

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

**В.Д. Сотников**

**ГРУПОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ  
В АВІАДВИГУНОБУДУВАННІ**

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2008

УДК 621.9.002

Сотников В.Д. Групові технологічні процеси в авіадвигунобудуванні : навч. посібник / В.Д. Сотников. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2008. – 80 с.

Викладено науково-методичні основи проектування конструкторсько-технологічної підготовки групового виробництва деталей авіаційних двигунів і літальних апаратів. Подано методику практичного використання економіко-організаційних переваг і підвищення конкурентоспроможності авіаційної техніки в умовах дрібносерійного виробництва.

Для студентів авіаційних спеціальностей при виконанні курсових і дипломних проектів, випускних робіт бакалаврів і магістрів.

Іл. 17. Табл. 6. Бібліогр.: 6 назв

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. О.Я. Мовшович,  
канд. техн. наук, доц. В.Ф. Сорокін

© Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут», 2008 р.

## ВСТУП

Людині для її існування необхідні матеріальні й культурні блага, джерелами яких є предмети природи та людська праця. Природа надає в розпорядження людини мізерно малу кількість предметів, які можна використовувати безпосередньо без застосування праці людини. Тому людині доводиться майже завжди витратити працю, щоб шляхом якісного перетворення пристосувати предмети природи для задоволення своїх потреб. Якісна зміна предметів природи, що здійснюється людиною, одержала назву технологічного процесу (ТП).

Слово "технологія" утворено із двох грецьких слів: *techne* – мистецтво, наука, ремесло і *logos* – вчення. Разом це означає вчення про ремесло.

У наш час цьому поняттю надається значення сукупності знань про засоби, способи, закономірності й наукові принципи здійснення процесів виробництва (механічного, електрофізичного, електрохімічного, лазерного оброблення, штампування, складання і т.д.).

Таким чином, технологія машинобудування – це галузь науки, що вивчає закономірності, які діють у процесі виготовлення машин, з метою використання цих закономірностей для забезпечення необхідної якості машин і мінімальної собівартості виробництва їх у встановлений термін.

Від того, який сумарний комплекс технологій має держава, залежить ефективність виробництва у країні в цілому, продуктивність праці в усіх галузях економіки.

Однією з найважливіших задач сьогодення, що стоять перед машинобудуванням, особливо перед авіадвигунобудуванням, є створення якісної, дешевої та конкурентоспроможної продукції; швидке освоєння та випуск нових зразків продукції; підвищення продуктивності праці. Наступною задачею є раціональне використання ресурсів і матеріалів, енергії. Це потребує впровадження нових,

більш прогресивних методів роботи. Виконання їх значною мірою залежить від правильної системи проектування конструкторсько-технологічної підготовки групового виробництва деталей авіаційних двигунів і літальних апаратів (АД і ЛА).

Діюча на багатьох сучасних заводах і підприємствах застаріла система технічної підготовки виробництва не дозволяє раціонально використовувати багатий досвід роботи промисловості й новаторів виробництва. Особливо це відчутно в одиничному та дрібносерійному типах виробництва.

За таких умов конструктори й технологи повинні шукати більш досконалих форм технічної підготовки виробництва, таких, що забезпечать не тільки скорочення витрат праці та часу, але й широке використання прогресивних методів роботи за визначеною схемою.

Такою прогресивною і раціональною схемою можна вважати метод групового виробництва деталей. Теоретичні розробки й практика доводять, що в умовах одиничного, дрібносерійного й серійного виробництва, характерного для машинобудівних підприємств України, найбільш раціональним є організація групового виробництва, що базується на уніфікації його об'єктів, технологічних процесів та оснащення, а також створення подетально-спеціалізованих дільниць і багатомініклатурних групових перервних поточкових та автоматизованих ліній. Групове виробництво дає можливість найбільш повно здійснювати заходи з механізації та автоматизації виробництва, обладнання й праці.

Подетально-групова спеціалізація обладнання, дільниць та цехів, упровадження групових багатомініклатурних перервно-поточкових ліній підвищують рівень технологічного оснащення, механізації та автоматизації виробничих (технологічних) процесів, забезпечують створення стандартизаційної та інформаційної баз. Характер такого виробництва наближується до багатосерійного й масового, що дозволяє забезпечити його пропорційність, прямо-точність, неперервність і ритмічність.

Однією з найважливіших задач виробництва деталей є раціональне використання матеріалів, які широко застосовують в машинобудуванні. Ще більші вимоги ставляться до авіаційної галузі. Великий обсяг невиробничих витрат існує в промисловості через недостатньо продумані конструкції виробів і нераціональний вибір заготовок.

Якщо проаналізувати втрати металу за типами виробництва, то виходить, що в умовах масового й багатосерійного виробництва вони порівняно незначні. Це пояснюється тим, що тут широко використо-

вують прогресивні методи виготовлення заготовок. В умовах великої серійності швидко відшкодовуються витрати на дороге технологічне обладнання й оснащення.

Основна кількість стружки одержується в умовах одиничного, дрібносерійного й серійного виробництва, бо використання в цих умовах прогресивних методів оброблення обмежене, а часом і нераціональне. Однак сучасні наукові розробки та багаторічний практичний досвід підтверджують, що прогресивні методи виготовлення заготовок малими партіями цілком раціональні на базі організації групового виробництва. Як відомо, групове виробництво базується на класифікації та групуванні об'єктів виробництва, розробленні технологічного оснащення, що забезпечує швидке переналагодження за умов переходу від виробництва одного типу деталей до виробництва іншого. Наукові основи організації групового виробництва заготовок забезпечують передумови для створення нових типів обладнання й технологічного оснащення, що враховують специфіку швидкого переналагоджування.

У наш час в умовах дрібносерійного й серійного виробництва виготовлення "прогресивних" заготовок проводять на універсальному механізованому обладнанні, що призводить до дефіциту робочої сили й необхідності автоматизації. Вирішення цієї задачі забезпечують за рахунок використання роботів-маніпуляторів, спеціальних пристроїв для відрізання литникової системи, змащування форм, транспортних засобів, використання ЕОМ для керування низкою виробничих операцій. Для цього необхідно створювати нові конструкції обладнання та групових блоків, які забезпечать просту й надійну заміну змінних елементів.

Автоматизація технологічних процесів виготовлення деталей і підготовки виробництва є надзвичайно важливою проблемою. Її успішне вирішення сприяє інтенсифікації суспільного виробництва й підвищенню його ефективності, прискоренню науково-технічного прогресу. Особливо актуальною ця проблема є для одиничного, дрібносерійного та серійного виробництва.

Отже, груповий метод – це такий метод уніфікації технології виробництва, яким для груп однорідної за тими чи іншими конструкторсько-технологічними ознаками продукції встановлюються однотипні високопродуктивні методи оброблення з використанням однорідних й швидкопереналагоджуваних знарядь виробництва, при цьому забезпечується економічна ефективність виробництва, необхідна швидкість його підготування та переналагоджування.

# 1. НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ГРУПОВОГО ВИРОБНИЦТВА АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ І ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Удосконалення організації та управління виробничими системами авіадвигунобудування має задовольняти вимогам, що направлені на таке:

- підвищення ефективності виробництва;
- урахування постійного зростання складності організації та технологічної підготовки виробництва;
- використання нових форм і методів вирішення взаємозв'язаного комплексу задач розвитку конструкції, технології, організації та економіки виробництва авіаційних двигунів і літальних апаратів (АД і ЛА).

Підвищення ефективності виробництва можна забезпечити шляхом:

- постійного пошуку й реалізації можливостей подальшого збільшення продуктивності праці та випуску продукції, поліпшення її якості та зниження собівартості;
- підвищення рентабельності виробництва;
- підвищення ефективності використання основних фондів та обігових коштів;
- удосконалення професійно-технічного рівня кадрів;
- поліпшення умов праці.

Розглянемо детальніше перелічені напрямки й основні способи поліпшення якісних показників виробництва АД і ЛА під дією досягнень науково-технічної революції й темпів розвитку авіації.

Підвищення продуктивності праці є головною характеристикою, що відображає якість і кількісне використання досягнень науково-технічного прогресу. Найбільше зростання продуктивності досягається повним і всебічним використанням нової, прогресивної техніки, технології та організації виробництва АД. Найбільший вплив на підвищення продуктивності праці має комплексна механізація й автоматизація виробництва, упровадження передових форм організації праці (наприклад, багатостаттне обслуговування й суміщення професій), раціональна організація технічного нормування й заробітної плати.

Відомо, що технічні засоби самі по собі не можуть забезпечити високу продуктивність праці, якщо вони не підкріплені відповідними формами організації виробництва. Тому вирішення основної задачі – підвищення продуктивності праці в промисловому виробництві технічно складних об'єктів – потребує перш за все

всебічного вдосконалення організаційної структури виробничого процесу, що забезпечує найбільш раціональне використання досягнень технічного прогресу.

Збільшення обсягу випуску АД і поліпшення їхньої якості в сучасних умовах жорсткої конкуренції на міжнародному ринку збуту можливе за рахунок внутрішніх резервів, без суттєвих додаткових капіталовкладень. Визначальним фактором у досягненні цієї мети слід вважати раціональну організацію технологічної підготовки виробництва (ТПВ). Вона забезпечує не тільки скорочення строків перебудови виробництва в умовах переходу до випуску нових, прогресивних виробів, але й постійне вдосконалення виробництва як уже освоєних, так і нових моделей АД і ЛА.

Раціональна організація ТПВ має базуватись на таких сучасних методах: створення предметно-замкнутих цехів, широке використання поточкових методів з внутрішньозаводським оперативно-виробничим плануванням. Не менш важливо вирішити при цьому завдання щодо раціональної організації інструментального, ремонтного, транспортного й складського виробництва, сприяння безперебійного комплектного обслуговування цехів і робочих місць, створення необхідної інформаційної бази, що забезпечить можливість упровадження АСУВ та АСТПВ. Від рівня і якості технологічної підготовки виробництва залежить і можливість збільшення випуску продукції.

На рівень собівартості виробів впливають усі зміни в процесах виробництва, елементах витрат, у показниках продуктивності праці, ступені використання основних фондів, розмірах питомих витрат матеріалів, палива, енергії і т.д. Систематичне зниження собівартості має базуватися на послідовному та постійному аналізі й удосконаленні організації всіх напрямків і форм виробництва, а також постійному використанні останніх досягнень науки й техніки. Слід враховувати, що зниження собівартості АД – важливе джерело підвищення рентабельності виробництва.

Однією з найважливіших умов поліпшення використання основних фондів є нарощування виробничих потужностей і збільшення випуску АД при наявному обладнанні й виробничих ресурсах. Вирішення цієї задачі значною мірою залежить від організації та стану ТПВ: якісного розроблення технологічних процесів, оснащення робочих місць технічними засобами (штампами, інструментами, пристосуваннями і т.д.), оптимального вирішення календарно-планових завдань рівномірного завантаження, раціональної організації та ремонту обладнання, своєчасного обслуговування робочих місць тощо.

Особливу увагу слід звернути на доцільність придбання й ефективне використання сучасних матеріалообробних верстатів та іншої техніки у виробництві. Упровадження висококомпіюваного й автоматизованого обладнання, до якого належать різні типи автоматів, верстатів з ЧПК, обробних центрів, агрегатних верстатів дає певний ефект лише у відповідних цьому рівню техніки організаційних умовах. Відсутність цих умов призводить до зниження фондівіддачі у зв'язку з високою вартістю обладнання й погіршенням низки економічних показників підприємства.

Підвищення рівня фондівіддачі має забезпечуватись також за рахунок інтенсифікації виробництва й підвищення ефективності використання парку універсального матеріалообробного обладнання. Цього можна досягти підвищенням продуктивності праці, скороченням непродуктивних витрат, більш ефективним використанням обладнання як шляхом збільшення коефіцієнта змінності, так і впровадженням технічних засобів та вживанням організаційних заходів. Ефективне використання сучасного обладнання потребує проведення відповідних заходів, що забезпечують мінімізацію простою нової техніки: організації системи плановопереджувального обслуговування й ремонту верстатів, сучасного, за графіком, забезпечення їх заготівками, технологічним оснащенням, профілактичним контролем якості продукції тощо.

Систематичної уваги потребують заходи, що спрямовані на покращання використання не тільки основних фондів, але й обігових коштів. Централізована система матеріального забезпечення й збуту АД на підприємствах створює реальні умови для мінімізації запасів матеріалів, напівфабрикатів, палива, а також складських запасів готових виробів. Прискорення оборотності обігових коштів для кожного виробника є серйозним фактором, що сприяє посиленню інтенсифікації виробництва АД.

Для вирішення цього завдання необхідна постійна кваліфікована робота з економії витрат сировини, матеріалів і палива, зменшення запасів незавершеного виробництва, прискорення процесу реалізації та зменшення запасів готової продукції на складах.

Зменшення заводських запасів сировини, матеріалів і напівфабрикатів потребує жорсткого нормування їх витрат, обґрунтованого техніко-економічними розрахунками й технологічною документацією. Важливе значення має проведення робіт зі стандартизації використовуваних матеріалів (за сортами, марками, типорозмірами).

Найбільшу питому вагу в складі обігових фондів становить незавершене виробництво. Зменшити його запаси можна шляхом



поліпшення внутрішньозаводського планування й зменшення тривалості виробничого циклу, що забезпечується поліпшенням організації виробництва, упровадження прогресивних технологій, зокрема уніфікованих групових технологічних процесів, і змінно-потоккових методів організації виробництва.

Прискорення технологічного процесу, використання складної техніки потребують високого рівня теоретичної та професійної підготовки кадрів. Інженерно-технічні працівники повинні бути не тільки спеціалістами у своїй галузі, але й мати широкий технологічний світогляд, а також кваліфіковано володіти елементами сучасної організації виробництва. Щоб забезпечити ефективну роботу обладнання, високу продуктивність праці й фондівіддачу, необхідно перш за все створити для персоналу відповідні умови праці, позбавити невластивої для них роботи, непродуктивних витрат часу. Саме високий рівень організації виробництва може забезпечити умови для високопродуктивної праці. Тільки за наукової організації виробничо-господарської та фінансової діяльності підприємства можуть бути досягнуті високі техніко-економічні показники.

В основі організації авіадвигунобудування є раціональне поєднання всіх технологічних і допоміжних процесів. Незалежно від різниці (розходження) виробничих умов та їхніх особливостей є загальні принципи, яким має бути підвладна організація якого завгодно виробничого процесу, а особливо авіадвигунобудування. До них належать спеціалізація, пропорційність, паралельність, прямоточність, безперервність, ритмічність.

Проаналізуємо основні моменти, що характеризують вплив кожного принципу на загальний процес виробництва АД.

### **Спеціалізація**

При організації виробничого процесу необхідно всіляко дотримуватись принципу спеціалізації, що базується на закріпленні за кожним виробничим підрозділом суворо обмеженої номенклатури виробів і робіт. Спеціалізація потребує глибокого опрацювання всієї організаційної структури підприємства, технічного й технологічного забезпечення цехів і робочих місць відповідними засобами праці й персоналом. Досягнення високого рівня спеціалізації дає додатковий економічний ефект за рахунок зниження собівартості й підвищення якості продукції, сприяє впровадженню нової техніки й автоматизації виробничих процесів, створює передумови для організації спеціалізованих робочих місць в умовах серійного й одиничного виробництва. Особливо ефективним є проведення спеціалізації в умовах концентрації виробничих підрозділів, що стало сучасною

тенденцією в авіаційному виробництві широкої номенклатури виробів малої трудомісткості.

Широке розповсюдження нових форм управління базується на спеціалізації та концентрації виробництва, створює всі необхідні передумови, що забезпечують не тільки збільшення його обсягів, але й упровадження більш досконалих систем і методів організації та управління, які позитивно впливають на економіку та на весь виробничий процес.

Однією з найважливіших умов, що забезпечують успішне проведення робіт зі спеціалізації виробничих підрозділів, є вирішення питань конструкторсько-технологічної уніфікації та стандартизації деталей і складальних одиниць. Комплексне провадження групового виробництва визначає й створює базу для наукової організації всього виробничого процесу.

### **Пропорційність**

Цьому поняттю характерна взаємна відповідність виробничих потужностей окремих цехів, дільниць, стадій у рамках підприємства. Дотримання принципу забезпечує рівномірний випуск продукції, що за своїм номенклатурним складом, кількістю й строками випуску відповідають вимогам комплектного й рівномірного виробництва АД.

### **Паралельність**

Під цим принципом розуміють паралельне (одночасне) виконання окремих частин (етапів, фаз, операцій) виробничого процесу, що забезпечує скорочення тривалості технологічного циклу. Наприклад, паралельність у структурі технологічної операції відтворюється в багатоінструментальному або багатопредметному обробленні на автоматах, агрегатних станках, обробних центрах і т.д.

### **Прямоточність**

Це поняття визначає таку форму руху предметів у виробництві, у якому мінімізується відстань між першою та останньою операціями виробництва деталей. Прямоточність має враховуватись в організації виробничого процесу на рівні заводу, цеху, дільниці, робочого місця.

### **Безперервність**

Цей принцип містить усі нерегламентовані перерви, визначає всі витрати часу виробничого процесу. Для технологічних операцій він полягає в максимальному скороченні допоміжного та збільшенні частки машинного часу.

### **Ритмічність**

Принцип полягає у випуску в однакові відрізки часу однакових або зростаючих обсягів продукції та у повторенні через ці відрізки часу всіх операцій виробничого процесу.

## **2. НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ПІДГОТОВКА ГРУПОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

Ця підготовка виробництва складається з таких етапів: наукового, конструкторського, технологічного й організаційного.

### **Наукова підготовка виробництва (НПВ)**

Здійснюючи технічну підготовку виробництва, необхідно не тільки враховувати накопичений досвід, але й прогнозувати, досліджувати й узагальнювати наукові розробки, що впливають на якісне й перспективне вирішення поставлених завдань. Для цього здійснюються пошукові наукові розробки й дослідження, а також дослідно-промислові розробки, спрямовані на створення більш сучасних виробів. При цьому варто передбачати використання нових, прогресивних технологічних процесів, а також нових форм організації виробництва. Усю цю роботу необхідно вести з найбільш повним використанням вже наявного наукового потенціалу.

Наукова підготовка виробництва починається з вивчення й аналізу потреб ринку збуту в нових об'єктах виробництва та формування вихідних вимог, що забезпечують високий рівень створюваних машин і приладів. Вона характеризується вивченням і визначенням параметрів науково-технічних рішень, що відповідають рівню розвитку техніки й технології. Це багатоаспектне завдання, вирішення якого потребує широкого застосування обчислювальної техніки й використання сучасних методів дослідження й прогнозування. Зазвичай вона охоплює два етапи – пошукові дослідження й науково-дослідні розробки. Останні носять більш конкретний характер і закінчуються створенням нового виду або нових виробів технологічних процесів.

### **Конструкторська підготовка виробництва (КПВ)**

Цей етап підготовки створення нового виробу є найважливішим. Від організації КПВ залежать якість машин, що випускаються, їхня надійність та економічна ефективність. КПВ є не тільки технічним, але й економіко-організаційним етапом. Правильна організація КПВ значною мірою залежить від технічних вимог, поставлених перед конструкторами. Вона впливає як на технологічну підготовку виробництва, так і на техніко-економічні показники роботи підприємства.

У наш час, коли в створенні нових виробів авіаційної техніки беруть участь численні різнопрофільні конструкторські бюро, навіть з різних країн, завданням правильної організації та планування КПВ надають державного значення.

Досвід показує, що процеси й темпи впровадження досягнень науки й техніки у виробництво найбільш ефективні, коли конструкторська підготовка органічно пов'язана з науковою, технологічною й організаційною підготовкою виробництва, а сам процес конструювання базується на принципах систематичності й оновлення з широким використанням методів групового проектування, розроблення параметричних рядів, уніфікації, агрегування й взаємозамінності.

Первинним елементом будь-якого виробу є деталь, що за формою, розмірами, точністю виготовлення та міцності відповідає своєму призначенню в загальній конструкції машини. Установлення конструктивних форм деталей здійснюється на стадії конструювання з урахуванням вирішення питань технологічності конструкції та застосування прогресивних технологічних процесів оброблення поверхонь, що обумовлює економічність виготовлення виробу. Необхідно прагнути до того, щоб у нових конструкціях машин і приладів все більше застосовувалися стандартизовані деталі, виготовлені спеціалізованими заводами, використовувалися запозичені деталі з аналогічних виробів.

Робота зі стандартизації й уніфікації конструкцій має проводитися як у створенні нових машин і приладів, так і в їх модернізації. Основні напрямки цієї роботи: розроблення стандартів на застосовувані матеріали; стандартизація елементів деталей (отворів, різей, пазів та ін.); стандартизація деталей і вузлів виробів.

Добір та обмеження параметричних рядів машин і приладів веде до технічно й економічно обґрунтованої номенклатури виробів і забезпечує передумови для організації їх виробництва з мінімальними витратами суспільної праці.

У багатьох галузях машинобудування існує велика номенклатура виробів, подібних за своїм призначенням, але різних за конструктивним виконанням і розмірами. Ця обставина веде до зменшення серійності випуску, ускладнює уніфікацію деталей і вузлів, гальмує подальшу спеціалізацію виробництва. При цьому подовжуються терміни освоєння нових виробів, збільшуються витрати, пов'язані з їх виробництвом, а в експлуатації збільшується номенклатура запасних частин, дорожчає ремонт і підвищується вартість обслуговування машин і приладів. У тих же галузях промисловості, де вироби випускають у невеликому асортименті, розроблення параметричних рядів дозволяє встановити необхідну номенклатуру й підготувати пропозиції для її освоєння.

Розроблення параметричних рядів машин, приладів, вузлів, деталей необхідно проводити у широкому плані, і починати цю роботу треба з виробів, що мають найбільше застосування в різних галузях народного господарства. Уже накопичено певний досвід у розробленні параметричних рядів турбін, насосів, компресорів, мікроскопів, телевізорів, турбінних лопаток, арматури, інструментів, кріплень і т.ін. У створенні виробів на основі параметричних рядів використовують метод кращих чисел, за яким типорозміри стандартизованих виробів розташовують у порядку зростання або зниження їхніх параметрів. Вибір розмірів машин і приладів, вузлів і деталей за визначеними і закономірними рядами чисел створює умови для широкої уніфікації виробів, тимчасом як довільний вибір параметрів веде до невиправдано збільшеної номенклатури продукції.

Стандартизація й уніфікація основних об'єктів виробництва має забезпечувати: установлення їхніх типів і розмірів на основі параметричних рядів; взаємозамінність груп вузлів і деталей; обмеження конструктивних варіантів доцільним мінімумом; одержання оптимальних показників роботи виробів (у першу чергу надійності й довговічності), а також зниження питомої витрати матеріалів і собівартості продукції.

Одним з вирішальних етапів, що визначають успіх і якість усієї підготовчої роботи, є вибір базової конструкції.

За базову конструкцію (основу ряду) вибирають машину або прилад, що має такі загальні ознаки, які властиві усім видам виробів того самого призначення. Інші конструкції цього виду є модифікаціями базової. Доцільність і необхідність створення рядів машин підтверджується досвідом роботи багатьох підприємств. Проектування базових конструкцій можна здійснювати навіть у тих випадках, коли машина призначена для виконання різних операцій, а кінематика робочих органів і допоміжних механізмів має суттєві розбіжності. У цих умовах створення базових машин є творчим і складним процесом роботи конструкторів. Тому поряд зі звичайною стандартизацією головну увагу має бути приділено стандартизації складних за конфігурацією і трудомістких в оброблюванні поверхонь деталей, що складають значну частину загального завантаження ливарних і механічних цехів (валів, дисків, важелів, кронштейнів, підшипників, кришок та ін.).

