20996	1423	25370	61	29	44
5	0,396	0,269	6526	105	1181	21024	1427	25404	82	29	62
6	0,397	0,271	15672	117	1186	20679	1531	26710	172	31	134
7	0,371	0,283	2581	83	1229	21101	1588	27255	44	31	31
8	0,396	0,269	6526	105	1181	21024	1427	25404	82	29	62
9	0,383	0,277	4953	101	1243	21061	1554	26326	67	30	49
10	0,383	0,286	7478	112	1235	21092	1544	26365	89	30	67
11	0,397	0,267	15213	109	1233	20750	1450	25073	179	29	139
12	0,371	0,284	3080	79	1278	21148	1650	27317	59	31	39
13	0,383	0,274	4764	95	1299	21152	1623	26440	74	30	51
14	0,426	0,251	5425	95	1238	21044	1393	26305	81	27	57
15	0,411	0,254	7262	97	1263	21126	1473	24647	104	28	75
16	0,411	0,253	14216	97	1273	20775	1486	24238	194	28	147
17	0,383	0,274	4857	92	1259	21089	1574	26361	73	30	53
18	0,383	0,275	5646	95	1274	21068	1593	26335	80	30	59
19	0,396	0,268	8013	104	1263	21085	1526	25478	102	29	77
20	0,411	0,260	16897	113	1244	20743	1451	24200	192	28	149

21	0,397	0,264	5581	91	1296	21114	1566	25513	87	29	61
22	0,397	0,262	6419	96	1307	21092	1580	25486	95	29	67
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23	0,396	0,261	8833	104	1301	21121	1572	25521	117	29	85
24	0,442	0,231	16206	102	1236	20724	1340	22451	207	26	157
25	0,397	0,264	7143	93	1307	21122	1579	25522	117	29	77
26	0,397	0,268	7914	102	1320	21101	1595	25497	124	29	83
27	0,396	0,265	10311	102	1336	21143	1615	25548	147	29	101
28	0,426	0,242	17496	101	1283	20754	1444	2348	236	27	173
29	0,383	0,272	5983	93	1273	21029	1591	26282	87	30	64
30	0,396	0,264	8254	107	1269	21055	1533	25441	109	29	82
31	0,397	0,265	18445	120	1259	20741	1521	25062	199	29	154
32	0,397	0,260	6844	95	1307	21050	1279	25435	101	29	72
33	0,396	0,260	9298	103	1306	21086	1578	25479	124	29	90
34	0,426	0,242	17557	108	1255	20728	1411	23319	213	27	162
35	0,411	0,252	8197	93	1390	21039	1527	24545	131	28	88
36	0,411	0,254	10775	102	1324	21087	1544	24601	153	28	106
37	0,442	0,231	18960	107	1247	20709	1350	22435	243	26	178
38	0,411	0,257	8860	92	1307	21015	1524	24518	124	28	96
39	0,411	0,260	11447	100	1321	21063	1541	24574	168	28	114
40	0,426	0,241	20026	108	1276	20709	1425	23298	258	27	186
41	0,396	0,260	9651	99	1269	21041	1533	254225	129	29	97
42	0,383	0,272	19722	117	1294	20752	1618	25940	219	30	169
43	0,383	0,266	10453	100	1319	21080	1648	26350	144	30	105
44	0,426	0,245	19391	110	1282	20734	1442	23326	233	27	177
45	0,410	0,249	11988	99	1325	21065	1546	24576	173	28	121
46	0,442	0,235	20692	107	1276	20715	1383	22441	263	25	193
47	0,422	0,252	13303	100	1355	21676	1581	25289	197	28	132
48	0,438	0,244	22176	109	1331	21348	1497	24017	287	27	204
49	0,410	0,257	15103	99	1324	21005	1544	24506	233	28	153
50	0,426	0,249	24465	109	1324	20708	1489	23296	322	27	225
51	0,371	0,277	23795	104	1308	20587	1689	26592	298	31	229
52	0,397	0,255	23717	100	1321	20594	1596	24884	313	29	237

53	0,411	0,250	26274	104	1314	20575	1533	24004	343	28	253
54	0,411	0,248	27510	105	1310	20546	1529	23970	358	28	261
55	0,410	0,253	29893	105	1353	20549	1579	23973	402	28	285
56	0,426	0,247	39166	103	1327	20355	1493	22901	580	27	381

