

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Ю.О. Боборикін, В.Т. Сікульський, В.Л. Малашенко, С.Г. Кушнарєнко

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ЛІТАКОБУДУВАННЯ

Книга 3

ЗМІСТ І МЕТОДИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЛІТАКІВ

Харків «ХАІ» 2008

ББК 39.53

УДК 629.735.33

Основи технології літакобудування: навч. посібник / Ю.О. Боборикін, В.Т. Сікульський, В.Л. Малашенко, С.Г. Кушнарєнко. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2008. – Кн. 3: Зміст і методи технологічної підготовки виробництва літаків. – 76 с.

Викладено принципи й методи технологічної підготовки виробництва у машинобудуванні і, зокрема, при виробленні об’єктів авіаційно-космічної техніки. Докладно висвітлено методи стандартизації й уніфікації технологічних процесів, вибору обладнання й технологічного оснащення.

Розглянуто основні принципи класифікації й кодування при проведенні стандартизації й уніфікації, а також правила проектування технологічних процесів. Конкретні технічні рішення щодо технологічної підготовки виробництва наведено як приклади й детально розібрано (критично оцінено) у викладених розділах.

Для студентів технічних університетів, що навчаються за спеціальностями машинобудування.

Іл. 20. Табл. 11. Бібліогр.: 25 назв

Рецензенти: кафедра техніки і технології Харк. держ. екон. ун-ту;
лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки,
д-р техн. наук В.В. Сухов

© Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”, 2008 р.

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АКТ – авіаційно-космічна техніка;
АСТПВ – автоматизована система технічної підготовки виробництва;
БО – базовий отвір;
БДО – бюро даних обладнання;
БНМ – бюро нормування й матеріалів;
БХШ – бюро холодного штампування;
ВГМ – відділ головного механіка;
ВКСР – відділ клепально-складальних робіт;
ВМО – відділ механічного оброблення;
ВПН – відділ пристосувань та інструмента;
ВПП – відділ перспективного планування;
ВТЗ – відділ труда й зарплати;
ВТК – відділ технічного контролю;
ВХШ – відділ холодного штампування;
ВЧК – від’ємна частина крила;
ГТ – групова технологія;
ДКБ – дослідно-конструкторське бюро;
ДКР – дослідно-конструкторські роботи;
ЄСКД – єдина система конструкторської документації;
ЄСТБ – єдина система технічної безпеки;
ЄСТД – єдина система технічної документації;
ЄСКК – єдина система класифікації й кодування;
ЄСПД – єдина система підготовки документації;
ЄСТПВ – єдина система технічної підготовки виробництва;
ЗРП – збірно-розбірний пристрій;
КВПР – конструкторський відділ пристосувань;
КД – конструкторська документація;
КСУЯП – комплексна система управління якістю продукції;
КФО – координатно-фіксуєчі отвори;

МКЕ – метод кінцевих елементів;
НДР – науково-дослідні роботи;
ОП – одиничний процес;
ОТ – обчислювальна техніка;
ПВ – підготовка виробництва;
ПЕВ – планово-економічний відділ;
ПЕОМ – персональна електронно-обчислювальна машина;
САПР ВО – система автоматизованого проектування виробництва оснастки;
САПР ОС – система автоматизованого проектування оснастки;
САПР ТП – система автоматизованого проектування технологічних процесів;
САПР ТПВ – система автоматизованого проектування технічної підготовки виробництва;
САПР ТП МО – система автоматизованого проектування технологічних процесів механічного оброблення;
САПР ТП ХШ – система автоматизованого проектування технологічних процесів холодного штампування;
СКК – система класифікації й кодування;
СРП – складально-розбірний пристрій;
СТПВ – система технологічної підготовки виробництва;
СЧК – середня частина крила;
ТВ – технічні вимоги;
ТЗ – технічне завдання;
ТК – технологічний комплект;
ТКВ – технологічність конструкції виробу;
ТП – технологічний процес;
УЗП – універсально-збірний пристрій;
ЧПУ – числове програмне управління;
ШК – шаблони контуру.

1. ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА НА ОСНОВІ СТАНДАРТІВ

1.1. Технічна підготовка виробництва і її складові

Метою підготовки виробництва є його приведення до стану, при якому можна забезпечити потребу в продукції, що пропонується.

Технічна підготовка виробництва (ТПВ) літака, як і будь-якої товарної продукції, складається з таких, пов'язаних між собою, етапів роботи:

- вивчення попиту й формування концепції створення літака як об'єкта виробництва і як товару;

- виконання передпроектних робіт і встановлення джерел фінансування (оптовий покупець і кредитування);

- проведення науково-дослідних (НДР), проектних і дослідно-конструкторських робіт (ДКР), на основі результатів яких буде розроблено конструкторську документацію й досвідний зразок;

- виготовлення, перевірка й дороблення експлуатаційних якостей літака разом із замовником;

- підготовка виробництва основного й першого, призначеного до серійного випуску, літака;

- організація збуту, обслуговування і експлуатації виробу, ремонту і утилізації;

- організація й забезпечення роботи супровідних виробництв.

У підсумку слід забезпечити технічну готовність виробництва (підприємства) до випуску й збуту виробів належної якості або їхнього удосконалювання у визначених обсягах, термінах випуску й ресурсах. Наведений зміст робіт обумовлює види технічної підготовки виробництва – конструкторську, технологічну, організаційно-економічну, що доповнюють одна одну.

Конструкторська підготовка виробництва охоплює розроблення конструкторської документації, креслень загальних видів агрегатів, складових одиниць різного рівня, креслень деталей, а також специфікацій, технічних вимог та інших документів.

Для конкретного виробництва (завод, цех) конструкторську документацію відпрацьовують з урахуванням специфіки й можливих змінювань у постачанні й модифікаціях. Для цього до спільної технологічної бригади запрошують робітників технологічних служб підприємства-виробника.

Технологічна підготовка виробництва – це комплекс робіт щодо приведення підприємства до технологічної готовності для випуску виробів встановленого рівня якості й техніко-економічних показників у визначених обсягах і термінах постачання в межах наявних ресурсів.

Відповідно під час технологічної підготовки виконуються такі дії:

- відпрацювання конструкції на технологічність;
- проектування й відлагодження технологічних процесів;
- проектування, виготовлення та відлагодження оснастки, спеціального інструменту й стендів;
- проектування й реалізація процесів автоматизації виробництва, засобів механізації і автоматизації;
- управління процесом технологічної підготовки виробництва.

Організаційно-економічна підготовка виробництва передбачає:

- визначення джерел, обсягів і термінів постачання матеріальних і грошових ресурсів для забезпечення випуску виробів у визначених обсягах і термінах;
- вживання заходів щодо скорочення циклу підготовки виробництва й виробничих циклів;
- комплексне планування процесу підготовки виробництва й випуску продукції;
- забезпечення гнучкості виробництва й управління ним на основі встановлених технологічних комплектів (ТК), розроблення мережевих і циклових графіків, розрахунок **запасів** і графіків **випередження**.

Технічна підготовка виробництва (як комплекс заходів) починається з моменту прийняття рішення про початок проектування виробу, продовжується весь термін його випуску й закінчується зі зняттям з експлуатації, тобто триває протягом усього життєвого циклу виробу.

1.2. Місце й техніко-економічна характеристика технологічної підготовки виробництва

Виробництво літаків та іншої аерокосмічної техніки (АКТ) – це складний комплекс процесів, які можна поділити на три основні стадії.

Перша стадія – проектування об'єкта в дослідно-конструкторському бюро (ДКБ). На цій стадії відповідно до затвердженого завдання здійснюють загальне компоунання виробу, виконують аеродинамічні, міцнісні й вагові розрахунки, створюють комп'ютерні моделі й теоретичні плази. Результатом є ескізний проект. Для просторового ув'язування виконують у натуральну величину макет виробу, який приймає макетна комісія. Після затвердження макета виконують робоче проектування: розробляють креслення агрегатів, відсіків, вузлів й окремих деталей, виконують монтажні схеми, узгоджують конструкторські креслення з комп'ютерною моделлю й теоретичними плазами, а також виконують конструкторське ув'язування й технологічне пророблення конструкції виробу.

Друга стадія пов'язана з виготовленням трьох дослідних зразків літака. З одним екземпляром здійснюють статичні й динамічні випробування, з другим – державні випробування, а третій екземпляр (за необхідності)

подають як еталон для серійного виробництва, до нього вносять доповнення, що поліпшують його якість.

Третя стадія підготовки стосується серійного виготовлення виробів. Найбільш ресурсомісткою частиною технічної підготовки виробництва є технологічна. На її здійснення витрачають понад 40% часу й 70% усіх запланованих ресурсів. Відношення витрат на створення дослідного й серійного виробів становить приблизно 8:1.

Збільшення обсягу завдань й обсягу підготовки виробництва на сучасному етапі зумовлено відомими вимогами науково-технічного прогресу:

- частим змінюванням об'єкта виробництва внаслідок підвищених вимог до якості й розширення споживчих якостей виробу;
- скороченням серії виробів, виготовлених за одним комплектом технічної документації, що примушує зменшувати витрати й час на підготовку виробництва;
- безумовним використанням нових технологічних процесів як засобу підвищення якості виробу й зменшення витрат на виробництво;
- зниженням матеріаломісткості виробу для економії ресурсів усіх видів;
- інтенсифікацією і автоматизацією технологічних процесів.

Оновлення виробів, у тому числі машинобудування, з середнім темпом у 3-5 років приводить до збільшення у 20-25 разів кількість виробів, що використовуються. Це розширює обсяг підготовки виробництва, тобто капіталомісткість також зростає, а фондвіддача зменшується. У кінцевому підсумку вартість і відповідно ціна виробу підвищуються в 2-3 рази. Конкурентоспроможність товару знижується. Ці обставини й різноманітність інформаційних потоків щодо організації й прийняття рішень про підготовку виробництва зумовлюють необхідність автоматизації інженерно-технічних рішень на основі системи автоматизованого проектування компонентів ТПВ, тобто САПР ТПВ, побудованої за єдиними правилами й методами проведення ТПВ для всіх підприємств.

Забезпечення підготовки гнучкого або автоматизованого виробництва потребує більш детального вивчення певних технологій, оброблення більшого обсягу інформації, ніж при використанні універсального устаткування й залучення робітників більш високої кваліфікації. Тому автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ) охоплює сукупність методів технологічних процесів, їх моделей, алгоритми й програмне забезпечення, технічні засоби і організаційні заходи, об'єднані в єдину систему. Методологічною і організаційною основою робіт з ТПВ є загальнодержавна єдина система технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ) на рівні державних стандартів, наприклад, як "Единая система технической подготовки производства" (ЕСТПП), ГОСТ 14001.

1.3. Послідовність і зміст ТПВ при виготовленні АКТ

Під час практики визначають основні етапи й види робіт щодо ТПВ.

1. Технологічне виконання конструкції

Для скорочення термінів ТПВ працівники серійного заводу й ДКБ спільно здійснюють технологічне пророблення конструкторської документації згідно з прийнятими директивними технологічними матеріалами.

Мета цього пророблення – привести конструкцію у відповідність з бажаною технологією. Директивні технологічні матеріали відображають прийняту концепцію виробництва певного виду АКТ, планованого в обсягах випуску. Ці матеріали є основою розроблених технологічних процесів, прийнятого устаткування і обладнання.

2. Вибір методів і розроблення засобів, що забезпечують узгодження розмірів просторових об'єктів і деталей

Це здійснюють разом з серійним заводом і ДКБ за допомогою таких заходів:

- використання спільних математичних моделей, програм для систем з ЧПУ, креслень погоджувальних конструктивних плазів за єдиним теоретичним плазом;

- виготовлення шаблонів й оснастки другого порядку;

- забезпечення серійного виробництва не тільки конструкторською документацією, але й математичними моделями геометрії зовнішньої поверхні, устаткуванням другого порядку, теоретичними плазами, програмами для виготовлення деталей і вузлів, за якими було створено три головні машини (перший льотний екземпляр, екземпляр для статичних випробувань, другий льотний екземпляр).

За зразками, розробленими у ДКБ, працівники серійного заводу виконують уточнені теоретичні плази, проводять додаткове ув'язування геометрії на основі теоретичних плазів і конструкторських креслень, готують конструктивні плази. За плазами виготовляють шаблони деталей.

3. Проектування технологічних процесів

За основу робочих технологічних процесів приймають перспективні, відображені у директивних матеріалах, а також уніфіковані (типові й групові) технологічні процеси.

Розробляють процеси протягом усього періоду, поки триває випуск виробу. Після технологічної готовності виробництва починають доробляти технологічні процеси, розробляти нові у зв'язку з внесенням конструктивних змін у виріб, створювати більш досконалі технологічні рішення для зниження трудомісткості.

4. Проектування оснастки, спеціального різального й вимірних інструментів

Щоб забезпечити потрібні геометричні параметри, особливо у складних з'єднаннях, згідно з директивною технологією, прийнятим технологічним розкладом і методом забезпечення взаємозамінності, відділ проектування

оснастки (КОПР, ОКСР, БХШ, ОМО) створює монтажні еталони, калібри стиків, контрольні болванки та мастер-плити.

За ТЗ на проектування оснащення, що розробляють технологи складальних цехів, КОПР проектує технологічне оснащення: штампи, складальні пристрої, верстатна оснастка, спеціальний різальний інструмент, нестандартні засоби вимірювання, тощо.

5. Виготовлення й налагодження оснастки

Виготовлення оснастки для оброблення деталей, складання агрегатів, окремих складових одиниць виконують цехи допоміжного виробництва (цехи підготовки виробництва): плазово-шаблонний, інструментальний, штампового оснащення, стапельного оснащення, засобів автоматизації, а також ПРІНи (майстерні для ремонту інструментів і пристосувань) цехів основного виробництва.

Використовують уніфіковані пристрої, нормалізовані елементи багаторазового використання, що у двічі-тричі знижує витрати.

Щоб забезпечити терміни підготовки, оснащення поділяють на три черги щодо порядку виготовлення:

- нульову, без якої неможливо зібрати виріб (це загальноскладальні стапелі агрегатів, силових вузлів, штампове оснащення);
- першу – для виконання технологічних процесів, що забезпечують трудомісткість серійного виробництва;
- другу, яка сприяє збільшенню випуску (це дублери оснащення).

6. Освоєння нового обладнання, підготовка кадрів, реконструкція цехів

Ці роботи охоплюють придбання, монтаж, пуск та освоєння обладнання у виробництві.

Реконструкція цехів починається з розроблення технологічних планувальних, потім обладнання розташовується за технологічним процесом, визначається склад цехів для виготовлення нового виробу. Реконструкцію виконують послідовно, одночасно з процесом зняття старого виробу з виробництва.

7. Технологічне планування підготовки виробництва

Оперативно-календарне планування ТПВ здійснюють за допомогою баз сіткових моделей на основі комплектно-вузлової системи з одиницею планування – технологічний комплект (ТК) (рис. 1.1).

ТК – набір деталей і вузлів для забезпечення комплектного їхнього подання на одну з подальших стадій складання. Розрізняють провідні ТК (наприклад, агрегат, відсік, вузол) і вхідні ТК, що входять до складових одиниць і являють собою деталі, виготовлені механічними й штампувальними цехами. Враховуючи технологічну послідовність, для скорочення терміну виготовлення ТК поділяють на групи випередження, тобто на набори деталей, що виготовляються до певного терміну здачі замовникові.

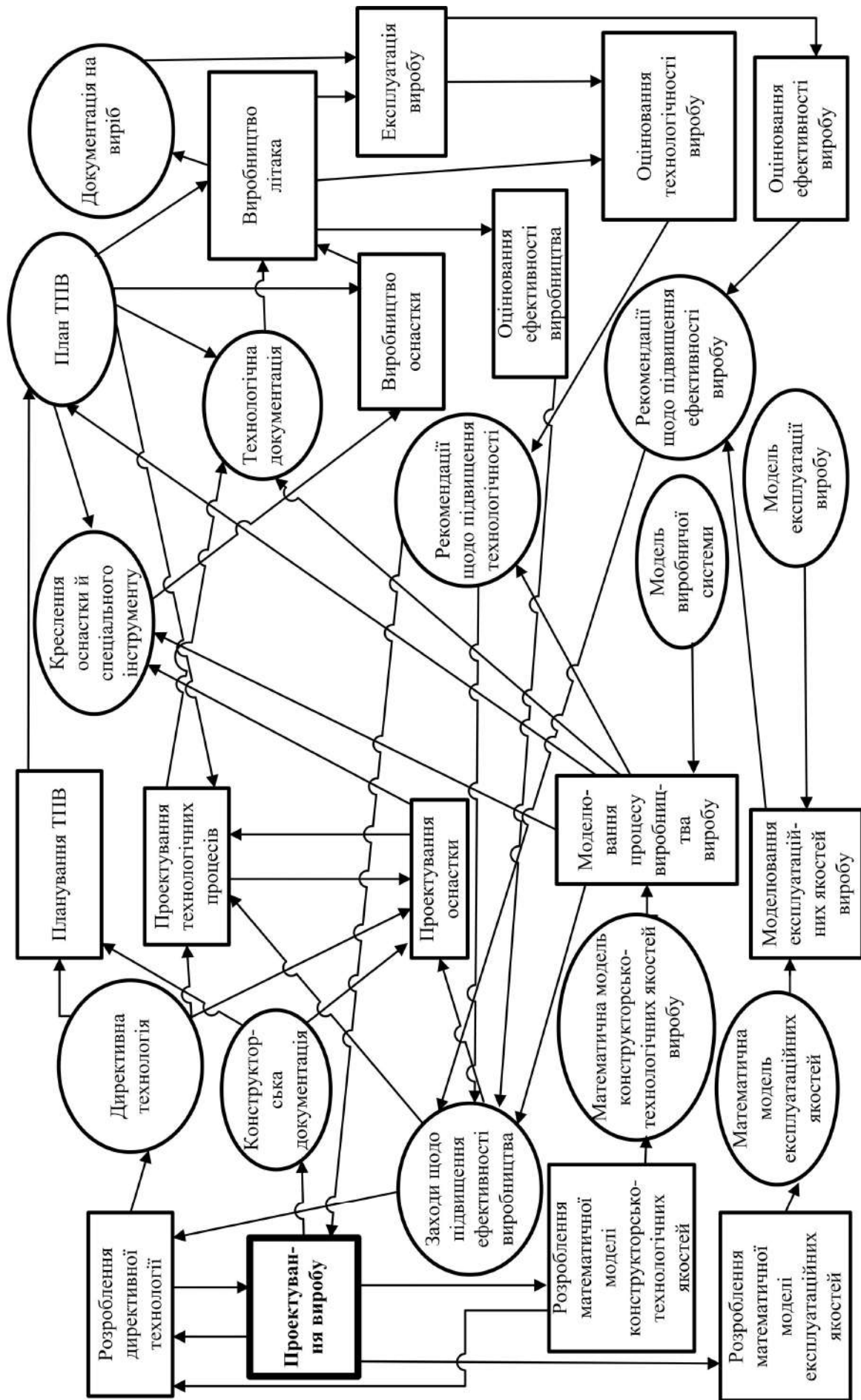


Рис. 1.1. Послідовність і зміст технологічної підготовки виробництва

8. Виконання нормованих розрахунків, складання загальних специфікацій інструменту, оснастки, матеріалів

За результатами аналізу операційних часових норм визначають норми часу й трудомісткість виготовлення агрегатів, вузлів, деталей. Складають специфікації інструменту, матеріалів, нормалізованих виробів тощо.

9. Розрахунок потрібної кількості обладнання та необхідних площин. Розробка планування цехів

Відомості щодо трудовитрат дозволяють розрахувати довжину циклів виробництва й визначити необхідну кількість робочих місць. Разом з технологічними схемами виробництва й технологічними процесами це дозволяє визначити раціональне компонування цехів, їхній склад і розташування. Для виконання цих робіт з мінімальними витратами часу складають генеральний графік підготовки виробництва (табл. 1.1).

1.4. Директивні технологічні матеріали

Одним з шляхів прискорення науково-технічного прогресу й реалізації прогресивних технологій є розроблення відповідних цим технологіям конструкцій. Концепцію прийнятої технології відображають у директивних технологічних матеріалах, які розробляє технологічний відділ ДКБ спільно з серійними підприємствами, галузевими науково-дослідними інститутами (НІАТ, ВІАМ).

Директивні технологічні матеріали щодо конкретного літака або іншого виробу містять:

- опис технологічних особливостей конструкції (використані матеріали, склад і види застосованих з'єднань, типові і оригінальні конструктивні рішення;

- результати відпрацювання конструкції на технологічність з урахуванням особливостей виробництва базового серійного заводу в його розвитку;

- технологічні процеси складання виробу, його агрегатів, основних вузлів, виготовлення найбільш складних вузлів, деталей з нових матеріалів або виготовлюваних за новими технологіями;

- плани інженерно-технічного постачання основних і допоміжних матеріалів, оснащення та будівництва;

- плани заходів щодо створення та відпрацювання нових виробництв, упровадження нової техніки, обладнання, підготовки кадрів для освоєння процесів, уперше використаних в ДКБ при створенні нового виробу АКТ, а також на серійних заводах при його виробництві;

- плани освоєння цього виробу (експлуатації, забезпечення його технічного стану);

- опис стану розміщення замовлень і відомості щодо узгодження технічної документації на напівфабрикати, сортамент матеріалів, послідовність і план реалізації замовлень на всі спеціальні напівфабрикати й матеріали;

- план розміщення замовлень на проектування нового й нестандартного обладнання, проектів щодо будівництва й реконструкції виробництв;

Таблиця 1.1

Орієнтовний вигляд генерального графіка в лінійному варіанті (приклад)

№ п/п	Найменування роботи	Виконавці	Календарний період: рік, місяць, декада																	
			2007 рік						2008 рік											
			1	2	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Випуск робочих креслень виробу																			
2	Технологічне планування	ВПП																		
3	Розроблення нормативів	БНМ																		
4	Виготовлення ПШО	Цехи №№																		
5	Розроблення технологічних процесів	Тех-бюро цехів №№																		
6	Випуск креслень технологічного оснащення: а) ковальського й ливарного, б) заготівельно-штампувального, в) верстатного, г) складального	ВГМ ВХШ ВМО ВКСР																		
7	Виготовлення технологічного оснащення	Цехи №№																		
8	Виготовлення деталей виробу	Цехи №№																		
9	Складання агрегатів	Цехи №№																		
10	Випуск першого виробу																			

– визначення обсягів і джерел фінансування, початкових кредитів, пов'язаних з техніко-інженерною системою планованих заходів.

Якщо проєктована конструкція достатньо повно пов'язана з бажаною технологією й концепцією виробництва, то, як правило, згідно з результатами виготовленого дослідного зразка й зразків встановленої серії змінювань вноситься небагато. Тому головне призначення директивних технологій полягає в ув'язуванні використаних на етапі проєктування конструктивних рішень з запланованими методами й засобами виробництва, тобто заданими директивно й реалізованими у конкретних рішеннях.

Директивна технологія є основною під час детального відпрацювання на технологічність, розроблення серійних технологічних процесів. Документацію щодо технологічних матеріалів оформлюють у вигляді альбомів.

2. МЕТОДИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА

2.1. ЄСТПВ – комплексна система проведення ТПВ на основі державних стандартів

Відповідно до змісту ТПВ необхідно протягом життєвого циклу виробу забезпечити реалізацію технологічної готовності виробництва і експлуатацію відповідної кількості виробів згідно з технічними вимогами (ТВ) і терміном виконання замовлення.

Одночасно слід усунути суперечність у виборі нових технологічних рішень при обмеженому обсязі замовлень й значних витратах, забезпечити гнучкість виробництва і його високу оснащеність при скороченні витрат на виробництво й зростанні вимог до якості. Для розв'язання цієї проблеми ЄСТПВ передбачено:

- єдиний методологічний підхід до вибору засобів ТПВ, прогресивних технологій і техніки;

- методи організації виробництв високої гнучкості, які дозволяють швидко переналагодження на випуск нових виробів.

Для цього приводять виріб у стан, найбільш придатний для конкретного виробництва (технологічна раціональність), тобто забезпечують:

- технологічність;
- спадкоємність конструкції на основі широкої уніфікації за всіма ступенями складових частин виробу;

- спадкоємність технологій на основі уніфікації й стандартизації рішень, групових і типових технологічних процесів;

- уніфікацію й нормалізацію технологічного оснащення;

- автоматизовану підготовку виробництва (САПР ТП, АСТПВ тощо).

Відповідно до цього «ядро» ЄСТПВ складають:

- правила й послідовність відпрацювання виробу на технологічність;

– технологічні процеси, розроблені на основі уніфікованих і стандартних рішень;

– технологічне оснащення, створене на основі уніфікованих рішень і стандартів усіх рівнів.

Рішення ґрунтуються на єдиній системі стандартів (ЄСКД, ЄСТД, ЄСКК, ЄСПД, ССТБ, КСУЯП), а також системі розроблення й поставлення продукції на виробництво.

Головна задача ЄСТПВ – зв'язати в єдиний комплекс розроблення конструкції, технологію її виробництва, оснащення й вибір обладнання, виходячи з принципів безумовної економії ресурсів усіх видів.

Для забезпечення практичного використання ЄСТПВ найбільш детально розроблено:

- правила відпрацювання конструкції на технологічність;
- правила створення й використання технологічних процесів і засобів технологічного оснащення;
- принципи уніфікації, стандартизації й нормалізації засобів технологічного оснащення.

Ці розділи входять до складу галузевих матеріалів та інструкцій.

2.2. Технологічність конструкції виробів

Конструкцію виробу, тобто його структурний склад, принципову схему з'єднань його частин, вузли, деталі, форму поверхні, матеріал, розміри вибирає конструктор за умов досягнення необхідних споживчих властивостей, які визначають корисність виробу, а також можливість його виготовлення і експлуатації згідно з визначеною витратою ресурсів.

Сукупність властивостей, які забезпечують відповідність конструкції виробу оптимальним витратам ресурсів у виробництві і експлуатації при замовлених показниках якості, обсягах випуску і умовах виконання робіт визначають поняттям *технологічність конструкції виробу (ТКВ)*.

Технологічність конструкції виробу відображає його конструктивні, а не функціональні властивості, і її забезпечують на стадії підготовки виробництва шляхом взаємозв'язаного вирішення конструктивних і технологічних завдань, спрямованих на підвищення ефективності праці, досягнення оптимальних трудових і матеріальних витрат, зменшення часу на виробництво, технічне обслуговування й ремонт виробу.

Загальні правила забезпечення технологічності конструкції виробу є обов'язковими під час його проектування. Основну термінологію й визначення наведено в стандартах (ГОСТ 14.205-83).

Основні поняття – це технологічна раціональність конструкції. Технічна суть ТКВ (рис. 2.1) реалізується у методах впливу на принципові рішення, що приймаються при розробленні конструкції.

Основними методами є технологічна раціональність і спадкоємність конструкції.

Технологічна раціональність конструкції являє собою сукупність тих властивостей виробу, що відповідають прийнятим конструктивним рішенням і вимогам виробництва, експлуатації й ремонту.

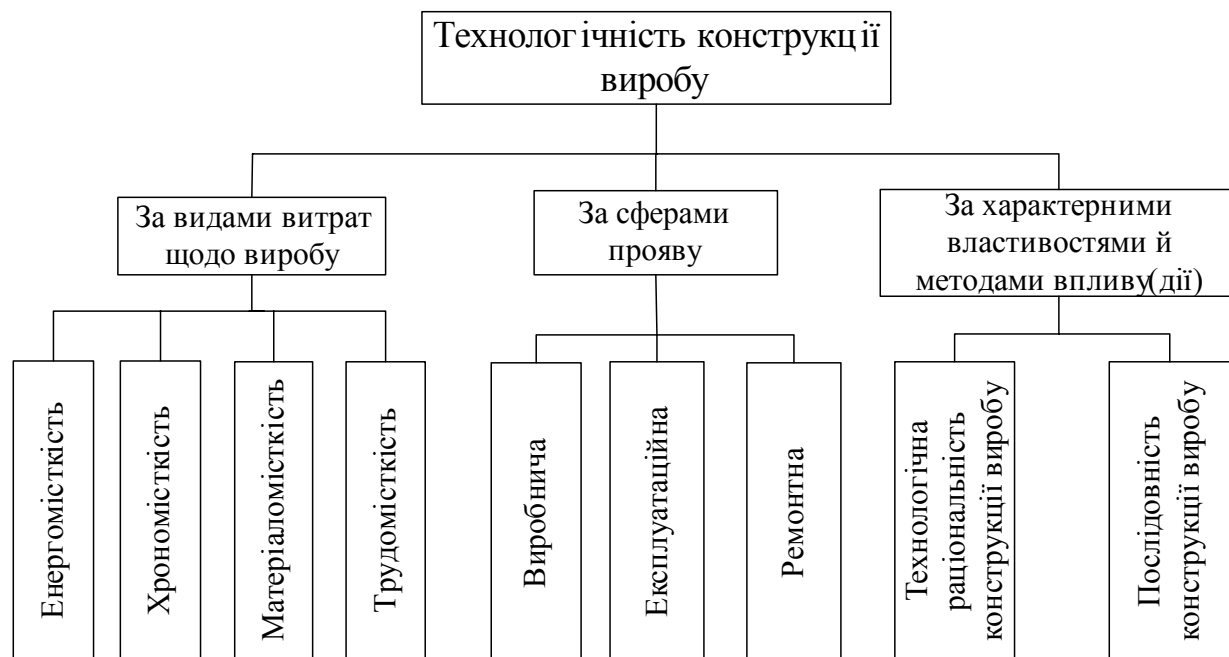


Рис. 2.1. Класифікація технологічності конструкції виробу за її видами

Технологічна раціональність характеризує можливість виготовлення конструкції і експлуатації виробу (або групи його виконань) при використанні наявних трудових, матеріальних, енергетичних і часових ресурсів виробника й споживача .

Рівень технологічної раціональності забезпечує конструктор вибором доцільного (згідно з вимогами виробництва, експлуатації й ремонту) складу конструктивних елементів, матеріалів, з'єднання частин виробу, який розглядають як технологічно раціональний тільки щодо конкретних вимог до підготовки його виробництва, виготовлення, технічного обслуговування й ремонту. Для забезпечення потрібного рівня ТКВ ці вимоги необхідно сформулювати до початку розроблення конструкції (наприклад, у директивних матеріалах).

У зв'язку з тим, що вимоги виробництва і експлуатації безперервно змінюються, то динамічно змінюється й рівень ТКВ, який відображає використання нових матеріалів, методів і засобів виробництва, ремонту і експлуатації.

Ця обставина потребує кількісного оцінювання прийнятих рішень, наприклад, за величиною абсолютних або відносних витрат ресурсів на виробництво і експлуатацію виробу, або за показниками його ефективності.

Спадкоємність конструкції виробу являє собою сукупність властивостей, які характеризують його технологічність стосовно єдності повторення й змінювання прийнятих в ній інженерних рішень.

Спадкоємність виявляється в повторюваності складових частин у певному виробі або варіантах його виконання й використанні в них нових частин, обумовлених новими вимогами до виробу, їх функціональним призначенням (конструктивна спадкоємність), а також єдності повторюваності й мінливості технологічних методів одержання, підтримки й відновлення елементів конструкції виробу (технологічна спадкоємність конструкції).

Спадкоємність конструкції є одним з головних принципів найбільш ефективної підготовки виробництва. Внаслідок цього забезпечують спадкоємність технологічних процесів, обладнання, використовують усе найкраще, що створено раніше у процесі наукових і дослідно-конструкторських робіт, перевірено в експлуатації.

Спадкоємність характеризує багаторазовість і використання таких рішень, які забезпечені в сферах виробництва, експлуатації й ремонту відповідними матеріалами й засобами праці. Так зберігають спадкоємність супутніх виробництв, виробничої інфраструктури в усіх її проявах.

Визначення факторів ТКВ обумовлено основними сферами суспільного виробництва, що характеризують придатність конструкції виробу до скорочення витрат ресурсів і часу на технічну підготовку виробництва, процеси виготовлення, складання й монтажу виробу (виробнича ТКВ), поточне обслуговування й ремонт, зберігання й транспортування, діагностику і утилізацію (експлуатаційна ТКВ), на всі види ремонту, крім поточного (ремонтна технологічність).

Виробнича технологічність – це комплекс факторів, які визначають окремі властивості виробу або їх сукупність і характеризують виріб як об'єкт виробництва.

До властивостей, які відображають технологічну раціональність конструкції виробу при його виготовленні, належать, наприклад, оброблюваність, зварюваність матеріалів, що використовуються у конструкції, можливість агрегування, монтажно- та контролепридатність.

Спадкоємність конструкції як об'єкта виробництва, відображає використовуваність і повторюваність його компонентів, складових частин, поєднання між собою конструктивних елементів і поверхонь деталей, спільність матеріалів.

У забезпеченні технологічної раціональності й спадкоємності конструкції залежно від виду виробу, етапу виробництва й використаного методу виготовлення розрізняють:

– виробничу технологічність конструкції деталі, складової одиниці, комплексу й комплекту;

– технологічність конструкції виробу під час підготовки виробництва, у процесі його виготовлення, складання й монтажу у споживача (поза підприємством);

– технологічність виробу, одержаного конкретним методом: литтям, штампуванням, зварюванням, різанням тощо.

Для кожного виду й різновиду виробничої технології використовують певні методи оцінювання.

Експлуатаційна технологічність конструкції виробу визначається окремими властивостями або їхньою сукупністю, що характеризують його як об'єкт експлуатації.

Залежно від виду виробу і етапу експлуатації розрізняють:

– експлуатаційну технологічність конструкції деталі, складової одиниці, комплексу й комплекту;

– технологічність конструкції під час її підготовки до експлуатації, в процесі зберігання, технічного обслуговування, поточного ремонту і утилізації.

При технічному обслуговуванні виконують комплекс операцій для підтримання виробу в робочому стані в період очікування й зберігання.

До поширених характеристик експлуатаційної технологічності належать доступність, легкознімність, зручне обслуговування й ремонт, а також можливість контролю придатності виробу та його частин до експлуатації.

Ремонтна технологічність конструкції виробу відображує окремі властивості або їх сукупність, що характеризують виріб як об'єкт ремонту (крім поточного, що належить до обслуговування). Розрізняють ремонтну технологічність під час середнього (планового) й капітального ремонтів, які виконують методами заміни (наприклад агрегатний метод) або відновлювання, що ґрунтуються на використанні найбільш раціональних (у певному випадку) умовах технологічних операцій.

Технологічність конструкції виробу забезпечують шляхом виконання комплексу взаємозв'язаних робіт, які сприяють прийняттю найбільш раціональних рішень щодо конструкції виробу. До цих робіт належать:

– відпрацювання конструкції на технологічність на всіх стадіях розроблення виробу, підготовка виробництва в обґрунтованих випадках під час виготовлення виробу;

– удосконалення умов виробництва, експлуатації й ремонту виробу й відображення прийнятих інженерних рішень у технічній документації;

– кількісне оцінювання технологічності конструкції;

– технічний контроль конструкторської документації;

– підготовка й внесення в конструкторську документацію змінювань за результатами технічного контролю.

Зміст й обсяг робіт щодо забезпечення технологічності визначають вид виробу, новизну й стадії його розроблення (табл. 2.1).

На стадії розроблення робочої документації виконують роботи, які забезпечують додержання потрібних ТВ і точності виготовлення виробу та його складових частин. За результатами виготовлення, дослідної перевірки й технологічної підготовки виробництва конструкція виробу доводиться до відповідності вимогам його призначення, а також якості згідно з технічним завданням (ТЗ). На кожній стадії здійснюють технологічний контроль конструкторської документації. Більшість рішень, що забезпечують ТКВ, припадають на стадії технічного завдання (15%), ескізного проектування

(50%) і технічного проектування (30%). До початку робочого проектування визначають практично всі рішення, що забезпечують ТКВ.

Таблиця 2.1

Обсяг і зміст робіт для забезпечення ТКВ

Стадія розроблення конструкторської документації	Об'єкти, зміст робіт
Технічна пропозиція (Т)	<p>Визначення варіантів конструктивних рішень (КР), які мають кращі передумови для раціонального поділу й компоновання виробу.</p> <p>Розрахунок показників технологічності варіантів конструкцій.</p> <p>Вибір остаточного варіанта й компоновання основних складових частин виробу.</p> <p>Технологічний контроль конструкторської документації</p>
Ескізний проект (ЕП)	<p>Аналіз відповідності компоновання й членування варіантів конструкції вимогам виробництва, експлуатації й ремонту.</p> <p>Порівняння варіантів конструкції за уніфікацією, стандартизацією, точністю розташування частин і способами їхнього поєднання.</p> <p>Розрахунок технологічності варіантів.</p> <p>Технологічний контроль конструкторської документації</p>
Технічний проект (ТП)	<p>Визначення можливості диференційованого складання й контролю специфікованих частин виробу.</p> <p>Аналіз відповідності конструкції й компоновання змінних частин вимогам технічного обслуговування й ремонту.</p> <p>Виявлення можливості використання стандартних, уніфікованих і засвоєних виробництвом складових частин виробу.</p> <p>Аналіз можливості застосування нових, у тому числі уніфікованих (типових і групових), високопродуктивних процесів.</p> <p>Розрахунок показників технологічності.</p> <p>Технологічний контроль конструкторської документації</p>

2.2.1. Методи й способи забезпечення ТКВ

Технологічну раціональність і спадкоємність конструкції виробу забезпечують такими методами й способами:

- типізацією конструктивних схем компоновання виробу та його складових частин;
- уніфікацією агрегування й взаємозамінністю складових частин виробу;
- блочно-модульною побудовою систем і пристроїв;
- проведенням функціонально-вартісного аналізу (ФКА) виробу та його складових частин;
- математичним моделюванням взаємозв'язків основних функціональних параметрів і конструктивно-технологічних характеристик виробу, впливу на витрати ресурсів під час його розроблення, виробництва, експлуатації й ремонту;

– оптимізацією вибору матеріалів і видів заготовок, визначенням точності й шорсткості поверхонь деталей, вибором форми й розташуванням поверхонь деталей і видів з'єднань з суміжними деталями;

– розмірним аналізом конструктивного виконання деталей і складових одиниць;

– запозиченням і симпліфікацією номенклатури складових частин, конструктивних елементів і матеріалів.

Конструктивна спадкоємність виробу забезпечується такими методами:

– типізацією конструкції шляхом створення типового зразка виробу з багатьох варіантів виконання, використанням уніфікованих складових частин;

– уніфікацією складових частин, елементів і матеріалів за рахунок скорочення розроблень;

– взаємозамінністю складових частин на основі єдиної системи забезпечення взаємозамінності;

– запозиченням складових частин з відомих рішень.

Технологічна спадкоємність конструкції виробу забезпечується:

– типізацією технологічних процесів виробництва, експлуатації й ремонту;

– уніфікацією технологічних операцій;

– стандартизацією засобів оснащення.

Найбільш насиченим є технологічний контроль конструкторської документації (КД) щодо відповідності її вимогам виробничої технологічності.

Цю роботу виконують під час розроблення КД на підприємстві-розробнику (внутрішній контроль), а також на підприємстві-виробнику (зовнішній контроль).

Метод якісної оцінки є оперативним, тому що безпосередньо порівнюють рішення, яке контролюють, з рішенням, що приймають за станом, а також приймають одну з альтернатив: „раціонально–нерационально”, „відповідає – не відповідає”.

До основних показників ТКВ, які можна кількісно оцінювати, належать: трудомісткість, матеріаломісткість, енергомісткість і технологічна собівартість (абсолютна або питома).

Показники технологічності (раціональність конструкції виробу) використовують для оцінювання оптимальності складу виробу, його структури, складності, ремонтпридатності, поділу, доступу до монтажів.

Показники спадкоємності конструкції виробу застосовують при оцінюванні повторюваності складових частин, матеріалів, елементів деталей, наприклад, використовують коефіцієнт стандартизації і уніфікації, коефіцієнт спадкоємності й ін.

Можливі шляхи досягнення технологічності показано на рис. 2.2.

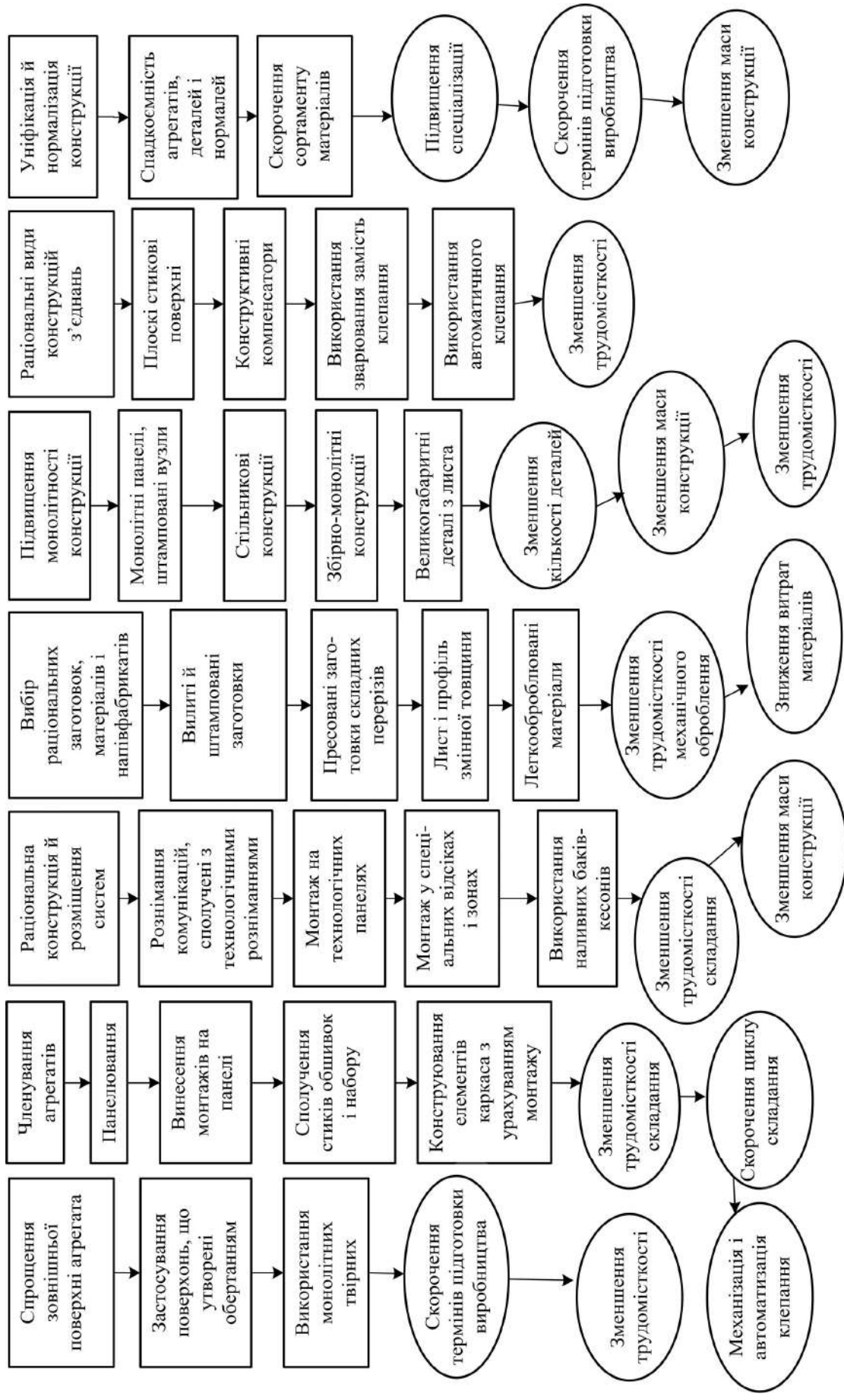


Рис. 2.2. Шляхи підвищення технологічності й досягнута ефективність

Найкращої технологічності набувають вибором конструктивних рішень, що забезпечують зниження трудомісткості, зменшення маси, скорочення терміну підготовки виробу.

2.3. Уніфікація технологічних процесів й оснащення

Потреба зменшити витрати ресурсів при виробництві і експлуатації виробів у кінцевому підсумку веде до необхідності звести кількість технічних рішень до раціонального мінімуму. Таку інтеграцію технічних рішень здійснюють методами уніфікації, типізації й симпліфікації, які широко використовують в інженерній практиці.

Уніфікація – це сукупність прийомів, за допомогою яких розробник зводить різноманітні структурні елементи об’єкта до якогось єдиного вигляду за змістом або формою.

Наслідком уніфікації є можливість звести практично безмежну кількість виконань технічних рішень (конструкції виробу, змісту технологічних процесів, конструкції оснастки) до обмеженої їх кількості, що відповідає бажаному конструктивному рішенням або процесу.

У сфері конструювання об’єктами уніфікації є окремо взяті елементи або зв’язок між ними, що належать одному з об’єктів (внутрішня уніфікація) або кільком об’єктам (зовнішня або міжпроектна уніфікація). Це, наприклад, найбільш часто повторювані деталі однакового функціонального призначення – болти, компенсатори, анкерні гайки, заклепки або широко використовувані (стандартні) деталі в межах галузі (ГСТ), держави (ДСТ) або об’єднання держав (міжнародні стандарти ISO).

Залежно від умов виробництва й призначення згідно з ЄСТПВ (рис. 2.3) розрізняють за широтою використання (тобто за рівнем уніфікації) одиничний і уніфікований технологічні процеси (ТП), а також їх відгалуження.