Стандартизації в основному підлягають не самі деталі, що за умовами кінематики машин не можуть бути зведені до обмеженої кількості типів, а їхні елементи, що прямо впливає на технологічну

підготовку виробництва. Так, наприклад, стандартизацією регламентовано розміри голівок кронштейнів, підшипників, важелів (залежно від діаметра посадкового отвору, перетину тіла деталей), розміри та конфігурація пазів, кріпильних елементів і т.ін. Цим зберігається достатній доступ до вибору геометричних характеристик деталі при конструюванні машин і створюються сприятливі умови оброблення їхніх поверхонь.

В основу стандартизації беруть визначені ряди: діаметри, модулі, профілі, посадки, різі й т.д., причому діаметри прохідних і технологічних отворів поєднують таким чином, щоб той самий розмір міг бути використаний як прохідний або технологічний. Це дозволяє зменшити кількість типорозмірів застосовуваних та оброблюваних отворів у два-три рази.

Доопрацювання стандартів на допуски і посадки, проведене на підставі вивчення подібних за характером сполучень деталей, приводить до значного скорочення загальної кількості типорозмірів і сполучень з одночасним збільшенням кількості посадок, застосовуваних для конкретного номінального діаметра.

Поряд зі стандартизацією зазначених параметрів необхідно проводити уніфікацію і встановлення рядів таких, наприклад, елементів, як міжосьові відстані під кріпильні болти в кришках, фланцях і т.д.

Досвід роботи заводів підтверджує, що уніфікація і стандартизація елементів деталей дуже позитивно впливає на технологічну підготовку виробництва.

У зв'язку зі збільшенням коефіцієнта повторюваності деталей і їхніх елементів, а також програми випуску машин серійність виготовлення стандартизованих та уніфікованих деталей підвищується в три-шість разів.

Максимально можливий їх уніфікації сприяє широке використання класифікаторів та інформаційно-пошукових систем, що дозволяють підвищити коефіцієнт уніфікації та скоротити параметричний ряд і кількість заново створюваних деталей та виробів. Уніфікація та запозичення вже освоєних виробництвом деталей і виробів дозволить не тільки знизити витрати на їх виготовлення, але й скоротити терміни освоєння.

Як приклад, узятий з авіаприладобудівної промисловості, розглянемо ряд мікроскопів, створених на основі базової конструкції (табл. 1). З таблиці видно, що більшість деталей нових моделей мікроскопів стандартні або запозичені.

Таблиця 1

## Дані з уніфікації чотирьох мікроскопів

Склад деталей і вузлів	МІН-8	МІН-9	МІН-10	МББ-1
	Кількість			
Оригінальні	175	9	5	15
Стандартні	152	130	100	126
Запозичені	218	240	209	364

*Примітка.* Коефіцієнти уніфікації мікроскопів МІН-8, МІН-9, МІН-10 і МББ-1 відповідно дорівнюють 0,682; 0,950; 0,984; 0,971. Завдяки цьому всі конструкції мають високий коефіцієнт уніфікації.

У наш час для забезпечення найбільш глибокої та повної уніфікації заново створюваних виробів (деталей, вузлів, виробу в цілому) застосовують інформаційно-пошукові системи.

Інформаційно-пошукова система дозволяє за запитом конструктора знайти наявні аналоги виробів, уже освоєних у виробництві. Конструктор після проведення відповідного аналізу приймає рішення про можливість застосування виробу або вносить у його конструкцію відповідні зміни. Проведення такої роботи забезпечує максимальну конструктивну спадкоємність при створенні нового виробу. Для вирішення цих завдань застосовують електронно-обчислювальну техніку.

Однією з найважливіших вимог, що враховують в уніфікації та стандартизації, є технологічність конструкції. Контроль технологічності має здійснюватись у процесі проектування нових виробів технологом у контакті з конструктором. Система показників технологічності конструкції виробу й методи їх визначення, склад робіт і послідовність вирішення завдань відпрацьовування конструкції виробу на технологічність у період його створення й освоєння визначені державними стандартами й методичними матеріалами ЄСТПВ. Відзначимо лише найбільш суттєві етапи відпрацьовування конструкцій виробів на технологічність, що характеризують її ефективність. Розгорнуте визначення технологічності конструкції та методи її оцінювання наведено в ДСТУ 18831–73. Під технологічністю конструкції розуміють сукупність її властивостей, що забезпечують оптимальні витрати праці, засобів, матеріалів і часу, у заданих умовах технічної підготовки виробництва, експлуатації, ремонту й при дотриманні установлених показників якості.

Правила вибору і склад показників технологічності регламентовані ГОСТ 14.201–81 і 14.202–81.

Технологічність конструкції за обсягами виявлення її властивостей поділяється на виробничу й експлуатаційну. Показники технологічності конструкції проєктованого виробу розраховуються при її техніко-економічному обґрунтуванні на стадіях ескізного й технічного проєктування та на всіх етапах складання робочої документації. Вирішення цих завдань зводиться до визначення особливих і комплексних показників технологічності конструкції проєктованого виробу й зіставлення їх з базовими.

Виробнича технологічність має забезпечувати скорочення засобів і часу на конструкторську й технологічну підготовку виробництва і на виготовлення виробу. Вона має передбачати зниження трудомісткості й собівартості виготовлення виробу, включаючи витрати на технічну підготовку виробництва.

У комплекс робіт з досягнення виробничої технологічності входять:

- підвищення серійності виготовлення (оброблення, складання, випробування) за допомогою стандартизації, уніфікації та групування виробів, складальних одиниць, деталей та їх елементів за конструктивними ознаками;
- обмеження номенклатури конструкцій шляхом підвищення запозичень з інших виробів і повторюваності деталей і складальних одиниць в одному виробі;
- обмеження номенклатури використовуваних матеріалів;
- зменшення маси деталей і виробу в цілому;
- вибір освоєних у виробництві раціональних конструктивних рішень, що відповідають сучасним вимогам, і подальший їх розвиток;
- застосування прогресивних, у тому числі уніфікованих (типових і групових), технологічних процесів і засобів оснащення.

Головними факторами, що визначають вимоги до технологічності конструкції, є вид виробів, обсяг випуску і тип виробництва.

Під видом виробу узагальнено розуміються деталі, складальні одиниці, комплекси і комплекти. Для деталей і складальних одиниць розроблено самостійні правила забезпечення їхньої технологічності.

Обсяг випуску виробів і тип їх виробництва визначають ступінь стабільності умов на робочих місцях і спеціалізацію цехів і ділянок, а також форму організації, рівень уніфікації, ступінь оснащеності, механізації та автоматизації технологічних процесів.

Структурну схему оцінювання показників технологічності конструкції показано на рис. 1.



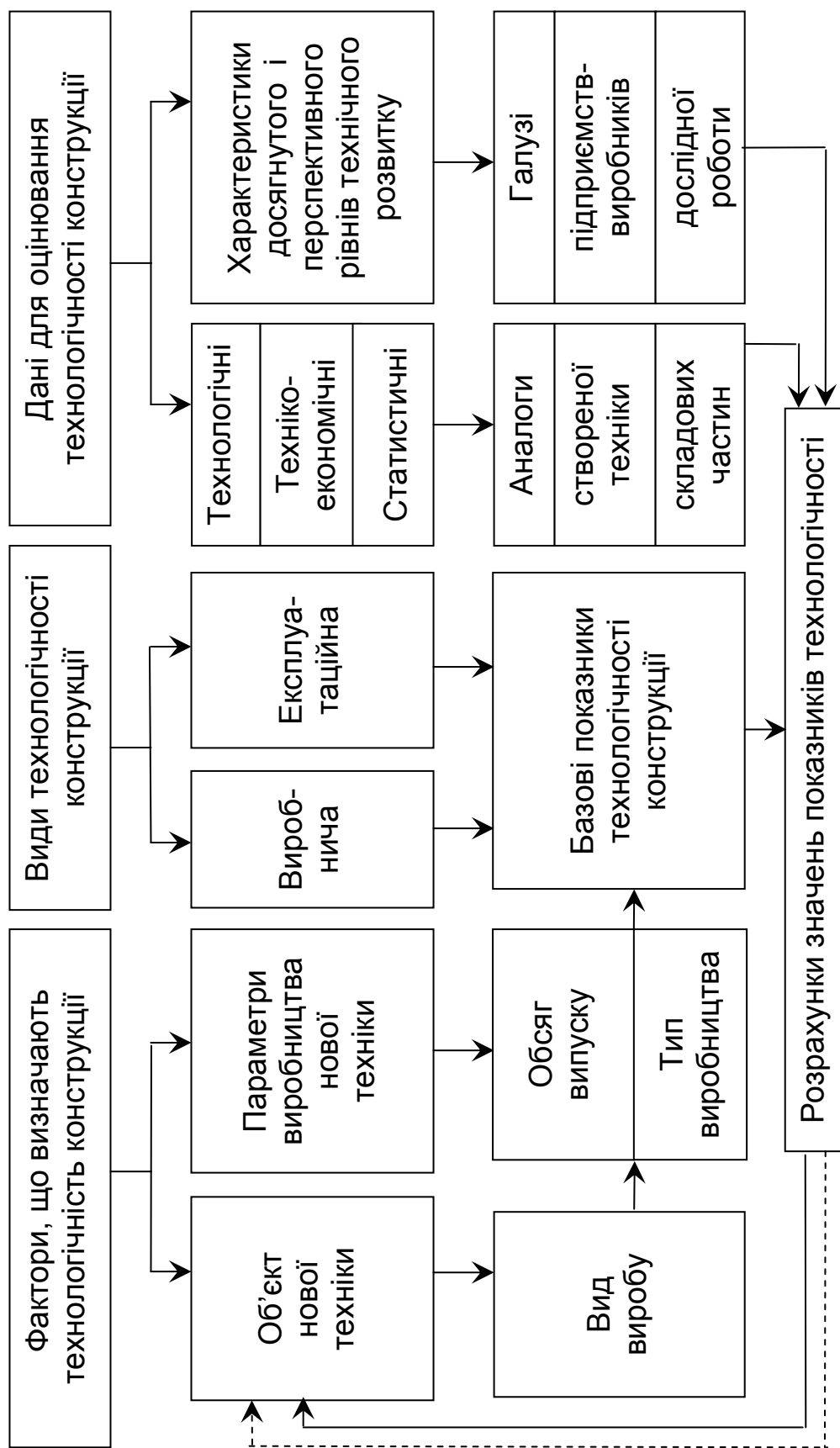


Рис. 1. Оцінювання показників технологічності конструкції

Розрізняють якісну й кількісну оцінки технологічності конструкції. Перша узагальнена оцінка застосовується головним чином у процесі проектування і робиться на основі досвіду виконавця. Кількісні оцінки встановлюються у вигляді абсолютних і відносних коефіцієнтів. Останні визначають відносне значення технологічності за тими або іншими конкретними показниками (ознаками) в оцінюванні даного варіанта конструкції порівняно з іншим діючим або компіляційним аналогом або із заново розроблюваним варіантом.

Сукупність показників технологічності конструкції класифікується ЄСТПВ за такими ознаками:

- **Система оцінювання.** Розрізняють базові (вихідні) показники технологічності типового виробу, що має загальні з цілою групою виробів конструктивні ознаки. Оптимальні значення цих показників зазвичай вказують у технічному завданні на розроблення нового виробу. Для нової конструкції встановлюють показники, досягнуті в процесі її розроблення, і показники рівня технологічності виробу. Останні визначаються як відношення значень, досягнутих при розробленні показників, до базового значення. Показник кожного конкретного виробу варто вносити в технічні умови або стандарт.

- **Спосіб виміру.** Базові показники й аналогічні їм показники нового виробу є, як правило, абсолютними, що виражають числове значення одного або декількох ознак технологічності. Є показники питомі, котрі, природно, виражаються відносною величиною. Показники рівня теж завжди відносні, оскільки вони визначають тільки порівняльну характеристику технологічності.

- **Ознаки і властивості виробу.** Розрізняють показники, що характеризують технологічну раціональність конструктивних рішень і наступність або придатність конструкції до використання (застосовність) її в складі інших виробів.

До першої групи належать такі показники технологічності:

- *абсолютні* – трудомісткість виготовлення, технологічна собівартість і маса виробу;

- *відносні* – коефіцієнти використання і застосовності матеріалу, складності конструкції виробу, використання типових і групових технологічних процесів, а також точність оброблення, шорсткість поверхні та взаємозамінність деталей;

- *питомі* – значення матеріалоемності виробу, профілактичного технічного обслуговування, ремонту, технологічної собівартості виробу, а також трудомісткості підготовки виробу до функціонування, виготовлення виробу й структура трудомісткості за видами процесів виготовлення (заготівельні, ливарні, штампувальні, механообробні, складальні й інші операції).

Друга група показників містить тільки відносні коефіцієнти стандартизації й уніфікації конструкції виробу, його конструктивних елементів і поверхонь.

• **Значущість виробу.** За цією ознакою показники поділяють на основні й додаткові. До основних належать такі чотири показники:

– *трудомісткість виготовлення виробу*

$$T_{TB} = \sum_{i=1}^k T_i,$$

де  $T_i$  – трудомісткість виготовлення й випробувань  $i$ -ї частини виробу, норма-годин;  $k$  – кількість складових частин виробу;

– *рівень технологічності конструкції за трудомісткістю виготовлення*

$$K_{TKB} = T_B / T_{БП},$$

де  $T_{БП}$  – базовий показник трудомісткості виготовлення типового виробу, норма-годин;

– *технологічна собівартість виробу*

$$C_{TC} = C_M + C_{ЗП} + C_{ЦВ},$$

де  $C_M$ ,  $C_{ЗП}$  і  $C_{ЦВ}$  – відповідно сумарні витрати на матеріали, заробітну плату й цехові витрати, грн;

– *рівень технологічності конструкції за собівартістю*

$$K_{TKC} = C_T / C_{БТ},$$

де  $C_T$  – досягнута технологічна собівартість виробу, грн;  $C_{БТ}$  – базовий показник технологічної собівартості типового виробу.

Усі інші показники технологічності відносять до додаткових.

Правила вибору й номенклатура рекомендованих показників технологічності конструкції для виробів наведено в ГОСТ 14.202–89.

• **Області аналізу.** Ці показники технологічності умовно поділяють на техніко-економічні й технічні.

До перших відносять усі основні показники, а також такі додаткові показники, як відносна трудомісткість заготівельних робіт, ремонту виробів, відносна й питома собівартість тощо.

До других показників відносять масу виробу (абсолютний показник), а також коефіцієнти використання матеріалу і його застосовність, коефіцієнти точності оброблення, застосування уніфікованих технологічних процесів та інші (відносні коефіцієнти).

Визначимо один з результуючих технічних додаткових показників.

*Коефіцієнт уніфікації виробу*

$$K_y = (E_y + D_y) / (E + D),$$

де  $E_y$  – кількість уніфікованих складальних одиниць у виробі;  $D_y$  – кількість уніфікованих деталей (без урахування стандартного кріплення), що є складовими частинами виробу, але не ввійшли до  $E_y$ ;  $E$  – загальна кількість типорозмірів складальних одиниць у виробі;  $D$  – загальна кількість типорозмірів деталей у виробі.

У свою чергу, розрахункові елементи залежності визначаються рівняннями

$$E_y = E_{уз} + E_{уп} + E_{СТ}; \quad E = E_y - E_{ОР},$$

де  $E_{уз}$ ,  $E_{уп}$ ,  $E_{СТ}$  – відповідно кількість запозичених, покупних і стандартних складальних одиниць;  $E_{ОР}$  – кількість оригінальних складальних одиниць.

При зіставленні показників потрібно:

- забезпечувати однакову розмірність порівнюваних показників;
- порівнювати показники виробництв тільки однакових типів;
- приймати значення відносних показників технологічності з діапазоном зміни  $0 < K \leq 1$ .

Остаточний висновок про технологічність конструкції робиться на основі аналізу комплексу показників, що характеризують як технологічність, так і економічність виробництва, а саме: скорочення тривалості виробничого циклу партії виробів, поліпшення якості продукції, зменшення тривалості циклу ТПВ та економія витрат на ТПВ, зниження трудомісткості й зростання продуктивності праці при виготовленні виробів та ін.

Дотримання вимог стандартів ЄСТПВ дозволяє щонайкраще організувати процес послідовного забезпечення технологічності виробів на стадіях розроблення конструкторської документації, а впровадження системи показників технологічності – перейти на кількісні методи оцінки результатів праці розроблювачів на кожній стадії.

### **Технологічна підготовка виробництва (ТПВ)**

Цей етап виробництва містить комплекс робіт, що забезпечують найбільш ефективно застосування нових, високопродуктивних технологічних процесів з використанням передових досягнень науки й техніки на базі максимальної механізації та автоматизації. ТПВ має забезпечувати технологічну готовність підприємства до випуску виробів заданого рівня якості в установлені терміни, обсяги випуску, матеріальні й трудові витрати.

Вона має починатися одночасно з конструкторською підготовкою виробництва. У процесі проектування оцінюють технологічні можливості виробництва з виготовлення розробленої конструкції виробу, здійснюють технологічний контроль документації,

дають рекомендації з поліпшення конструктивного виконання виробу, обумовлені необхідністю досягнення відповідних базових показників, встановлених у технічному завданні.

Основними напрямками робіт з ТПВ є розроблення методики, що забезпечує скорочення тривалості й трудомісткості підготовки виробництва; підготовка, пов'язана з проектуванням технологічних процесів, їх оснащенням, розрахунками норм витрат праці, матеріалів тощо.

Спочатку враховують основні наукові проблеми, пов'язані з проведенням принципів змін у технологічному й виробничому процесах. Слідом за цим забезпечують підготовку потокового виробництва, що складається з таких етапів: технологічний контроль конструкторських креслень, розроблення процесів виконання заготовок, їх механічне, термічне й фінішне оброблення, складання вузлів і всієї машини. Розроблення технологічних процесів органічно пов'язане з конструюванням оснащення й нестандартних засобів механізації та автоматизації, що становлять найбільш трудомістку частину ТПВ. Заключна стадія робіт з ТПВ зводиться до остаточної перевірки й налагодження технологічних процесів і конструкцій спроектованого оснащення.

В останні роки вчені, інженерно-технічні працівники і новатори виробництва внесли великий вклад у розроблення наукових основ технології машино- й приладобудування, у розвиток механізації та автоматизації виробничих процесів, модернізації устаткування, організації виробництва. Однак прискорення технічного прогресу, високі вимоги до техніко-економічних показників роботи підприємств у ринкових умовах потребують докорінних змін системи підготовки, організації та управління виробництвом і, зокрема, змін системи ТПВ.

Існуюча в галузі застаріла система ТПВ, що базується на розробленні й застосуванні одиничних технологічних процесів, гальмує технічний прогрес, особливо в умовах одиничного, дрібносерійного й серійного виробництва. Часте оновлення програм випуску, необхідність освоєння нових виробів у стислі терміни веде до непродуктивних витрат засобів на розроблення технологічних процесів, проектування й виготовлення оснащення, що знімається з виробництва задовго до його фізичного зношення. У таких умовах не створюються сприятливі передумови для раціональної механізації й автоматизації виробничих процесів, їх обслуговування й управління, а також впровадження наукової організації праці.

Необхідно відзначити, що більше половини усіх витрат ТПВ припадає не на проектування нових технологічних процесів механічного оброблення, а на інші види технологічних розробок

(ливарну, ковальську, складальну та ін.). Це свідчить про те, що заходи щодо вдосконалення ТПВ мають враховувати особливості проектування технологічних процесів для різних методів оброблення.

Одним з найважливіших заходів, що дозволяють значною мірою скоротити терміни ТПВ, здійснювати її на більш високому організаційно-технічному рівні за менших витрат праці, часу, матеріалів і коштів, є проведення робіт з технологічної уніфікації.

Основними напрямками технологічної уніфікації, що знайшли широке застосування й визнання, є типізація технологічних процесів і груповий метод оброблення деталей. Обидва ці напрями зовсім самостійні, однак, дозволяючи вирішувати в різних умовах одну загальну задачу стандартизації й уніфікації технологічних процесів і технологічного оснащення, вони доповнюють один одного.

Аналіз витрат на ТПВ показує, що проведення робіт з уніфікації й стандартизації технологічних процесів на першому етапі веде до деякого їх зростання, але в зв'язку з тим, що надалі при використанні типових і групових технологічних процесів різко зменшуються витрати на розроблення одиничних технологічних процесів, уніфікація дає значний економічний ефект і різко скорочує терміни ТПВ.

### **Організаційна підготовка виробництва (ОПВ)**

Розроблення уніфікованого технологічного процесу має бути тісно пов'язане з організацією виробництва. Тільки при комплексному вирішенні завдань, що постають, можуть бути досягнуті високі показники, а саме: підвищення продуктивності праці, зменшення собівартості продукції, зростання знімання продукції з одиниці устаткування, прискорення обертання обігових коштів та ін.

Технологічна уніфікація, особливо в умовах одиничного, серійного й дрібносерійного виробництва, сприяє вирішенню таких задач його раціональної організації, як упровадження поточкових методів, створення замкнутих ділянок і автоматичних ліній, кооперування й спеціалізація. Як основа раціональної організації виробництва вона забезпечує різке скорочення різних видів допоміжних робіт, пов'язаних з оформленням технологічного, планового, облікового й інших видів документації, необхідних для підготовки виробничого процесу й управління ним. Вона відкриває широкі можливості для застосування обчислювальної техніки, яку можна використовувати для вирішення як технологічних задач, так і задач у галузі нормування, обліку і т.д.

Як було зазначено вище, сучасна організація виробництва має будуватись з урахуванням нових методів і рішень, основаних на глибокому й послідовному розвитку теорії. Така теорія має

передбачати сполучення використання досягнень науково-технічного прогресу та переваг ринкової економіки. Таку мету ставить перед собою сучасна теорія організації виробництва складних і наукоємних об'єктів. Аналіз існуючої практики роботи машино- й приладобудівних підприємств серійного, дрібносерійного й одиничного виробництва розкриває істотні невідповідності в структурі основних цехів та спеціалізованих дільниць, що гальмує розвиток виробництва.

Недосконалість виробничої структури підприємств обумовлена насамперед застарілою структурою механоскладальної стадії основного виробництва. Традиційно вона побудована на принципах предметної спеціалізації механоскладальних цехів і складальних дільниць за переважно функціональною або, інакше кажучи, технологічною спеціалізацією виробничих дільниць. Така структура характеризується великою просторовою роз'єднаністю й переривчастістю процесів і операцій у часі, розосередженням виробництва подібних частин виробів (деталей, складальних одиниць) у різних цехах. Це визначає низький рівень спеціалізації робочих місць, обмежує можливості збільшення продуктивності праці та прискорення процесів виробництва, створює знеособленість у відповідальності дільниць за випуск закінчених частин виробів, оскільки кожна дільниця спеціалізована на виконанні окремих технологічних операцій виготовлення деталей. Така організація цехів і дільниць надзвичайно ускладнює оперативно-виробниче планування, збільшує в ньому частку оперативних рішень з боку керуючих органів підприємства і цехів, веде до неузгодженостей у планах, неритмічної роботи, втрат у використанні основних фондів і обігових коштів.