Список використаних джерел

1. Конституція України. - К. : Україна, 1996. - 56 с.
2. Закон України "Про підприємства в Україні" від 27 березня 1991 р. // Закони України / під ред. В. П. Опришко. - К. : Верховна Рада України Інститут законодавства, 1996 -Т. 1 -С. 310-331
3. Акофф Р., Сасиени М. Основы исследования операций. М.:Мир, 1999. 534 с
4. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования / Пер. с англ. - .: ;Наука, 1985, - 458 с.
5. Блем Л.Г. Совершенствование оперативного планирования производства на предприятиях серийного машиностроения с применением имитационного моделирования: Дисс. на соискание ученой степени к.э.н. – М., 1980. - 224 с.
6. Бутова Р.К. Інформаційні системи в промисловості. Конспект лекцій. –Харків. Вид ХНЕУ, 2012. -176 с.(Укр. мов.)
7. Василенко В. О. Виробничий (операційний) менеджмент : навчальний посібник / В. О. Василенко, Т. І Ткаченко. - 2-ге вид., виправл. і доп. ; за ред. В. О. Василенка. - К. : Центр навчальної літератури, 2005. - 532 с.
8. Вентцель С.Г. Исследование операций: задачи, принципы, методология. - Наука. - 1988. - 208 с.
9. Гит дж. Ван. Прикладная общая теория систем – М; Мир, 1981. – 343 с
- 10.Гріфін Р. Основы менеджменту : шідручник / Р. Гріфін, В. Яцура ; (за ред. В Яцура). - Львів : Бак, 2001. - 624 с.
- 11.Гончаров Г.К., Колосов А.Н., Дибнис Г.И. Оперативное управление производством. Опыт разработки и внедрения систем. -Л.: Экономика, 1987. - 143 с.
- 12.Гутшгейн А.П. Кибернетика в экономическом регулировании производством. - М.: Экономика, 1972. - 217 с.
- 13.Гэлловэй Л. Операционный менеджмент Принципы и практика / Л. Гэлловэй. - СПб. : Питер, 2000. - 320 с.
- 14.Дилфорт Д. Производственный и операционный менеджмент /Д. Дилфорт. - Мн , 1995. -424 с.
- 15.Дуболазов В.А. Оперативное управление разнотипным машиностроительным производством в АСУП: Дисс. на соискание ученой степени докт. экон.наук. - Ленинград, 1985. - 630с.
- 16.Дуболазов В.А. Оперативное управление основным производством в АСУП. Опыт разработки и внедрения. - Л., 1984. - 47 с.
- 17.Думлер С.О. Управление производством и кибернетика. -: М.; - Машиностроение, 1969. - 420 с.
- 18.Єфіменко Н. А. Моделі та алгоритми автоматизованого оперативного номенклатурно-календарного планування дискретних виробництв. . Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Черкаси – 2004 19с
- 19.Золотарев А.Н. Календарно-плановые расчеты серийного производства. - Киев: Наукова думка, 1988. - 199 с.
- 20.Золотарев А.Н. Экономические проблемы повышения эффективности производственных процессов серийного изготовления изделий. Дисс. на