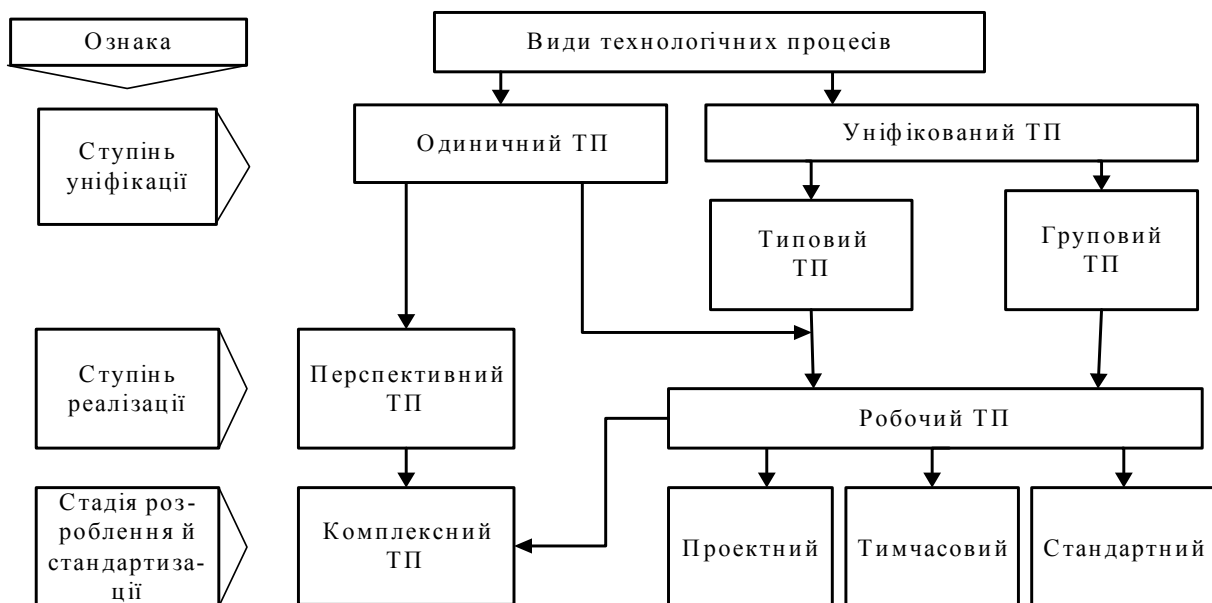


Рис. 2.3. Класифікація технологічних процесів за ЄСТПВ

Одиничний ТП – це порядок виготовлення або ремонту виробів одного найменування незалежно від типу виробництва. Процес розробляють для об'єктів, які можна об'єднати в одну за ознаками групу (оригінальне виконання). Наприклад, серед деталей, які оброблюють механічно, одну, що виготовлено з металокераміки, не можна віднести до механооброблюваних.

Уніфікований ТП можна поширити на групи виробів (деталей, складових одиниць), які мають загальні конструктивні й технологічні ознаки.

Залежно від об'єкта розрізняють типові й групові технологічні процеси, яким характерні визначені робочі місця або група робочих місць.

Типовий ТП використовується при виробництві або ремонті сукупності виробів, що мають загальні конструктивні ознаки, які обумовлюють їхнє виготовлення тільки за допомогою прийнятого для цієї сукупності технологічного процесу. Це характерно для деталей або виробів, що відносяться до певного параметричного або типорозмірного ряду, наприклад, болтів.

Груповий ТП передбачає виготовлення або ремонт (наприклад, механічним обробленням) сукупності виробів, об'єднаних у групу певного виду оброблення незалежно від конструктивного оформлення.

За стадіями реалізації визначають робочий і перспективний технологічні процеси.

Робочий ТП – це сукупність конкретних дій щодо виготовлення виробу в реальному часі згідно з конструкторською й технологічною документацією.

Перспективний ТП – це науково-технічні досягнення, які планується використати пізніше.

Залежно від стадії розроблення розрізняють проектний, тимчасовий і стандартний технологічні процеси.

Проектний ТП охоплює комплекс дій, що виконують за проектом.

Тимчасовий ТП обмежується певною номенклатурою й терміном використання.

Стандартний ТП оформлюється у вигляді стандарту.

Прагнення збільшити серійність при виготовленні оснащення, розширити його використання обумовило його інтеграцію на основі уніфікованих елементів. Уніфікація елементів охоплює цілі комплекси спеціального обладнання і оснащення. При цьому витрати скорочуються у п'ять разів. На основі уніфікованих елементів технологічного оснащення складено стандартні ряди (нормалі), обов'язкові для використання в галузі. Прикладом широкої нормалізації є конструктивні рішення елементів оснащення для складання, верстатних приладів для механічного оброблення, а також штампового оснащення від рядів (нормалей) окремих елементів штампів до уніфікованих блоків.

2.3.1. Типові технологічні процеси

Згідно з типовим процесом виготовляються конструктивно подібні деталі (об'єкти), які належать до одного типу. Загальною ознакою відношення конкретного об'єкта до класифікаційної категорії «тип» є виготовлення його у такій же технологічній послідовності незалежно від розмірів або параметрів. Це дозволяє з множини об'єктів вибрати рішення, характерні одному типу, й скоротити час на розробку ТП. Наприклад, для деталей кріплення технологія виготовлення болта з головкою в межах типорозмірного ряду М1...М9 при $L/D < 3$ буде певною. Болти М12...М32 будуть віднесені до другого ряду. Збільшення $L/D > 5$ обумовить необхідність змінювання технології – це оброблення у центрах, нарізання різі різцем або вихровою головкою.

При виготовленні обшивок подвійної кривизни ця основна ознака реалізується за типовим процесом. Поява конструктивної ознаки, яка суттєво змінює технологію, свідчить про належність цієї деталі до іншого типу.

При виготовленні штампуванням деталей з двома бортами формується еластичним середовищем (резиною, поліуретаном). Поява конструктивних рішень, що ускладнюють конфігурацію, наприклад, змінюється напрям бортів, обумовлює зміну технології.

Якщо кількість деталей і форма їх поверхонь обмежена, то скорочується й число робочих місць (операцій), що дозволяє визначити зміст типового процесу суворо обмеженим способом, тобто конструктивне оформлення визначає технологію.

Якщо номенклатура деталей велика, наприклад, у листоштампувальному цеху, то ефективним буде рішення виділити з цієї сукупності типові деталі й виготовити їх за єдиним технологічним процесом.

Відповідно оформляють типовий процес. Так, у зміст процесу, прийнятого за типовий (стандартний), вносять тільки значення змінених параметрів оброблюваного виробу.

2.3.2. Груповий технологічний процес

Групова технологія (ГТ) є особливою виробничо-організаційною концепцією, яка дозволяє підвищити ефективність виробництва на основі аналогії між конструктивними й технологічними особливостями різних деталей, об'єднаних у групу або сім'ю.

Наприклад, виходячи з концепції типової технології, спільних геометричних форм, матеріалу заготовок, можна організувати відповідне виробництво з конструктивно подібним типом виробничої схеми (рис. 2.4).

При сформованому виробництві вирішують задачу виготовлення деталей на існуючому обладнанні. Таким чином, складається природна

ситуація: різноманітні деталі обробляються за допомогою наявних засобів виробництва.

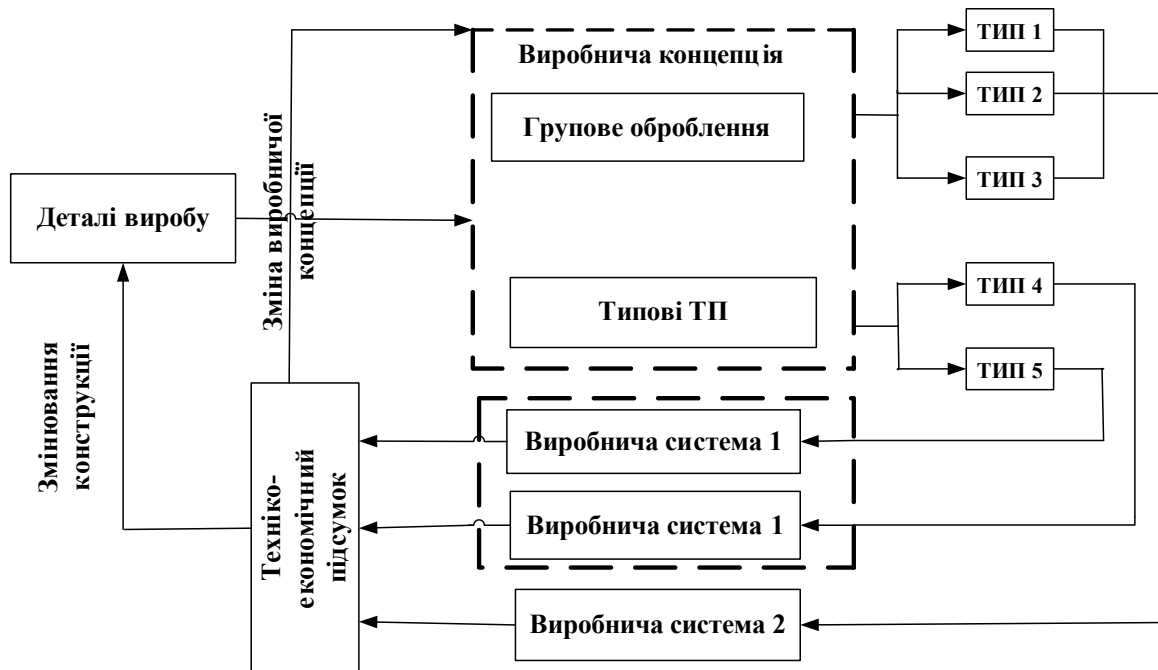


Рис. 2.4. Схема інформаційних потоків при виборі концепції класифікації

Для підвищення ефективності виробництва, скорочення часу перебування деталей між операціями, зменшення затоварювання визначається загальна послідовність – маршрут оброблення єдиний для всіх деталей, що входять до цієї групи. За маршрутом оброблення такої групи деталей розташовують обладнання й технологічні засоби у послідовності виконання операцій, тобто компонуєть центр групового оброблення (рис. 2.5).

Завдяки проходженню деталей різного конструктивного оформлення через одне й те ж обладнання досягається підвищення серійності й зниження долі амортизаційних витрат у собівартості.

Груповий технологічний процес містить комплекс уніфікованих операцій, які виконують на спеціалізованих робочих місцях у послідовності, визначеній технологічним маршрутом виготовлення групи виробів різної конфігурації. Для розроблення групового процесу й з'ясування необхідного складу робочих місць різні конструктивні ознаки деталей відносять до однієї (комплексної). Наприклад, деталі а, б, в, г мають поверхні різного вигляду (рис. 2.6), тому обробляються різними методами (набором технологічних засобів). Суть концепції групового оброблення – використати ці технологічні набори для всіх деталей або їхньої максимальної кількості. Це реалізується, якщо деталі а, б, в, г проходять при обробленні за маршрутом комплексної деталі.

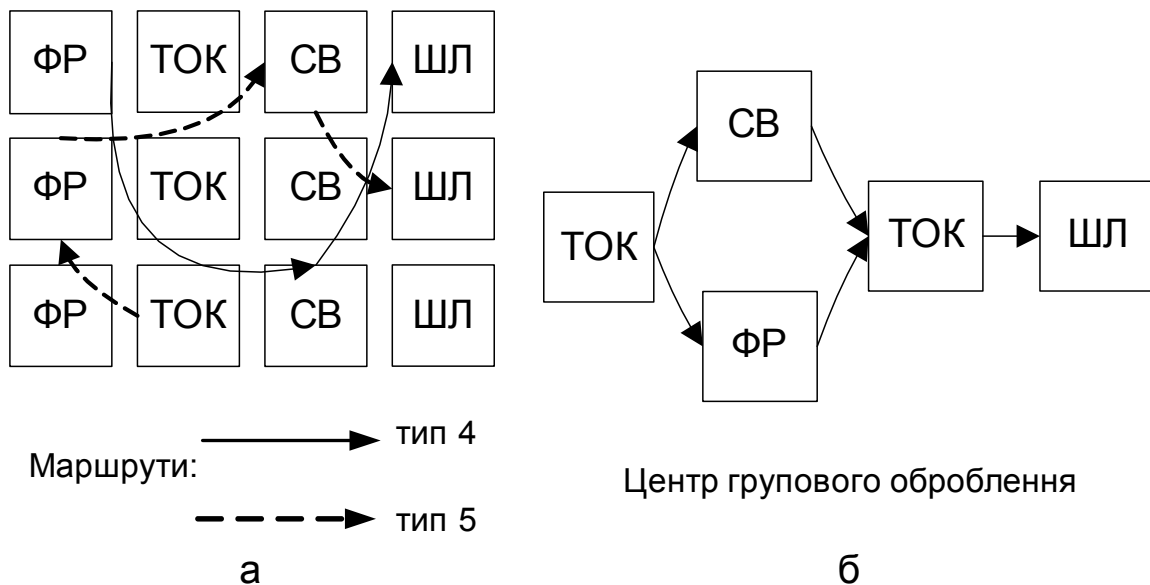


Рис. 2.5. Схеми організації виробництва залежно від розташування обладнання: а – виробнича схема 1; б – виробнича схема 2

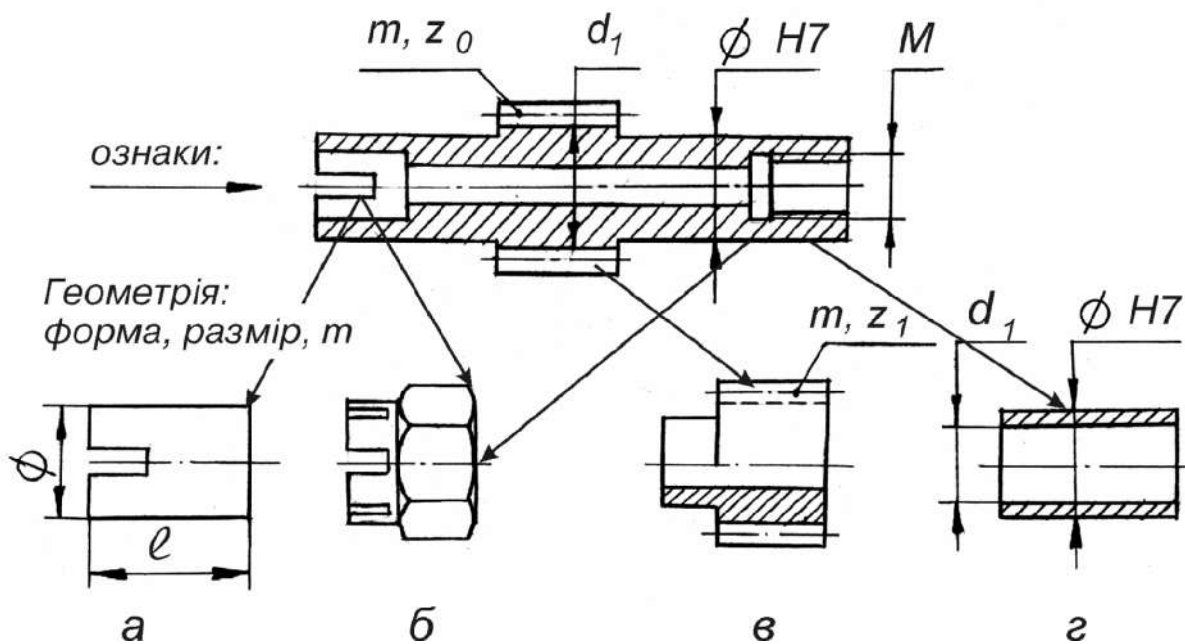


Рис. 2.6. Приклад виділення ознак деталі при обробленні за маршрутом комплексної деталі

При порівнянні великої номенклатури деталей конструктивно-технологічні особливості можуть бути удосконалені після перероблення значних масивів інформації. Для цього використовують класифікацію деталей за конструктивними, конструктивно-технологічними й технологічними ознаками. Наприклад, за ознаку можна прийняти розмір $\phi 15H7$ і вибрати всі деталі, що мають цю ознаку, для оброблення отвору $\phi 15H7$ на спеціалізованому робочому місці.

Таким чином, на стадії розроблення процесу можна об'єднувати об'єкти, що обробляються, у раціональні для їхнього виготовлення групи й відповідно до цього утворювати або використовувати наявні центри групового оброблення.

2.4. Стандартизація й уніфікація оснащення й спеціального обладнання як засіб зменшити витрати й термін підготовки виробництва

Проектування й виготовлення технологічної оснастки (штампів, верстатних і складальних пристроїв, ливарних кокілів, прес-форм для деталей з пластмас) становить до 70 % витрат ресурсів і часу. Загальний цикл підготовки в основному зумовлено терміном створення технологічного оснащення. Тому технологічні рішення на основі стандартів дозволяють завчасно спроектувати й виготовити стандартні частини або оснащення в цілому, а також використати значну його кількість при переході до іншої моделі виробу, скоротити термін підготовки виробництва й зменшити витрати на неї. У цьому випадку рішення щодо оснащення не залежить або мало залежить від конструкції виробу. Виробництво стає гнучким.

За спеціалізацією оснащення поділяють на уніфіковане, спеціальне й спеціалізоване.

Уніфіковане дає змогу закріплювати під час оброблення подібні за формою деталі або складати подібні за конструкцією вузли. Наприклад, тіло обертання можна обробляти в універсальному трикулачковому патроні.

Спеціальне дозволяє фіксувати тільки певну деталь, наприклад, цангу для втулки з заданим діаметром.

Спеціалізоване об'єднує властивості двох попередніх, наприклад, служить для оброблення деталей або вузлів різних типорозмірів шляхом часткового переналагодження. З цією метою у спеціалізованому оснащенні передбачено базову головну частину, (наприклад корпус) і змінну під форму або розмір. Прикладом цього є конструкція штампів згідно з машинобудівними нормлями (блоки штампів за нормлями МН 879-60, МН 878-62 та ін.; колонки напрямні за МН 799-60, МН 1931 та ін.; втулки напрямні за МН 800, МН 801 та ін.; хвостовики за МН 807, МН 809, МН 806-62). Ці рішення закладено в автоматизовану систему "Компас-штамп".

При механічному обробленні для підвищення продуктивності і якості у мало- й середньосерійному виробництві замість універсального засобу застосовано спеціальні пристрої на основі уніфікованих елементів – універсально-збірний пристрій (УЗП) і збірно-розбірний пристрій (ЗРП), елементи яких не всі завжди використовуються, а тільки ті, що необхідні в конкретній ситуації.

З складових УЗП, що має в комплекті більше 40 універсальних елементів, збирають спеціальні пристрої під задану деталь (рис. 2.7).

Для оснащення виробництва комплектами УЗП потрібна значна кількість деталей і відповідні витрати коштів на створення системи.

В авіаційному виробництві внаслідок частої зміни об'єкта виготовлення використання оборотних елементів оснастки на основі УЗП вигідне при одиничному й дрібносерійному виробництвах. Основна перевага УЗП полягає в тому, що без попереднього конструктивного оброблення, а лише завдяки широкому діапазону варіантів компонувань пристроїв робітник-складальник, пристосовуючись до конкретної деталі, за схемою, наданою технологом, складає з елементів УЗП необхідний пристрій. При нагоді використовують зразки деталей або їхні шаблони контуру (ШК).

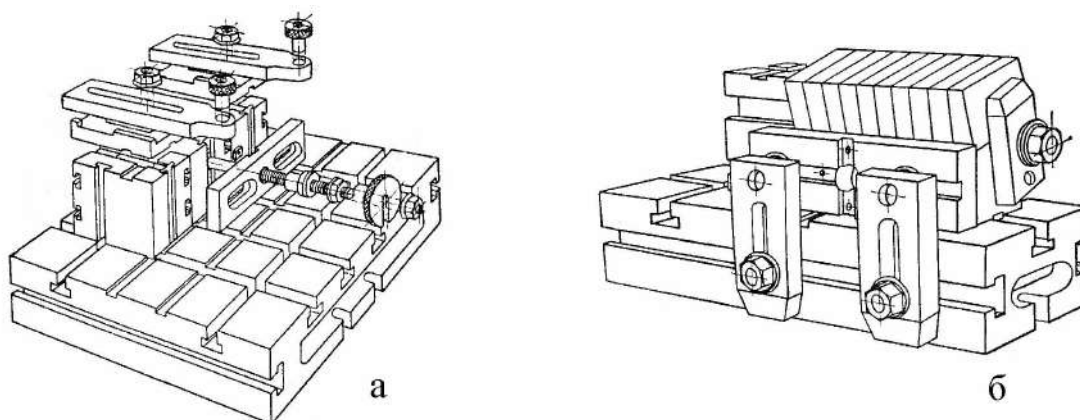


Рис. 2.7. Схема компонування кондуктора (а) й стругального пристрою (б)

При збільшенні обсягу випуску кількість УЗП зростає і їх складання-розкладання на елементи стає невигідним. Ця проблема вирішується переходом до складально-розбірних пристроїв (СРП).

СРП – це частково-обіговий верстатний пристрій зі стандартних елементів меншої точності й вартості, ніж УЗП.

Після зняття виробу з виробництва СРП розбирають. Стандартні елементи здають на склад, нестандартні, оригінальні – вибраковують, що дає можливість використати їх на багатомоделювальних ділянках при груповому обробленні. Стандартні елементи СРП застосовують як нормалізовані у вигляді наборів подібних елементів, які відрізняються лише розмірами. Такі набори називають галузевими нормаліями.

При формуванні оснащення для складання, що характеризується певними розмірами й металоємністю, основним напрямом є спеціалізовані складальні пристрої на основі уніфікованих (нормалізованих) елементів.

Складальне оснащення поділяють (збільшено) на такі пристрої:

- стапелі для складання агрегатів і великих відсіків. Цикл збирання – тривалий, переналагодження – нераціональне (рис. 2.8);
- обладнання для складання різноманітних вузлів з порівняно малим часом збирання. Через це є доцільним переналагодження пристроїв для складання подібних або однотипних вузлів (рис. 2.9).

Тому в обох випадках використовують стандартні елементи-нормалі при формуванні типових повторюваних конструктивних рішень, які не залежать від конструктивного вигляду самого виробу (літака, ракети).