Технологічна форма спеціалізації й організації дільниць за зазначених причин роз'єднаності й переривчастості процесів у просторі й у часі стає також серйозним гальмом у вирішенні завдань комплексної механізації й автоматизації виробництва, впровадження автоматизованих систем керування, що стримує фактор інтенсифікації та підвищення ефективності виробництва.

Усунення недоліків в організації первинної ланки (цехів і дільниць основного виробництва) лише за рахунок тих або інших часткових поліпшень форм і методів планування й оперативного управління з боку вторинної ланки, тобто планово-виробничого й диспетчерського апаратів підприємства і цехів, виявилось марним і малоефективним. Причина цих невдач полягає в непослідовності, що допускалася в таких випадках. У першу чергу необхідно вдосконалити виробничу структуру первинної ланки шляхом переходу на прогресивні форми спеціалізації, а потім на цій базі відповідно упорядкувати організаційну структуру, форми й методи планування.

Сучасна теорія організації виробництва будується на базі забезпечення єдності таких трьох принципів, що мають задовольнятися при формуванні (створенні) і функціонуванні виробничих систем:

– *цільова* спеціалізація системи (дільниці, цеху) з видачею на виході закінчених частин (деталей, складальних одиниць) або готового виробу;

– *цілісність* системи за рахунок необхідної єдності й достатності її елементного складу (знарядь, засобів праці, робочої сили й структурних зв'язків);

– обов'язкова наявність *плану функціонування* системи для досягнення заданої мети й критеріїв (показників).

Сучасна теорія організації, реалізуючи системний підхід, розглядає всю систему як сукупність складових її підсистем і різних елементів, взаємодія яких будується на визначених зв'язках. При цьому необхідно враховувати не тільки вертикальні, але й горизонтальні внутрішні зв'язки, що перетинаються.

Однією з найважливіших переваг застосування системного підходу при вирішенні завдань організації виробництва є значно більш ефективне використання трудових і машинних ресурсів, а також зменшення кількості потоків матеріалів і виробничих документів, що знаходяться в обробленні.

Якісне вирішення питань сучасної організації й управління виробництвом забезпечується також розширенням можливостей використання різноманітних математичних та економіко-математичних методів, а також методів моделювання. Усі ці методи й засоби знаходять широке застосування при розробленні теорії організації машино- й приладобудівних підприємств. Вони викладені в багатьох працях різних авторів [1–5].

Найбільш повною мірою зазначеним вище трьом головним *принципам* сучасної теорії та практики організації в умовах одиничного й серійного виробництва відповідає створення системи групового виробництва.

*Перший* з них затверджує цільову, тобто подетальну або предметну, спеціалізацію виробничих систем (цехів, дільниць), а отже, визначену просторову концентрацію виробництва однорідних виробів або їхніх частин.

*Другий принцип* – це уніфікація технологічних процесів виготовлення, зосереджених у даній системі однорідних виробів або їхніх частин, тобто певна концентрація та спеціалізація необхідних для цього устаткування, оснащення й робітників.



*Третій принцип* затверджує централізацію видачі цехам і дільницям цільових програм з номенклатури однорідних виробів або їхніх частин з боку органів оперативного управління, а отже, визначення концентрації в часі виробництва продукції.

У результаті при груповому виробництві створюється необхідна відповідність і єдність структури дільниці, орієнтованої на досягнення визначених цілей або кінцевих результатів. Багаторічна передова науково-технічна й виробнича практика роботи вітчизняної й закордонної промисловості переконливо підтвердила прогресивність і високу ефективність організації групового виробництва, що за безпечує як технічно важливу економіко-організаційну передумову перехід до автоматизованого виробництва й управління.

Вище було розглянуто основні питання та найбільш важливі принципи науково-технічної підготовки виробництва, спрямовані на здійснення її в найкоротший термін з найменшими витратами й одержанням найкращого економічного ефекту.

Планування технічної підготовки, що охоплює всі її етапи розроблення ескізного проекту виробу до освоєння його випуску, має винятково важливе значення і визначає темпи освоєння нової техніки.

В основу планування технічної підготовки виробництва має бути покладено такі вихідні дані:

- завдання плану з освоєння нових виробів, нової технології, з автоматизації та механізації виробництва й впровадження більш сучасної його організації;
- установлені планом терміни й програма випуску нових виробів;
- план організаційно-технічних заходів щодо поліпшення техніки, технології й організації виробництва в об'єднанні й на підприємстві;
- нормативи для визначення обсягу й трудомісткості робіт на всіх етапах технічної підготовки виробництва.

Планування технічної підготовки виробництва для якісного здійснення своїх задач має ґрунтуватися на нормативній базі, що використовується для визначення обсягів і трудомісткості робіт з підготовки виробництва, розрахункового обґрунтування циклів і графіків підготовки, а також для визначення витрат на освоєння нових виробів. Трудомісткість робіт необхідно знати для призначення термінів, підрахунку необхідної кількості працівників і правильного їх розміщення, особливо при одночасному освоєнні декількох виробів, а також для координації в часі дій усіх відділів і цехів заводу, що беруть участь у підготовці виробництва.

Одним із шляхів прискорення й найкращої організації технічної підготовки виробництва є застосування наукових методів її планування за допомогою побудови мережних моделей, що забезпечують підвищення якості, скорочення термінів, а отже, і циклу підготовки й вартості витрат на неї. Мережна модель має бути побудована стосовно складу робіт (в етапах КПВ, ТПВ і ОПВ), обумовленому особливостями конструкції й технології конкретного об'єкта. На основі аналізу моделі оцінюється відповідність отриманого критичного шляху  $L_{KP}$  до його припустимого значення  $L_D$  і порівнюється його відповідність з фактичною тривалістю циклу підготовки виробництва  $L_\phi$  аналогічних об'єктів.

Методи побудови, аналізу, а також оперативного керування наведено в роботах [1–5]. Розглянемо окремі рекомендації, що доцільно враховувати при вирішенні й оцінюванні параметрів моделі.

Для побудови мережної моделі підготовки виробництва необхідно керуватися типовим переліком укрупнених етапів робіт, регламентованих у частині конструкторської підготовки виробництва відповідними стандартами ЄСКД, а для технологічної – ЄСТПВ.

Для орієнтації в складі й змісті робіт при встановленні їх конкретизованого переліку потрібно знати зміст і тривалість окремих видів робіт, а також фактичну тривалість циклу підготовки виробництва аналогічних об'єктів нової техніки.

За результатами кінцевої оптимізації перший локальний ефект від використання мережного графіка при організації й оперативному керуванні технічною підготовкою виробництва нового об'єкта має виражатись у скороченні її циклу підготовки виробництва  $\Delta L_{ЦПВ}$ .

Абсолютне скорочення циклу технічної підготовки виробництва визначається таким чином:

$$\Delta L_{ЦПВ} = L_\phi - L_{KP}.$$

Відносне скорочення циклу підготовки являє собою відношення

$$\delta_{ЦПВ} = \Delta L_{ЦПВ} \cdot 100 / L_\phi.$$

Одержані дані використовують як вихідні для розрахунку другого локального економічного ефекту від поліпшення планування й керування технічною підготовкою виробництва проектного об'єкта. Цей ефект має бути врахований потім як складова частина в розрахунках економії на наведених витратах у виробництві.

Для підприємства-виготовлювача мережне планування й керування (МПК) є одним із організаційних заходів, що забезпечують досягнення високої економічної ефективності виробництва об'єкта за рахунок компенсації відомого збільшення витрат, безпосередньо пов'язаних з виготовленням більш складних зразків виробів.

### **3. ФОРМИ ГРУПОВОГО ВИРОБНИЦТВА Й ОСНОВНІ ПРАВИЛА ЙОГО ОРГАНІЗАЦІЇ**

Розглянуті вище теоретичні положення дозволяють дати таке визначення.

Групове виробництво – це прогресивна в техніко-економічному відношенні форма організації дискретних (перервних) виробничих процесів, економіко-організаційною основою якої є цільова, тобто подетальна (предметна) спеціалізація дільниць і цехів, а технологічною складовою – уніфікована групова (типова) форма організації технологічних процесів.

Залежно від прийнятого напряму спеціалізації та глибини реалізації технологічної уніфікації розрізняють шість основних форм групової організації виробничих процесів (групового виробництва).

При подетальній спеціалізації, що поєднується з використанням одиничної або типової форми організації технологічних процесів, мають місце три первинні форми групового виробництва:

- подетальні спеціалізовані цехи (ПСЦ);
- подетальні спеціалізовані дільниці (ПСД);
- багатоменклатурні групові потокові лінії з переналагодженням верстатів (ГПЛПВ).

При подетальній спеціалізації, що поєднується з використанням групової форми організації технологічних процесів, створюють три вторинні форми групового виробництва:

- подетально-групові цехи (ПГЦ);
- подетально-групові дільниці (ПГД);
- багатоменклатурні групові потокові лінії з переналагоджуваними верстатами (ГПЛПВ).

Ці вторинні форми базуються на використанні високопродуктивного й швидкопереналагоджуваного оснащення, верстатів з числовою програмою керування, оброблюючих центрів, спеціалізованих верстатів та інших засобів механізації й автоматизації основних і допоміжних процесів. У результаті при цій новій подетально-груповій формі спеціалізації з'являється технічна база, що дозволяє звести до мінімуму надмірно велику й невиправдану переривчастість операцій на окремих робочих місцях і процесу в цілому, а тому успішно вирішувати задачі інтенсифікації й підвищення ефективності виробництва.

Як показали дослідження й практика роботи багатьох підприємств [1, 2], групове виробництво, що формується на основі

класифікації виробів, уніфікації технологічних процесів і подетально-групової спеціалізації виробничих систем, в умовах одиничного, дрібносерійного й серійного виробництва, забезпечує можливість у найбільш повній мірі врахувати й реалізувати зазначені вище (характерні для масового виробництва) принципи раціональної організації виробничого процесу.

Залежно від повноти використання зазначених принципів і їх зв'язку, що досягається при цьому, з розроблюваною й упроваджуваною уніфікованою технологією групове виробництво може бути реалізоване в різних організаційних формах.

Класифікацію основних організаційних форм групового виробництва показано на рис. 2.

Під термінами, використовуваними на рисунку, слід розуміти:

- *підприємства групового виробництва* – об'єднання або підприємство, виробничі підрозділи якого складаються в основному з подетально-спеціалізованих цехів, дільниць групового виробництва та групових поточкових ліній;

- *цех групового виробництва* – виробничий цех, спеціалізований для спільного виготовлення груп виробів (деталей);
- *дільниця групового виробництва* – виробнича дільниця, призначена для спільного виготовлення груп виробів (деталей) на спеціалізованих робочих місцях при груповій формі організації технологічних процесів;
- *групова поточкова лінія* – багатоменклатурна поточкова лінія виготовлення груп виробів (деталей) на спеціалізованих робочих місцях, розташованих у послідовності виконання операцій групових технологічних процесів для всіх або більшості виробів (деталей).

Останнім ступенем спеціалізації є робочі місця, на яких виконуються технологічно однорідні групові операції.

Організація групового виробництва доцільна при виготовленні деталей, складанні виробів, їх ремонту в основних і допоміжних цехах в умовах одиничного, дрібносерійного і серійного виробництва. У багатосерійному та масовому виробництві метод групового оброблення доцільно застосовувати при короткому циклі виготовлення або при коефіцієнті закріплення операцій  $K_{з.о} \geq 2$ . Використання тієї або іншої форми організації групового виробництва в багатьох випадках диктується виробничою структурою підприємства, що залежить від масштабу виробництва.

Рівень спеціалізації машинобудівних об'єднань, підприємств та їх підрозділів, включаючи й робочі місця, визначається сполученням

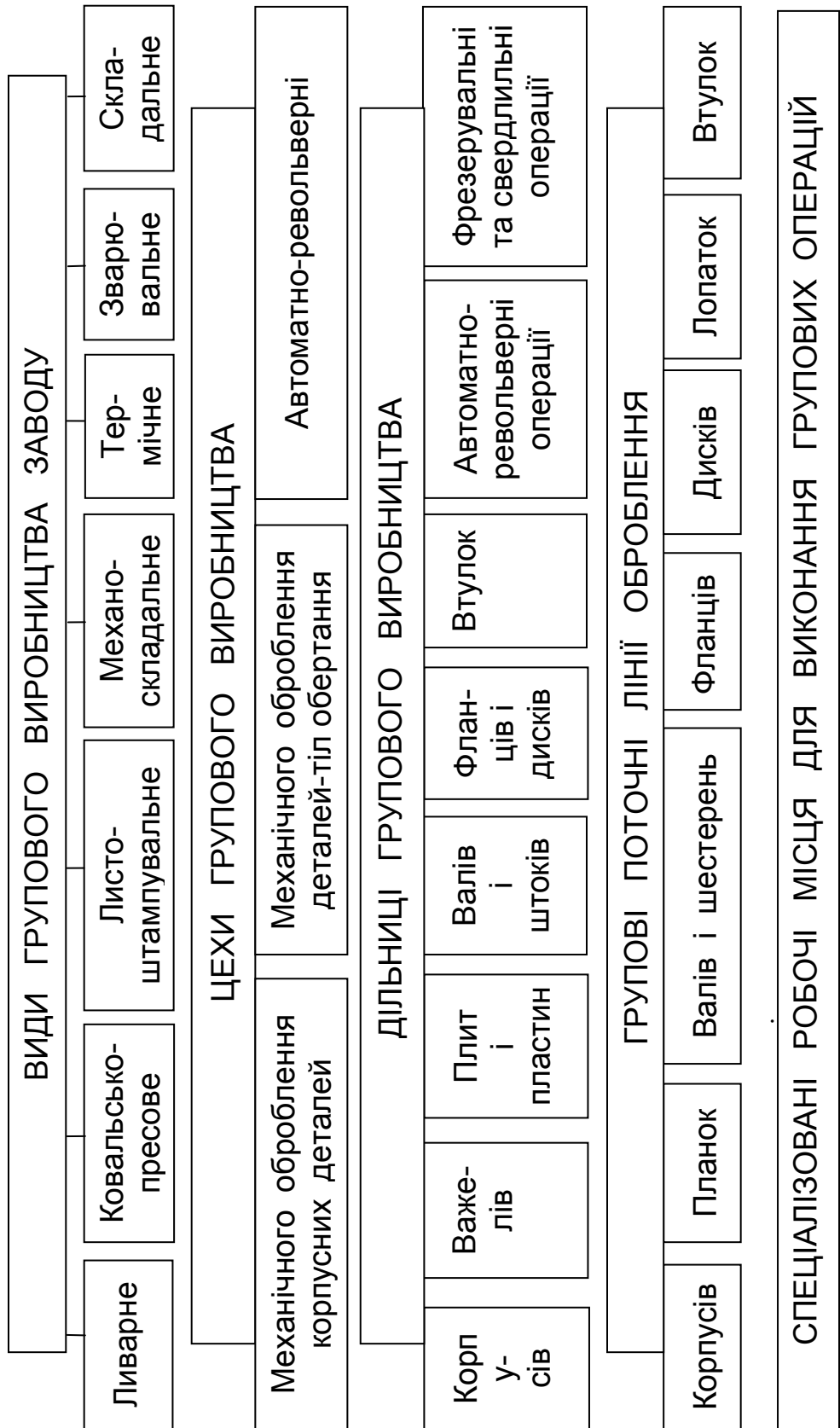


Рис. 2. Структура групового виробництва

двох основних факторів – обсягу виробництва й трудомісткості продукції, які багато в чому визначають і організаційно-виробничу структуру підприємства.

Можна визначити три типи машинобудівних об'єднань і підприємств, які спеціалізуються на випуску готових виробів:

- об'єднання (підприємства) з повним технологічним циклом, що мають усю сукупність заготівельних, оброблювальних і складальних цехів;

- об'єднання (підприємства) механоскладального виробництва, що одержують необхідні їм заготовки шляхом кооперування з іншими заводами;

- об'єднання (підприємства) складального типу, що випускають готові вироби з деталей, які виготовляють на інших підприємствах.

Залежно від характеру виконуваної роботи визначається структура групового виробництва і вибір принципів організації роботи окремих виробничих підрозділів.

Як відомо, існує дві форми спеціалізації основних цехів авіадвигунобудування: за ознакою виконуваних ними технологічних процесів і за ознакою виготовлених у них виробів (деталей). Перша форма спеціалізації називається технологічною, а друга – предметною.

Технологічна форма здійснюється в цехах, робота в яких ґрунтується на виконанні конкретних технологічних процесів, – ливарних, ковальських, штампувальних, механічних, термічних, фінішних, складальних. У міру збільшення масштабів виробництва ця спеціалізація ще більше диференціюється, наприклад, створюються механічні цехи для оброблення великих, середніх і дрібних деталей; ливарні – для лиття під тиском, у піщано-глинисті форми, у виплавлюваних моделях і т.ін.

При технологічній спеціалізації кожний цех виконує операції, що входять у загальний технологічний процес виготовлення даного виробу. Основного значення тут набувають групові деталіоперації, закріплені за кожним робочим місцем або видом устаткування.

Предметна форма спеціалізації цехів і дільниць має три напрями: машинну (вузлову), комплектно-подетальну і подетально-групову. Перші два різновиди предметної спеціалізації характерні для об'єднань і підприємств багатосерійного й масового виробництва. При серійному і дрібносерійному виробництві вони себе не виправдовують. В умовах одиничного й серійного типів виробництва мають бути прийняті подетальна-групова форма спеціалізації, а

також технологічна – для ливарних, ковальських, штампувальних та інших цехів.

При подетально-груповій спеціалізації цехи (дільниці) організують за принципом конструктивно-технологічної подібності виготовлюваних деталей, незалежно від того, для якого виробу чи вузла призначена та або інша деталь. При цьому складальні цехи, як правило, відокремлюються від механічних. Така форма внутрішньозаводської спеціалізації можлива тільки при організації групового виробництва з широким використанням усіх його переваг. Вона створює найбільш сприятливі умови для впровадження прогресивних технологічних процесів, механізації й автоматизації, тобто методів організації, властивих багатосерійному й масовому виробництву. Поступова заміна технологічної форми спеціалізації подетально-груповою – одна із сучасних прогресивних тенденцій удосконалення виробничої структури машинобудівного підприємства.

Вищою формою організації групового виробництва є широке впровадження групових потокових ліній металооброблення, термічного оброблення, фінішних операцій, складання й випробувань.

Організація групового виробництва містить комплекс робіт, що забезпечують створення й функціонування спеціалізованих підрозділів (рис. 3). Основні правила його організації регламентовані ГОСТ 14.319–87.

Як видно з рисунка, при організації групового виробництва здійснюються такі заходи:

- аналіз номенклатури виробів і виробничих умов підприємства;
- класифікація й кодування деталей (виробів);
- групування деталей, розрахунок їхньої трудомісткості, визначення складу виробничих підрозділів, розроблення комплексного плану робіт з організації групового виробництва;
- уніфікація деталей і відпрацьовування їх на технологічність;
- аналіз діючих технологічних процесів і розроблення групових;
- визначення типажу й модернізація устаткування;
- проектування й виготовлення високопродуктивних засобів технологічного оснащення;
- створення або удосконалення системи нормування групових технологічних процесів;
- оперативне планування й управління з використанням АСУВ;
- дослідно-промислова експлуатація й промислове впровадження.

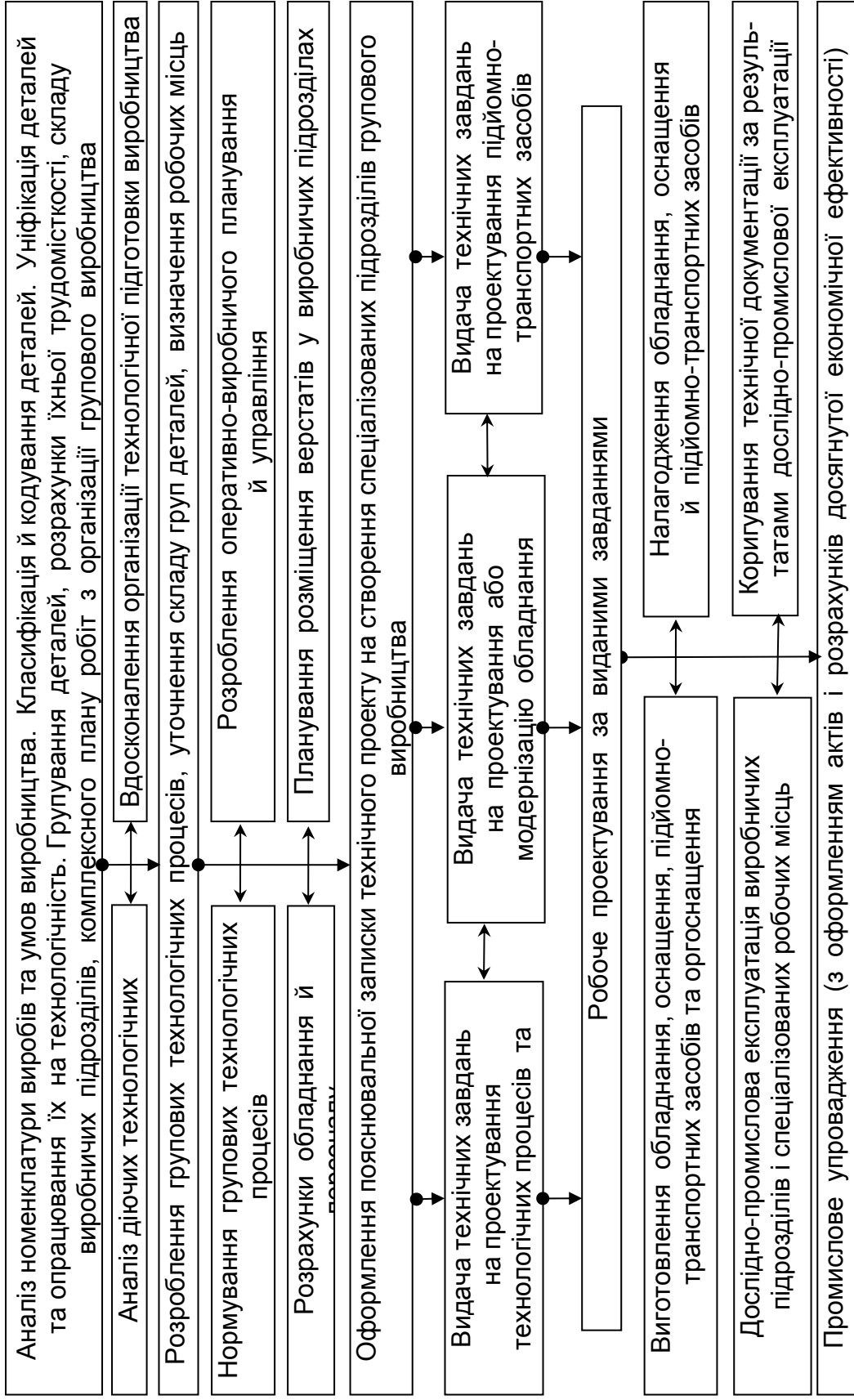


Рис. 3. Основні етапи робіт з організації групового виробництва



Основними документами, розроблюваними на стадії створення технічного проекту, є такі:

- маршрутні карти, що визначають види й послідовність завантаження спеціалізованих робочих місць груповими операціями;
- відомості деталей або складальних одиниць (з розрахунком їхньої трудомісткості), для виготовлення яких є доцільним створення спеціалізованих виробничих підрозділів і робочих місць;
- розрахунки необхідної кількості засобів технологічного оснащення й оргоснащення, виробничих площ, робочої сили і т.д.;
- схеми розташування устаткування у виробничих підрозділах;
- технічні завдання на проектування нового або модернізацію наявного технологічного устаткування і засобів механізації й оргоснащення;
- основні положення з оперативно-виробничого планування й управління;
- розрахунки техніко-економічних показників, що можуть бути досягнуті упровадженням групового виробництва.