- соискание ученой степени докт.экон.наук.- Харьков, 1985- 420 с.
- 21.Золотарев А.Н., Волик П.Н., Гуляева Л.Г., Бикулова Л.У. . Научно-технический прогресс и совершенствование оперативного управления производством. - Киев: Наукова думка, 1979. -257 с.
 - 22.Иоффе Э.Г. Об одном алгоритме расчета календарных расчета плана для производственного участка // Экономика и математические методы - 1971.- № 6. - с.876-882.
 - 23.Иоффе Э.Г. Применение экономических методов в планировании и управлении. - Харьков: Прапор, 1970. - 67 с.\
 - 24.Іванова В.Й., Тімонін О.М., Ларіна К.В. Операційний менеджмент у системі управління організацією. Навчальний посібник з навчальної дисципліни "Операційний менеджмент" Ч 2. Харків, Видавництво ХНЕУ, 2011 -160 с
 - 25.Ильенкова С. Д. Производственный менеджмент : учебник для вузов / С. Д. Ильенкова. - М. . ЮНИТИ, 2000. - 200 с.
 - 26.Имаи Масааки. Гемба кайдзен: Путь к снижению затрат и повышению качества. .; Пер. а англ. – М.: Альпина Бизнес Букс 2005 - 346с.
 - 27.Кротюк І. Г. Моделі та інструментальні засоби системи оперативного управління виробництвом.. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Харків – 2005 24с.
 - 28.Комплексная автоматизированная система управления предприятием ИТ-предприятием. Краткое описание. Корпорация Информационные технологии. Киев 2008.
 - 29.Козловский В. А. Производственный и операционный менеджмент : учебник / В. А. Козловский, Т В. Маркина, В. М. Макаров. - СПб. : Специальная литература, 1998 - 368 с
 - 30.Кузин Б.И. Дуболазов В.А. Организация и оперативно-календарное планирование в АСУП. - .: Изд-во ЛГУ,1978. - 236 с.
 - 31.Курочкин А. С. Операционный менеджмент : учебн. пособие / А. С Курочкин. - К. : МАУП, 2000 - 114 с.
 - 32.Лайкер Джеффри Дао тойота 14 принципов менеджмента ведущей компании мира/ Джеффри Лайкер.; Пер. а англ. – М.: Альпина Бизнес Букс 2005 - 402с.
 - 33.Львов Ю.А. Определение оптимальной последовательности обработки деталей с однородными технологическими маршрутами вероятностным методом. - В сб.: Вычислительная техника и механизация -управленческого труда. : Изд-во ЛГУ, 1986 (ЛИЭИ им.П.Тольятти.) Труды. - Вып. 62. С .40-63.
 - 34.Макмиллан Ч. Японская промышленная система /Пер. с англ. Прогресс, 1988. - 400 с.
 - 35.Марчук Г.И., Аганбегян А.Г., Бобко И.М. и др. Адаптивная АСУ производством (АСУ "Сигма) /Под ред. Г.И.Марчука. - М.: Стастика, 1989. - 176 с.
 - 36.Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем /Пер с англ. - .: Мир, 1993. - 342 с.
 - 37.Мироносецкий Н.Б. Экономико-математические методы календарного планирования - Новосибирск: Наука, 1973 - 140 с.
 - 38.Монден Я. «Тоета»: методы эффективного управления: Сокр. пер. с

- англ./Науч. ред. А. Р. Бенедиктов, В. В. Мотылев. —М.: Экономика, 1989. —288 с .
39. Оно Т. Производственная система Тойоты. Уходя от массового производства / Пер. с англ. — М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2005. — 192 с.
 40. Оучи Уильям Г Методы организации производства: японский и американский подходы /Сокр. пер. с англ. - М.: Экономика, 1984 - 184 с.
 41. Первин Ю.А., Португал В.М. Семенов А.И. Планирование мелкосерийного производства в АСУП. - М.: Наука, 1973. - 455 с.
 42. Петров В.А. Масленников А.Н. Программно-целевая организация производства и оперативного управления в условиях групповой технологии и гибких автоматизированных производств - М: Машиностроение, 1984 - 176 с.
 43. Петров В .А., Масленников А.Н., Осипов Я.А. Планирование гибких производственных систем, - М: Машиностроение, 1985, -182 с,
 44. Подчасова Т.П., Португал В.М., Шкурба В.В. Эвристические методы календарного планирования - Киев: Техника, 1980. - 140 с.
 45. Пономаренко В.С.,Золотарьова І.О.,Бутова Р.К.,Плеханова Г.О. Інформаційні системи в економіці [Текст] : навч. посіб. / Харківський національний економічний університет. – Х. : ХНЕУ, 2011. – 175 с
 46. Путятин Л.М. Исследование динамических характеристик КПП в условиях автоматизации управления основным машиностроительным производством: Дисс. на соискание ученой степени канд. экон, наук - 13., 1987. - 234 с.
 47. Практикум з операційного менеджменту : навч. посібник / укл. В. Й. Іванова - 2-ге вид., переробл. і доп. - Харків : ВД "ІНЖЕК", 2009. - 72 с.
 48. Руденко Л. В. Алгоритмічні та імітаційні моделі автоматизованого виробництва в автомобілебудуванні. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Харків – 2001 19с.
 49. Семенов А.И., Португал В.М. Задачи теории расписаний в календарном планировании мелкосерийного производства. - М.: Наука, 1972, 183 с.
 50. Синго С. Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства / Пер. с англ. — М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2006. - 312 с.
 51. Скоморохов Р.В. Динамический размер партии деталей как одно из средств организации ритмичного производства // Известия вузов Машиностроение - 1985 - Р 7, - С.242-243
 52. Смоляр Л.И. Модели оперативного планирования в дискретном производстве. - М. Наука, 1998. - 320 с.
 53. Смоляр Л.И. Оперативно-календарное планирование. (Модели и методы). - М. Экономика, 1999. - 136 с.
 54. Соколицын С.А., Дуболазов В.А. АСУ машиностроительным предприятием. - Л.: ЛГУ, 1980, - 290 с.
 55. Стародубцев В.В. Совершенствование системы календарно-плановых нормативов в серийном производстве: Дисс. на соискание ученой степени канд.экон.наук. - Харьков, 1978. - 230 с.
 56. Соснін О. С. Виробничий і операційний менеджмент : Навч. посібник / О. С. Соснін, В. В. Казарцев. - К : Вид. Європ. ун-ту, 2002. - 148 с.