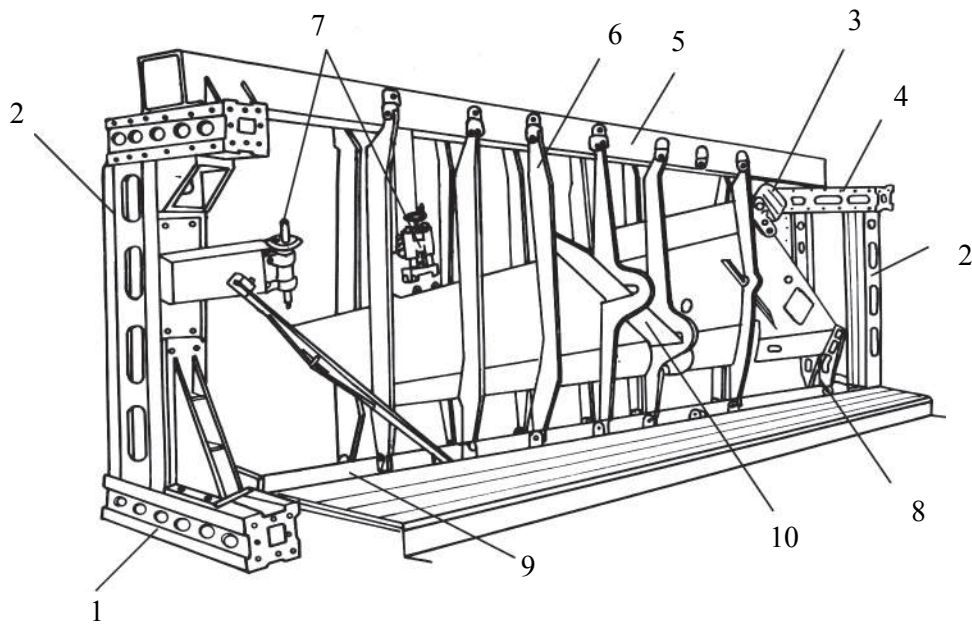


Рис. 2.8. Стапель складання кесона крила:

1 – основа; 2 – колона; 3 – плита фіксації за розніманням; 4 – допоміжна поперечна балка; 5 – основна верхня балка; 6 – рубильник; 7 – фіксатори вузлів з'єднань; 8 – фіксатор контуру носка кесона; 9 – нижня балка; 10 – допоміжний ложемент

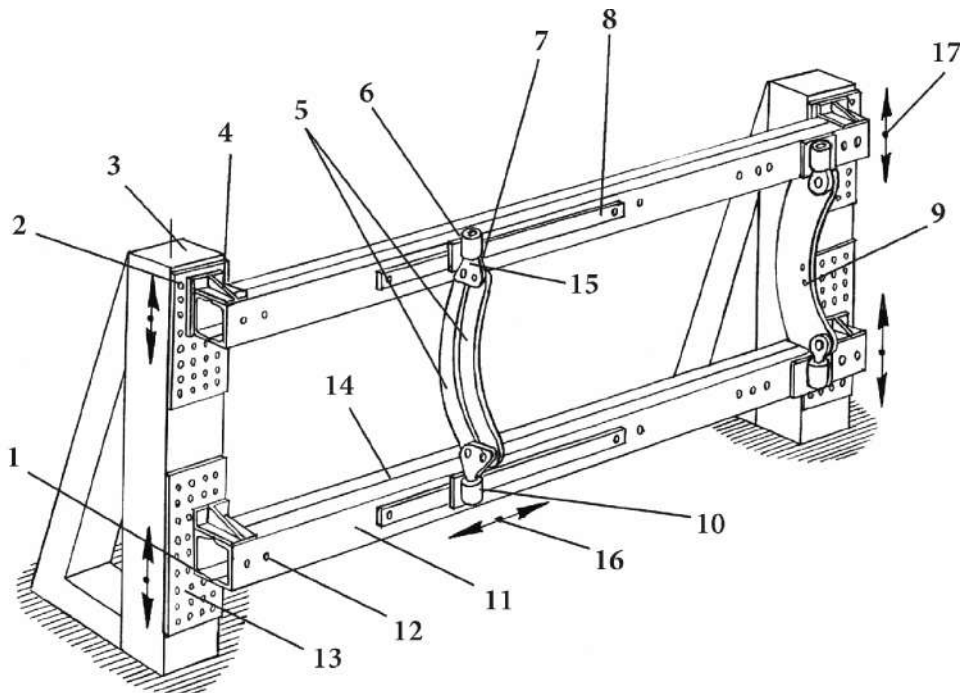


Рис. 2.9. Переналаджувальний пристрій для складання:

1 – базові отвори $\varnothing 18H7$; 2, 7 – штифти-фіксатори; 3 – колона; 4, 6 – болти; 5 – ложемент і рубильники (змінні); 8 – дистанційний калібр; 9 – плита рознімання; 10 – стакан; 11 – балкова плита; 12 – базові отвори; 13 – плита колони; 14 – балка; 15 – вилка; 16 – напрямок перестановлення стаканів; 17 – напрямок перестановлення балок за висотою

Уніфікація засобів базування деталей під час складання, наприклад, за допомогою координатно-фіксуєчих отворів (КФО) або базових отворів (БО), обумовила необхідність їхнього виконання в конструкції виробу.

Таким чином, рівень уніфікації технологічних рішень забезпечується уніфікацією конструктивних варіантів, пов'язаних з вибором окремих поверхонь на деталях. У підсумку вдається уніфікувати до того неуніфіковані фіксатори для встановлення деталей, вузлів, відсіків.

На рис. 2.10 на прикладі стапеля для складання відсіку фюзеляжу широкофюзеляжного літака показано використання системи КФО, яка забезпечує уніфікацію конструкції елементів складального оснащення.

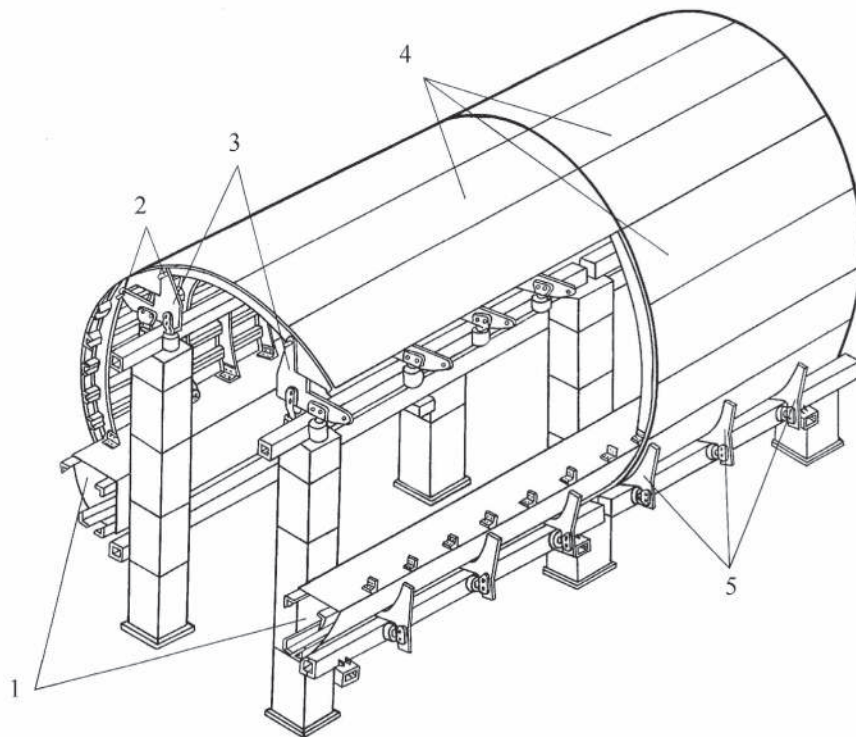


Рис. 2.10. Стапель для складання відсіку фюзеляжу:
1 – вантажні балки; 2 – фіксуєчі отвори; 3 – фіксатори; 4 – панелі;
5 – рубильники

2.5. Стандартизація, уніфікація і агрегативання технологічного обладнання

Одною з особливостей виробів АКТ є складність поверхонь, що мають великі габаритні розміри. Оброблення таких поверхонь з використанням відомого універсального обладнання без переставлення об'єктів під час виготовлення практично неможливе. Наприклад, на універсальному обладнанні поверхні рейок випуску закрилків або передкрилків неможливо обробити з високою точністю і ідентичністю поверхонь. Аналогічно оброблення поверхонь стикових вузлів у місцях площин рознімання,

наприклад, між СЧК і центропланом, ВЧК і СЧК, де потрібне не тільки точне розміщення стику відносно конструкторських баз, але й збіг отворів під стикові болти, також не виправдано ускладнене.

З метою подолання подібних перешкод до комплексу оснащення складальних цехів вводять нестандартне обладнання – обробні стенди. До нестандартного обладнання належать також різні випробувальні й налагоджувальні стенди, стенди для герметизації тощо. Стандартизація, уніфікація й агрегування, у тому числі використання системи верстатів з ЧПУ також спрямовані на скорочення циклу підготовки виробництва й зменшення витрат коштів під час проектування й виготовлення такого обладнання.

Нестандартне обладнання й випробувальні стенди виготовляють для проведення робіт на конкретному виробі з певними його особливостями, що призводить до практично неможливого повторного використання такого обладнання після зміни об'єкта виробництва. Щоб уникнути великих витрат, застосовують методи агрегування, уніфікації складових частин обладнання за функціональною ознакою.

У конструкції обладнання, наприклад, пов'язаного з механічним обробленням, можна виділити певні складові частини:

1. Опорні елементи:

- нерухомі (станини, колони, стояки, опори);
- рухомі, що забезпечують переміщення керованих елементів і пристроїв за заданою траєкторією (супорти, каретки, повзуни, полозки, рухомі столи тощо).

2. Елементи приводу:

- двигуни електрогідравлічні, електропневматичні й гідравлічні (гідроциліндри);
- електроджерела, гідравлічні, пневматичні й вакуумні станції.

3. Елементи передач: силові головки, шпindelльні коробки, коробки передач, муфти, редуктори, варіатори.

4. Елементи систем управління: блоки комутації, блокувальна й захисна апаратура, лічильно-розв'язувальні й розрахункові пристрої, підсилювачі-перетворювачі, об'єднані в універсальні апаратні стояки управління.

5. Елементи обслуговуючих систем: система змащування, завантажувальні пристрої, маніпулятори тощо.

Уніфіковані елементи виготовляють різних типорозмірів, що дозволяє відповідно до прийнятої схеми обладнання і особливостей конструкції зібрати потрібне спеціальне обладнання. На рис. 2.11 показано приклад агрегування пристроїв для механічного оброблення й контролю випробного стенда.

Маючи інформаційну базу щодо нормалізованих елементів і стандартних виробів, за допомогою комп'ютерних програм проектують необхідне нестандартне обладнання, верстати, стенди. Система стандартизації і уніфікації вдвічі-втричі скорочує термін підготовки виробництва.

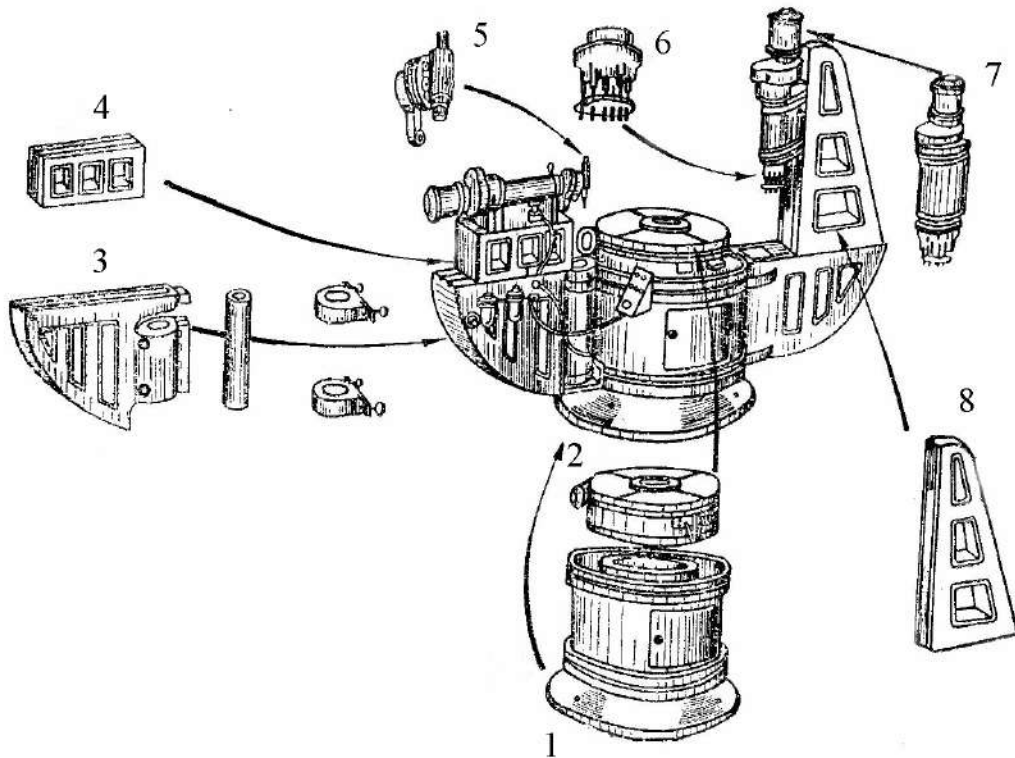


Рис. 2.11. Схема компонування агрегатного верстата:

1 – станина; 2 – стіл з автоматичним ділильним пристроєм; 3 – кронштейн горизонтальний; 4 – опора проміжна; 5 – насадка фрезерна; 6 – насадка свердлильна багатшпindelьна; 7 – головка силова; 8 – кронштейн вертикальний

3. СИСТЕМИ КЛАСИФІКАЦІЇ Й КОДУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ВИРОБНИЦТВА Й ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

3.1. Призначення системи класифікації й кодування (СКК) об'єктів виробництва

СКК передбачає вивчення (аналіз) конкретних конструктивних або технологічних характеристик кожної деталі, однозначну їх ідентифікацію за допомогою кодового числа або шифру.

Залежно від цілей і вирішуваних завдань можна виділити такі типи СКК:

– на основі конструкторських (проектних) параметрів деталей (об'єктів) для організації й пошуку в бібліотеках відповідних проектів, уніфікації промислової або машинобудівної продукції (класи 71-76);

– на основі проектних (конструктивних) і технологічних характеристик для розв'язання конструкторських і технологічних задач, наприклад, гібридний технологічний класифікатор деталей машинобудування й приладобудування;

– на основі виробничо-технологічних характеристик для забезпечення функціонування САПР ТП, САПР ОС, наприклад, класифікатор деталей машинобудування.

Прийнята система класифікації безінформаційного розподілу ґрунтувалась на системі, що використовувалась у науці, де інколи треба було з обмеженої кількості варіантів вибрати за підпорядкованістю той або інший ряд. Такий вибір, де метою було розподілення за рядами, й одержав назву “класифікація”. Алгоритм вибору – від загального до типового, але для автоматизованого вибору необхідна наявність факту ідентифікації, тобто коду.

Найбільш широко використовують конструктивно-технологічні характеристики деталей. Наведемо приклад, як при класифікації механічно оброблювані деталі вдається об’єднати у бажані сім’ї.

Конструктивні характеристики	Технологічні характеристики
1. Зовнішні й внутрішні контури деталі.	1. Оброблення (вид).
2. L/D.	2. Допоміжні операції.
3. Матеріал.	3. Головні розміри.
4. Функціональне призначення.	4. L/D.
5. Головні розміри.	5. Квалітети точності.
6. Допоміжні розміри.	6. Чистота оброблення поверхонь.
7. Допуски й посадки.	7. Обладнання.
8. Чистота оброблення поверхонь.	8. Послідовність операцій.
	9. Тривалість циклу виготовлення.
	10. Обсяг партії деталей.
	11. Різальний інструмент.
	12. Обсяг випуску.

Дублювання характеристик обумовлено завданнями, що виконуються при класифікації, а також завданнями, що приймаються СКК.

СКК вибирають з відомих пакетів програм за критеріями:

– мета системи (що в підсумку бажано одержати від СКК?);

– межі використання системи (що доцільно робити за допомогою СКК? Хто і як буде її використовувати?);

– витрати часу на впровадження й використання системи та вартість цих операцій;

– сумісність прийнятих систем з тими, що вже використовуються;

– спільність задач адміністративного управління. Немає бути суперечностей у впровадженні нового.

3.2. Види систем класифікації й кодування

У наш час відомі й поширені такі СКК:

1. Система Опіца (ФРН, 1971 р.) побудована на принципі відбирання деталей за конструктивними ознаками під групову технологію.

2. Система Miclasse (США, 1976 р.) ґрунтується на відбиранні об'єктів до сімей за конструктивними й технологічними ознаками для розв'язання широкого кола задач.

3. Система Code (США, 1977 р.) – для конструкторської класифікації деталей.

4. Классификатор ЕСКД, ГОСТ 2.201-80. Обозначение изделий и конструкторских документов для машинного учета и поиска аналогов.

5. Система ОКП. Общесоюзный классификатор промышленной продукции и дополняющий его классификатор ЕСКД. Классы 71-76.

6. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения 1.85.142. Госстандарт 1987 г.

7. Классификатор технологических операций 1.85.154. Госстандарт 1987 г.

Розглянемо загальноприйняті для всіх СКК принципи побудови систем кодів для ідентифікації ознак (уперше використано в системі Опіца).

Мета системи Опіца – забезпечити відбирання деталей для розроблення групової технології й центрів групового оброблення.

Цифрове кодування використовується послідовно у вигляді N розрядів, наприклад, x x x x x x x x x x – дев'ять цифр і чотири літери:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 ABCD,

де 1, 2, 3, 4, 5 – розряди, що описують шифр деталі за її конструктивними характеристиками (табл. 3.1); 6, 7, 8, 9 – розряди, що доповнюють шифр характеристик (ознак) технології виготовлення (розмір, форма деталі, точність, матеріал); А, В, С, D – другорядний код для ототожнення типів і послідовності технологічних операцій.

Таблиця 3.1

Фрагмент кодувальної таблиці Опіца

Розряд 1		Розряд 2	Розряд 3	Розряд 4	Розряд 5
Клас, деталь		Основна характерна форма	Характеристика ротаційного оброблення	Характеристика площинного механічного оброблення	Характеристика доповнювальна (отвори, зуби, тощо)
0	Ротаційне оброблення (тіла обергання)	$L/D \leq 0,5$	Зовнішній формотвірний елемент	Внутрішній формотвірний елемент	Вид площинного оброблення
1		$0,5 < L/D < 3$			
2		$L/D \geq 3$			
3		Основний профіль	3 відхиленням $L/D \leq 2$	Ротаційне механічне оброблення	Вид площинного оброблення
4					
5		3 особливостями			

Розряд 1		Розряд 2	Розряд 3	Розряд 4	Розряд 5
Клас, деталь		Основна характерна форма	Характеристика ротаційного оброблення	Характеристика площинного механічного оброблення	Характеристика доповнювальна (отвори, зуби, тощо)
6	Неротаційне оброблення	$A/B = 3$ $B/C \geq 4$	Поздовжнє розташування ротаційного оброблення	Вид площинного оброблення	Інші елементи форми
7		$A/B > 3$			
8		$A/B \leq 3$ $AC < 1$			
9		3 особливостями			
		Основний профіль			

У свою чергу кожен з подальших розрядів відображає не менше дев'яти ознак, як показано у фрагменті таблиці системи Опіца.

Таблиця 3.2

Зовнішні форма і елементи поверхні (для іншого класу)

Розряд	Вид поверхні	
0	Зовнішня, рівна, без характерних елементів	
1	Східчаста з одного боку	Профільних елементів немає
2		Зовсім
3		рівна
		Різь
		Функціональний контур (паз)
4	Східчаста з обох боків	Профільних елементів немає
5		Різь
6		Функціональний контур (паз)
7	Функціональний контур	
8	Робоча різь	
9	Інші варіанти	

Аналогічно кодуються ознаки за іншими розрядами.

Структуру коду розглянемо на прикладі деталі, зображеної на рис. 3.1.

Деталь – це тіло обертання з відношенням $L/D = 3$, тому перша цифра коду – 1. Деталь має східчасту форму, з одного боку виконано різь М14, тобто другому розряду відповідає цифра 5. Отвір $\phi 6$ характеризується у третьому розряді цифрою 1. Четверта й п'ята цифри – нулі, бо ніяких особливостей і допоміжних отворів немає. Отже повний запис шифру деталі у системі Опіца має вигляд 15100.

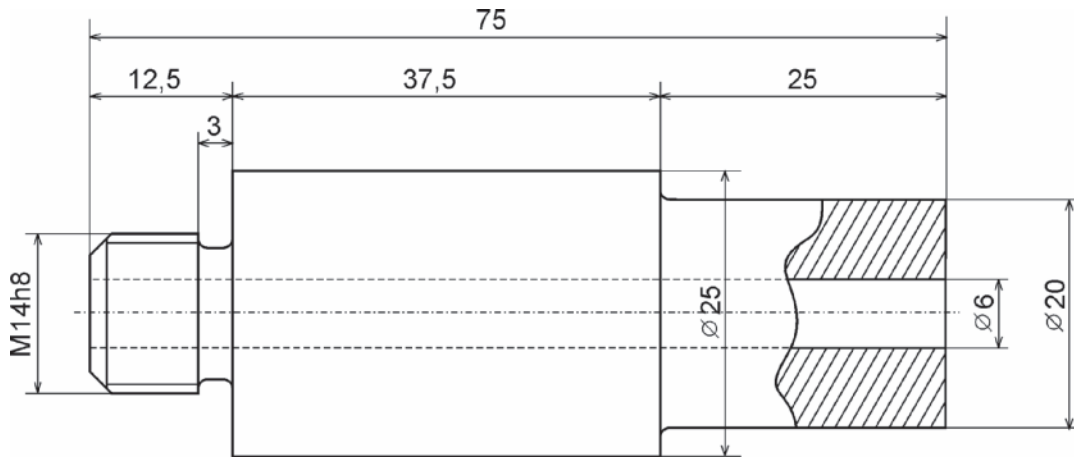


Рис. 3.1. Приклад кодування деталі 15100

У допоміжному кодi слід відобразити розміри, матеріал, початкову форму заготовки, точність оброблення.

Інші системи Miclass містять до 30 класифікаційних розрядів і функціонально призначені для автоматизованого використання, а саме:

- для стандартизації конструкторських креслень;
- пошуку креслень за класифікатором;
- стандартизації процедур формування технологічного маршруту;
- автоматизованого проектування виробничого процесу;
- групування деталей для оброблення на верстатах конкретної групи;
- аналізу структури виробничих витрат.

Унікальна можливість цієї системи – робота в інтерактивному режимі. Близькою до Miclass є система, в якій за основу прийнято конструкторський класифікатор ЄСКД за ГОСТ 2.201-80 і технологічний класифікатор деталей машинобудування й приладобудування.

3.3. Особливості побудови СКК деталей машинобудування й приладобудування

Технологічний класифікатор деталей, характерних для цих галузей, показано на рис. 3.2, на прикладі деталей і вузлів літальних апаратів.

Мета технологічного класифікатора:

- визначити конструктивно-технологічну подібність деталей у процесі проектування виробу;
- визначити групи деталей за конструктивно-технологічною подібністю для конкретної спеціалізації виробництва (групова технологія);
- допомогти розробити послідовність виконання робіт за типовими або груповими технологічними процесами;
- сприяти організації групового оброблення й центрів групового оброблення.

Особливість класифікатора – це поєднання суто конструктивних і суто технологічних ознак.

Прийнята система коду – цифрова або цифро-літерна послідовність у вигляді повного коду, що містить до 30 знаків.

Для кодування всі деталі за класифікатором об'єднано в 71 – 76-й класи, куди віднесено:

- клас 71 – тіла обертання (вали, втулки, кільця, шків);
- клас 72 – тіла обертання з профілем (зубчасті колеса, труби, шланги, вмістилища, гнуті з листа);
- клас 73 – не тіла обертання, корпусні, опорні, вмістилища;
- клас 74 – не тіла обертання, площинні, важильні, тяги зі смуги, листа, стрічки;
- клас 75 – не тіла обертання у вигляді кулачків, арматури, биров, кріпильних деталей, пружин;
- клас 76 – усі деталі технологічного оснащення.