Формування спеціалізованих підрозділів групового виробництва ведеться для груп виробів з урахуванням сумарного значення показника відносної трудомісткості, що розраховується відповідно до ГОСТ 14.314–74.

Основними технічними документами, розроблюваними на стадії виконання робочого проекту, є такі:

- робочі текстові технологічні документи;
- робочі креслення засобів технологічного оснащення й оргоснащення;
- планування виробничих підрозділів;
- технічні матеріали з оперативно-виробничого планування й управління.

При створенні спеціалізованих підрозділів і організації групового виробництва проводять такі основні роботи:

- монтаж існуючого й нового обладнання, засобів механізації й оргоснащення; операції із забезпечення функціонування засобів технологічного оснащення;
- випробування засобів технологічного оснащення й оргоснащення, упровадження технологічних процесів;
- упровадження системи оперативно-виробничого планування й управління виробництвом з урахуванням можливого впровадження АСУВ;
- приведення виробничих підрозділів у відповідність до вимог

НОП, техніки безпеки, санітарії та гігієни, промислової естетики й протипожежної безпеки.

Завдання, розв'язувані на основних етапах організації групового виробництва, і використовувані при цьому документи наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Поетапний склад завдань організації групового виробництва

Основні етапи робіт	Розв'язувані завдання	Використовувана документація
Аналіз виробничих умов підприємства	Збір і аналіз інформації про діюче виробництво	Конструкторська й технологічна документація на вироби; планові завдання; відомості про трудомісткість виготовлення виробів; галузеві стандарти, що містять матеріали з оцінювання техніко-економічних показників
Класифікація та групування виробів	Визначення груп виробів, що мають спільні технологічні ознаки	Технічні матеріали, що містять результати аналізу виробничих умов; робочі креслення й документація на діючі технологічні процеси; загальнодержавний класифікатор продукції; технологічний класифікатор деталей машинобудування; стандарти й довідкові матеріали
Розроблення перспективного плану	Визначення виробничої структури	Технологічні матеріали, що містять результати групування виробів і аналізу виробничих умов підприємства
Розроблення проектів спеціалізованих підрозділів	Розроблення технічної документації	Технічні завдання на проектування спеціалізованих підрозділів групового виробництва; креслення виробів; діючі й перспективні технологічні процеси; стандарти ЄСКД, ЄСТД і ЄСТПВ
Забезпечення засобами оснащення	Забезпечення культури виробництва	Робочі креслення засобів технологічного оснащення й оргоснащення; комплекти технічної документації
Удосконалення організації ТПВ	Удосконалення технологічних служб	Стандарти ЄСТПВ; галузеві стандарти, довідкові матеріали з організації ТПВ; комплекти технічної документації спеціалізованих підрозділів групового виробництва

Попередні пропозиції з висновками про доцільність зміни існуючої або розроблення нової виробничої структури й організації групового виробництва виконують на етапі аналізу виробничих умов підприємства. Перспективний план розвитку або організації групового виробництва розробляють на певний плановий період з розподілом робіт за роками, кварталами й місяцями. Остаточне відпрацювання ведеться на стадії виконання робочого проекту. Необхідність кожного етапу робіт, склад задач і послідовність їхнього вирішення визначається залежно від умов виробництва й готовності підприємства до переходу на групове виробництво.

В умовах реконструкції діючого або проектного підприємства організація групового виробництва потребує проведення великої організаційно-технічної підготовки, а також наявності спеціального підрозділу (відділу, бюро, групи), що здійснює загальне керівництво діяльністю всіх зацікавлених технічних служб.

Усі роботи проводяться поетапно, але можуть здійснюватися не тільки послідовно, але й паралельно із залученням різних технічних підрозділів відповідно до розробленого графіка робіт.

#### **4. МЕТОД ГРУПОВОГО ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ**

Другим напрямом уніфікації технологічних процесів є метод групового оброблення деталей. Його основи, розроблені професором С.П. Митрофановим на початку 50-х років, знайшли широке застосування в різних галузях промисловості [1–3].

У типізації технологічних процесів (ранній період уніфікації технології) основною ознакою класифікації була конструкторська належність деталі. У груповому методі виробництва – сучасній фазі уніфікації технології, пов'язаній із широкою механізацією й автоматизацією процесу – основною ознакою класифікації й групування є застосовувані засоби технологічного оснащення.

Груповий метод – це такий метод уніфікації технології виробництва, при якому для груп однорідної за тими або іншими конструкторсько-технологічними ознаками продукції встановлюють однотипні високопродуктивні методи оброблення з використанням однорідних і швидкопереналагоджуваних знарядь виробництва; при цьому забезпечують економічну ефективність виробництва, необхідну швидкість його підготовки й переналагодження.

На рис. II.7, II.8 [1, Т. 1, с. 65] показано деталі, для яких під час підготовки виробництва необхідно розробити одиничні або групові технологічні процеси. У першому випадку буде потрібно спроектувати стільки процесів, скільки є деталей, і сконструювати відповідну

кількість одиниць оснащення. У другому випадку, коли всі деталі за визначеною системою об'єднані в групи, необхідно розробити лише сім групових процесів з відповідним груповим технологічним оснащенням (див. рис. II.8 [1, т. 1, с. 65]). Як видно з цього рисунка, в групу входять деталі, різні за своїми конструкторськими ознаками.

Метод групового оброблення як основа створення технологічних процесів – найважливіша ланка в загальному ланцюзі підготовки машинобудівного виробництва: конструювання – технологія – організація й економіка. Цим обумовлені і його залежності від зазначених ланок, і його прямий вплив на них.

В умовах одиничного й серійного виробництва даний метод створює всі необхідні передумови для організації групового виробництва – вищої форми, що відповідає сучасним вимогам до організації виробництва.

Груповий метод безпосередньо пов'язаний з уніфікацією конструкцій машин, приладів і їхніх елементів, оскільки в основі уніфікації технології лежить класифікація продукції. Він пов'язаний також з організацією й економікою виробництва, тому що значною мірою визначає виробничу структуру цехів і дільниць, систему нормування, планування й обслуговування виробництва. Чим вищий рівень уніфікації технології на базі групового методу, тим простіші й раціональніші організаційні форми виробництва і тим у більшій мірі вони наближаються до вищої форми організації виробництва – безперервному потоку. Разом з цим при удосконалюванні організації виробництва ставлять особливі вимоги до групового методу.

Найбільш загальні задачі, розв'язувані груповим методом, зводяться до спеціалізації, технологічної концентрації у вигляді багатоінструментального й багатопредметного оброблення, до суміщення часу виконання основних і допоміжних елементів роботи і т.ін.

Принциповими основами групового методу виробництва є такі:

- класифікація й групування деталей, видів робіт, технологічних процесів і засобів технологічного оснащення;
- класифікація й конструювання групового оснащення та іншого технологічного оснащення;
- цільова модернізація й спеціалізація устаткування;
- упровадження групових поточкових та автоматичних ліній;
- утворення групових дільниць і цехів.

Крім того, при груповому методі по-новому вирішують питання технічного нормування й організації виробництва. Груповий метод як основа уніфікації засобів технологічного оснащення обмежує їхні конструктивні різновиди, розміри й складові елементи.

Необхідно розрізняти два напрями уніфікації технологічного оснащення:

– *універсалізацію*, що забезпечує оброблення максимальної кількості деталей із застосуванням мінімальної кількості одиниць оснащення;

– *спеціалізацію*, що забезпечує оброблення обмеженої номенклатури деталей (навіть до одного найменування) з високою продуктивністю й точністю.

В обох випадках уніфікація створює основу для стандартизації конструктивних елементів технологічного оснащення, тобто обмеження різноманітності її деталей і вузлів.

Уніфікація сприяє усуненню основного протиріччя, характерного для серійного виробництва, і полягає в необхідності, з одного боку, максимального й швидкого насичення виробництва високопродуктивним устаткуванням і порівняно дорогим технологічним оснащенням, а з іншого – забезпечення його максимальної економічності й продуктивності.

Метод групового оброблення деталей відкриває широкі можливості застосування спеціалізованого (переналагоджуваного) оснащення, у тому числі й групового.

Групове переналагоджуване оснащення проектується для груп деталей, що мають подібність за способами установлення й закріплення. Оброблення деталей різної конфігурації за допомогою одного спеціалізованого групового оснащення забезпечується завдяки використанню змінних або регулюючих елементів. Підвищена собівартість такого пристосування економічно виправдовується, тому що витрати розподіляються на всі деталі, які входять до групи.

Як показує аналіз витрат допоміжного й підготовчо-заключного часу при роботі на верстатах різного типу й простоях з організаційно-технічних причин, непродуктивні втрати при впровадженні групової обробки помітно скорочуються.

При груповому методі модернізація цілеспрямована на підвищення всіх показників роботи в умовах спеціалізації відповідно до задач групового технологічного процесу, коли верстат оснащується тільки тими пристроями і пристосуваннями, які необхідні для продуктивного оброблення деталей конкретної групи.

Спеціалізація відкриває можливості для автоматизації в дрібносерійному й серійному виробництві. При груповому обробленні зростає пропускна здатність робочих місць, що обумовлює можливість використання спеціалізованих і агрегатних верстатів, а також швидкопереналагоджуваних багатопредметних (групових) потокових і навіть автоматичних ліній.

Для побудови потокового процесу при будь-якому типі виробництва необхідні уніфікація конструкцій об'єктів і технології, організаційно-виробнича стандартизація й регламентація (стандарт-план, режим зміни й чергування об'єктів, багатостатне обслуговування та ін.). У формуванні всіх видів потоку цілком використовують можливості групового методу, що стає його технологічною основою, особливо в умовах серійного виробництва. На цій основі створюються умови для виділення й організації подетально-групових ділянок і групових поточкових ліній.

При впровадженні групових процесів виникають передумови для переходів від одиничного нормування до групового. У цьому випадку технічно обґрунтована норма часу визначається в першу чергу для характерного представника конкретної групи деталей. Норми на інші деталі групи встановлюються порівняно швидко за допомогою використання спеціальної методики.

Для спрощення й прискорення групового нормування розроблено номограми й довідкові таблиці. Норма часу визначається шляхом коригування даних для комплексної деталі за допомогою відповідних коефіцієнтів трудомісткості операцій.

Застосування групового методу спричиняє докорінні зміни й поліпшення в усій системі організації виробництва: у виробничій структурі підприємства, цехів і ділянок; в оперативно-виробничому плануванні й матеріально-технічному постачанні; в організації робочих місць і обслуговуючих підрозділів; у забезпеченні контролю якості продукції.

Груповий метод виробництва створює сприятливі передумови для удосконалювання комплексних систем планування, методів планування виробничих потужностей і завантаження устаткування, для розвитку системи календарного планування за стандарт-планом, зростання ритмічності виробництва. У плануванні можуть бути використані методи математичного моделювання й програмування.

Груповий метод є основою для застосування спрощених методів нормування витрат матеріалів на групи деталей, тобто створення стійких комплектних запасів матеріалів і напівфабрикатів, а також упровадження спеціалізованих методів комплектування й збереження матеріалів (стосовно до групових деталепроцесів і деталеоперацій). Успішно вирішуються й питання НОП на робочому місці, його спеціалізації, комплектного оснащення й розумного планування, що забезпечує максимальне збільшення продуктивності праці.

Проведена спеціалізація устаткування за груповими операціями сприяє переходу від звичайних форм обслуговування (ремонт, забезпечення інструментами, подача заготовок, транспортування

та ін.) до планово-попереджувальних і вищих форм у вигляді стандартного й примусового обслуговування (стандартний ремонт устаткування, примусова зміна й заточування інструментів, стабільність маршрутів внутрішньоцехових перевезень та ін.).

При груповому виробництві створюються можливості впровадження в дрібносерійне виробництво статистичних методів контролю, передавання ряду контрольних функцій робітникам, застосування групових методів контролю, а також спрощених прийомів групової калькуляції собівартості деталей через заздалегідь визначену собівартість одиниці машинного часу для груп. Після нагромадження достатнього матеріалу й досвіду групові технологічні процеси можуть бути оформлені у вигляді «сліпшів», в які для всякої нової деталі вносяться лише розмірні й точнісні характеристики, а також норми оброблення.

Діючі на підприємстві класифікатори деталей мають бути використані конструкторами при проектуванні нових виробів. Це дозволяє розподіляти значну кількість нових деталей за наявними групами класифікатора, а отже, виконувати їх оброблення на вже налагоджених для певних деталей верстатах і пристосуваннях.

Упровадження групового оброблення й організації на її базі групового виробництва потребує проведення великої підготовчої роботи, що містить класифікацію деталей (їх групування); розроблення технологічного процесу для групи деталей; проектування засобів групового технологічного оснащення; модернізацію групових потоків і групових автоматичних ліній; створення системи календарно-оперативного планування.

### **Групування деталей**

Незважаючи на різноманіття й розходження конструкцій, деталей машин і приладів, є велика кількість подібних конструктивних, розмірних, точнісних і технологічних ознак. Користуючись певною системою, можна виявити ці загальні ознаки і звести деталі у визначені групи.

Групою називається сукупність деталей, що характеризується під час оброблення спільністю устаткування, оснащення, налагодження всього технологічного процесу й окремих операцій. При створенні груп беруться до уваги габарити деталей, тому що вони визначають тип устаткування й розміри технологічного оснащення. Крім того, враховують таке: спільність геометричних форм і поверхонь, що підлягають обробленню; їхня точність і шорсткість; однорідність заготовок; серійність; економічність процесу.

Практика свідчить, що об'єднання деталей тільки за конструкторсько-технологічними ознаками не забезпечує повного використання можливостей групового методу. Необхідно велику увагу приділяти й організаційно-плановим питанням.

Група деталей в груповому виробництві характеризується *єдністю* у конструкторському, технологічному (спільність технології), інструментальному (спільність оснащення) і організаційно-плановому (єдине планування й організація виробництва) розумінні. Слід зазначити, що створення технологічних груп – це найбільш відповідальний процес, який потребує високої кваліфікації, спеціальних технічних знань і навичок.

Створення уніфікованих (групових) процесів виготовлення деталей може базуватися на різних методах групування деталей. При цьому можливі такі групування деталей:

- за конструкторсько-технологічною подібністю (найбільш типовими сукупностями в цьому випадку є групи шестерень, втулок, валиків, шпінделів та ін.);
- за їхніми елементарними поверхнями, що дозволяє встановити варіанти оброблення цих поверхонь, а з комбінації елементарних процесів одержати технологічний процес оброблення будь-якої деталі;
- за переважними видами оброблення (типами устаткування), єдності технологічного оснащення й спільності налагодження верстатів.

В усіх випадках враховуються призначення деталі (виробу), її конструкція, точність розмірів і шорсткість оброблюваних поверхонь, спільність рішення основних технологічних завдань, подібність маршрутів оброблення, однорідність заготовок, обсяг випуску й ін.

За ступенями охоплення технологічного процесу уніфікацією розрізняють такі деталі:

- з цілком уніфікованим процесом оброблення; у цьому випадку уніфікація проводиться в межах одного виду оброблення, що здійснюється на одному типі устаткування, або в межах декількох видів оброблення, які виконуються на різних типах устаткування (спільність технологічного маршруту);
- з частковою уніфікацією процесів оброблення, коли групова технологія здійснюється на одній операції оброблення різних деталей або на декількох обов'язково суміжних у технологічному маршруті операціях оброблення однієї й тієї ж деталі.

Групування охоплює реальні деталі, що є в номенклатурі випуску, а також комплексні, штучно створені (умовні) деталі, які мають усі геометричні елементи деталей конкретної групи.



Комплексною може бути реальна деталь, якщо вона як найбільш складна має всі елементи оброблення деталей, що складають групу.

Груповий метод допускає використання всіх зазначених видів групування, якщо вони доцільні в умовах конкретного виробництва. При цьому головне завдання полягає в тому, щоб забезпечити максимальний обсяг економічно виправданих робіт з уніфікації виробництва.

На одному заводі можливе застосування декількох або всіх методів класифікації та групування деталей і процесів. Цим визначається універсальність групового методу. Будь-які обмежуючі умови групування звужують можливості уніфікації технології, що видно на прикладах типізації технологічних процесів, в яких вводяться занадто жорсткі рамки до подібності геометричних форм деталей, які належать до одного типу.

В умовах серійного й дрібносерійного виробництва найбільше поширення одержав метод групування деталей за типом устаткування, що застосовується для оброблення, єдності технологічного оснащення, спільності налагодження верстатів з використанням комплексної деталі.

Групування деталей при проектуванні групових процесів рекомендується виконувати в такій послідовності: групові деталеоперації, а потім маршрутні групові процеси.

### **Групування деталей за видами оброблення**

На рис. 4 показано зміст і послідовність класифікації деталей. З нього випливає, що в основному доводиться мати справу з трьома найбільш характерними випадками.

**Перший випадок.** Груповим обробленням охоплено одну операцію (заготівельні процеси, металообробні верстати, фінішні процеси і т.ін.) Як показано на рис. 5, деталі з незакінченим циклом оброблення, спільно оброблені на одній груповій операції, на інших операціях (якщо це потрібно) входять в інші групи або виготовляються за одиничними процесами. Цей метод класифікації охоплює найбільшу кількість деталей і особливо ефективний, якщо технологічний процес, що діє для всіх деталей групи, є одноопераційним.

Застосування групових процесів для виконання окремих операцій (деталеоперацій) підвищує продуктивність праці верстатників. Закріплення за певним верстатом і виконавцем групи деталей дозволяє заздалегідь обладнати робоче місце необхідним оснащенням, стелажми, інструментальними шафами, зробити модернізацію устаткування і т.ін. На автоматах, револьверних і спеціалізованих верстатах підвищується кваліфікація робітників тому

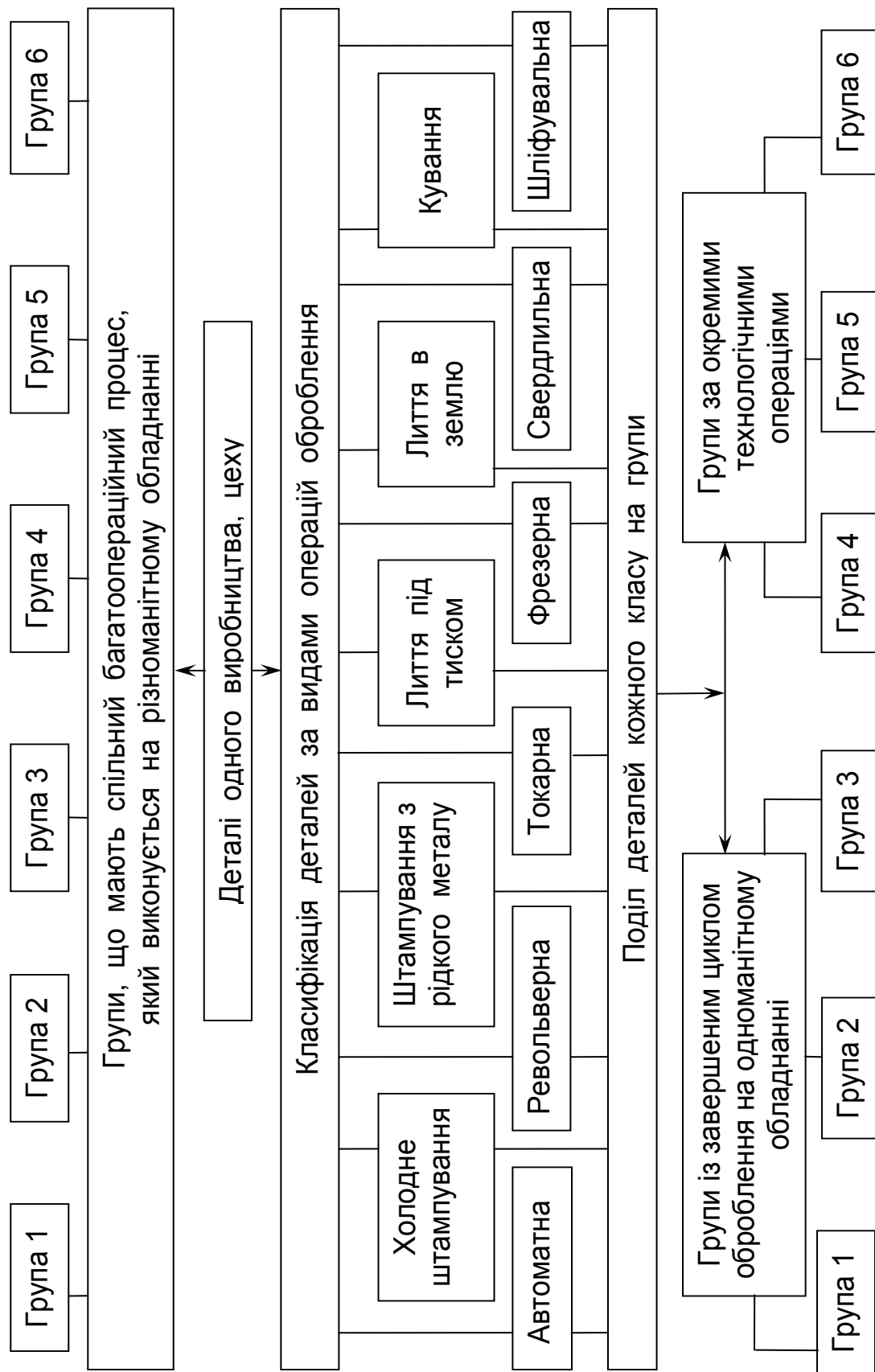


Рис. 4. Класифікація деталей за видами оброблення й спільності технологічного маршруту

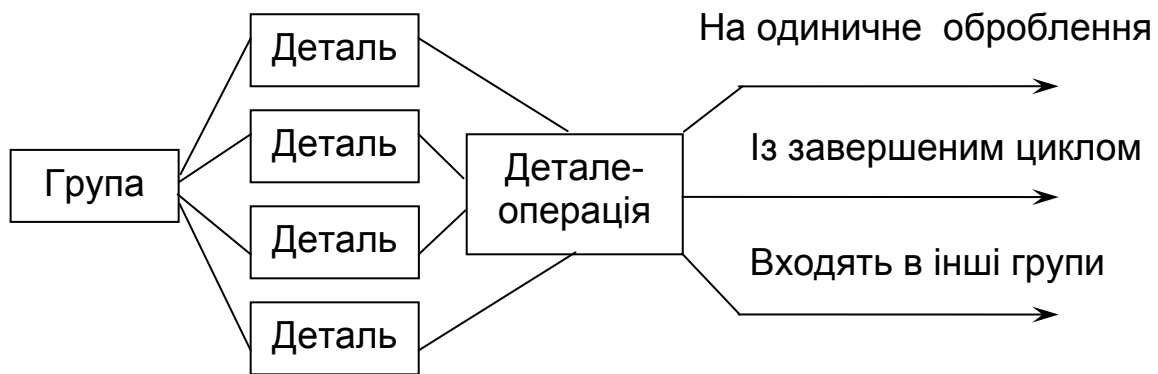


Рис. 5. Група деталей з циклом оброблення на одному типі устаткування

що вони швидко звикають самостійно виконувати необхідне підналагодження устаткування, відпадає необхідність мати в штаті велику кількість наладників.