57. Такеда Х. Синхронизированное производство / Пер. с англ. — М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2008. — 288 с.
58. Танаев В.С., Шкурба В.В. Введение в теорию расписаний. №.: Наука, 1975.- 256 с.
59. Татевосов К. Г. Основы оперативно-производственного планирования на машиностроительном предприятии. - Л.: Машиностроение, 1985. - 278 с.
60. Харченко І.В., Мороз Я.Г., Організація роботи дільниці машинобудівного підприємства з допомогою графіків завантаження устаткування в умовах стагнації. С.86-88.// Напрями інноваційного зростання та інноваційного розвитку підприємств // Кіровоград. Лисенко В.Ф. 2013 -148 с.
61. Чейз Ричард Б. Производственный и операционный менеджмент / Ричард Б. Чейз, Николас Дж. Эквилайн, Роберт Ф. Якобс; пер с англ. -8-е изд. - М. : Издательский дом "Вильяме", 2001. - 704 с.
62. Черкасов В.И. Совершенствование организации основных производственных процессов на машиностроительных предприятиях: Дисс. на соискание ученой степени канд.экон.наук.-Харьков, 1979.- 208 с.
63. Чёрненькая Л.В. Корпоративные информационные системы. Baan ERP Учеб. пособие. — СПб.: Изд-во Политехнического, университета, 2008. — 331 с.
64. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем - искусство и наука - М.: Мир, 1978 - 418 с.
65. Шкода І М. Операційний менеджмент : практикум / І. М. Шкода, О В Михайлівська. - Чернівці : Книги - XXI, 2004. - 376 с.
66. Шкурба В.В. Планирование дискретного производства в условиях АСУ. - Киев: Техника, 1985. - 253 с.
67. Шонбергер Р. Дж. Японские методы управления: девять простых уроков. - М.: Экономика, 1988. - 154 с.
68. Шубкина И.О., Мироносецкий Н.Б., Коробкова З.В. Модели календарного планирования на машиностроительном заводе. - В сб.: Моделирование процессов производства и управления /Под ред. А.Г.Аганбегяна. - Новосибирск: Наука, 1966.
69. Шкода І М. Операційний менеджмент : практикум / І. М. Шкода, О В Михайлівська. - Чернівці: Книги - XXI, 2004. - 376 с.
70. Яременко О. Л. Операционный менеджмент : учебник / О. Л. Яременко, А М. Сумец. - Харьков : ФОЛИО, 2002. - 213 с
71. BAAN. BAAN IV. Подсистема Производство. Функции и характеристики. Baan-Eurasia/ 8/5 Barrikadnaya street. Moscow 123242. Russia
72. Hanna M.D. Integrated operation management. Adding value for customer/ Hanna M.D..Newmanst 1-st edition/ New Jersey. Prentice Hall.2001 753 p
73. Heizer J/ Principles of the operation management / Heizer J. Render B. 4-th edition/ New Jersey. Prentice Hall. 2001 716 p
74. Lee Seng M. Operation management./ Lee Seng M. Mark J. Schinderjans.- Boston. Toronto. Houghton Mifflin Company. 1994.- 605 p
75. Nigel S., Chambers S., Johnson R. Operations Management Prentice Hall, 2010. - 712 pages. 6th Edition
76. Hill A.V. The Encyclopedia of Operations Management: A Field Manual and

Glossary of Operations Management Terms and Concepts 2012 by Arthur V. Hill
Published by Pearson Education, Inc.

77. S. Anil Kumar, N. Suresh Production and operation management (with skill development, caselets and cases) second edition New Age International (P) Ltd., Publishers 2008 271 p.
78. S. Anil Kumar, N. Suresh Operation management New Age International (P) Ltd., Publishers 2009 277 p
79. Roberta S. Russell, Bernard W. Taylor III Operation management. John Wiley and Sons, Inc. 2011 810 p
80. www.cfin.ru/vernikov (Геннадий Верников))