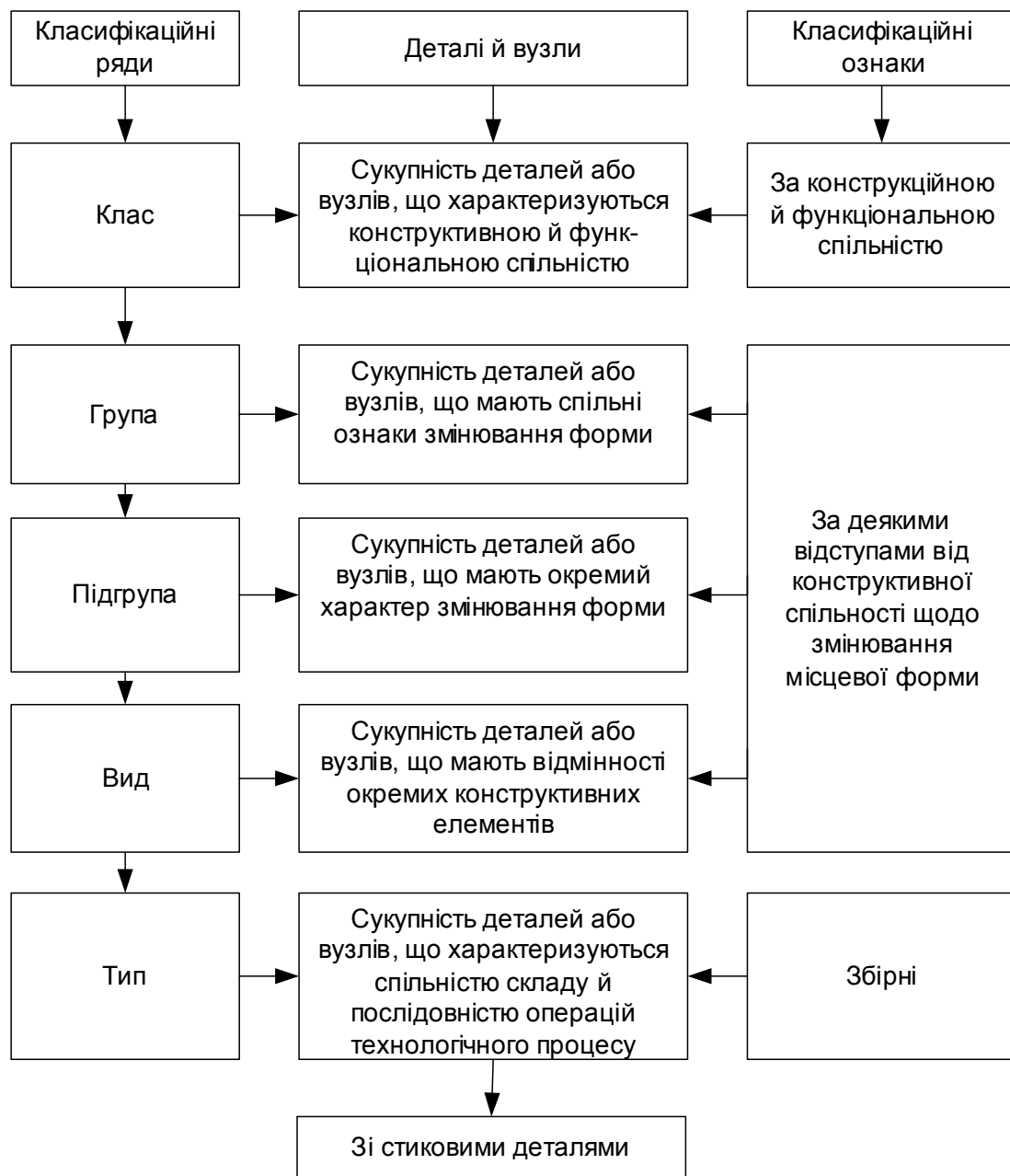


Рис. 3.2. Система класифікації деталей і вузлів літальних апаратів

Під класом слід розуміти вищу класифікаційну сукупність (сім'ю) об'єктів за притаманною їм властивістю спільності (призначення й загальне виконання), наприклад, деталі планера літака з листового матеріалу – плоскі (1), просторові (2).

Деталізація ознак дозволяє виділяти класифікаційні сукупності більш низьких рангів: групи, види, типи.

Група – сукупність деталей або вузлів, що мають спільні ознаки змінювання форми, наприклад, замкненої або незамкненої.

Підгрупа – сукупність деталей або вузлів з конкретним змінюванням форми, наприклад, просторові деталі незамкненої форми одинарної кривизни, подвійної однозначної кривизни, знакозмінної кривизни.

Вид – сукупність деталей або вузлів, що мають відмінності окремих конструктивних елементів, наприклад, деталі з рельєфом або без рельєфу поверхонь, з отворами, без отворів.

Тип – сукупність деталей або вузлів, що мають загальні склад і послідовність операцій технологічного процесу.

Ці ознаки вказують на можливість виготовити деталі або скласти вузли згідно із зазначеним типовим технологічним процесом.

Приклад класифікації складання вузлів зображено на рис. 3.3.

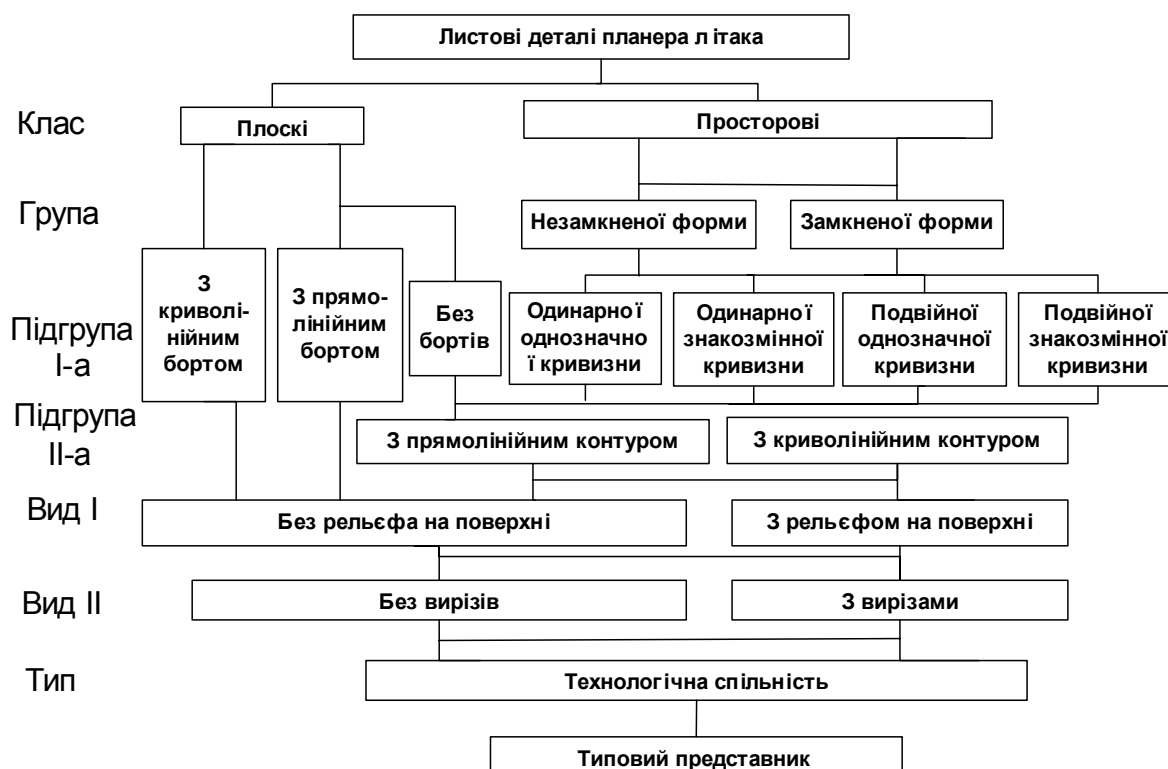


Рис. 3.3. Принципова схема класифікації листових деталей планера літака

При класифікації з використанням ЄСКД (рис. 3.4) конструктивний код деталі містить 13 розрядів. Перші чотири відповідають коду підприємства-розробника, наступні шість описують конструктивні класифікаційні ознаки.



Рис. 3.4. Принципова схема класифікації основних вузлів планера літака

Так, східчастий вал (рис. 3.5) має код 715423, де
 71 – клас деталей типу тіл обертання;
 715 – підклас з $L/D > 5$;
 7154 – група вала зі східчастою поверхнею;
 71542 – вид вала з зубчастою поверхнею або шлицями;
 715423 – тип – вали з наведеними вище ознаками, що мають отвір уздовж осі.

Технологічне кодове число (рис. 3.6) має довжину 14 знаків і складається з двох частин.

Перша частина (шість розрядів) складається з коду основних технологічних ознак:

1, 2, 3 – розряди, що характеризують розмірності деталей за допомогою цифр і літер;

4, 5 – розряди, якими визначають групу матеріалу у вигляді цифр:

01...20 – вуглецеві сталі;

30 – чавуни;

46 – сплави на основі алюмінію;

...

70 – пластмаси, полімери;

71 – синтетичні смоли, термопластичні матеріали;

6 – розряд, що визначає вид деталі за технологічним методом виготовлення:

1 – ливарним;

2 – об'ємним штампуванням;

- 3 – листовим штампуванням;
- 4 – механічним обробленням (різанням);
- 5 – термічним обробленням;
- 6 – формуванням (для виробів з гуми, пластмас);
- 7 – з використанням покриття;
- 8 – електрофізичних процесів;
- 9 – порошкової металургії.

До додаткових характеристик щодо методу виготовлення також можна віднести:

- 7, 8 – розряди, які визначають вид заготовки;
- 9, 10 – квалітет і параметри шорсткості поверхні.

Подальші розряди визначають: технологічні вимоги, термічне оброблення, товщину й поверхні покриття, площу формування, показники заповнення;

14 – маса.

Зміст характеристик та їхнього кодування розглянуто на прикладі східчастого вала (див. рис. 3.5).

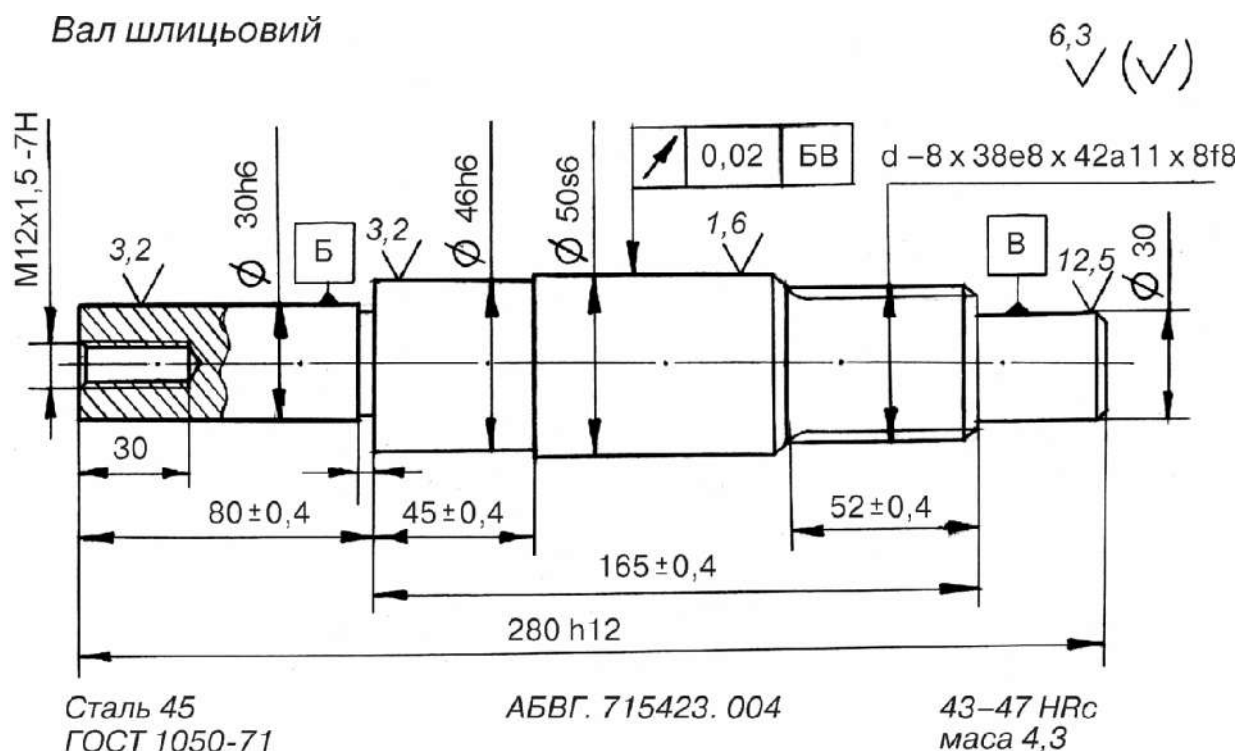


Рис. 3.5. Приклад деталі для кодування

Технологічний код – 8U3044. 3141844Г.

Основні ознаки класифікації: 8U3 – розмірні характеристики:

$d_{max} = 50$ мм, $L_{max} = 280$ мм, $d_y = 12.0$ мм;

04 – сталь 45 (вуглецева якісна сталь);

4 – вид деталі за технологічним методом оброблення (механічним).

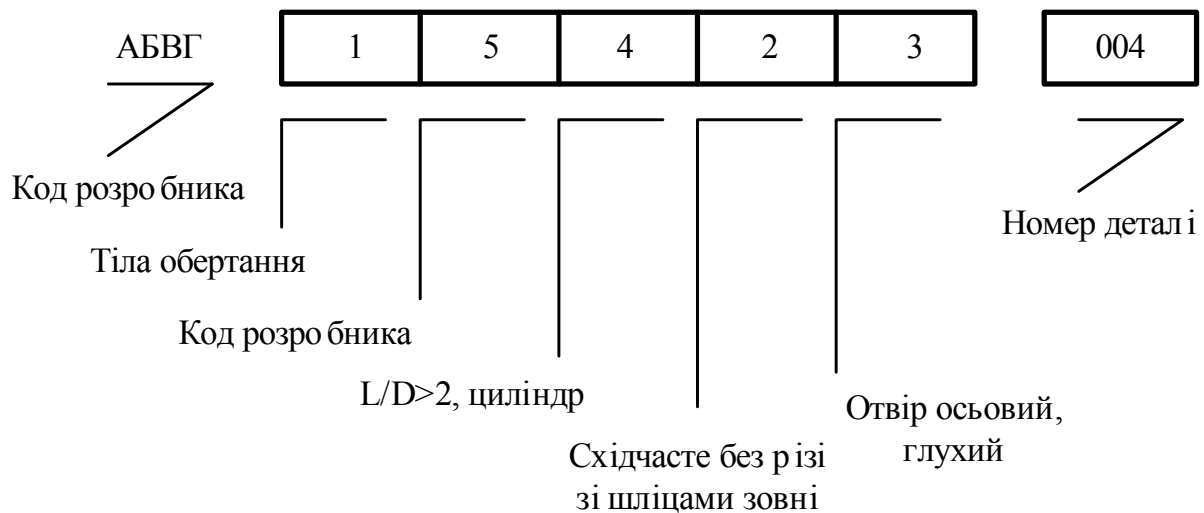


Рис. 3.6. Приклад кодування

Технологічна класифікація деталі:

31 – вид заготовки – пруток круглий Н/К;

41 – квалітети: зовнішні – 6; внутрішні – 14;

8 – відхилення форми – радіальне биття;

4 – ступінь точності – 6;

4 – додаткове оброблення – термічне (HRC = 42 – 46) без покриття;

Г – маса – 4,3 кг.

Повний конструкторсько-технологічний код деталі:

АБВГ. 715423.004.8U3044.3141844Г.

3.4. Класифікація технологічних операцій машинобудування й приладобудування

Об'єктами класифікації й кодування можуть бути не тільки вироби, але й технологічні процеси, які наводять у вигляді опису. Для забезпечення стандартизації операції і автоматизації проектування ТП на основі сполучення позначень кодів використовують СКК технологічних операцій.

Прийнято дворівневу класифікацію у вигляді коду виду технологічного процесу (перші дві цифри) й коду найменування операцій цього процесу (наступні дві цифри).

Наприклад, прийнято такі позначення:

01 – 09 – операції, що залежать від виду процесу;

01 – операції загального призначення, що містять:

01.20 – розмічання,

01.30 – очищення,

01.40 – ізоляцію,

01.50 – травлення;

02, 03 – технічний контроль, що об'єднує операції контролю механічних величин або параметрів об'єктів, тобто підлягають контролю:

02.10 – механічні величини,
02.20 – лінійні розміри,
02.40 – форма,
02.60 – профільні поверхні,
02.61 – різи;
03.10 – механічні величини,
03.11 – маси,
03.50 – електричні величини;
04 – операції переміщення (транспортування) об'єктів:
04.04 – операції завантаження,
04.05 – завантаження технологічних матеріалів,
04.11 – кантування;
06, 07 – випробування об'єктів, зокрема:
06.10 – загальні випробування,
07.10 – кліматичні випробування;
08 – операції консервації й пакування.

Цифрами від 10 до 91 кодуються конкретні види технологічних процесів, наприклад:

10 – ливарне оброблення металів та їх сплавів;
21 – оброблення тиском, наприклад:
2105 – пробивання,
2121 – осаджування,
2129 – гнуття;
41, 42 – оброблення різанням, зокрема:
41.00 – зовнішньої поверхні,
42.00 – внутрішньої поверхні;
4110 – токарне оброблення зовнішніх поверхонь,
4111 – токарно-револьверне оброблення;
44 – оброблення різанням на верстатах з ЧПУ;
50, 51 – операції термічного оброблення,
55 – фотохімічне оброблення;
60 – формування з полімерів, кераміки;
65 – 71 – нанесення неорганічних покриттів;
73, 74 – нанесення органічних покриттів (фарби);
75 – електрофізичні покриття, процеси;
80, 81 – операції паяння;
85 – електромонтаж;
88 – складання;
90, 91 – процеси зварювання, а саме:
9010 – контактне,
9011 – точково-електронне;
9030 – дугове електрозварювання (ДЕЗ);
9035 – ДЕЗ під шаром флюсу й ін.

Шифр операції проставляють в описі технологічних процесів як код, що містить позначення всіх операцій і їх виконання.

3.5. Основні види технологічних документів. Єдина система технологічної документації (ЄСТД)

3.5.1. Призначення й форма технологічної документації

Особливе місце у технологічній підготовці виробництва відведено технологічній документації.

Її вибір визначено:

- типом і видом виробництва;
- технологічними методами, що використовуються при виробництві або ремонті виробу;
- видами застосовуваного обладнання;
- стадією проектування.

Тип виробництва, тобто класифікаційну його категорію визначено широтою номенклатури, стабільністю і обсягом.

Для підприємств з малим обсягом виробництва, але з великою номенклатурою випуску виробів, склад документів має бути мінімальним. Це пояснюється використанням універсального обладнання, яке легко пристосовується під випуск різної продукції. Висока кваліфікація робітників дозволяє детально не пояснювати їм виробничі прийоми. Тому технологічний процес оформляють у вигляді маршрутних карток. Для скорочення записів у маршрутній картці роблять посилання на технологічні інструкції, типові процеси.

При великому обсязі випуску (серійне виробництво) кожен операційний крок закріплюють за одним робочим місцем. Це потребує більш детального розроблення і опису процесу, використання для спеціалізованого обладнання карт налагодження інструменту, інструкцій з охорони праці. Як правило, конструкторську документацію на робочі місця не видають. Усю необхідну інформацію наводять у картах вимірів.

Таким чином, підприємству з великим обсягом випуску слід мати операційну технологію, що містить опис дій, які виконує кожен окремий виконавець.

Для кожного виду виробництва існує певна форма документів, що залежить від специфіки використаних робіт, наприклад, ливарні, ковальські, малярні, гальванічні тощо. У цьому разі замість маршрутних або операційних карток застосовують карти технологічного процесу.

Суттєве значення має вид процесу щодо організації його виконання, оскільки одиничні, типові й групові технологічні процеси потребують різного рівня інформативності.

Наприклад, для одиничного технологічного процесу використовують маршрутні картки, карти технологічного процесу, операційні карти. Для типових процесів або операцій інформацію наводять у вигляді маршрутної картки, а для змінних (виготовлення конкретних деталей) використовують відомість деталей до типового (групового) процесу.

Остаточно форму документів технологічного процесу затверджують залежно від використаного обладнання, якщо воно має специфіку налагодження і управління.

Наприклад, під час виконання операцій різанням з використанням токарних автоматів і напівавтоматів під однією назвою об'єднують подібні операції, наприклад, «автоматно-токарна», а також у картках відображають специфіку налагодження різного за системою управління обладнання.

На стадії розроблення конструкторської документації для дослідного виробу або досвідної партії готують технологічну документацію дослідного зразка (літера «О»). Для серійного виробництва розробляють відповідну технологічну документацію (літера «Д») і директивну технологічну документацію.

Мета розроблення директивної технологічної документації на стадії серійного виробництва – забезпечити виконання попередніх робіт на основі інженерно-технічних і планово-економічних організаційних задач, визначити можливості розміщення відповідного замовлення на конкретному підприємстві при постановці нових виробів на виробництво на основі конструкторської документації на серію, наприклад, виробництво літака або вертольота на Харківському або Київському авіазаводах та ін. Готуючи виробництво, на стадії робочого проекту складають відповідні директивні документи: укрупнену технологію на збиральні й випробувальні роботи щодо вхідних складових частин і загального складання. Процеси оформляють у вигляді маршрутних карток.

Після вирішення всього комплексу інженерно-технічних задач і визначення умов виробництва директивна документація (комплект) використовується для розроблення робочої технологічної документації.

У серійному виробництві технологічну документацію розробляють у вигляді докладного опису для кожного робочого місця з зазначенням усіх виконуваних дій, використовуваних матеріалів, технологічного оснащення, настроювання, технологічних режимів і витрат ресурсів (трудовитрат, енергії, часу). Опис здійснюють у логічній послідовності виконуваних дій.

3.5.2. Основні види документів за єдиною системою технологічної документації

Система державних стандартів регламентує основні й допоміжні види технологічних документів.

До основних належать ті документи, що містять інформацію, яка повністю і однозначно визначає технологічний процес виготовлення або ремонту виробу, збирання відомостей, необхідних для вирішення технологічних задач, управління виробництвом.

Допоміжну технологічну документацію складають документи, що забезпечують функціонування основних: акти запровадження процесів, замовлення на оснащення тощо.

Основні ділові папери поділяють на документи загального й спеціального призначення.

Документи загального призначення використовують у комплектах технологічної документації при описуванні процесів незалежно від застосування методів виготовлення. До них належать:

1. Титульний лист (ТЛ) для оформлення комплекту технологічної документації на виготовлення або ремонт виробу.

2. Картка ескізів (КЕ) як графічний документ, що містить схеми, графіки, ескізи, таблиці для виконання технологічного процесу, операцій та етапів виготовлення виробу або його складових частин.

3. Технологічна інструкція (ТІ) використовується для скорочення обсягу розроблюваної технологічної документації під час описування технологічних процесів, прийомів, що повторюються у виробництві або при ремонті виробу, правил експлуатації, засобів технологічного оснащення тощо.

До документів спеціального призначення належать ті, що використовують при описуванні технологічних процесів та операцій залежно від типу й виду виробництва, застосованих технологічних методів виготовлення або ремонту виробу, його складових частин. Це, наприклад, маршрутна картка, картка технологічного типового або групового процесу, відомість виробів (деталей, складових одиниць) до типового (групового) технологічного процесу (операції), операційна картка. Види цих документів наведено в табл. 3.3. Склад документів, що використовуються визначають залежно від стадії розроблення технологічної документації, типу й характеру виробництва.

Крім основних технологічних документів (ГОСТ 3.1102-81) для забезпечення підготовки авіаційного виробництва використовуються:

1. Картка технологічного планування, що є основним технологічним документом, за яким встановлюється певний технологічний комплект (ТК) деталей і вузлів з зазначенням маршрутної послідовності їх проходження за цехами. Цю картку випускає відділ або бюро планування підготовки виробництва (ВППВ або БППВ).