**Другий випадок.** Деталі групи мають загальний груповий багатоопераційний процес, який виконують на різномітному устаткуванні. Усі деталі даної групи проходять послідовно або через деталі операції групового технологічного процесу (рис. 6), або через окремі, необхідні для їхнього оброблення деталі операції (рис. 7).

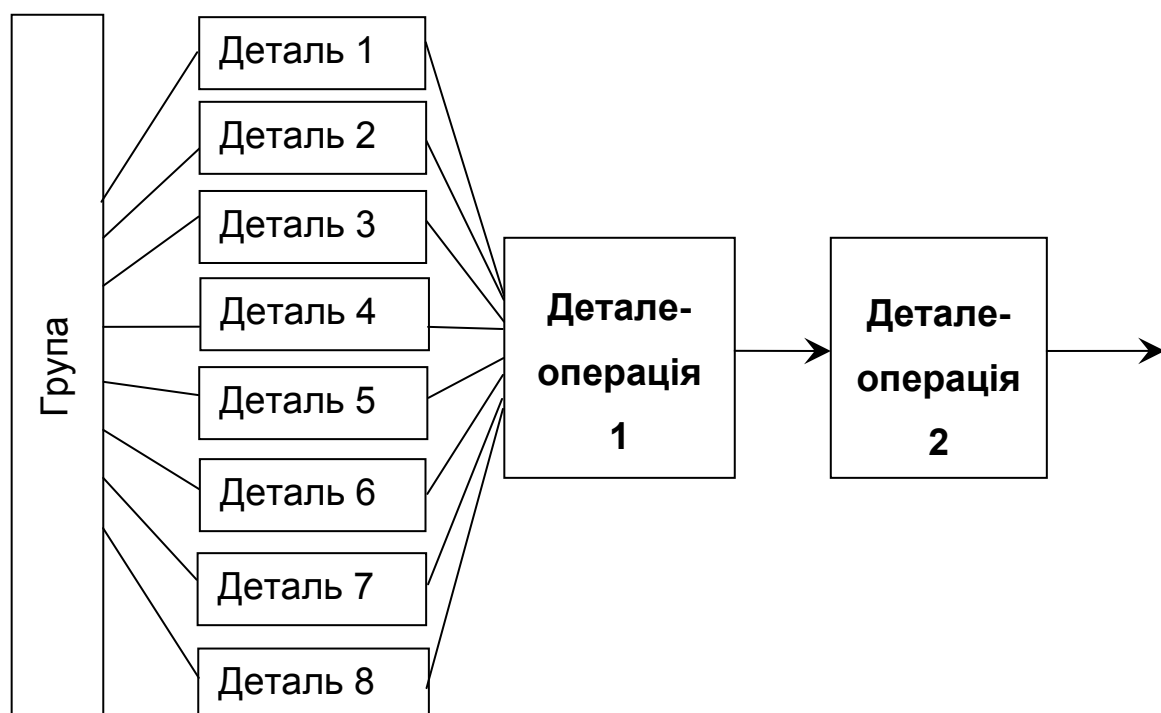


Рис. 6. Група деталей із загальним багатоопераційним процесом послідовного оброблення на різномітному устаткуванні

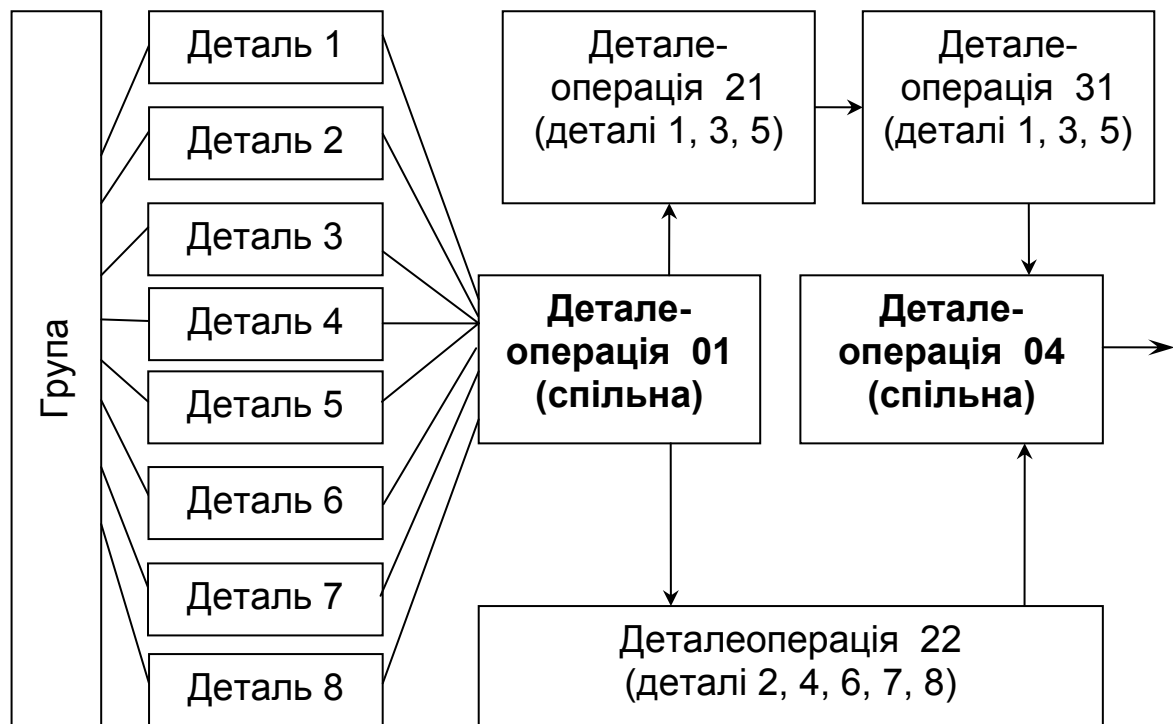


Рис. 7. Група деталей із загальним багатоопераційним процесом комбінованого оброблення на різнотипному устаткуванні

**Третій випадок.** На одній або декількох операціях поєднуються деталі декількох груп, кожна з яких охоплює весь технологічний маршрут оброблення на різнотипному устаткуванні (рис. 8). Це робиться для зміцнення груп з метою створення економічних передумов упровадження групової технології.

У другому й третьому випадках оброблення деталей зазвичай здійснюється на устаткуванні, розташованому в порядку послідовності операцій, із застосуванням на кожній операції групових пристосувань та інструментальних оснащень, а якщо необхідно, і спеціалізованого устаткування. Останні два випадки створюють сприятливі умови та є основою для впровадження групових (багатопредметних) потоків.

Одним із основних напрямів групування є об'єднання деталей за видами устаткування. Створюються групи деталей, що обробляють на автоматах, револьверних, токарних, фрезерних, свердлильних та інших верстатах, а також групи деталей, які одержують литтям, холодним і гарячим штампуванням, із пластмас і т.ін.

Розподілення деталей за видами оброблення є попереднім етапом, що полегшує наступне їхнє розподілення на групи, й самостійного значення не має. Головною метою подальшої класифікації є визначення груп деталей, при обробленні яких потрібно мати не тільки той самий тип устаткування, але й єдине технологічне оснащення і загальне налагодження цього устаткування.

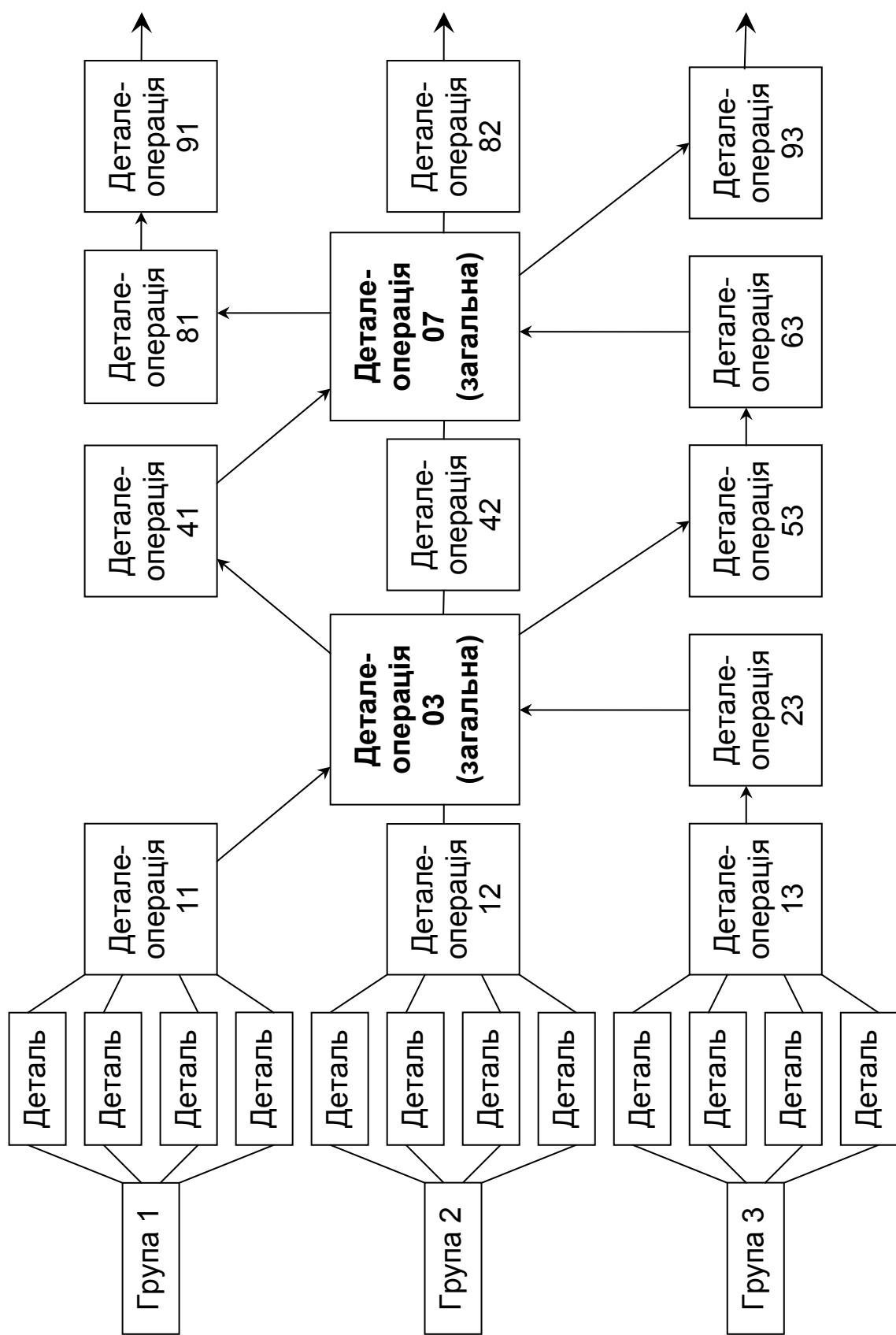


Рис. 8. Схеми об'єднання кількох груп деталей, що мають подібний технологічний маршрут



Таблиця 3

Матриця відповідності між деталями групи

Деталі	Номери поверхонь																		$\Sigma_j$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Б	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3
В	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	5
Г	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	6
Д	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	7
Е	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Ж	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	9
З	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	9
І	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	8
К	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	5
Л	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	7
М	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	9
$\Sigma_i$	11	3	7	3	4	4	4	4	1	7	2	1	6	1	4	4	6	1	

- перевіряти правильність складання комплексної деталі;
- визначати доцільність включення тієї або іншої елементарної поверхні в комплексну деталь, для чого використовують показник  $\Sigma_i$ ;
- визначати доцільність включення тієї або іншої деталі в групу, для чого використовують показник  $\Sigma_j$ .

Проаналізувавши табл. 3, можна зробити такі висновки:

- включення в комплексну деталь поверхонь 9, 12, 14 і 18 недоцільне, бо значення  $\Sigma_i = 1$  для цих поверхонь є малим;
- включення деталей Ж, З, І, М в групу є доцільним (це пов'язано зі специфікою підбору групи деталей), причому деталей Ж, З, М більшою мірою, деталі І – меншою мірою;

Матрицю як математичну модель групи деталей зручно застосовувати при вирішенні завдань технології за допомогою ЕОМ. Прикладом може бути адресація нової деталі до групи. У цьому випадку необхідно перевірити, чи всі елементарні поверхні деталі є в складі комплексної. Для цього використовують вектори-рядки  $a$  і  $t$ , що описують конкретну деталь, і логічну функцію

$$r = (a \oplus t) \wedge t,$$

де  $\oplus$  – операція порозрядного додавання ( $0 \oplus 0 = 0$ ;  $0 \oplus 1 = 1$ ;  $1 \oplus 0 = 1$ ;  $1 \oplus 1 = 0$ );

$\wedge$  – операція логічного множення ( $0 \wedge 0 = 0$ ;  $0 \wedge 1 = 0$ ;  $1 \wedge 0 = 0$ ;  $1 \wedge 1 = 1$ ), за значенням якої можна сказати, чи має деталь хоча б одну поверхню, не включену в комплексну деталь.

Якщо  $r = 0$ , то такої поверхні немає, якщо  $r \neq 0$ , то такі поверхні є. Наприклад, визначимо вектор-рядок для деталі  $D$ , що входить до групи

$$\begin{aligned} & d = (101100000000101110). \\ \text{Тоді} \quad & a = 111111111111111111 \\ & \oplus \\ & d = \frac{101100000000101110}{010011111111010001} \\ & \Lambda \\ & d = \frac{101100000000101110}{r = 000000000000000000}. \end{aligned}$$

Розглянемо нову деталь  $T$  (рис. 9), що має радіусну поверхню 19, і перевіримо можливість включення її в групу. Рядок для цієї деталі буде містити  $m + 1$  цифру, тому що до складу елементарних включено додаткову радіусну поверхню, наявність якої визначена одиницею в останньому розряді:

$$t = (1000000001001000001).$$

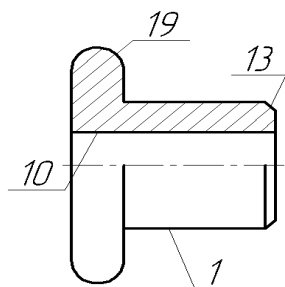


Рис. 9. Деталь  $T$ , що адресується до комплексної деталі  $A$

У цьому випадку рядок комплексної деталі збільшимо на один нульовий розряд для того, щоб провести порозрядне додавання й множення:

$$\begin{aligned} & a = 1111111111111111110 \\ & \oplus \\ & t = \frac{1000000001001000001}{011111111011011111} \\ & \Lambda \\ & t = \frac{1000000001001000001}{r = 0000000000000000001}. \end{aligned}$$

Деталь не може бути включена до групи, тому що функція  $r \neq 0$ .

Якщо деталь має поверхні, включені до складу комплексної деталі, то функція  $r = 0$  і вона адресується до групи. Потім можна перевірити значення інших логічних функцій, пов'язаних з рядком  $a$ , що уточнюють групування.

Наприклад, з елементами рядка  $a$  і матриці  $L$  можна пов'язати функції оцінювання часу оброблення елементарної поверхні на конкретному устаткуванні й на основі аналізу матриці визначити доцільність включення тієї або іншої елементарної поверхні в комплексну деталь або деталі в дану групу. Перше завдання вирішують на основі показника  $\sum_i$ , а друге – з використанням показника  $\sum_j$  (див. табл. 3). Наприклад, є партія деталей виду  $K$ , для якої  $\sum_i = 1$  мала, тоді віднесення до комплексної деталі елементарної поверхні 9



і деталі до групи недоцільне, тому що поверхня є тільки у цієї деталі. Припустимо, що є великі тимчасові втрати при обробленні в групі деталей *Б*, партія яких є великою, а  $\sum J = 3$  – найменшою. Тоді немає рації включати її до даної групи.

Викладену формальну методику пристосовано для реалізації за допомогою ЕОМ.

Власне кажучи, конструювання умовної комплексної деталі виконується методом накладення, що полягає в такому. Переглядаючи креслення деталей групи, технолог з декількох подібних деталей вибирає одну, найбільш характерну. Потім розглядає деталі, що відрізняються від неї наявністю інших оброблюваних поверхонь. Ці нові поверхні він наносить на креслення вихідної деталі. Таким чином, створюється умовна комплексна деталь, що містить усі елементи деталей груп.

На рис. 10 зображено низку деталей – тіл обертання (1–11). За вихідну прийнято деталь 7. Деталь 2 відрізняється від деталі 7 наявністю зовнішнього уступу й зовнішньої різі. Ці елементи накладені на креслення деталі 7. Наступна деталь 1 має внутрішній конус, зовнішній уступ і різь, які, у свою чергу, накладаються на дане креслення і т.д. У результаті сформовано комплексну умовну деталь, яку показано на рис. 10.

На рис. 11 наведено приклад використання комплексної деталі групи, що оброблюють на токарному верстаті. Конфігурація комплексної деталі може бути досить складною або конструктивно віртуальною. Проектування групової технології та верстата на деталіоперацію виконується за комплексною деталлю. У цьому випадку заготівка закріплюється в трикулачковому патроні 3, а різальний інструмент – у чотирипозиційному різцетримачі. У задню бабку верстата встановлено гнучку державку з розгорткою 1. Обмежниками для лінійних розмірів є упори 2.

На рис. 12 показано групу деталей, які оброблюють на револьверних верстатах з горизонтальною віссю револьверної головки. Оснащення верстата виконують за комплексною деталлю. Підналагодження при переході до оброблення нової деталі групи виконує сам верстатник.

У цьому випадку було розглянуто приклади оброблення деталей групи за технологічним процесом, спроектованим для комплексної деталі. Слід зазначити, що це один з методичних прийомів, який дозволяє найбільш просто й ефективно забезпечити оброблення різних деталей групи. Використання ЕОМ дозволяє проектувати комплексну деталь і групові деталіоперації на високому рівні.

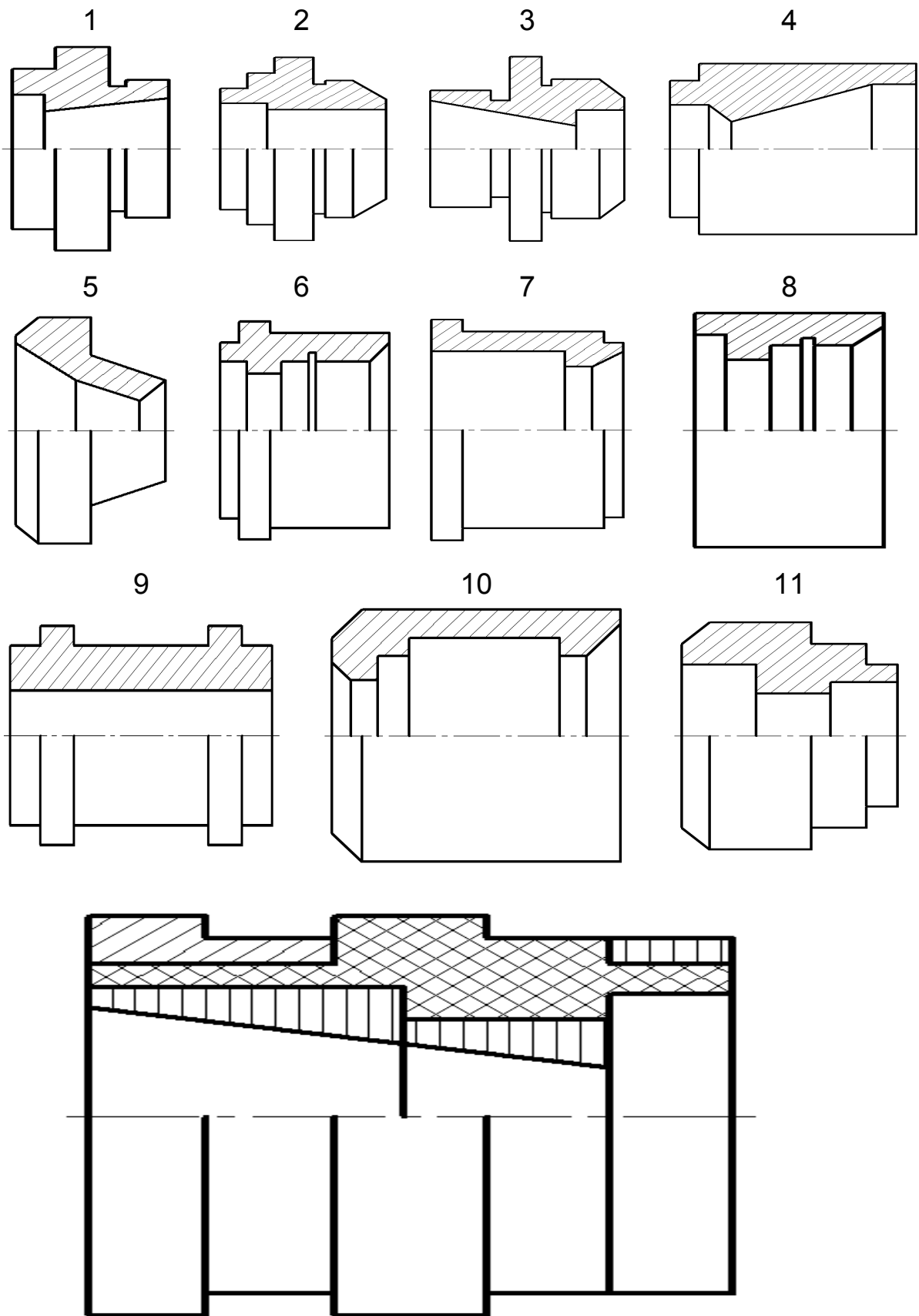


Рис. 10. Схема створення комплексної деталі (типу втулки)