2. Повідомлення про змінювання в технологічному комплекті, яке констатує, що й на якій підставі змінюється в ТК і з якої серії виробів вводять це змінювання. Повідомлення випускається також ВППВ і розсилається відділам ПЕВ, ВТК, БНМ, БДО, ВТЗ, відділу стандартизації.

3. Технологічний сигнал або повідомлення про змінювання в технології, що є підставою для внесення змінювань, пов'язаних з запровадженням нового оснащення, а також змінювань у робочих кресленнях основного виробу. Випускається технологічним бюро цеху-виготовлювача й розсилається виробничим ланкам цього цеху, а також надходить у цех-споживач для уточнення технічних умов (ТУ) на поставку деталей.

Види документів спеціального призначення

Назва (позначення)	Призначення документа
Маршрутна картка (МК)	Маршрутне або маршрутно-операційне описання технологічного процесу або зазначення повного складу технологічних операцій при операційному виготовленні (ремонті) виробу, який охоплює контроль, переміщення за всіма операціями, різноманітні технологічні методи у певній послідовності з зазначенням характеристик обладнання, технологічного оснащення, матеріальних і трудових витрат. МК є обов'язковим документом і може замінити картку технологічного процесу
Картка технологічного процесу (КТП)	Операційне описання технологічного процесу або ремонту виробу в технологічній послідовності за всіма операціями одного виду формування, оброблення або складання з зазначенням переходів і загальних відомостей щодо технологічного оснащення, матеріальних і трудових витрат
Картка типового (групового) технологічного процесу (КТТП)	Описання типового технологічного процесу виготовлення в технологічній послідовності за всіма операціями одного виду формування, оброблення або складання з зазначенням переходів і витрат ресурсів. Використовують з ВТП (відомістю деталей до типового (групового) процесу
Операційна картка (ОК)	Описування операцій з зазначенням послідовності переходів, відомостей щодо технологічного оснащення, режимів оброблення й трудових витрат при реалізації одиничних технологічних процесів
Картка типової операції (КТО)	Описування типової (групової) операції з указанням послідовності виконання переходів і даних про засоби технологічного оснащення й режими. Застосовують разом з ВТО або ВТП
Картка налагоджування (КН)	Розміщення додаткової інформації, необхідної при виконанні окремих операцій, а також при розробленні технологічних процесів
Відомість технологічного маршруту (ВТМ)	Указання технологічного маршруту виготовлення (ремонт) виробу за структурними підрозділами виробництва, а також для вирішення виробничих і технологічних задач
Відомість оснастки (ВО)	Перелік оснастки для виконання операції або процесу
Відомість технологічних документів (ВТД)	ВТД – документ для зазначення нового складу документів, необхідних для виготовлення (ремонт) виробу та його складових частин. Використовують під час передавання комплексу документів з одного підприємства на інше.

4. Відомість плазово-шаблонного й контрольньо-еталонного оснащення, за якою встановлюється комплектність шаблонів, що забезпечують виготовлення конкретної деталі або вузла.

5. Графік оснащення агрегатів (вузлів) у цеху, що визначає обсяг і термін оснащення технологічного процесу виготовлення агрегатів або вузлів у цьому цеху. Графік випускається ВППВ і використовується під час проектування й виготовлення оснастки.

Правила оформлення основних технологічних документів регламентуються стандартами ЄСТД (ГОСТ 3.1001-81 – 3.1119-83). Форми й правила оформлення документів на технологічні процеси і операції оброблення різанням визначають за ГОСТ 3.1404-8 ЄСТД.

4. ПРАВИЛА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСІВ

Розглянемо правила технологічного проектування процесів на прикладі заготівельно-штампувальних робіт.

Технологічне проектування містить:

1. Забезпечення виробничої технологічності конструкції виробу і удосконалення виробничої системи.
2. Проектування технологічного процесу.
3. Вибір технологічного обладнання й проектування технологічного устаткування.
4. Проектування елементів виробничої системи.

Прийняття рішень здійснюється на базі даних згідно з запропонованим алгоритмом (рис. 4.1).

4.1. Перевірка конструкції деталі на технологічність

Технологічна раціональність конструкції – це сукупність властивостей виробу, що характеризують його технологічність з позиції відповідності прийнятих конструктивних рішень умовам виробництва і експлуатації.

Технологічна раціональність конструкції виробу є динамічним параметром, оскільки її рівень безперервно змінюється відповідно до змінюваних методів і засобів виготовлення, технічного обслуговування й ремонту в результаті послідовного впровадження досягнень, накопичених на рівні певного виробництва, галузі, світового розвитку промисловості.

Номенклатуру показників технологічності конструкції вибирають залежно від виду виробу, специфіки й складності конструкції, обсягу випуску, типу виробництва й стадії розроблення конструкторської документації.

Види технологічності:

– виробнича – виявляється у зменшенні витрат коштів і часу на конструкторську й технологічну підготовку виробництва, процеси виготовлення, у тому числі контроль і випробування;

– експлуатаційна – виявляється у зменшенні витрат коштів і часу на технічне обслуговування й ремонт виробу.

Головні фактори, що визначають вимоги до технологічності конструкції:

- вид виробу;
- обсяг випуску;
- тип виробництва.

Види оцінки технологічності конструкції виробу:

– якісна – характеризує технологічність конструкції узагальнено на основі досвіду виконавця;

– кількісна – відображується в показниках, числове значення яких характеризує рівень відповідності вимогам технологічності конструкції.

Загальні вимоги до технологічності конструкції під час проектування деталі:

1. Конструкцію деталі необхідно складати із стандартних й уніфікованих конструктивних елементів або приймати стандартною в цілому.

2. Деталі слід виготовляти із стандартних або уніфікованих заготовок.

3. Необхідно, щоб розміри й поверхні деталей відповідали економічно й конструктивно оптимальній обґрунтованій точності.

4. Фізико-хімічні й механічні властивості матеріалу, жорсткість деталі, її форму й розміри слід підпорядковувати вимогам технології виготовлення (у тому числі процесам зміцнення, корозійного захисту тощо), зберігання й транспортування.

5. Показники базової поверхні (точність, шорсткість) деталі мають забезпечувати точність установа, оброблення й контролю.

6. Заготовки слід одержувати раціональним способом з урахуванням заданого обсягу випуску й наявного типу виробництва.

7. Необхідно, щоб метод виготовлення забезпечував можливість одночасного оброблення кількох деталей.

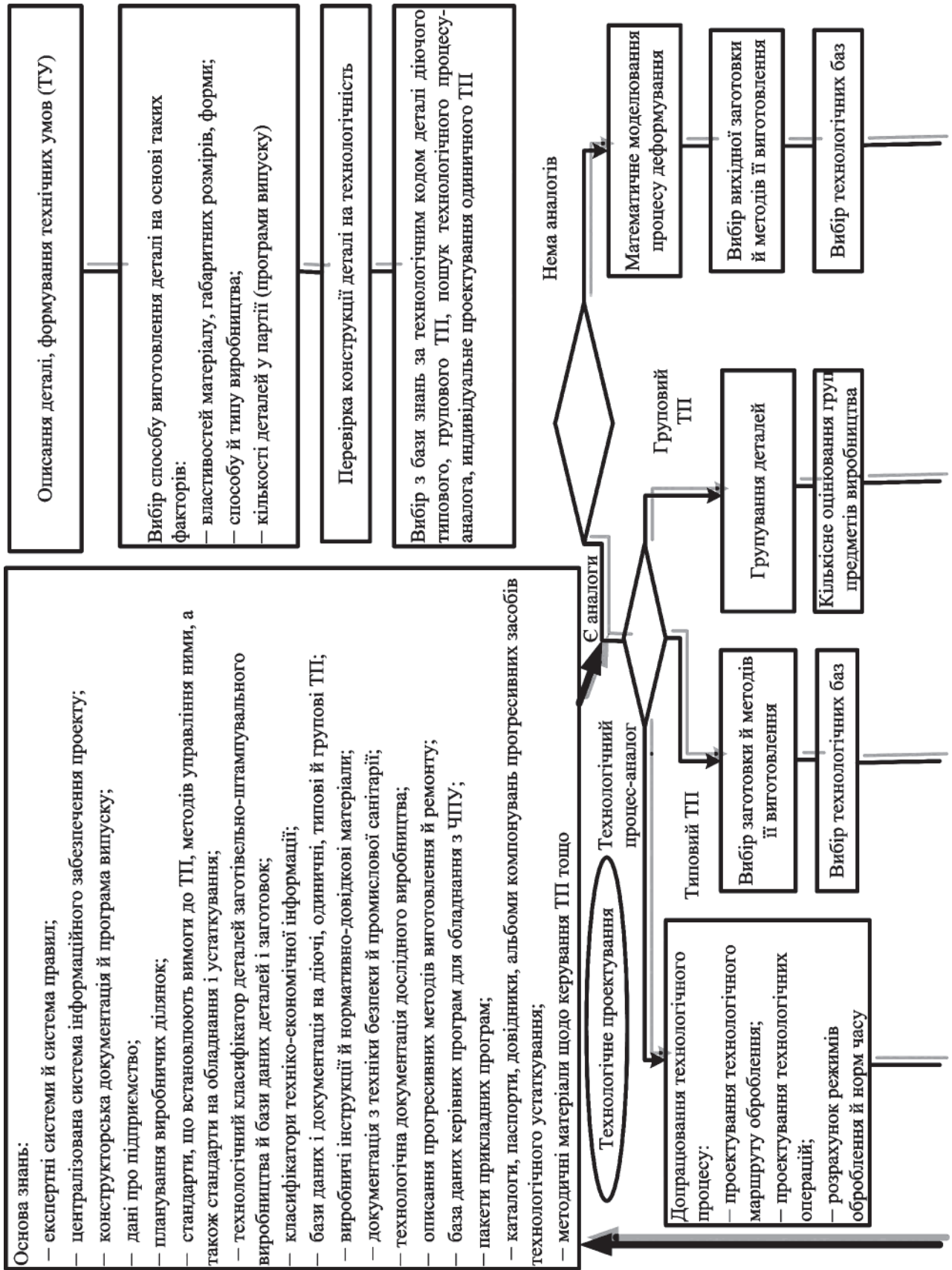
8. З'єднання поверхонь деталей різних класів точності й чистоти мають відповідати застосованим методам і засобам оброблення.

9. Конструкція деталі має забезпечувати можливість застосування типових і стандартних технологічних процесів її виготовлення.

Послідовність оцінювання технологічності конструкції деталі:

- розрахунок показників технологічності конструкції;
- визначення показників рівня технологічності конструкції;
- розроблення рекомендацій щодо поліпшення показників технологічності.

– забезпечення технологічності конструкції шляхом внесення змін до конструкторської документації, а також упорядкування умов виробництва, експлуатації й ремонту.



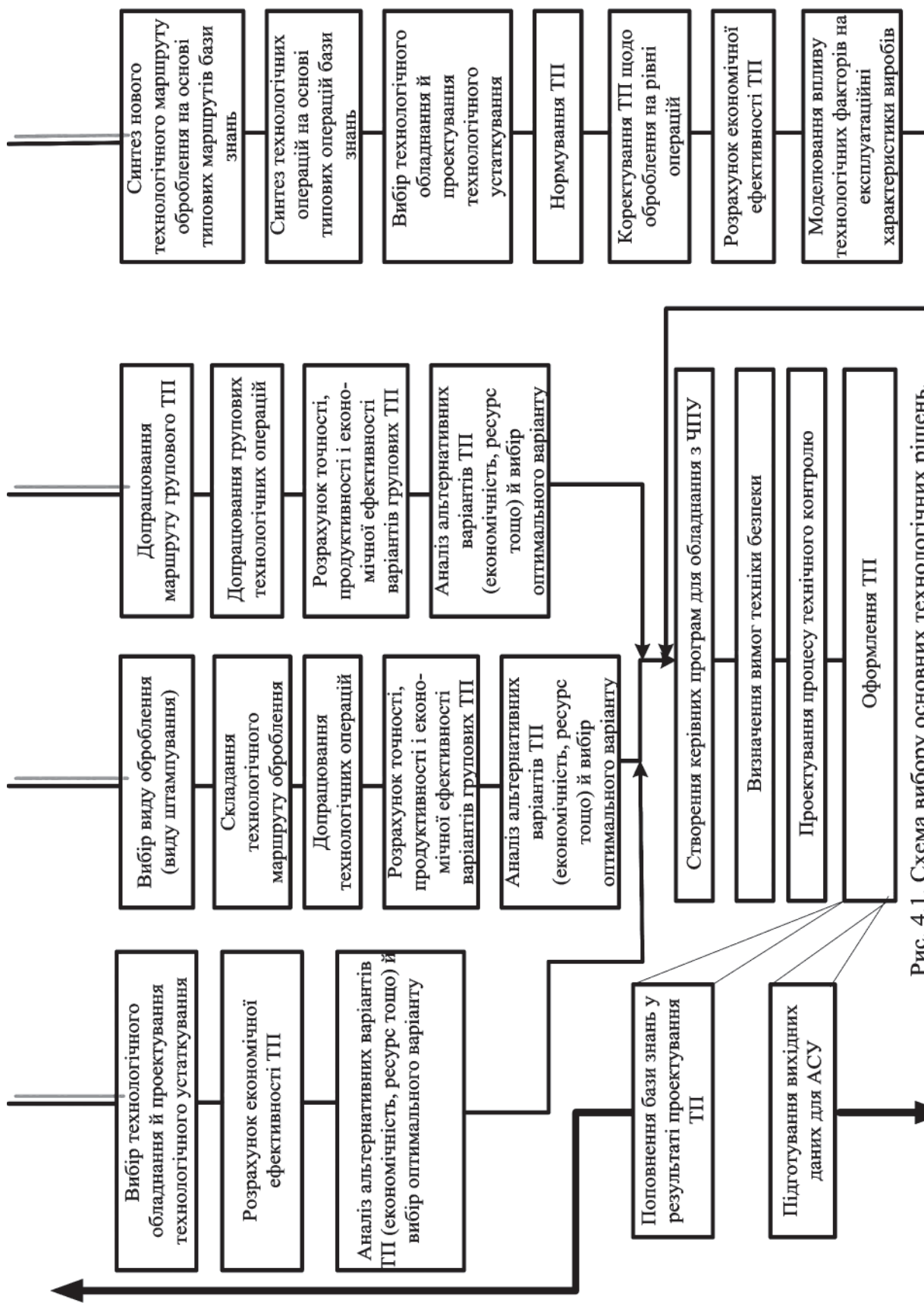


Рис. 4.1. Схема вибору основних технологічних рішень, основаних на базі даних і запропонованому алгоритмі вибору

4.2. Проектування технологічних процесів

Головною проблемою технології машинобудування як науки є вивчення закономірностей реалізації технологічних процесів, виявлення найбільш ефективних параметрів підвищення якості виробів, рентабельності й інтенсифікації виробництва.

Проектування технологічних процесів відбувається, як правило, традиційними („ручними“) методами, розрахованими на використання довідково-нормативних матеріалів, досвіду і інтуїції технолога. Методика проектування має вигляд рекомендацій зі складними логічними взаємозв'язками, розглядаючи які, часто досить складно встановити певні закономірності.

Технологу доводиться мати справу з безліччю можливих варіантів технологічних рішень, при цьому йому бракує необхідних кількісних залежностей, щоб установити напрямок пошуку. Розв'язання цього завдання особливо ускладнюється певним характером деяких з цих залежностей.

Проектування технологічного процесу в заготівельно-штампувальному виробництві передбачає виконання в певній послідовності низки завдань. На кожному етапі можливі декілька варіантів вирішення і їхня кількість збільшується у степеневій залежності від кількості етапів. Кожен варіант необхідно об'єктивно проаналізувати. Визначити об'єктивність того або іншого варіанта технологічного процесу можна лише за умови проведення серйозних техніко-економічних досліджень і розрахунків.

На зміст операцій і технологічного процесу в цілому мають вплив властивості виробу й виробничої системи. Ці властивості різні за своєю природою: геометричні, фізичні, техніко-економічні тощо. Крім того, під час вирішення різноманітних завдань технологічного проектування властивості навіть однієї природи можна розглядати на різних рівнях повноти їх описування, об'єднувати в різні сполучення тощо.

Для розроблення технологічних процесів необхідна інформація:

а) вихідна:

– конструкторська документація й програма випуску;

б) керівна:

– стандарти, що регламентують вимоги до технологічних процесів і методів управління ними, а також стандарти на обладнання і устаткування; документація на діючі одиничні, типові й групові технологічні процеси,

– класифікатори техніко-економічної інформації; виробничі інструкції,

– матеріали щодо вибору технологічних нормативів (режимів оброблення, допусків, норм витрат матеріалів тощо),

– документація з техніки безпеки й промислової санітарії;

в) довідкова:

– технологічна документація досвідного виробництва,

– описи прогресивних методів виготовлення й ремонту,

– каталоги, паспорти, довідники, альбоми компонувань прогресивних засобів технологічного устаткування;

- планування виробничих ділянок;
- методичні матеріали щодо управління технологічними процесами.

Під час проектування технологічного процесу деталь розглядають як комплекс взаємозв'язаних елементів і поверхонь. Тому спочатку необхідно визначити технологічні процеси оброблення кожної поверхні, а потім на їх основі сформувавши операції й визначити їхню послідовність.

Вихідними даними для проектування на другому рівні деталізації є одержані на першому рівні декілька найбільш раціональних варіантів принципів схем технологічного процесу, відомості про форму, розміри і точність деталі й заготовки, про програму випуску. Як технічні обмеження використовують застосовуване на заводі обладнання, устаткування, основні матеріали з існуючими технічними характеристиками. Завдання полягає в тому, щоб спроектувати й вибрати оптимальний варіант технологічного маршруту, який охоплює визначення складу й послідовність операцій, вибір технологічних баз і пристосувань для виконання кожної операції.

Формування структури маршруту починають з чистових етапів, а закінчують чорновими й заготівельними. До такого порядку проектування звертаються тому, що вихідними даними завдання є креслення деталі з остаточними розмірами.

На формування операцій та їхню послідовність на різних етапах має вплив велика кількість факторів, таких як технологічні можливості застосовуваного обладнання і устаткування, форма й розміри деталі, розмір партії деталей і низка інших. У зв'язку з цим синтез технологічного маршруту поділяють на послідовність взаємозв'язаних завдань, що диференційовано враховують указані вище фактори.

Автоматизоване проектування технологічних процесів виконують на основі одиничних, типових і групових технологічних процесів, а також індивідуального проектування, яке здійснюють за відсутності типового (групового) технологічного процесу або технологічного процесу-аналога.

Вирішенню завдань автоматизованого проектування технологічних процесів багато в чому сприяють стандарти ЄСТПВ.

Послідовність технологічного проектування:

1. Описати деталі, сформувавши ТУ.
2. Вибрати спосіб виготовлення деталі на основі таких факторів:
 - властивостей матеріалу, габаритних розмірів, форм;
 - способу й типу виробництва;
 - кількості деталей у партії (програми випуску).
3. Перевірити конструкцію деталі на технологічність.
4. Сформувавши технологічний код деталі за класифікатором.
5. Вибрати з бази знань за технологічним кодом деталі діючий типовий або груповий ТП, знайти технологічний процес-аналог або індивідуально спроектувати одиничний ТП.

Якщо знайдено технологічний процес-аналог, необхідно:

6. Допрацювати процес-аналог, для чого слід:
 - спроектувати технологічний маршрут оброблення;

- спроектувати технологічні операції;
 - розрахувати режими оброблення й норми часу.
7. Вибрати технологічне обладнання й спроектувати технологічне устаткування.
 8. Розрахувати економічну ефективність ТП.
 9. Проаналізувати альтернативні варіанти ТП (економічність тощо) й вибрати оптимальний варіант.
 10. Створити керуючі програми для обладнання з ЧПУ.
 11. Визначити вимоги техніки безпеки.
 12. Спроектувати процес технічного контролю.
 13. Оформити ТП й зібрати вихідні дані для автоматизованої системи управління.
 14. Внести результати проектування до бази знань.
- Якщо знайдено типовий технологічний процес, то далі проектування слід продовжити, знову починаючи з п. 6:
6. Вибрати заготовку й методи її виготовлення.
 7. Вибрати технологічні бази.
 8. Вибрати вид оброблення (вид штампування).
 9. Скласти технологічний маршрут оброблення.
 10. Допрацювати технологічні операції.
 11. Розрахувати точність, продуктивність й економічну ефективність варіантів типових технологічних процесів.
 12. Проаналізувати альтернативні варіанти ТП (економічність тощо) й вибрати оптимальний варіант.
 13. Створити керуючі програми для обладнання з ЧПУ.
 14. Визначити вимоги техніки безпеки.
 15. Спроектувати процес технологічного контролю.
 16. Оформити ТП і згрупувати вихідні дані для автоматизованої системи управління.
 17. Внести результати проектування до бази знань.
- Основні етапи розроблення типових технологічних процесів наведено в табл. 4.1.
- Якщо визначено груповий технологічний процес, то далі проектування слід продовжити, знову починаючи з п. 6:
6. Виконати групування деталей.
 7. Кількісно оцінити групи об'єктів виробництва.
 8. Допрацювати маршрут групового ТП.
 9. Допрацювати групові технологічні операції.
 10. Розрахувати точність, продуктивність й економічну ефективність варіантів групових технологічних процесів.
 11. Проаналізувати альтернативні варіанти ТП (економічність тощо) й вибрати оптимальний варіант.
 12. Створити керуючі програми для обладнання з ЧПУ.
 13. Визначити вимоги техніки безпеки.
 14. Спроектувати процес технічного контролю.

15. Оформити ТП й зібрати вихідні дані для автоматизованої системи управління.

16. Внести результати проектування до бази знань.

Основні етапи розроблення групових технологічних процесів наведено в табл. 4.2.

Якщо не знайдено технологічний процес-аналог, діючий типовий або груповий технологічний процес, то далі проектування слід продовжити, знову починаючи з п. 6:

6. Виконати математичне моделювання процесу деформування.

7. Вибрати вихідну заготовку й методи її виготовлення.

8. Вибрати технологічні бази.

9. Синтезувати новий технологічний маршрут оброблення.

10. Синтезувати технологічні операції.

11. Вибрати технологічне обладнання й спроектувати технологічне устаткування.

12. Пронормувати ТП.

13. Скоректувати ТП оброблення на рівні операцій.

14. Визначити вимоги техніки безпеки.

15. Розрахувати економічну ефективність ТП.

16. Промоделювати вплив технологічних факторів на експлуатаційні характеристики виробів (ресурс, довговічність тощо).

17. Створити керуючі програми для обладнання з ЧПУ.

18. Спроектувати процес технічного контролю.

19. Оформити ТП і зібрати вихідні дані для автоматизованої системи управління.

20. Внести результати проектування до бази знань.

Основні етапи розроблення індивідуальних технологічних процесів наведено в табл. 4.3.

На кожному етапі проектування технологічного процесу використати певні бази знань (див. табл. 4.1 – 4.3).

4.3. Вибір технологічного обладнання і устаткування

Вибір технологічного обладнання починають з аналізу формування типових поверхонь деталей та окремих методів їх оброблення з метою визначити найбільш ефективні методи оброблення, виходячи з параметрів деталі і її призначення.

Результати аналізу слід подавати у вигляді:

– відношень основних часів;

– відношень штучних часів;

– відношень наведених витрат на виконання робіт різними методами.

Кращим варіантом вважають той, значення показників якого мінімальні.

Вибір варіантів обладнання, які характеризуються ступенем механізації і автоматизації, необхідно здійснювати, дотримуючись таких умов:

Основні етапи розроблення типових технологічних процесів

Етапи розроблення типових технологічних процесів	Завдання, що вирішуються на етапі	Основні документи, що забезпечують вирішення завдань
1. Класифікація об'єктів виробництва	Створення груп об'єктів виробництва, що мають спільні конструктивно-технологічні характеристики Вибір типових представників груп об'єктів виробництва	Методика класифікації. Класифікатори об'єктів виробництва
2. Кількісна оцінка груп об'єктів виробництва	Визначення типу виробництва для кожного типового представника груп об'єктів виробництва (одиничне, серійне, масове)	Специфікація конструкторських документів. Планові завдання
3. Аналіз конструкції типових представників об'єктів виробництва за кресленнями й технічними умовами, програмами випуску й типами виробництва	Розроблення основних маршрутів виготовлення об'єктів виробництва, у тому числі заготівельних процесів	Робочі креслення й технічні умови на об'єкти виробництва. Діючі типові й технологічні процеси для конкретного класу деталей
4. Вибір заготовки й методів її виготовлення	Визначення виду вихідної заготовки. Вибір методу виготовлення вихідної заготовки. Техніко-економічне оцінювання вибору заготовки	Основні маршрути виготовлення об'єктів виробництва. Класифікація заготовок. Методика техніко-економічного оцінювання вибору заготовки
5. Вибір технологічних баз	Вибір поверхонь базування Оцінювання точності й надійності базування	Класифікація способів базування. Методика вибору технологічних баз
6. Вибір виду оброблення: різання, штампування, лиття, оброблення тиском тощо)	Вибір виду оброблення. Оцінювання точнісних характеристик методу і якості поверхонь. Вибір методу оброблення	Класифікатори виробів й операцій. Методики оцінювання точності і якості поверхонь деталей
7. Складання технологічного маршруту оброблення	Визначення послідовності операцій і груп обладнання за операціями	Класифікатори технологічного обладнання

Етапи розроблення типових технологічних процесів	Завдання, що вирішуються на етапі	Основні документи, що забезпечують вирішення завдань
8. Розроблення технологічних операцій	<p>Раціональна будова технологічних операцій. Вибір структури операції</p> <p>Установлення раціональної послідовності операційних переходів. Вибір обладнання, що забезпечує оптимальну продуктивність за умови потрібної якості. Розрахунок завантаження технологічного обладнання. Вибір конструкції устаткування. Встановлення належності обраної конструкції стандартним системам устаткування. Визначення вихідних даних і розрахунок на їх основі припусків на оброблення й міжопераційних припусків. Установлення вихідних даних і розрахунок на їх основі оптимальних режимів оброблення</p>	<p>Загальна структурна схема технологічних операцій. Структурні формули розвитку технологічних операцій. Моделі розвитку структур в операціях типового ТП</p> <p>Методика встановлення раціональної послідовності переходів. Стандарти на технологічне обладнання. Класифікатори технологічного обладнання. Таблиці технологічних компонок обладнання для різних методів оброблення поверхонь деталей (ГОСТ 14.304-73). Стандарти на технологічне устаткування. (ГОСТ 14.305-73). Класифікатори технологічного устаткування. Методики й стандарти для розрахунків режимів оброблення</p>
9. Розрахунок точності, продуктивності і економічної ефективності варіантів типових ТП	Вибір оптимального варіанту	Методика розрахунку економічної ефективності. Методика розрахунку точності
10. Оформлення технологічних процесів	Узгодження типових технологічних процесів з усіма зацікавленими службами й затвердження їх	Стандарти ЄСТД

Основні етапи розроблення групових технологічних процесів

Етапи розроблення типових технологічних процесів	Завдання, що вирішуються на етапі	Основні документи, що забезпечують вирішення завдань
1. Аналіз вихідних даних для розроблення ТП	Попередні ознайомлення з призначенням і конструкцією об'єктів виробництва, з вимогами їхнього виготовлення і експлуатації	Завдання на розроблення групових технологічних процесів, що містять відомості про програму випуску виробів. Конструкторська документація на вироби
2. Групування виробів	Аналіз діючих одиничних, типових і групових ТП виготовлення об'єктів виробництва	Документація одиничних, типових і групових технологічних процесів, що діють на підприємстві
	Створення збільшених груп об'єктів виробництва, що мають спільні технологічні характеристики (на основі спільності їхнього оброблення)	Робочі креслення й технічні умови на об'єкти виробництва. Класифікатори об'єктів виробництва
	Розроблення або вибір комплексного виробу для кожної групи. Розроблення пропозицій для уніфікації виробів та їх елементів	Керівні технічні, методичні й довідкові матеріали для групування виробів
3. Кількісна оцінка груп об'єктів виробництва	Визначення типу виробництва для кожного комплексного виробу (одиначне, серійне, масове), а також орієнтовної трудомісткості виготовлення кожної групи об'єктів виробництва	Специфікація конструкторських документів. Планові завдання. Відомості щодо трудомісткості креслення й виготовлення виробів
4. Розроблення маршруту маршруту групового ТП	Розроблення маршруту виготовлення комплексного виробу	Креслення комплексного виробу. Робочі креслення й технічні умови на вироби, що входять у групу
	Визначення кількості й послідовності групових технологічних операцій	Документація на діючі одиничні, типові й групові ТП. Документація на перспективні ТП
5. Розроблення групових технологічних операцій	Розгляд типових технологічних процесів	Типові ТП
	Збільшене оцінювання трудомісткості робіт щодо кожної операції	Діючі норми часу на виконання конкретних операцій (для збільшених розрахунків)

Етапи розроблення типових технологічних процесів	Завдання, що вирішуються на етапі	Основні документи, що забезпечують вирішення завдань
6. Розрахунок точності, продуктивності й економічної ефективності варіантів групових ТП	Розрахунок трудомісткості робіт для кожної групової технологічної операції і всього маршруту в цілому. Оцінка трудомісткості всіх робіт з урахуванням планових термінів випуску виробів й організації їх виконання, а також групового оброблення на спеціалізованих робочих місцях, у тому числі окремих. Зіставлення групових технологічних маршрутів, об'єднання (роз'єднання) груп виробів і визначення доцільності сукупного виготовлення виробів у спеціалізованих виробничих підрозділах і на окремих робочих місцях, виходячи з техніко-економічного оцінювання, умов й організації виробництва (завантаження обладнання, оперативно-виробничого планування, норм керованості тощо). Вибір оптимального варіанта групового ТП	Типові ТП
7. Нормування ТП	Установлення вихідних даних і розрахунок на їх основі норм часу Визначення розряду робіт й обґрунтування професій виконавців групових операцій залежно від їх складності	Методика розроблення норм часу Диференційовані нормативи часу (для встановлення розрахункових та інших уточнених норм)
8. Розроблення технічних заходів для реалізації групового виробництва	Розроблення й видавання технічних завдань на модернізацію технологічного обладнання, встановлення агрегатних верстатів, а також проектування технологічного устаткування	
9. Оформлення ТП	Нормоконтроль технологічної документації Узгодження документації ТП з усіма зацікавленими службами і її затвердження	Стандарти ЄСТД

Таблиця 4.3

Основні етапи розроблення індивідуальних технологічних процесів

Основні етапи розроблення ТП	Завдання, що вирішуються на етапі	Основні документи й системи, необхідні для вирішення завдань
1. Аналіз вихідних даних для розроблення ТП	Попереднє ознайомлення з призначенням і конструкцією предмета праці, вимогами до виготовлення і експлуатації	Відомості про програму випуску виробу. Конструкторська документація на виріб
	Складання переліку додаткової довідкової інформації щодо розроблення ТП і вибір необхідних відомостей	Архів виробничо-технічної документації
2. Вибір діючого, типового, групового ТП або пошук одиничного процесу	Формування технологічного коду виробу за технологічним класифікатором	Конструкторська документація на виріб. Технологічний класифікатор виробів
	Зарахування оброблюваного виробу до відповідної класифікаційної групи на основі технологічного коду (за відсутності відповідної класифікаційної групи ТП розробляють як одиничний)	
	Зарахування оброблюваного виробу за його технологічним кодом до діючого типового, групового ТП	Документація на типові, групові або одиничні ТП для заданої групи виробів
3. Вибір вихідної заготовки й методів її виготовлення	Визначення виду вихідної заготовки (або уточнення заготовки, встановленої типовим ТП)	Документація на типовий, груповий ТП. Класифікатор заготовок
	Вибір методу виготовлення вихідної заготовки	Методика розрахунку й техніко-економічної оцінки вибору заготовки
	Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовок	Стандарти й технічні умови на заготовки і основний матеріал
4. Вибір технологічних баз	Вибір поверхонь базування або базових складових частин виробу	Класифікатор способів базування
	Оцінка точності й надійності базування щодо продуктивності ТП	Методика вибору технологічних баз
5. Складання технологічного маршруту оброблення	Визначення послідовності технологічних операцій (або послідовності операцій за типовим або груповим ТП)	Документація типового, групового або одиничного ТП
	Визначення складу засобів технологічного устаткування (ЗТУ)	
6. Розроблення технологічних операцій	Розроблення (або уточнення) послідовності переходів в операції	Документація типових, групових або одиничних ТП
	Вибір операцій стосовно ЗТУ (або їх уточнення)	Класифікатор технологічних операцій

Основні етапи розроблення ТП	Завдання, що вирішуються на етапі	Основні документи й системи, необхідні для вирішення завдань
6. Розроблення технологічних операцій	Визначення вимог до ЗТУ, замовлення нових ЗТУ, у тому числі засобів контролю й випробувань з урахуванням метрологічного забезпечення	Стандарти для вибору ЗТУ. Каталоги ЗТУ(альбоми й картотеки)
	Вибір засобів механізації і автоматизації елементів процесу й внутрішньоцехових засобів транспортування	Матеріали для вибору технологічних нормативів (режимів оброблення, припусків тощо)
	Призначення й розрахунок режимів оброблення	
7. Нормування ТП	Установлення вихідних даних, необхідних для розрахунку норм часу й витрат матеріалів	Нормативи часу й витрат матеріалів
	Розрахунок і нормування витрат праці на виконання процесу	
	Розрахунок норм витрат матеріалів, необхідних для реалізації процесу	
	Визначення розряду робіт й обґрунтування професій виконавців залежно від складності операцій	Методика розроблення норм часу. Класифікатори розрядів робіт і професій. Диференційовані нормативи часу (для встановлення розрахункових та інших уточнених норм)
8. Визначення вимог техніки безпеки	Розроблення або вибір наявних вимог техніки безпеки й виробничої санітарії до умов виробництва (шуму, вібрації, радіації, загазованості небезпечними й шкідливими речовинами повітря робочої зони тощо)	Нормативи системи стандартів безпеки праці. Інструкції з техніки безпеки й виробничої санітарії
	Розроблення вимог, вибір методів і засобів забезпечення екологічної стабільності середовища	
9. Розрахунок економічної ефективності ТП	Вибір оптимального варіанта ТП	Методика розрахунку економічної ефективності процесів
10. Оформлення ТП	Нормоконтроль технологічної документації	Стандарти ЄСТ
	Узгодження документації ТП з усіма зацікавленими службами і її затвердження	

– наведені витрати на виконання технологічного процесу мають бути мінімальними;

– період окупності обладнання при його механізації і автоматизації також має бути мінімальним.

Продуктивність обладнання необхідно визначати на основі аналізу часу виготовлення деталі заданої якості.

Вибір технологічного устаткування здійснюють як комплекс взаємозв'язаних робіт у такій послідовності:

а) виконати аналіз:

– конструктивних характеристик розглянутого виробу (габаритних розмірів, матеріалу, точності, конструктивних характеристик поверхонь тощо);

– організаційних і технічних умов виготовлення виробу (схеми базування й фіксації, виду технологічної операції, організаційної форми процесу виготовлення тощо);

б) згрупувати технологічні операції з метою визначити найбільш прийнятну систему технологічного устаткування й підвищити коефіцієнти його використання;

в) установити належність обраних конструкцій до систем устаткування;

г) визначити вихідні вимоги до технологічного устаткування;

г) відібрати з наявної номенклатури ті конструкції устаткування, що відповідають встановленим вимогам;

д) визначити відповідні встановленим вимогам вихідні дані для проектування й виготовлення нових конструкцій устаткування;

е) видати технічні завдання на розроблення й виготовлення технічного устаткування;

Конструкції устаткування слід визначати з урахуванням стандартних і типових рішень для цього виду технічних операцій, беручи до уваги:

– габаритні розміри виробів;

– вид заготовки;

– характеристики матеріалу виробу;

– точність параметрів і конструктивних характеристик поверхонь виробу, що впливають на конструкцію устаткування;

– технологічні схеми будування й фіксації виробів;

– характеристики обладнання;

– обсяги виробництва.

Вибираючи технологічне устаткування, слід використовувати таку документацію:

а) нормативно-технічну, тобто стандарти:

– на технологічне устаткування;

– технологічне обладнання;

– на терміни й визначення технологічного устаткування;

б) технічну:

– альбоми типових конструкцій устаткування;

– каталоги й паспорти на технологічне обладнання;

- конструктивно-методичні матеріали щодо вибору технологічного устаткування;

Для техніко-економічного обґрунтування вибору систем технологічного устаткування розраховують такі показники:

- коефіцієнт завантаження одиниці технологічного устаткування;
- витрати на устаткування для здійснення технологічних операцій виготовлення виробу.

4.4. Проектування процесів технічного контролю

Показниками процесу контролю є точність вимірів, достовірність, трудомісткість і вартість контролю.

Вибір засобів для виконання цих операцій має ґрунтуватися на забезпеченні заданих показників процесу контролю і аналізі витрат на його реалізацію в установлений проміжок часу при заданій якості виробу.

Для вибору засобів контролю використовують:

- конструкторську документацію на виріб;
- технологічну документацію на виготовлення й контроль виробу;
- державні, галузеві стандарти й нормативи підприємств на засоби контролю;
- каталоги засобів контролю;
- класифікатори;
- картотеки використовуваності засобів контролю;
- інструктивно-методичні матеріали щодо вибору засобів контролю.

Етапи вибору контрольних засобів контролю під час розроблення одиничних процесів контролю наведено в табл. 4.4.

Під час розроблення процесу контролю з використанням типових операцій і переходів вибір засобів контролю охоплює завдання етапу 3 (див. табл. 4.4).

Для аналізу характеристик об'єкта контролю слід урахувати:

- вид об'єкта контролю (деталь, збірну одиницю, технологічний процес);
- вид контрольованої ознаки (геометричний розмір, фізичний параметр, форму тощо);
- номінальні розміри й допуски на контрольовані параметри;
- припустиму похибку виміру;
- конструктивні особливості виробу (конфігурацію, доступність тощо);
- вимірювальну базу;
- масу об'єкта контролю;
- пошкоджуваність (деформування) під час контролю;
- умови робочого місця (температурний режим тощо);
- транспортабельність засобу і об'єкта контролю;
- наявність засобу контролю на підприємстві;
- умови видачі результатів контролю;
- вартість засобу контролю;

- кваліфікацію контролера;
- доцільність проектування спеціальних засобів контролю;
- додаткові умови й характеристики.

Вибір засобів контролю узгоджують з відділом технічного контролю й метрологічною службою.

Таблиця 4.4

Етапи вибору контрольних засобів для розроблення одиничних процесів контролю

Етапи	Вирішувані завдання	Використовувана документація
1. Аналіз характеристик об'єкта контролю й показників процесу контролю	Встановлення характеристик об'єкта контролю, показників процесу контролю, що визначають вибір засобів контролю, уточнення методу контролю й схеми вимірів	Конструкторська документація на виріб. Технологічна документація на виготовлення й контроль виробу. Документи, що містять відомості про кількість і терміни виготовлення виробів. Методика розрахунку показників контролю
2. Визначення представницького складу засобів контролю	Визначення складу засобів контролю, використання яких забезпечує вірогідність показників контролю з урахуванням метрологічних і експлуатаційних характеристик засобів контролю	Класифікатор засобів контролю. Каталоги засобів контролю за ГОСТ 3.1302-74. Державні, галузеві стандарти й стандарти підприємств на засоби контролю
3. Визначення остаточного складу необхідних засобів контролю	Економічне обґрунтування вибраного засобу контролю	Методика розрахунку економічної ефективності обраних засобів контролю
	Складання відомості устаткування	За рекомендаціями ГОСТ 3.1105-74
	Визначення наявних засобів контролю	Картотека застосовуваності засобів контролю за ГОСТ 3.1302-74
	Визначення вихідних даних для проектування засобів контролю й видавання технічних завдань на розроблення нових конструкцій	Згідно з ГОСТ 15.001-73
	Оформлення технологічної документації за результатами вибору засобів контролю	Відповідно до ГОСТ 3.1502-74

5. ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА В АВТОМАТИЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ

5.1. Проблема економії ресурсів і створення автоматизованих систем

Автоматизація за своєю суттю – це передача деяких функцій розумової й фізичної праці машинам. Ефективність автоматизації визначається розміром економії сукупних витрат суспільної праці – робочої сили, основних виробничих фондів, сировини, матеріалів, енергії, інформації.

Якщо при автоматизації підвищується віддача основних виробничих фондів, зростає продуктивність праці, знижується металоємність продукції й підвищується її якість, то має місце факт інтенсифікації виробництва.

Світова тенденція інтенсифікації підтримується організацією автоматизованого виробництва, досягненнями науково-технічного прогресу.

При використанні засобів автоматизації економія витрат живої праці, машинного часу сприяє скороченню кількості робочих місць, зростанню продуктивності праці у 3-5 разів.

Накопичення основних фондів відповідає більш повному використанню обладнання, площ, зростанню фондівіддачі (обсягу виробленої продукції з одиниці вартості основних фондів), зменшенню собівартості за рахунок скорочення амортизаційних витрат.

Це суттєво впливає на зростання обсягу національного прибутку й фонду накопичення.

Прискорюючи виробничий цикл і ліквідуючи перерви у процесі виробництва, автоматизація сприяє його безперервності й ритмічності. Це у свою чергу обумовлює одержання додаткового прибутку за рахунок технічних, економічних, організаційних і соціальних факторів.

Автоматизація виробничих процесів потребує підвищення технічного і організаційного рівня виробництва на всіх етапах життєвого циклу виробу: при науково-технічній підготовці виробництва, виготовленні, під час сбуту і експлуатаційного обслуговування.

Зростання кількості взаємозв'язаних ланок різних виробництв потребує оброблення значного обсягу інформації і, як наслідок, широкого використання інформаційної техніки.

Будь-який матеріальний процес являє собою єдність матеріально-енергетичних та інформаційних процесів.

В інформаційних процесах людина усвідомлює, накопичує, обробляє і передає необхідну інформацію, використовуючи попередні методи, прийоми, керівні матеріали і інструкції. Як інформація розглядаються задачі, повідомлення, описи, що відображають стан техніки й процесів у теперішньому й майбутньому або контролюють необхідність одержання інформації до певного терміну.

Інформаційні процеси поділяються на творчі, що сприяють накопиченню знань, і нетворчі, які використовують для узагальнення шляхом накопичення. Саме цей процес найбільш підлягає автоматизації, для чого використовуються апаратні й програмні засоби. Особливу роль відіграє програмний системний сервіс, на основі якого забезпечується широка можливість для економічно ефективної автоматизації, наприклад, на основі верстатів з ЧПУ, автоматизованих виробничих систем, комплексної наскрізної автоматизації на базі ЕОМ, процесів у сфері підготовки виробництва і автоматизованих систем управління.

Найбільш суттєвим результатом автоматизації слід вважати гнучкість виробництва, тобто пристосування його засобів до змінювання завдань й умов виробництва при швидкій зміні виробів, оновленні видів матеріалів, технології і організаційних форм.

При підготовці виробництва на підприємстві у першу чергу створюються автоматизовані робочі місця для проектування конструкції виробу, технології, розроблення програмних систем.

У виробничих підрозділах автоматизація здійснюється на основі комп'ютерної техніки, робототехніки, автоматизованих складських і транспортних засобів, а також інтегрованих виробничих систем.

5.2. Особливості автоматизації процесів підготовки виробництва

Стандартами ЄСТПВ організаційно й законодавчо закріплено основні принципи побудови систем ТПВ, правила їх розроблення і управління.

Основними функціями ТПВ є забезпечення технологічності конструкції, розроблення технологічних процесів проектування й виготовлення засобів технологічного оснащення, організація і управління самою ТПВ.

Задачі кожної з перелічених функцій вирішуються з використанням вхідної інформації, яка містить різні класифікатори, розрахункові методики й нормативно-методичний матеріал для виконання розрахунків. Цей процес реалізується у межах системи технологічної підготовки виробництва (СТПВ), яка побудована на основі різних принципів і з використанням різних елементів, що мають у своєму складі засоби обчислюваної техніки, людсько-машинні обчислювані комплекси, елементи організаційних структур.

Відомо, що під системою розуміється цілісний об'єкт (організація), у межах якого визначено функціональне призначення системи, сформовано цілі її функціонування й показники якості такого функціонування.

Слід розрізняти окремі й комплексні системи ТПВ, які характеризуються певною структурою, тобто складом елементів, що знаходяться між собою у взаємозв'язку.

З цих позицій СТПВ призначено для вирішення відповідних задач, тобто визначення структури й параметрів технологічного процесу (системи), виробництва промислової продукції (літального апарата, аерокосмічної техніки) з заданими обсягом випуску і якістю згідно з ТЗ.

В процесі ТПВ вирішуються питання, пов'язані з проектуванням технологічних процесів виготовлення деталей, їх складанням, регулюванням і випробуванням виробів. Однією з важливих і складних задач при проектуванні технологічних процесів є формалізований опис об'єктів виробництва й процесів їх виготовлення, що складає основу для створення інформаційного забезпечення у системах ТПВ.

Відповідно до цього у стандартах передбачено розроблення математичних моделей виробництва. На основі формалізованого описання й класифікаторів існує можливість формування програмного забезпечення для вирішення задач проектування технологічних процесів (САПР ТП), оснащення (САПР ВС), планування виробництва й ін.

У табл. 5.1 наведено технічні рішення щодо автоматизації для різних типів виробництва.

Тип 1. Використовується для підприємств з обмеженою кількістю конструкторсько-технологічних задач, невеликою кількістю робітників, зайнятих у сфері підготовки виробництва, з вузьким асортиментом продукції.

Тип 2. Характеризується більш широкою номенклатурою і її варіаціями за вимогами замовника у межах невеликого обсягу конструктивно-технологічних змін.

Тип 3. Визначається значним обсягом робіт щодо ПВ, що обумовлюється частою зміною продукції, високим рівнем розроблень й обсягів інженерних напрацювань на основі поділу праці й різноманітності завдань стосовно підготовки поточного виробництва.