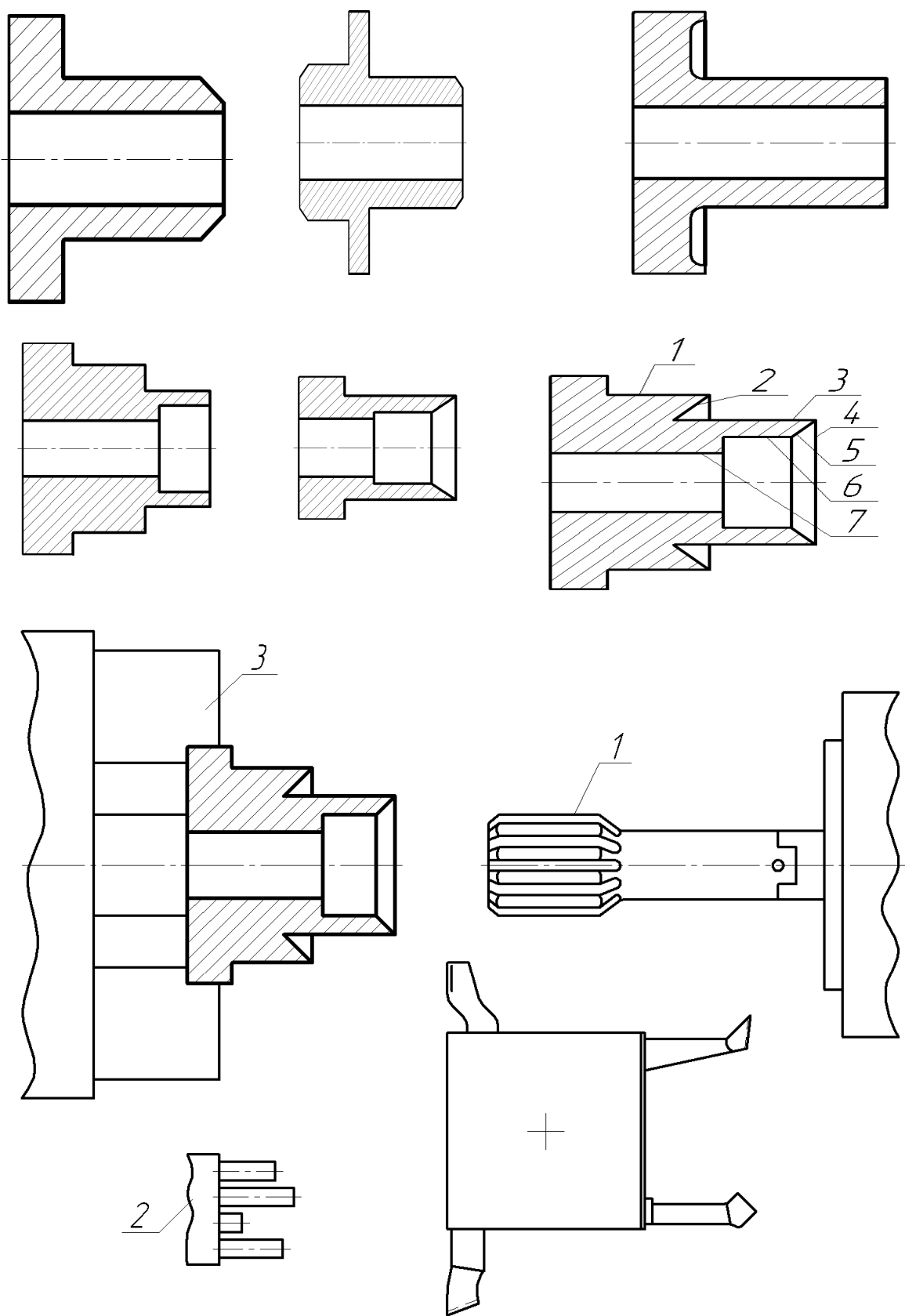


Рис. 11. Група деталей і групове оснащення токарного верстата

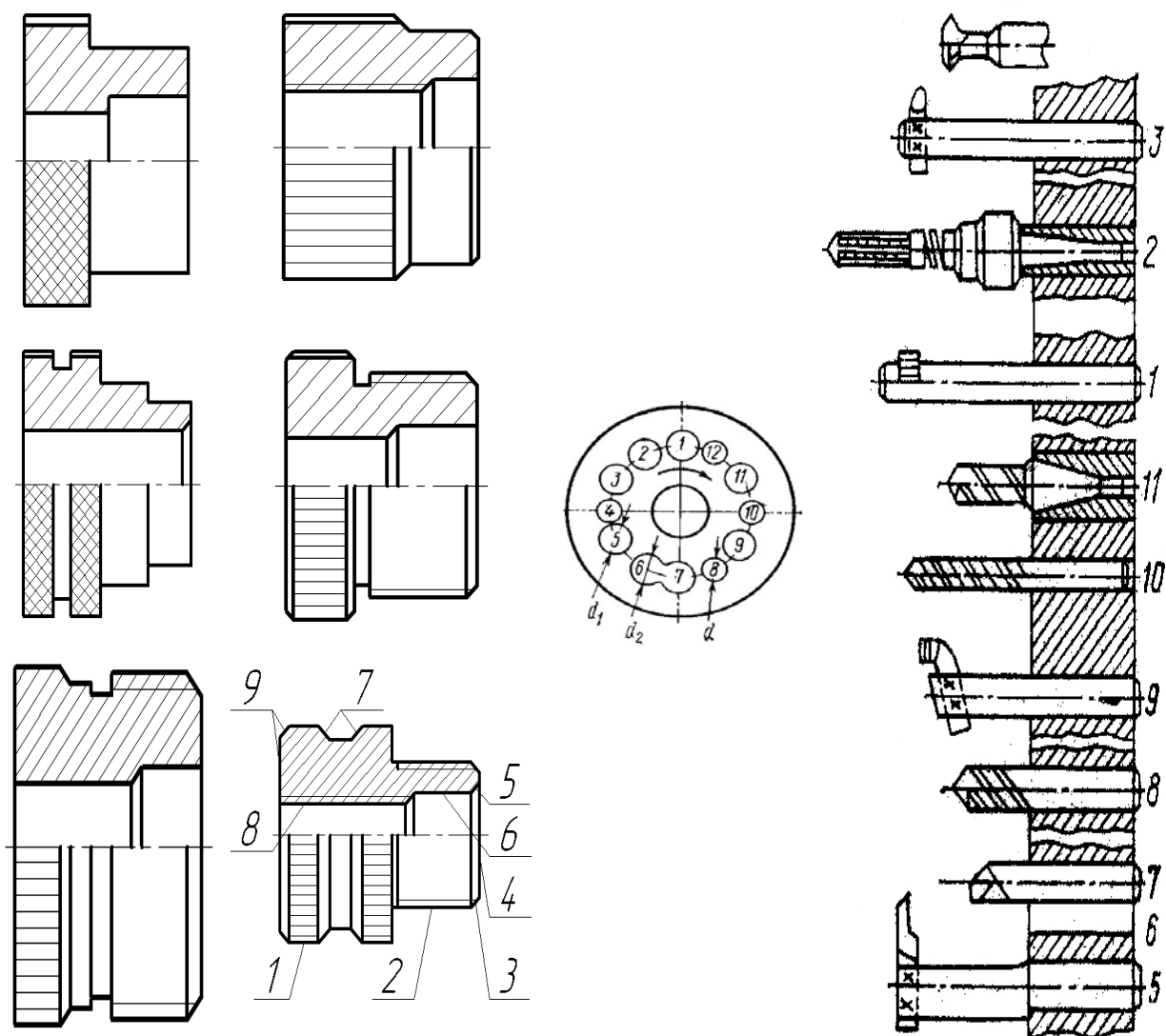


Рис. 12. Група деталей і групове оснащення револьверного верстата

### Групування деталей на основі комплексу ознак

У багатьох випадках застосовується й інший методичний прийом, при якому комплексна деталь не створюється, а визначається комплекс основних ознак, що дозволяє об'єднати різні деталі в одну класифікаційну групу. Це стосується насамперед деталей складної конфігурації, в яких обробляються окремі поверхні певного типу (циліндричні, конічні, фасонні, спеціальні тощо). Створення комплексної деталі в цьому випадку спричиняє значні технічні труднощі при її зображенні.

Для деталей, що обробляються на металорізальних верстатах, цими ознаками є не тільки розташування й параметри оброблюваних поверхонь, але й схеми базування кожної деталі. Чітке визначення

комплексу ознак, що описують сполучення елементів поверхонь, дозволяє скласти груповий технологічний процес, вибрати схему групового оснащення й необхідний різальний інструмент, не використовуючи комплексну деталь.

Наявність загальних (подібних) схем базування кожної деталі дає можливість вибрати або створити необхідне групове пристосування, що забезпечує установлення й закріплення кожної деталі даної групи.

На рис. 13 показано групу складних деталей, заготовки яких виконують методом лиття під тиском. У кожній з показаних деталей обробляється отвір складного профілю. У цьому випадку йдеться не про комплексну деталь, а про комплекс елементів поверхонь, які можуть бути оброблені із застосуванням єдиного групового оснащення верстата. Крім того, усі деталі групи мають ідентичну схему базування й закріплення їх у пристосуванні, що забезпечує закріплення будь-якої деталі групи.

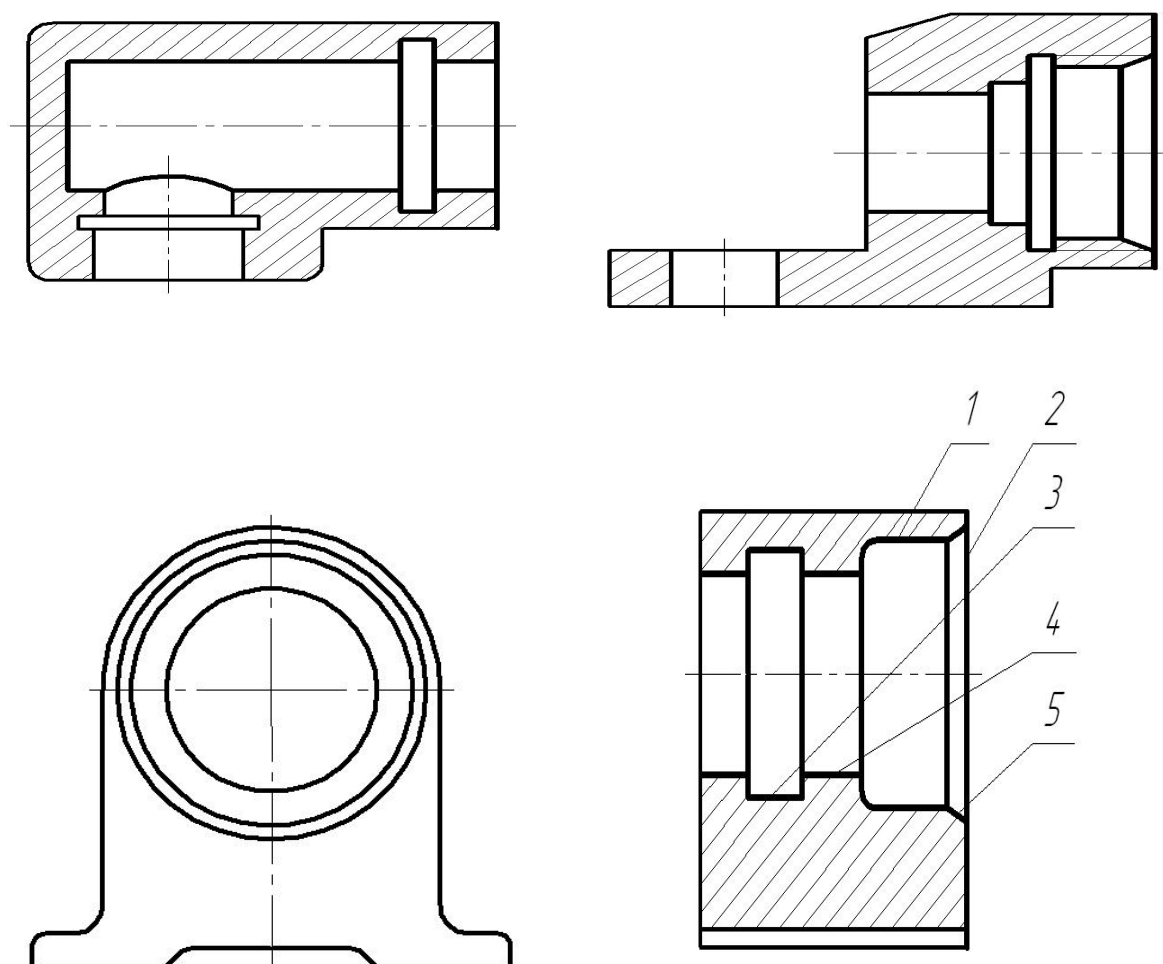


Рис. 13. Група деталей для формування на основі комплексу ознак

Групу деталей, у яких обробляються отвори на свердлильних верстатах, показано на рис. 14. У цьому випадку закріплення деталі забезпечується в груповому переналагоджувальному кондукторі. Різальний інструмент закріплюється в багатопозиційній револьверній головці.

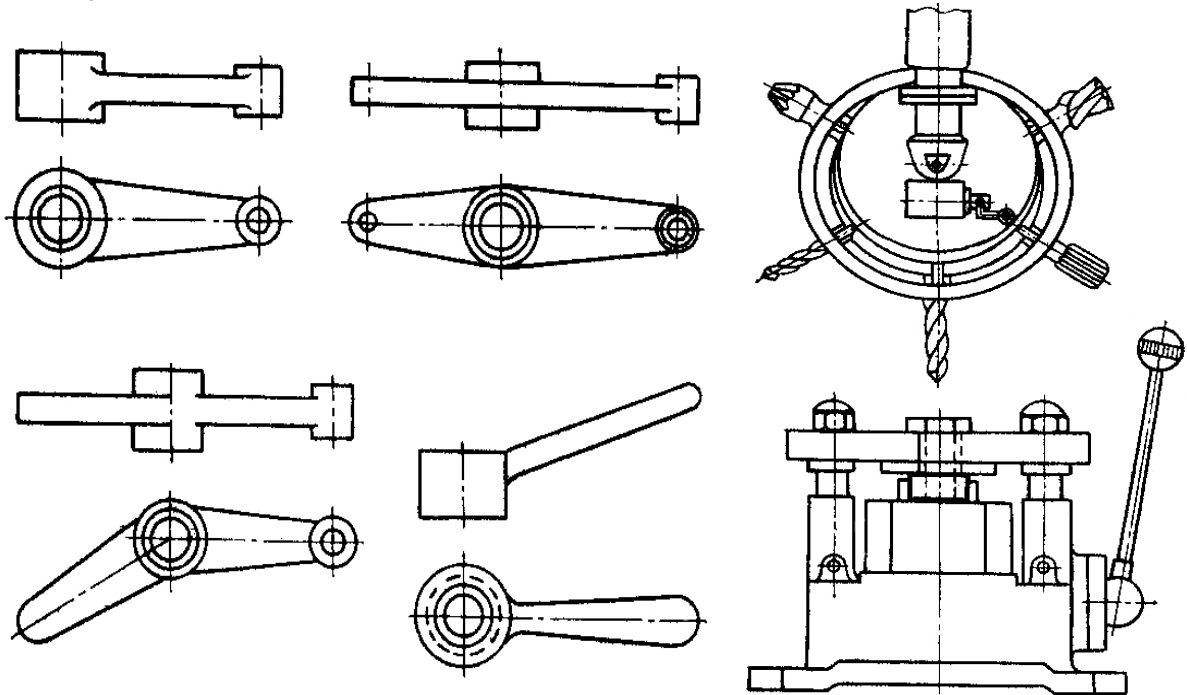


Рис. 14. Група деталей і групове оснащення свердлильного верстата

Класифікація деталей, виготовлених холодним і гарячим штампуванням, литтям у піщано-глинисті форми, під тиском тощо, базується на інших принципах, ніж класифікація деталей, одержаних методом різання. У цьому випадку не створюються комплексні деталі, а крім конструктивних особливостей визначаються найбільш характерні ознаки, властиві даному виду формоутворення. Ця специфіка класифікації деталей пов'язана з особливостями розроблення групового оснащення штампів, прес-форм тощо. Наприклад, деталі, сформовані штампуванням з рідкого металу, класифікуються переважно за конструктивними ознаками, розмірами й марками матеріалу, тому що вони є основними для визначення потужності верстатів і габаритних розмірів групових блоків і змінних штампів.

Групкування деталей, сформованих литтям під тиском, виконують, виходячи з їхніх конструкторських і технологічних особливостей. До них відносять: вид поверхні рознімання форми, систему пристроїв, що виштовхують заготовку, характер литникової системи тощо.

### **Групова технологічна операція**

Результати класифікації є основою для розроблення групового операційного технологічного процесу. Груповою технологічною операцією називається така операція, що є загальною для групи різних деталей з певним груповим оснащенням на даному устаткуванні.

Деталеоперацією називається план переходів при обробленні конкретної деталі з номенклатури деталей групи, для яких розроблено групову операцію. Таким чином, групова операція охоплює стільки деталеоперацій, скільки деталей різних найменувань скомплектовано в групу.

### **Груповий технологічний маршрут**

Розглянемо варіант класифікації деталей, що мають загальний технологічний маршрут оброблення на різнотипному устаткуванні. У цьому випадку основою розподілу на групи також служать конструкторсько-технологічні ознаки. Під час класифікації визначають групи різних деталей, наприклад групи корпусних деталей, деталей типу валів, втулок, дисків, кронштейнів, важелів, пластин тощо.

Найлегше класифікуються стандартні деталі – штуцери, перехідники, гвинти, гайки, шайби й т.ін. Для оброблення таких груп деталей застосовують загальнотехнологічне однотипне устаткування й переналагоджуване групове оснащення.

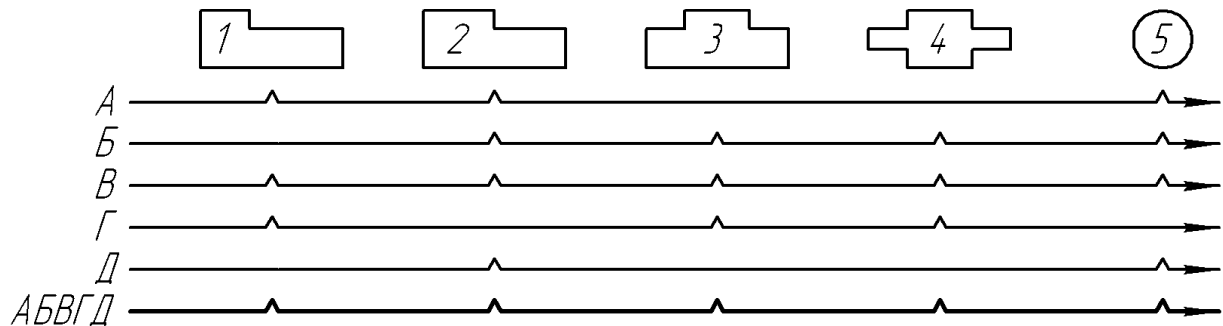
На відміну від групової операції груповим технологічним процесом називають сукупність групових технологічних операцій, що забезпечують оброблення різних деталей групи (або декількох груп) за загальним технологічним маршрутом.

При груповому технологічному маршруті не виключено проходження деяких деталей або груп з пропуском окремих операцій.

Групові технологічні процеси є основою для створення подетально-групових дільниць, дільниць із замкнутим циклом виробництва, спеціалізованих дільниць і групових (багатопредметних) потокових ліній.

На рис. 15 показано схему групової потокової лінії оброблення деталей. У наведеній схемі деталі групи (або груп) проходять декілька операцій, переміщаючись за напрямками стрілок. При цьому оброблення деталі може починатись як з першого верстата, так і з будь-якого іншого залежно від її конструкторсько-технологічних особливостей. Тут має місце груповий (багатопредметний) потік, що складається з деталеоперацій. При створенні груп деталей зі спільним технологічним процесом варто враховувати обсяг випуску

окремих деталей. У тих випадках, коли випуск малий, доцільно робити класифікацію за деталеопераціями.



Операції	1	2	3	4	5
Деталь А	—	—			—
Деталь Б		—	—	—	—
Деталь В	—	—	—	—	—
Деталь Г	—		—	—	
Деталь Д		—			—
Час на операцію	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$

Рис. 15. Схема групової потокової лінії

Накопичений у промисловості досвід з упровадження групової технології та наявність великої кількості вже розроблених класифікаційних груп дозволяють створювати класифікатори комплексних деталей з шифрувкою їхніх поверхонь, матеріалу, габаритних розмірів і т. д. і на цій основі за допомогою ЕОМ розробляти класифікацію деталей авіадвигунів конкретного виробництва. Це значно скорочує витрати часу на проведення роботи з класифікації при подальшому сучасному розробленні технічної документації й технологічної підготовки групових процесів.

### Розроблення групового технологічного процесу

Після того як проведено класифікацію деталей і утворено групи, починають розроблення групового технологічного процесу. Має бути створено такий процес, що дозволив би обробити будь-яку деталь групи без значних відхилень від загальної технологічної схеми. Вирішення цього завдання полегшується тим, що вже при класифікації деталей ураховуються можливі методи оброблення кожної з них



(тобто визначається устаткування, а в деяких випадках і послідовність оброблення), які забезпечують одержання готової деталі або окремих її поверхонь.

Стандарт ЄСТПП 14.316–75 визначає правила розроблення групових технологічних процесів, призначених для спільного виготовлення або ремонту груп виробів різної конфігурації, у конкретних умовах виробництва на спеціалізованих робочих місцях.

При розробленні групових процесів необхідно виходити з таких основних положень:

- прийнята послідовність технологічних операцій за груповим маршрутом або переходом групового процесу має забезпечувати оброблення будь-якої деталі групи відповідно до робочого креслення й технічних вимог;

- технологічне оснащення має бути груповим або універсально-переналагоджуваним і придатним для виготовлення деталей групи;

- застосовуване устаткування має забезпечувати високопродуктивне оброблення при мінімальних витратах;

- технологічна документація має бути простою за формою, достатньою за змістом і зручною у користуванні на робочих місцях.

Одночасно з розробленням найбільш раціонального процесу обов'язково необхідно вирішувати низку питань організаційного й технічного характеру: уніфікацію заготовок, уточнення міжцехових маршрутів руху деталей, визначення обсягу технологічно однорідних робіт у різних підрозділах підприємства, виявлення можливостей спеціалізації цехів або дільниць, установа способів модернізації устаткування з урахуванням створення спеціалізованих, спеціальних та агрегатних верстатів, оптимізацію організації робочих місць.

Для групових і типових технологічних процесів розробляють “сліпиші”, які виконують згідно з правилами ЄСТД, але в карті ескізу операційні розміри, шорсткість позначають символами з індексами, наприклад: діаметральні розміри –  $D1, D2\dots$ ;  $d1, d2\dots$ ;  $Rz1, Rz2\dots$  і т.ін. У таблиці вказують номери всіх оброблюваних поверхонь і відмічають знаком “+”, які саме та в яких деталях оброблюють у конкретних деталеопераціях. Це дозволяє за короткий час створити груповий технологічний процес високого рівня професійного опрацювання для значної частини виробничої номенклатури виробів підприємства.

Основні етапи і послідовність розроблення групових технологічних процесів, завдання, що розв'язують на кожному етапі, та основні документи, що забезпечують вирішення цих завдань, наведено в ГОСТ 14.319–87.

## 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБЛЕННЯ ГРУПОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НА СПЕЦІАЛІЗОВАНІЙ ДІЛЬНИЦІ

Загальну методикау техніко-економічного оцінювання групового виробництва групи деталей наведено в [1].

Основними напрямками технологічної уніфікації, які знайшли широке визнання й використання, є груповий метод оброблення деталей і типізація технологічних процесів і операцій. Типові операційні технологічні процеси характерні для масового виробництва нескладних виробів як найбільш затратні у проектуванні й упровадженні у виробництво. У зв'язку з цим їх в авіадвигунобудуванні не використовують. У типізації технологічних процесів (ранній період уніфікації технології) основною ознакою класифікації була конструкторська належність деталі. У груповому методі виробництва – сучасній фазі уніфікації технології, пов'язаній з широкою механізацією й автоматизацією процесу, – основною ознакою класифікації й групування є використання засоби технологічного оснащення й прийоми виконання технологічних операцій.

Слід мати на увазі, що оскільки груповий метод – це такий метод уніфікації технології виробництва, при якому для груп однорідної за тими чи іншими конструкторсько-технологічними ознаками продукції проектують однотипні високопродуктивні методи оброблення з використанням однорідних знарядь виробництва, які швидко переналагоджуються, то при цьому має забезпечуватись економічна ефективність виробництва й необхідні строки його підготовки.

На рис. II.7 [1, с. 65] показано деталі, для яких у порядку підготовки виробництва необхідно розробити одиничні, типові або групові технологічні процеси. Для одиничних і типових необхідно спроектувати стільки процесів, скільки є деталей, та сконструювати відповідну кількість одиниць технологічного оснащення. У випадку проектування групового виробництва, коли всі деталі за певною системою об'єднані в групи [1, с. 65, рис. II.8]), треба розробити лише сім групових процесів з відповідним єдиним груповим технологічним оснащенням. Як видно з цього рисунка, до групи належать деталі, різні за своїми конструкторськими ознаками. Метод групового оброблення як основа проектування сучасних технологічних процесів – найважливіша ланка в загальному ланцюзі підготовки дрібносерійного виробництва (конструювання – технологія – організація й економіка). Цим обумовлена і його залежність від вказаних ланок і прямиий вплив на них.

В умовах одиничного й серійного виробництва цей метод ство-

рює всі необхідні передумови для організації групового виробництва – вищої форми, що відповідає сучасним вимогам до організації виробництва.

Груповий метод безпосередньо пов'язаний з уніфікацією конструкції машин, приладів та їх елементів, оскільки в основі уніфікації технології лежить класифікація продукції. Він пов'язаний також з організацією й економікою виробництва, тому що значною мірою визначає виробничу структуру цехів і дільниць, систему нормування, планування й обслуговування виробництва. Чим вищий рівень уніфікації технології на базі групового методу, тим простіші та раціональніші організаційні форми виробництва і тим більше вони наближуються до вищої форми організації виробництва – неперервного потоку. Разом з цим при вдосконаленні організації виробництва ставлять особливі вимоги до групового методу.

Найбільш загальні задачі, що вирішуються груповим методом, зводяться до спеціалізації, технологічної концентрації у вигляді багатоінструментального й багатопредметного оброблення, до суміщення часу виконання основних і допоміжних елементів операції.

Принциповими основами групового методу виробництва є такі: класифікація й групування деталей, видів робіт, технологічних процесів і засобів технологічного оснащення; класифікація й конструювання групових пристосувань та іншого технологічного оснащення; цільова модернізація й спеціалізація обладнання; упровадження групових поточкових та автоматичних ліній; створення групових дільниць і цехів. Крім того, при груповому методі більш якісно вирішуються питання технічного нормування й організації виробництва.

Груповий метод як основа уніфікації засобів технологічного оснащення обмежує їхні конструктивні особливості, розміри й складові елементи. Слід розрізняти два напрями уніфікації технологічного оснащення:

- *універсалізацію*, яка забезпечує оброблення максимальної кількості деталей з використанням мінімальної кількості одиниць оснащення;

- *спеціалізацію*, що забезпечує оброблення обмеженої номенклатури деталей (навіть до одного найменування) з високою продуктивністю й точністю.

В обох випадках уніфікація створює основу для стандартизації конструктивних елементів технологічного оснащення, тобто обмеження різноманітності її деталей і вузлів.

Уніфікація сприяє усуненню основного протиріччя, характерного для серійного виробництва, і означає необхідність, з однієї сторони,

максимального й швидкого насичення виробництва високопродуктивним обладнанням і порівняно дорогим технологічним оснащенням, а з другої – забезпечення його максимальної економічності й продуктивності.

Метод групового оброблення деталей відкриває широкі можливості використання спеціалізованого (переналагоджуваного) оснащення, в тому числі й групового.

Групові переналагоджувані пристосування проектує для груп деталей, що мають схожість за способами установки й закріплення. Оброблення деталей різної конфігурації з допомогою єдиного спеціалізованого групового пристосування забезпечується завдяки використанню змінних або регулюючих елементів.

Підвищена собівартість такого пристосування з економічної точки зору є виправданою, бо витрати розподіляються на всі деталі, що входять до групи.

Як показує аналіз витрат допоміжного й підготовчо-завершального часу роботи на верстатах різного типу, а також простоїв з організаційно-технічних причин, непродуктивні втрати при впровадженні групового оброблення помітно скорочуються.

При груповому методі модернізацію спрямовано на підвищення всіх показників роботи в умовах спеціалізації відповідно до завдань групового технологічного процесу, коли верстат оснащується тільки тими пристроями й пристосуваннями, які необхідні для продуктивного оброблення деталей конкретної групи.

Спеціалізація відкриває можливості для автоматизації в дрібносерійному й серійному виробництві. При груповому обробленні збільшується пропускна здатність робочих місць, що обумовлює можливість використання спеціалізованих та агрегатних верстатів, а також швидкопереналагоджуваних багатопредметних (групових) потокових і навіть автоматичних ліній.

Для формування потокового процесу при будь-якому типі виробництва необхідні уніфікація конструкцій об'єктів і технологій, організаційно-виробнича стандартизація й регламентація (стандарт-план, режим зміни й чергування об'єктів, багатостанковне обслуговування та ін.). У формуванні всіх видів потоку повністю використовують можливості групового методу, який стає його технологічною основою, особливо в умовах серійного виробництва. На цій основі створюються умови для виділення й організації подетально-групових дільниць і групових потокових ліній.

При впровадженні групових процесів виникають передумови для переходів від одиничного нормування до групового. У цьому випадку технічно обґрунтовану норму часу в першу чергу визначають для

характерного представника конкретної групи деталей. Норми на інші деталі групи встановлюють порівняно швидко за допомогою спеціальної методики. Для спрощення й прискорення групового нормування розроблено номограми й довідкові таблиці. Норму часу визначають шляхом коригування даних для комплексної деталі за допомогою перевідних коефіцієнтів трудомісткості операцій.

Використання групового методу викликає докорінні зміни й покращання в усій системі організації виробництва: у виробничій структурі підприємства, цехів і дільниць; в оперативно-виробничому плануванні й матеріально-технічному постачанні; організації робочих місць і обслуговуючих підрозділів; у забезпеченні контролю якості продукції.

Груповий метод виробництва створює сприятливі передумови для вдосконалення комплексних систем планування, методів планування виробничих потужностей і завантаження обладнання, для розвитку системи календарного планування за стандарт-планом, підвищення ритмічності виробництва. У плануванні можуть бути використані методи математичного програмування.

Груповий метод є основою для використання спрощених методів нормування витрат матеріалів на групи деталей, тобто створення стійких комплектних запасів матеріалів і напівфабрикатів, а також упровадження спеціалізованих методів комплектування й зберігання матеріалів (щодо операційних і маршрутноопераційних групових деталепроцесів і деталеоперацій).

Спеціалізація обладнання, що проводиться за груповими операціями, сприяє переходу від звичайних форм обслуговування (ремонт, забезпечення інструментами, подача заготовок, транспорт та ін.) до планово-попереджувальних і до вищих форм у вигляді стандартного й примусового обслуговування (стандартний ремонт обладнання, примусова заміна й заточування інструмента, стабільність маршрутів внутрішньоцехових перевезень та ін.).

При груповому виробництві створюються можливості впровадження в дрібносерійне виробництво статистичних методів контролю, передавання деяких контрольних функцій верстатникам, використання групових методів контролю, а також спрощених прийомів групової калькуляції собівартості деталей через заздалегідь визначену собівартість одиниці машинного часу за групами. Після накопичення достатньої кількості матеріалу й досвіду групові технологічні процеси можуть бути оформлені у вигляді "сліпшів", в які для будь-якої нової деталі вносяться лише розмірні й точнісні характеристики, а також норми часу оброблення.

Класифікатори деталей, які діють на підприємстві, мають бути використані конструкторами при проектуванні нових виробів. Це дозволяє розподілити значну кількість нових деталей за певними групами класифікатора й відповідно виконувати їх оброблення на пристосованих і вже налагоджених для конкретних деталей верстатах і верстатному оснащенні.

Економічну ефективність використання групового методу виробництва можна охарактеризувати за такими показниками:

- підвищення продуктивності праці й відповідної економії заробітної плати;
- підвищення використання основних фондів і відповідне зменшення цехових непрямих витрат;
- зменшення кількості допоміжного й обслуговуючого персоналу;
- зменшення витрат на технологічне оснащення;
- зменшення витрат на технологічну підготовку виробництва та відповідне зменшення загальнозаводських непрямих витрат.

Розрахунок економічної ефективності зазвичай завершується визначенням відшкодування витрат або коефіцієнта ефективності.

Практика заводів показує, що при впровадженні групових технологічних процесів помітно покращуються техніко-економічні показники роботи.

Економічна ефективність при груповому обробленні забезпечується внаслідок такого:

- підвищення продуктивності праці верстатників за рахунок скорочення витрат часу на виготовлення одиниці продукції й відповідної економії заробітної плати;
- підвищення пропускної здатності обладнання і як наслідок – збільшення випуску продукції на одиницю обладнання й зменшення накладних витрат на одиницю продукції;
- зменшення кількості обслуговуючого персоналу (наладників, майстрів та ін.);
- зменшення витрат на спеціальне технологічне оснащення;
- зменшення витрат на розроблення технологічних процесів і проектування спеціального оснащення, тобто зниження накладних і загальнозаводських затрат з організації нових виробництв.

Наприклад, в одному з механічних цехів, де 65 % обладнання було переведено на групове оброблення, продуктивність праці збільшилась у 2,1 рази, а випуск продукції за цей же період підвищився в 2,3 рази. Збільшення випуску на одиницю обладнання, а також зменшення кількості обслуговуючого персоналу приводить до значного зменшення цехових витрат. До кінця другого року роботи за гру-

повим методом цехові витрати зменшилися на 42,5 % [1, с. 105].

Внаслідок високої технологічної оснащеності й правильної та обґрунтованої організації робочого місця досягається зменшення витрат стандартного й спеціального інструмента на одиницю продукції. Витрати часу на розроблення групових технологічних процесів зменшуються на 15...20 % у порівнянні з витратами на розроблення одиничних процесів, а витрати часу на проектування й виготовлення групового оснащення зменшуються в середньому на 50 % [1, с. 105].

Зменшення витрат часу на проектування й виготовлення технологічного оснащення приводить до скорочення термінів підготовки виробництва нових виробів, що є досить суттєвим фактором. Економічна ефективність досягається не тільки при груповому обробленні на верстатах, але й при впровадженні групового методу для інших видів обладнання. Так, при виготовленні заготовок ливарним методом під тиском у групових формоблоках загальне зниження витрат на одну деталь становить близько 30 %. Упровадженням ливарного методу під тиском замість лиття в піщані форми завод заощадив на матеріалах (15...25 %), заробітній платі при механічному обробленні (15...20 %) та в ливарному виробництві (5...10 %). Загальна економія витрат на 1 т заготовок, які виготовляються ливарним методом під тиском, становить 25...30 % від вартості заготовок при виливанні в піщані форми. За п'ять років роботи механічного цеху за груповим методом собівартість продукції знизилася на 46,6 % [1, с. 102–104].

Сукупність наведених техніко-економічних показників з достатньою повнотою характеризує ефективність використання групового оброблення. Ступінь впровадження групової (типової, стандартизованої) технології на окремих підприємствах визначається по-різному. Ряд підприємств веде облік кількості одиниць обладнання, що працює за груповим методом, і кількості деталей, що обробляються за допомогою групового оснащення. Ці показники, як підтверджує практика, не відображають з достатньою повнотою ступінь упровадження групового методу. Не враховуються такі важливі фактори, як рівень завантаження обладнання, що працює за груповим методом, складність і трудомісткість деталей, які обробляються, кількість групових деталеоперацій.

Більш точно про упровадження групового методу можна визначитись на кожній стадії технологічного процесу (цеха, дільниці) за трудомісткістю деталей, які обробляються за груповою (уніфікованою) технологією в загальному обсязі виробництва (в нормо-годинах).

Як відомо, упровадження групового методу дозволяє значно скоротити перерви у виробничому процесі, пов'язані з переналаджуванням обладнання як на окремих деталях операціях, так і по технологічному маршруту в цілому. Зі зменшенням кількості оснащення на одному верстаті збільшується ступінь спеціалізації робочих місць і як наслідок цього – підвищуються техніко-економічні показники виробництва.

Одна з головних переваг групового методу полягає у зменшенні фактичних витрат оперативного часу, яке обумовлене набуттям навичок. Це стає можливим внаслідок концентрації однорідних або декількох споріднених операцій на даному робочому місці, використання високоефективних методів оброблення й швидкопереналаджуваного оснащення. В умовах серійного виробництва оброблення деталей за груповим методом тільки за рахунок формування відповідних навичок приводить до виконання операцій в середньому на 30–40 % швидше, ніж це передбачено загальномашинобудівельними нормативами для серійного виробництва [1].

Трудові прийоми при обробленні деталей за груповою технологією інтенсифікуються за рахунок створення або вдосконалення комплексу відповідних навичок. На характер зміни витрат оперативного часу при обробленні партії деталей в основному впливають ступінь сталості закріплення однакових або подібних виробничих робіт і ступінь регулярності й періодичності їх повторення на конкретному робочому місці.

На рис. II.31, II.32 [1, с. 107] показано графіки, що ілюструють продуктивність праці при виконанні робіт, які відповідно регулярно або епізодично повторюються на виробництві. Як видно з графіків, зростання продуктивності праці досягається при виконанні робіт, що постійно закріплені за відповідними робочими місцями. У цілому всі закріплені операції виконуються робітниками в середньому на 28 % швидше порівняно з технічно обґрунтованою нормою часу.

Таким чином, систематичність повторення й ступінь постійності закріплення партій деталей, що обробляються на відповідному обладнанні й відповідних виробничих дільницях, є досить важливими факторами підвищення продуктивності праці за рахунок удосконалення навичок робітника.

Наприклад, за матеріалами, що використовувались у практиці машинобудівного заводу, на якому 800 деталей різних типів, що підлягають фрезерній обробці, було зведено в 13 груп. У табл. 4 наведено порівняльні дані з підготовки виробництва в умовах одного й групового оброблення деталей [4, с. 669].

Як впливає з табл. 4, час на проектування групового техноло-



гічного оснащення в порівнянні з часом на проектування спеціального оснащення скорочується в середньому на 40...60 % (на кожну деталь), а собівартість виготовлення групових пристосувань зі змінними вставками на 60...70 % нижча за собівартість спеціальних. Так, при використанні групового оснащення виготовляють лише змінні вставки, витрати металу на оснащення зменшуються в 5–10 разів.

Таблиця 4

**Порівняльні дані з оброблення деталей в одиничних і групових технологічних процесах**

Показники	Методи оброблення	
	одиничний	груповий
Номенклатура деталей, шт.	800	800
Кількість пристроїв, шт.	552	22
Кількість змінних вставок, шт.	—	475
Середня собівартість, у.о.:		
• пристрою	80	177
• одного комплекту змінних вставок	—	16
Середній час проектування за рік:		
• пристрою	22	115
• одного комплекту змінних вставок	—	5

При визначенні штучно-калькуляційного часу припускають, що оперативний час операції в обох випадках однаковий, оскільки при груповому й одиничному обробленні деталей використовують одні й ті ж режими різання.

У зв'язку з тим, що при груповому методі верстат закріплюють для оброблення певних груп деталей, а пристрій зі змінними елементами постійно знаходиться на робочому місці, груповий підготовчо-заключний час є меншим за одиничний приблизно на 30...40 %.

Оскільки всі групові пристрої мали автоматизований, а не ручний привід, що забезпечує швидке закріплення й вивільнення деталей, то груповий допоміжний час буде меншим за одиничний приблизно на 20...30 %, тому й груповий штучно-калькуляційний час буде меншим за одиничний. При цьому практика показала зростання продуктивності праці на 25...30 %.

Таким чином, аналіз методів групового виробництва деталей показує, що впровадження групових технологічних процесів виготовлення валів-шестерень є доцільним, тим більше, що це дуже

наочно для таких складних трудомістких деталей, як вали-шестерні. Більш того, в умовах серійного виробництва оброблення деталей за груповим методом тільки шляхом набуття відповідних навичок приводить до прискорення виконання операцій в середньому на 30...40 %. Усі закріплені операції виконуються верстатниками в середньому на 30 % швидше порівняно з технічно обґрунтованою нормою часу, також зменшується час на проектування групового технологічного оснащення в порівнянні з часом на проектування спеціального оснащення в середньому на 40...60 % (на кожен деталь). Упровадження групового методу дозволяє значно скоротити перерви у виробничому процесі, пов'язані з переналагоджуванням обладнання як на окремих деталях операціях, так і в технологічному маршруті в цілому.

Отже, підсумовуючи все сказане вище, доходимо до висновку, що в цілому витрати часу на розроблення групових технологічних процесів зменшуються на 15...20 % в порівнянні з витратами на розроблення одиничних процесів, а витрати часу на проектування й виготовлення групового оснащення зменшуються в середньому на 50 %. Це значний економічний ефект, а тому розроблення й упровадження групових технологічних процесів виготовлення складних трудомістких деталей авіаційних двигунів є актуальними і такими, що підвищують конкурентоспроможність деталей.

## **6. РОЗРОБЛЕННЯ Й АНАЛІЗ КОМПЛЕКСНОЇ ДЕТАЛІ ГРУПОВОГО ВИРОБНИЦТВА ВАЛІВ-ШЕСТЕРЕНЬ**

### **Створення ескіза комплексної деталі (КД)**

При розробленні групового процесу механічного оброблення валів-шестерень як найскладніших і високоточних деталей авіаційних двигунів за основу слід брати комплексну деталь. Таку умовну деталь штучно створити можна методом накладання, використовуючи інформаційні технології. У своїй конструкції КД складається з усіх основних елементів (поверхонь), характерних для деталей цього класу, підкласу й групи, та є її конструктивно-технологічним представником.

Аналізуючи ескізи деталей групи (рис. 16), вибирають одну найбільш характерну деталь – деталь 3. Потім розглядають деталі, що відрізняються від неї наявністю інших геометричних поверхонь; ці нові поверхні наносять на ескіз деталі 3. Так створено умовну комплексну деталь К, що містить усі елементи деталей групи.

Схему нумерації поверхонь комплексної деталі зображено на рис. 17.

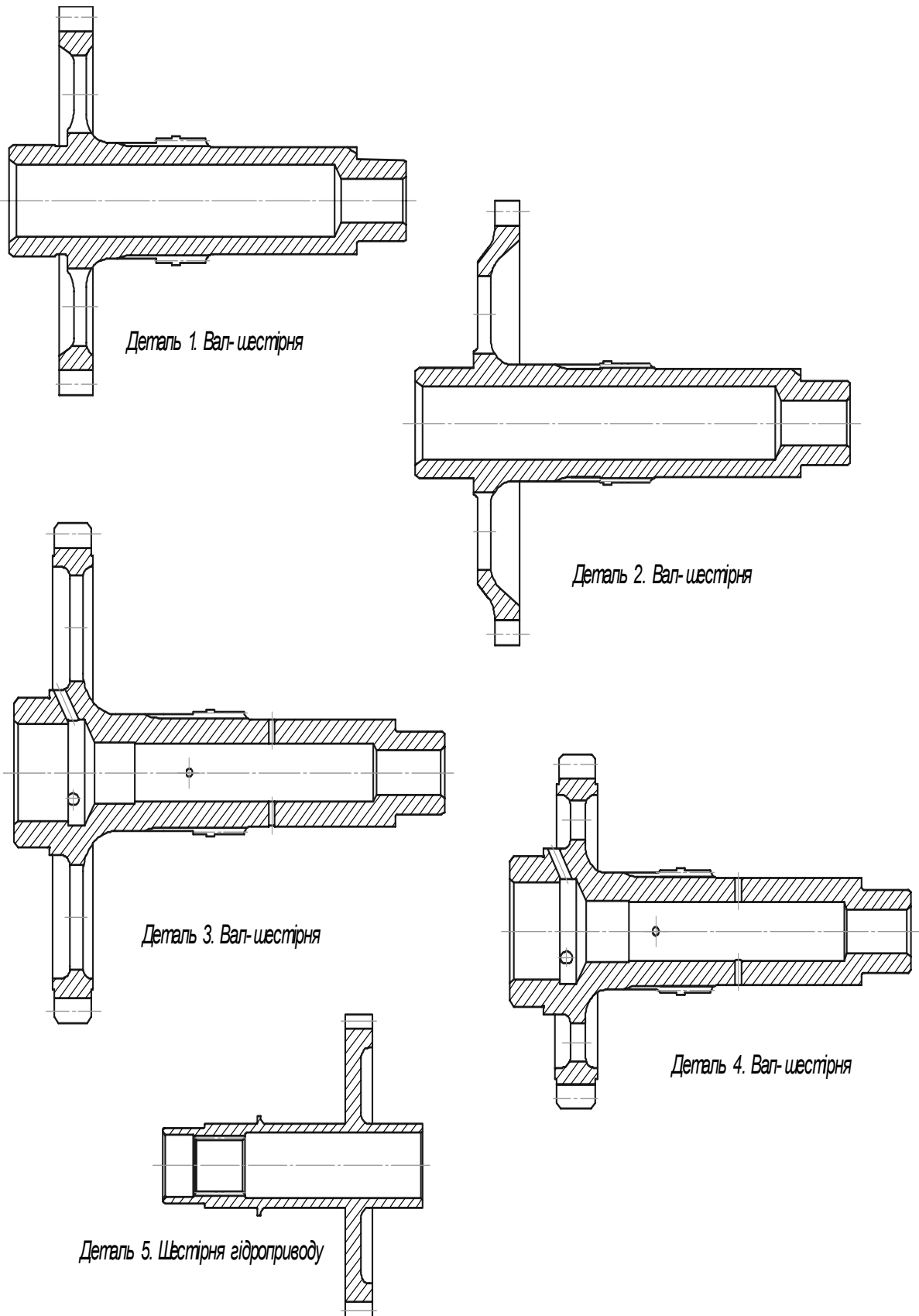


Рис. 16. Ескізи валів-шестерень групи

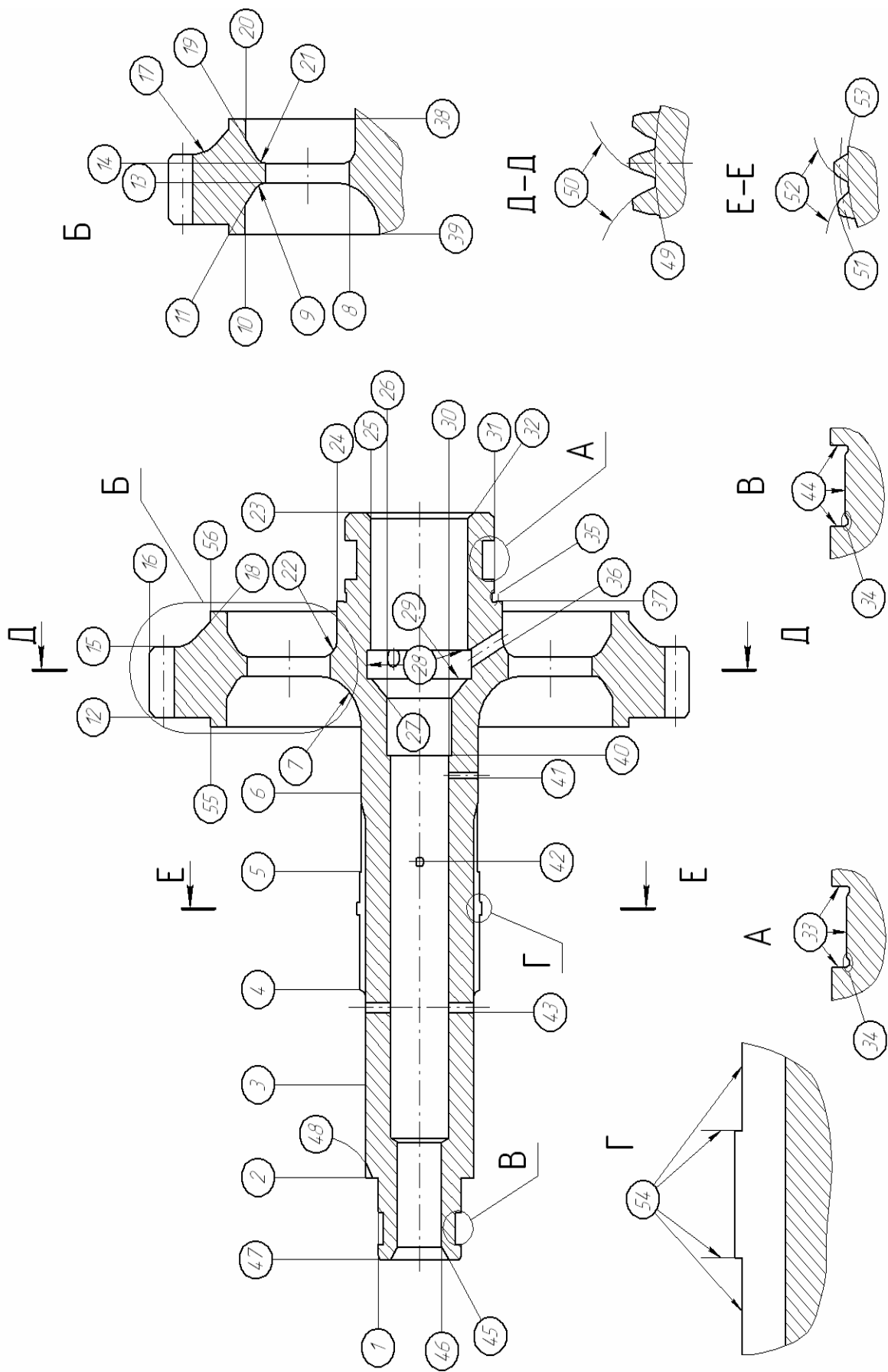


Рис. 17. Схема нумерації поверхонь комплексної деталі К

### Створення матриці відповідності між деталями групи

Матриця відповідності дозволяє створити математичну модель групи деталей. Модель зручно використовувати при вирішенні задач технології за допомогою ЕОМ: адресація нової деталі до групи, доцільність включення тієї або іншої елементарної поверхні в комплексу деталей, доцільність віднесення деталі до даної групи і т.д.

Між елементарними поверхнями й деталями групи встановлюється відповідність, яку подано матрицею (табл. 5).

Таблиця 5

Матриця відповідності між деталями групи

Де- таль	Номери поверхонь															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
$\Sigma_i$	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	2	4	2	5	2

Номери поверхонь																			
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0
1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	3	5	5	5	2	4	4	4	3	5	5	2	2	5	2	4	3	2	2

Номери поверхонь																			
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	
0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	28
0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	28
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	40
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	41
0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	21
2	2	5	2	1	1	1	2	1	1	4	4	5	4	4	5	3	4	3	$\Sigma_j$

Комплексну деталь К поставлено у відповідну строку матриці, що складається з  $m$  елементів, де  $m$  – кількість елементарних поверхонь, які визначають розбиття деталей на групи. У даному випадку  $m = 55$ .

Пов'язавши з одиничними елементами рядка  $k$  логічні функції, що описують властивості поверхонь 1–55 і розмірні відношення між ними, властивості їхніх поверхонь тощо, одержимо математичну модель групи валів-шестерень, яка дозволяє:

- визначати адресацію будь-якої нової деталі до даної групи й комплексної деталі К, що складена на основі цієї групи;
- перевіряти правильність складання комплексної деталі;
- визначати доцільність віднесення тієї або іншої елементарної поверхні в комплексну деталь, для чого використовується показник  $\sum_i$ ;
- визначати доцільність віднесення тієї або іншої деталі до групи, для чого використовується показник  $\sum_j$ .

Проаналізувавши ескізи п'яти валів-шестерень і табл. 5 можна прийти до таких висновків:

1. Віднесення до комплексної деталі поверхонь 17, 41, 42, 43, 45 і 46 не є доцільним, тому що значення  $\sum_i = 1$  для цих поверхонь відносно мале.

2. Включення деталей 1–5 до групи є доцільним (пов'язаним зі специфікою підбору групи деталей), причому віднесення деталей 3 і 4 – більшою мірою, деталей 1, 2 і 5 – меншою мірою.

## **7. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЕТАПІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИХ БАЗ, МЕТОДІВ І ПОСЛІДОВНОСТІ ФОРМОУТВОРЕННЯ ОСНОВНИХ ПОВЕРХОНЬ ГРУПИ ВАЛІВ-ШЕСТЕРЕНЬ**

Першочергове ознайомлення з робочими кресленнями деталей групи та їх аналіз дозволяють встановити доволі чіткий контур технологічного процесу. При цьому конфігурація, розміри, матеріал (зокрема значне деформування в гарячому стані), службове призначення, умови роботи деталей визначили вид заготовок деталей групи – поковки і можливий спосіб їх виготовлення – об'ємне штампування. Вибір та обґрунтування методів і засобів виготовлення заготовок наведено у розд. 8. Вид деталей, конфігурація, розміри, характер твірних поверхонь визначили вид та обсяг механічного оброблення, типаж необхідного технологічного обладнання.

Перш за все необхідно спроектувати принципову схему групового маршруту виготовлення валів-шестерень – це укрупнений план, що встановлює послідовність деталіоперацій та їхній зміст на всіх

етапах. Багатозначні зв'язки усіх елементів технологічного процесу, їх обов'язкове забезпечення згідно з вимогами робочих креслень валів-шестерень є найважливішим критерієм якості технологічної підготовки виробництва.

Як початковий матеріал при проектуванні принципової схеми маршруту можуть бути використані заводські й галузеві керівні технічні матеріали, стандарти, класифікатори, літературні джерела й рекомендації замовників виробів.

Передусім передбачають оброблення технологічних баз, потім – інших поверхонь, починаючи з початкової точності поверхонь заготовки до тієї, що задана кресленнями валів-шестерень. Найбільш високі якості точності мають виконавчі поверхні, за допомогою яких деталі виконують свої службові призначення. Таким чином, побудова маршруту виготовлення валів-шестерень має бути підпорядкована одному з головних принципів – безумовному забезпеченню службового призначення деталей. Саме це й визначає послідовність деталеоперацій групового технологічного процесу.

При виготовленні групи валів-шестерень мають переважати токарні й шліфувальні операції зовнішніх поверхонь обертання, а також нарізання й шліфування зубців і шліців. Оброблення деталей групи у більшості операцій в центрах визначає наявність верстатів певного призначення: центрошліфувальних, які будуть використовуватися для правки центрових фасок. У меншому обсязі будуть використані операції свердління радіальних і осьових отворів.

Відповідно до вимог і змісту робочих креслень будуть потрібні такі верстати: токарні, шліфувальні, шліцефрезерувальні, зубофрезерувальні, свердлильні, фрезувальні зубошліфувальні, шліцешліфувальні, центрошліфувальні тощо.

Поділяючи технологічний процес на етапи, досягають деяких позитивних моментів: попереднє оброблення може виконуватись на спеціально виділеному зношеному або неточному обладнанні верстатниками більш низької кваліфікації; розрив за часом між попереднім, напівчистовим і чистовим обробленням дає змогу більш повно виявити деформації до їх усунення на фінішних етапах оброблення; винесенням фінішного оброблення в кінець технологічного маршруту зменшується ризик випадкового пошкодження остаточно оброблених поверхонь або поверхонь, які легко пошкодити (зовнішні шлиці, різі та ін.). Для деталей досить жорстких часто з метою виявлення внутрішніх дефектів на більш ранніх стадіях виготовлення призначають чистове оброблення відразу ж після напівчистового або попереднього. Цим досягається більш високий ступінь концентрації оброблення, зменшується кількість установів

деталі, зменшуються затрати на механічне оброблення тих деталей, що потім можуть виявитися бракованими через внутрішні дефекти.

Зміст технологічного процесу значною мірою залежить від способу захисту поверхонь, що не цементуються, шляхом: міднення; залишку припусків, які перевищують глибину цементації й потім видаляються перед загартуванням; використання першого й другого способів одночасно. Термічне оброблення вносить похибки у форму заготовки, взаємне розташування поверхонь і погіршує шорсткість. Для усунення цих дефектів в маршрут вносяться операції правки або повторне механічне оброблення окремих поверхонь. Обов'язковими для валів-шестерень є операції технічного контролю, які вводяться в маршрут після тих операцій, де можлива поява браку, перед складними й відповідальними операціями, а також наприкінці оброблення. На всіх інших операціях слід планувати вибірковий контроль.

Створюючи маршрути оброблення поверхонь, виходять з того, що кожен наступний етап має бути більш точним, ніж попередній. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, які були отримані на попередньому етапі оброблення, повинні мати числові значення, коли можливе раціональне використання наступного методу оброблення, що передбачається. За представників вибирають поверхні, для яких обумовлені найжорсткіші комплекти параметрів якості. Зазвичай такими поверхнями є виконавчі поверхні деталей. Прийняті для поверхонь-представників рішення поширюють на всі поверхні відповідного класу з урахуванням вихідних комплектів параметрів якості.

Одним із найскладніших і принципів розділів проектування, у тому числі й проектування групових технологічних процесів, є вибір та обґрунтування технологічних баз. Від цього значною мірою залежать фактична точність виконання розмірів; правильність взаємного розташування поверхонь; ступінь складності пристроїв, різальних і вимірвальних інструментів; загальна продуктивність оброблення заготовок.

Вихідними даними при виборі баз є робочі креслення групи валів-шестерень з технічними умовами на їх виготовлення, конструктивно-технологічні особливості, вид заготовок і стан їхніх поверхонь, бажаний або обумовлений ступінь автоматизації тощо. Перш ніж вибрати бази для конкретної операції, необхідно вичерпно сформулювати завдання, які мають бути вирішені під час виконання кожної операції. Ці завдання виходять з вимог креслення й технічних умов на виготовлення конкретної деталі групи.



Завдання, що вирішуються на першій операції, зводяться до необхідності встановлення зв'язків, які визначають відстані (розміри-координати) і повороти оброблюваних поверхонь відносно поверхонь, що залишились необробленими на цьому етапі, і рівномірного розподілу фактичних припусків між поверхнями. Вибору баз на першій операції передують визначення поверхонь, що будуть використовуватись як бази на наступних операціях. Такими поверхнями, як правило, є основні бази, від яких задано більшість розмірів, що координують розташування інших відповідальних поверхонь групи валів-шестерень. Відступів від принципу сумісності установочних баз чимало в конкретних випадках використання прикладної теорії базування. Тоді слід враховувати такі закономірності базування, як правило єдиної установочної бази, правило першочерговості, умови найменшої похибки та принцип постійності установочних баз.

Одночасно реалізувати всі закономірності прикладної теорії базування неможливо, бо інколи вони дуже суперечать одна одній в конкретних умовах і завданнях, зважаючи на об'єктивні можливості й суб'єктивні фактори виробництва.

Задане в кресленнях деталей термічне і термохімічне оброблення з урахуванням інших факторів (розмірів, конфігурації деталей, точності кінцевого оброблення, матеріалу) визначило їхнє місце в технологічному процесі, а також обсяги і характер попереднього й фінішного механічного оброблення. Розміщення термічного оброблення потребує визначення меж етапів технологічного процесу. Цементация має проводитися після нарізки зубців і шліців (виходячи з технічних вимог креслень), перед чистовим етапом – це дозволить зменшити трудомістке й низькопродуктивне механічне оброблення (через високу твердість зміцнених поверхонь).

Для валів-шестерень слід прийняти перший спосіб захисту – міднення, що пов'язано зі зменшенням припусків на оброблення, а також з можливістю виконання термічних загартування й відпуску безпосередньо після цементации. Такий вибір не призводить до розриву технологічного процесу порівняно з використанням другого й третього способів захисту.

Точність, а відповідно і шорсткість основних (робочих) і вільних поверхонь визначають можливі методи фінішного оброблення. Конкретні способи оброблення слід вибирати залежно від виду, функціонального призначення й властивостей оброблюваних поверхонь. Наприклад, точність циліндричної поверхні 5-го квалітету (поверхні 6 і 27 деталей 1–4 (див. рис. 17 і 18)) можна забезпечити тонким шліфуванням.

Кожне фінішне оброблення, якщо воно не єдине, потребує визначення попередньої технології. Як правило, з підвищенням точності фінішного оброблення кількість попередніх операцій зростає.

Наприклад, отриманню 5-го квалітету точності поверхонь 6 і 27 деталей 1–4 передують велика кількість попередніх операцій: чорнове, напівчистове й чистове точіння; чорнове й чистове шліфування.

Обов'язково треба провести розрахунки й оптимізацію необхідної кількості операцій оброблення основних поверхонь. Це дозволить уточнити план оброблення кожної елементарної поверхні деталі, а також межі й зміст етапів технологічного процесу.

Послідовність етапів оброблення деталей груп наведено в табл. 6.

Таблиця 6

### Етапи технологічного процесу

Етап	Найменування	Призначення й характеристики
E1	Заготівельний	Отримання заготовки та її термооброблення
E2	Чорновий	Знімання зайвих напусків і припусків. Точність оброблення – 11–12 квалітет, Ra > 2,5 мкм
E3	Термічний 1	Термооброблення
E4	Напівчистовий 1	Правка баз, напівчистове оброблення головних поверхонь. Точність оброблення – 9–10 квалітет, Ra ≤ 2,5 мкм. Свердлування отворів, точіння канавок, фрезерування пазів. Нарізання зубців і шліців
E5	Гальванічний 1	Міднення
E6	Термічний 2	Цементация, високий відпуск. Загартування, оброблення холодом, низький відпуск
E7	Гальванічний 2	Серебріння; катодне хромування; оксидне фосфатування
E8	Чистовий 1	Правка баз і чорнове шліфування головних поверхонь
E9	Термічний 3	Старіння
E10	Чистовий 2	Правка баз і чистове шліфування головних поверхонь
E11	Термічний 4	Старіння
E12	Чистовий 3	Правка баз і тонке шліфування головних поверхонь
E13	Остаточний контроль	

Вибір і призначення технологічних баз є одним із найбільш відповідальних етапів проектування технологічного процесу, бо вибір тих або інших поверхонь як баз визначає схему простановки розмірів, схему й конструкцію пристосувань, можливість виконання оброблення за попереднім налагодженням.

Як чорнові (попередні) технологічні бази, на яких проходить перша установка заготовки, слід вибирати зовнішню циліндричну поверхню хвостовика вала-шестірні (подвійна напрямна й опорна прихована поверхні); торець "майбутньої" шестірні з боку хвостовика (опорна поверхня).

З чорнових баз будемо проводити фрезерування габаритних торців і їхнє centruвання. Використання штучних технологічних баз, якими є центрові гнізда, а в подальшому (за технологічним процесом) центрові фаски, дозволяє реалізувати принцип постійності баз.

Для зменшення варіантів схем базування було прийнято рішення по можливості використовувати типові схеми установки: базування по центрових гніздах і фасках – при обробленні зовнішніх елементів вала, зубців і шліців; зовнішній діаметр і торець – при обробленні отворів (осьових).

Це дозволяє використовувати типові верстатне оснащення, що зменшує його номенклатуру; спрощує проектування й виробництво.

## **8. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ФОРМОУТВОРЕННЯ ГРУПИ ЗАГОТІВОК ВАЛІВ-ШЕСТЕРЕНЬ**

Заготовки виготовляються з припуском, яким є шар металу, що підлягає видаленню в процесі оброблення. Припуск необхідний для можливості забезпечення розмірів, точності й величини шорсткості поверхонь в операціях формоутворення.

Значний вплив на вибір способу отримання заготовок мають час, відведений на технологічну підготовку виробництва (проектування, виготовлення й налагодження штампів, моделей, прес-форм та ін.); наявність відповідного технологічного обладнання й бажаний ступінь автоматизації процесу. Вибраний спосіб має забезпечити якнайнижчу собівартість виробів. При цьому велике значення має економія металу, що переробляється в стружку. Тому технолог має добиватися, щоб прийнятий спосіб забезпечував виготовлення такої заготовки, яка б за формою й розмірами максимально наближалася до готової деталі. Однак підвищення точності заготовки при малому обсязі випуску може виявитись економічно не вигідним, оскільки витрати на оснащення заготівельних процесів можуть перевищити економію на етапі механічного оброблення та на матеріалі. Відшукати найбільш

оптимальний варіант отримання заготовки на ранніх етапах проектування – завдання складне, оскільки, не володіючи трудомісткістю заготовельних і механічних операцій, це майже безпредметно або зовсім неможливо. Тому в практиці промислового виробництва технолог, керуючись технологічними характеристиками різних методів, способів і засобів виготовлення заготовок, за аналогією з уже освоєними виробами, інтуїтивно відбирає порівняно невелику кількість варіантів, які можуть забезпечити початкові дані.

Подальший вибір варіантів може здійснюватись:

- за довідковими таблицями, номограмами, графіками, в яких на основі дослідних даних, досвіду персоналу подано порівняльні сфери застосування різних варіантів залежно від обсягів і строків завдання;

- укрупненими нормативами витрат на виготовлення заготовок та їх механічного оброблення з наступним порівнянням собівартості конкурентоспроможних варіантів.

При виникненні суперечних ситуацій розробляють два-три варіанти технологічного процесу з детальною калькуляцією їхньої собівартості. До виконання приймають той, що забезпечує менші загальні собівартість і трудомісткість, оптимізуючи за капітальними затратами, розрядами робіт тощо.

Вимоги до збігу напрямку волокон і контурів деталі визначає формоутворення заготовок точним пластичним деформуванням. Такі заготовки отримують куванням або штампуванням (на молотах, горизонтально-кувальних машинах (ГКМ), пресах і т.ін.). Штампування на пресах поступається за продуктивністю штампуванню на ГКМ, однак воно продуктивніше в 2–3 рази, припуски на 20...25 % менші, ніж при штампуванні на молотах.

Кування як малопродуктивний спосіб – це такий, що призводить до підвищення припусків, його використовують в основному в умовах дослідного й одиничного виробництва. Штампування використовується в умовах серійного й дрібносерійного виробництва.

Перевага надається гарячому об'ємному штампуванню, виходячи з таких причин:

- осесиметрична форма деталі;
- необхідність отримання деталі для подальшого її оброблення та сприятливого розподілення внутрішніх напружень;
- необхідність підвищення пластичності матеріалу, а також зниження енерговитрат на формоутворення заготовок, що дозволяє використовувати менш потужне (а отже, й менш дороге) обладнання.

Окрім названих причин на вибір способів і засобів формоутво-

рення заготовок впливає й марка матеріалу. Матеріали валів-шестерень – це сталі 14ХГСН2МА, 14ХГСН2МА-Ш і 16ХЗНВФМБ-Ш, що якісно деформуються в гарячому стані, тому штампування рекомендується проводити в закритих штампах. Це пов'язано зі зменшенням відходів, кращим використанням пластичності металу й покращенням його макроструктури разом із підвищенням точності.

З урахуванням типу виробництва, ступеня серійності, матеріалів валів-шестерень для заготівельних операцій можна рекомендувати кривошипні гаряче-штампувальні преси (КГШП), молоти або ГKM.

У дрібно-серійному виробництві складних деталей авіаційних двигунів усе більше використовують КГШП, ніж молоти й ГKM. Це розширює область використання групового методу гарячого штампування, тому що конструкція штампів, які використовуються в КГШП, являють собою блок-пакети зі швидкозмінними вставками. Особливості конструкцій сучасного обладнання дозволяють знайти раціональний варіант для конкретних умов виробництва складних і трудомістких деталей.

Найчастіше економічно вигідними будуть такі варіанти методів, способів і засобів виготовлення заготовок тиском та й всього їх подальшого механічного оброблення, які дозволяють зменшити обсяги видалення стружки, застосовувати більш просте й надійне широко розповсюджене обладнання, нормалізовані інструменти, зниження розрядів верстатних робіт і обсягів використаної енергії тощо.

## **ВИСНОВОК**

Галузь різко зменшила обсяги замовлень авіаційним заводам, які змушені переорієнтуватись на різнопрофільні вироби дрібними серіями. Для збереження конкурентоспроможності продукції підприємства мають всебічно вдосконалювати організацію виробництва, що можливо за рахунок уніфікації всієї системи “конструкція – технологія – організація”. Це забезпечує зростання серійності виробництва й дозволяє використовувати методи, засоби й переваги серійного виробництва деталей авіаційних двигунів і літальних апаратів дрібних серій і широкої номенклатури, суттєво знизивши їхню собівартість.

Прорив у проблемі виробництва складної та наукоємної продукції особливо ефективний за умови комплексного використання інтегрованих інформаційних технологій систем CAD/CAM/CAE, спеціалізації, кооперації та об'єднанні підприємств на основі широкого впровадження уніфікованих групових технологічних процесів.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства: в 2 т. / С.П. Митрофанов. – Л.: Машиностроение, 1983. – Т. 1: Организация группового производства. – 407 с.
2. Митрофанов С.П. Групповая технология изготовления заготовок серийного производства / С.П. Митрофанов. – Л.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
3. Митрофанов С.П. Автоматизация технологической подготовки серийного производства / С.П. Митрофанов, Ю.А. Гульнов, Д.Д. Куликов. – М.: Машиностроение, 1974. – 360 с.
4. Митрофанов С.П. Научная организация машиностроительного производства / С.П. Митрофанов. – Л.: Машиностроение, 1976. – 710 с.
5. Сигал Я.М. Тенденции развития групповой технологии за рубежом / Я.М. Сигал. – М.: НИИМаш, 1979. – 59 с.
6. Конструирование комплексной детали типа тела вращения: метод. пособие / В.А. Богуслаев, А.Ф. Горбачев, В.Д. Сотников. – Х.: ХАИ, 1996. – 13 с.

## ЗМІСТ

Вступ .....	3
1. Науково-методичні основи організації групового виробництва авіаційних двигунів і літальних апаратів .....	6
2. Науково-технічна підготовка групового виробництва .....	11
3. Форми групового виробництва й основні правила його організації .....	27
4. Метод групового оброблення деталей .....	35
5. Техніко-економічне обґрунтування розроблення групових технологічних процесів виготовлення деталей на спеціалізованій ділянці .....	58
6. Розроблення й аналіз комплексної деталі групового виробництва валів-шестерень .....	66
7. Вибір та обґрунтування етапів технологічного процесу виготовлення, технологічних баз, методів і послідовності формоутворення основних поверхонь групи валів-шестерень ..	70
8. Вибір та обґрунтування методів і засобів формоутворення групи заготовок валів-шестерень .....	75
Висновок .....	77
Бібліографічний список .....	78

**Сотников Володимир Данилович**

**ГРУПОВІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ  
В АВІАДВИГУНОБУДУВАННІ**

Редактор О.Ф. Серьожкіна

Зв. план, 2008

Підписано до друку 03.12.2008

Формат 60x84 1/16. Папір офс. № 2. Офс. друк

Ум. друк. арк. 4,4. Обл.-вид. арк. 5. Наклад 100 прим.

Замовлення 513. Ціна вільна

---

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Видавничий центр «ХАІ»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

[izdat@khai.edu](mailto:izdat@khai.edu)