Таблиця 5.1

Технічні рішення щодо автоматизації залежно від типу виробництва

Фактор	Тип 1	Тип 2	Тип 3
Технічне рішення	Автоматизація окремої задачі ТПВ	Автоматизація процесів ТПВ з охопленням основних задач, пов'язаних з окремими рішеннями	Комплексна автоматизація ТПВ, яка характеризується високим рівнем і суттєвим зв'язком з процесами виробництва
Мета рішення	Скорочення циклу й витрат на здійснення окремих процесів. Поліпшення якості конкретної проектної документації	Скорочення термінів розроблення проектної документації. Підвищення ефективності й гнучкості виробництва	Збільшення потужності виробництва. Скорочення циклу розроблення і освоєння нової продукції. Гнучкість всього підприємства в цілому при зміні умов виробництва. Підвищення якості продукції. Наскрізне планування і управління організацією

Фактор	Тип 1	Тип 2	Тип 3
Методи досягнення мети автоматизації	Збирання, узагальнення і оброблення первинної інформації. Вирішення окремих задач ТПВ. Внесення окремих змінювань у вхідні дані	Розв'язання задач організаційної і економічної підготовки виробництва на базі накопичення первинних даних. Вирішення окремих задач ТПВ. Розв'язання комплексних задач ТПВ	Розв'язання комплексних задач ТПВ. Наскрізні вирішення задач комплексної ТПВ
Апаратні засоби	ПЕОМ на робочих місцях. Окремі програми. Децентралізований масив даних	Система ТПВ і ПЕОМ на робочих місцях. Центральні бази даних без прямого доступу. Системи програм конструкторської підготовки виробництва	Центральна ЕОМ і ПЕОМ на робочих місцях, що об'єднані в одну мережу. Центральні бази даних з окремим доступом. Системи програм, пов'язаних між собою для конструкторської й технологічної підготовки

Відповідно до цих типів виробництва визначаються мета автоматизації й методи її реалізації, наприклад, перехід від плазово-шаблонного методу до безплазового на базі математичних моделей і верстатів з ЧПУ. Завдяки локальним або частковим конструктивно-технологічним рішенням скорочуються обсяги плазів і шаблонів, що дозволяє віднести підприємство до типу 1.

Освоєння виробництва оснастки на основі загальних моделей слід віднести до типу 2. Сюди також можна приєднати виробництва, що використовують верстати з ЧПУ для оброблення окремих деталей, враховуючи проектування ТП і системи САПР ТП для механічного оброблення.

Вирішення задач відповідного рівня на підприємствах типу 3 у літакобудівному виробництві потребує значних витрат і поки що не реалізовано.

5.3. Поняття про наскрізні рішення у процесах автоматизації підготовки виробництва

Для автоматизації проектних робіт при конструюванні виробів, проектуванні технології, підготовці програм для оброблення у системі верстатів з ЧПУ використовують автоматизовані робочі місця.

Типові автоматизовані робочі місця у сфері підготовки виробництва містять обчислювальні пристрої, які знаходяться в єдиній мережі з банком даних, пристроями їх накопичення й передачі. На базі модульного принципу можлива побудова різних конфігурацій автоматизованих робочих місць, що відповідають розв'язуванню задачам і специфічним вимогам.

Важливою ознакою щодо специфіки підготовки виробництва є забезпечення діалогу людини й машини. Відповідно до цього вибирається оснащення автоматизованого робочого місця. У сфері конструювання за допомогою ЕОМ на робочому місці конструктора обробляється інформація стосовно науково-технічних рішень, заявок і патентів, стандартів, наукових праць, прийнятих при розробленні виробу, виконуються розрахунки й геометричні креслення. При цьому може моделюватися будь-яка експлуатаційна ситуація.

Моделювання можливих становищ завантаження обладнання і їх перевірка за допомогою ефективних методів розрахунків дозволяє наперед визначити динамічні й статичні характеристики.

Дослідження моделей на ЕОМ і їх випробування дозволяє виконувати розроблення з високою надійністю. Це дозволяє скоротити час і витрати на створення досвідних зразків або установочних серій.

Завдяки використанню єдиних баз для визначення геометрії окремих частин, деталей, вузлів, а також відображенню у конструкторських специфікаціях алфавітно-цифрової інформації (кодів деталей) створюються умови для підвищення гнучкості системи й реалізації розроблень як у сфері конструкції, так і в технологічній підготовці виробництва, де поетапно утворюються робочі місця:

- для проектування технологічних процесів;
- машинного програмування, вибору інструменту, обчислення режимів.

Нормальне функціонування робочих місць забезпечується відповідним програмним сервісом (наприклад, САПР ТП, САПР МО й ін.) та обчислювальною технікою.

Технічні і економічні результати використання засобів автоматизації при підготовці виробництва залежать від точності первинних даних і ступеня інтеграції конструкторської й технологічної підготовки виробництва.

До основних результатів слід віднести:

- економію часу й витрат при збиранні даних й оновленні технологічних карт (ТК);
- економію часу при створенні ТК і програм для верстатів з ЧПУ;
- поліпшення умов праці й скорочення її ручної частини;
- підвищення надійності при збиранні інформації і її обробленні;
- забезпечення безперервного й стабільного виробничого процесу при зниженні непродуктивних витрат часу, скорочення часу, витраченого на одиницю продукції, оптимізація використання обладнання.

Орієнтований на режим діалогу трудовий процес є найбільш ефективним шляхом до зниження витрат часу на технологічну підготовку виробництва.

Наприклад, співвідношення витрат часу на розроблення технологічного процесу за основними його етапами наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2

№ п/п	А. Традиційна центральна ЕОМ	Хвилини	Б. ЕОМ у діалоговому режимі	Хвилини
1	Підготовка необхідної документації	15	Виклик технологічної картки, що змінюється	1
2	Розроблення нової технологічної операції	15	Редагування й ліквідація старої технології	1
3	Друкування й тиражування технологічних карток	5	Вид нової технологічної операції	6
4	Здавання у правку й розсилання копій	15	Тиражування технологічних карток	10
	Всього	50	Всього	18

Автоматизацію підготовки виробництва прийнято здійснювати у вигляді часткових рішень без наскрізного охоплення автоматизацією виробничих процесів, а також у комплексному вигляді у формі систем CAD/CAM/CAP.

CAD: Computer Aided Design – система автоматизованого проектування й конструювання;

CAM: Computer Aided Manufacturing – автоматизована система управління технологічними процесами;

CAP: Computer Aided Planning – автоматизована система технологічної підготовки виробництва.

Наскрізні рішення, що базуються на використанні ЕОМ, характеризуються автоматизацією оброблення інформації, наскрізним її використанням у режимі діалогу для майбутніх процесів. Центральним підсумком таких рішень є логічна закінченість, що витікає з аналізу інформаційного потоку, інформаційна ув'язка процесів, починаючи з конструкторської, технологічної і організаційної підготовки виробництва і закінчуючи управлінням і контролем, а також використанням обробленої інформації в інших формах, наприклад, у системі централізованого оброблення даних й управління виробництвом.

За основу приймаються такі передумови:

- конструювання, технологічна підготовка, проектування й виробництво розглядаються як елементи єдиної системи з наскрізним обробленням інформації;

- вирішення проблем у межах єдиної системи здійснюється в режимі взаємодії її елементів засобами інформаційно-розрахункової техніки;

- інформація, що необхідна для реалізації процесу, накопичується для подальшого оброблення у відповідному масиві банку даних.

До цієї інформації відносяться, наприклад, геометричні і алфавітно-цифрові дані щодо конструкції літального апарату (повороти, положення основних перерізів і набору, матеріал деталей і вузлів, стики, рознімання,

кінематика системи управління й ін.), послідовність операцій і розподілення технологічного часу, параметри процесу різання для різних заготовок й інструмента, а також регламентація оснастки й контрольно-вимірювальних засобів, що використовуються, програмне забезпечення верстатів і систем з ЧПУ, інформація для контролю, планування і управління.

Для реалізації наскрізних рішень використовують як технічні засоби обчислювальну техніку з застосуванням діалогових режимів, верстати з ЧПУ, системи адаптивного регулювання й робототехніку. Наскрізне використання обчислювальної техніки означає досить високу ефективність виробництва, розвиток й інтеграцію процесів розроблення й виробництва виробу. Ефективність наскрізного рішення щодо використання обчислювальної техніки при підготовці виробництва пояснюється тим, що водночас одержана інформація щодо конструкції й технології використовується у подальших процесах і роботах без витрат часу і якості.

Наприклад, при проектуванні сучасних літаків конструктор вводить у масив даних інформацію про робочі креслення й специфікації. Передача даних використовується на стадії розроблення для визначення розмірів і варіантів конструктивних рішень, виконання моделювання, визначення станів навантаження. Визначення будь-яких перетинів і проекцій або виконання креслень у двох-трьох вимірах створюють можливості для оптимального вибору конфігурації й розмірів моделей.

Практика показує, що при розробленні функціональних принципів конструкції проєктант закладає близько 8...10% технологічної інформації. Якщо цю інформацію не накопичували, то технологу при підготовці виробництва прийшлося би знову збирати й накопичувати дані. Це призводить до виконання подвійної роботи, втрат часу, коштів й якості.

Технолог, використовуючи базу даних для розроблення технологічної документації, звільнюється від необхідності вводити до неї дані про геометрію окремих деталей і вузлів, створених конструктором при розробленні конфігурації і визначенні зовнішніх обводів літака і його вузлів. За викликом технолога з банку даних ідуть (як змінні) параметри технологічних задач (послідовність виготовлення, складання, режими оброблення, етапи проектування оснастки та ін.).

Логічне об'єднання даних специфікацій з планом виробництва, що містить інформацію про замовлення й відомості з технологічних карток, забезпечує автоматизацію процесу формування виробничих завдань.

Інформація про виробничі завдання є основою для розроблення технологічної документації, планування й контролю виконання технологічних процесів за допомогою ЕОМ, визначення потреби у матеріалах і комплектуючих, організації складських і заготовчих процесів, а також інструментального господарства.

Функціонування інтегрованих автоматизованих систем підготовки виробництва забезпечується комплексом програм, що містить модулі проектування виробу, проектування процесів на виготовлення окремих складових штампуванням (САПР ТП ХШ), механічним обробленням (САПР

ТП МО), а також модулі складання, контролю якості виробу та його складових.

Програма й засоби мають формуватися як блоки модульної структури, яка дозволяє їх з'єднати для одержання наскрізних рішень, і об'єднати проектування виробу, підготовку виробництва й саме виробництво.

Прикладом такої системи є UNIGRAFICS.

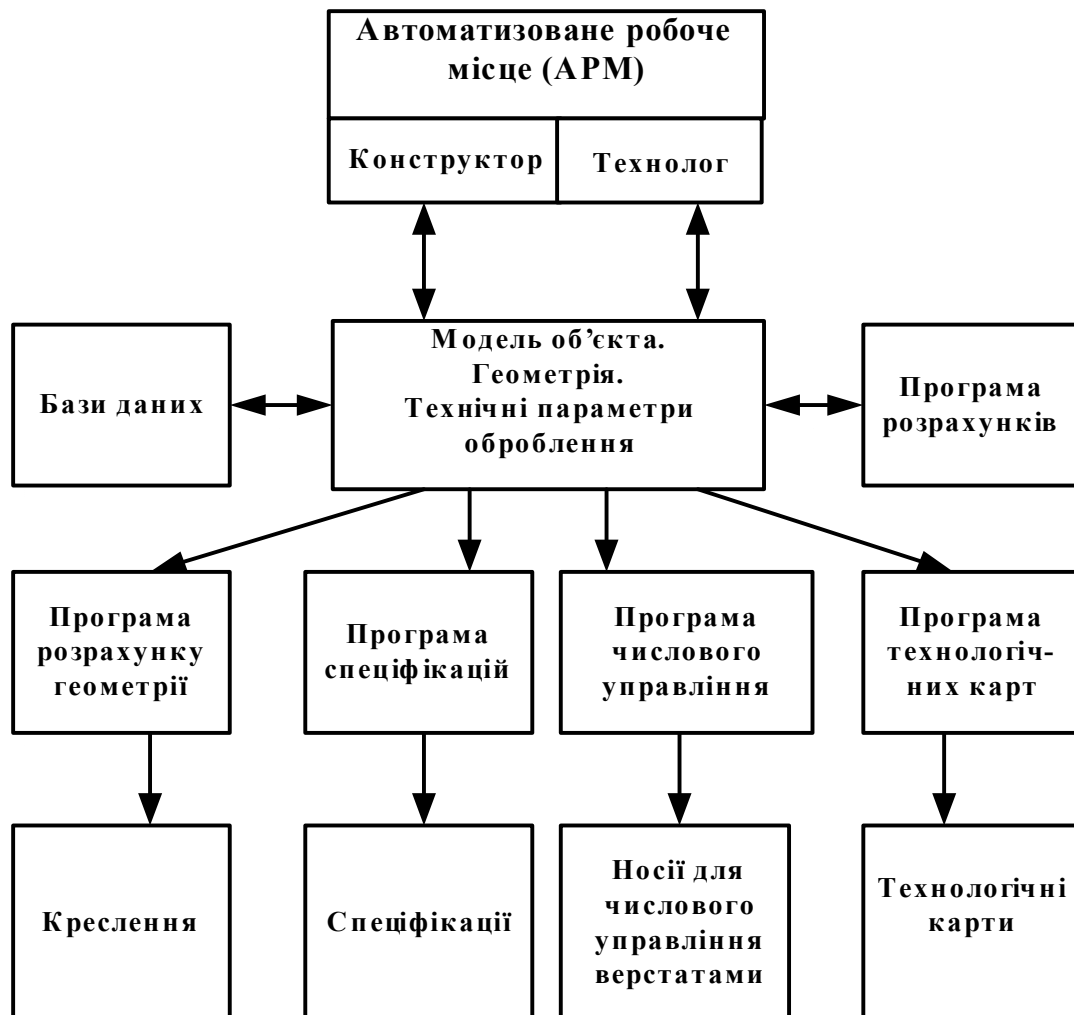


Рис. 5.1. Інтегроване виготовлення конструкторської й технологічної документації

5.4. Типовий зміст підготовки виробничої системи UNIGRAFICS

Систему розроблено для вирішення задач проектування й виготовлення виробу у взаємозв'язку на основі єдиного комплексу вихідних даних. Перший варіант системи був розроблений відділом комп'ютерних технологій компанії Макдонел-Дуглас для потреб аерокосмічної промисловості. UNIGRAFICS має модульну структуру, де всі модулі використовують тривимірну базу даних. Результати, що одержані при роботі з будь-яким модулем, можуть бути застосовані при роботі з наступним. Це

дає можливість створювати продукт, починаючи з етапу проектування виробу й закінчуючи його виготовленням, з використанням однієї системи.

Таке програмне забезпечення являє собою програмно-орієнтоване середовище для складних і паралельних проектів.

Для обслуговування процесу конструювання UNIGRAFICS містить систему (набір) модулів, що обумовлює ескізне, детальне проектування й розроблення складальних креслень. Для всіх модулів можна задавати каркасні поверхні і об'єкти твердотільної геометрії. Для проектування виробів використовують спеціальні модулі.

Базовий модуль проектування й креслення дозволяє створювати каркасні (дротяні) дво- або тривимірні моделі, а також складати набір інструментальних засобів для виконання будь-яких конструкторських креслень. Модуль забезпечує незалежність функціонування від виду задання контурів аналітичними кривими, кубічними й B-сплайнами, кривими Безьє й ін.

Модуль проектування складних поверхонь. Забезпечує задання й редагування таких поверхонь з подальшим використанням додаткової інформації щодо об'ємних і просторових геометричних задач, наприклад, кривих перерізу поверхонь.

Одержані поверхні можна подавати дискретно у вигляді сітки або кінематично.

За допомогою програм можна визначити розміри перерізів різної конфігурації.

Модуль Солід забезпечує геометричне моделювання поверхонь або об'єму «накресленням» з об'єктів двовимірної геометрії, а також побудову з примітивів або наперед заданих поверхонь шляхом їх «зливання». Візуалізація об'єктів супроводжується нанесенням «тіней», що виключає невидимі лінії, а також автоматичним перекриттям при складанні деталей та ін.

Для редагування й деталювання креслень використовується **модуль концепції** й деталювальне креслення.

Для аналізу варіантів у процесі проектування механічних систем і механізмів використовуються **модуль-механізми**.

Відомий метод кінцевих елементів (МКЕ) для розрахунку на міцність або вирішення задач теплопередачі обслуговується окремим модулем ГФЕМ плюс ПАГРАМ.

Можливість оптимізації при проектуванні пресформ і кокілей для лиття під тиском при заданій якості виробів забезпечується аналітичним модулем МАТМАСОФМ.

Ідея суміщення процесів проектування виробів, підготовки виробництва і їх виготовлення вирішується за допомогою UNIGRAFICS завдяки системі зв'язку проектних і технологічних виробничих модулів у загальній базі моделювання й базі даних. Знайдені нові рішення автоматично заносяться до бази даних і використовуються при роботі з будь-якими модулями.

Виробничі модулі забезпечують вирішення задач автоматизованого виготовлення деталей на верстатах з ЧПУ (дво-, три- й п'ятикоординатних верстатах).

Програми готуються в інтерактивному режимі з віртуалізацією очікуваних результатів. Система автоматично створює програми для верстатів з ЧПУ, слідкуючи за пропонованими конструктивними рішеннями. В результаті при змінюванні конструкції або її модифікації різко скорочуються витрати й час на розроблення програм для верстатів.

Основу складає базовий модуль механічного оброблення на основі набору напрямних (траєкторних) кривих. Модуль забезпечує можливість редагування початкових файлів опису положення інструменту і інтеграції процесу, що робить можливим проектування програм для будь-яких верстатів з ЧПУ в інтеграційному режимі.

Модуль оброблення поверхонь на три- й п'ятикоординатних верстатах дозволяє обробляти поверхні будь-якої конфігурації. Автоматично усуваються підрізання, насування й ін.

Підпрограма чорнового оброблення забезпечує моделювання процесу об'ємного видалення матеріалу; підпрограма оброблення за параметричними лініями – одержання еквідистантних поверхонь. Одночасно може бути запрограмовано контроль геометрії й шорсткості поверхні. За наявності вирізів і прорізів для люків на поверхні об'єкта передбачено програму оброблення «зигзагом» аналогічно програмі для плоского фрезерування.

Самостійний модуль передбачено для оброблення фасонних гравюр у штампах, пресформах і в іншій об'єктній оснастці. У цих випадках використовується також модуль лазерного оброблення.

Для програмного оброблення тіл обертання з автоматичним визначенням траєкторії руху інструменту, режимів різання, розмірів оброблюваної поверхні й виходу інструменту, а також контролю геометрії існує окремий модуль.

Контурне оброблення листового матеріалу на верстатах з ЧПУ забезпечується програмним модулем заготовок на основі модулів розкроювання складних деталей.

Модуль «листова штампування» дозволяє створити тривимірну модель деталей з листового матеріалу, які мають фланці, вигини, отвори з відбортунням та ін. Автоматично розкреслюється заготовка з обчисленням пружинення.

Можливість проектування процесів складання й монтажу з візуалізацією нашарування деталей і їх перекриття забезпечується модулем «складання».

Для контролю правильності програм замість варіантів «прогонки» програм на верстатах з ЧПУ використовуються спеціальні програми візуальної перевірки.

Контроль якості спроектованого виробу здійснюється за допомогою модуля перевірки шляхом креслень, аналізу допусків, траєкторій оброблення, перевірки деталей у цеху з використанням контрольно-вимірювальних машин (КВМ).

Позитивні якості системи UNIGRAFICS CAD/CAM/CAE забезпечують так зване безпаперове розроблення конструкції виробу і його виготовлення, скорочують термін розроблення продукції й постановки її на виробництво.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

Кривов В.С. Технология производства самолетов / В.С. Кривов. – К.: КВІУ, 1997. – 520 с.

Белянин П.Н. Производство широкофюзеляжных самолетов / П.Н. Белянин. – М.: Машиностроение, 1979. – 366 с.

Компьютерные интегрированные технологии авиационного производства: учеб. пособие / В.С. Кривцов, Ю.В. Дьяченко, В.Е. Зайцев и др. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т “Харьк. авиац. ин-т”, 2002. – Ч. 3: Автоматизированное проектирование технологической документации. – 71 с.

ГОСТ 15.001–77. Разработка и постановка продукции на производство. – Введ. 01.07.1977. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 53 с.

Нарышкин А.А. Технологическая подготовка производства летательных аппаратов / А.А. Нарышкин. – М.: Изд-во МАТИ, 1973. – 234 с.

Крысин В.Н. Технологическая подготовка авиационного производства / В.Н. Крысин. – М.: Машиностроение, 1984. – 200 с.

Горбунов М.Н. Основы технологии производства самолетов / М.Н. Горбунов. – М.: Машиностроение, 1976. – 260 с.

Цветков В.Д. Система автоматизации проектирования технологических процессов / В.Д. Цветков. – М.: Машиностроение, 1972. – 238 с.

Технологичность конструкции / под ред. С.Л. Ананьева, В.П. Купрановича. – М.: Машиностроение, 1969. – 433 с.

Амиров Ю.Д. Основы конструирования: Творчество – стандартизация – экономика: справ. / Ю.Д. Амиров. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 392 с.

Лобода Е.А. Единая система технологической документации: справ. / Е.А. Лобода, В.Г. Мартынов. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 325 с.

Машинное проектирование, увязка и воспроизводство сложных деталей в авиастроении: межвуз. сб. науч. тр. Иркут. политехн. ин-та. – Иркутск, 1977. – 174 с.

Грувер М. САПР и автоматизация производства: пер. с англ. / М. Грувер, Э. Зиммерс. – М.: МИР, 1987. – 528 с.

ДСТУ 2391-94. Система технологічної документації. Терміни та визначення. – Введ. 22.10.94. – К.: Держстандарт України, 1994. – 47 с.

ДСТУ 2391-94. Система технологічної документації. Терміни та визначення. – Введ. 18.09.94. – К.: Держстандарт України, 1994. – 26 с.

Единая система технологической документации. ГОСТ 3.1001-81 – ГОСТ 3.11.20-83. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 105 с.

Кононенко В.Г. Оценка технологичности и унификации машин / В.Г. Кононенко, С.Г. Кушнарченко, М.А. Прялин. – М.: Машиностроение, 1986. – 160 с.

Федорченко Б.Д. Решение задач технологической подготовки производства самолетов на основе ЕСТПП: учеб. пособие / Б.Д. Федорченко, И.В. Павлов, С.А. Бычков. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1987. – 102 с.

Автоматизация процессов подготовки авиационного производства на базе ЭВМ и оборудование с ЧПУ / В.А. Вайсбург, Б.А. Медведев, А.Н. Бакумский и др. – М.: Машиностроение, 1985. – 352 с.

Горянский Г.К. Технологическое проектирование в комплексных автоматизированных системах подготовки производства / Г.К. Горянский, Э.Я. Бендереева. – М.: Машиностроение, 1981. – 289 с.

Диалоговое проектирование технологических процессов / Н.М. Капустин, В.В. Павлов, Л.А. Козлов и др. – М.: Машиностроение, 1983. – 205 с.

Капустин Н.М. Системы автоматизированного проектирования: учеб. пособие для вузов / Н.М. Капустин, Г.Д. Васильев; под ред. И.П. Норенкова. – М.: Высш. шк., 1986. – Кн. 6: Автоматизация конструкторского и технологического проектирования. – 108 с.

Современные технологии авиастроения: учеб. / под ред. Л.Г. Братухина, Ю.Л. Иванова. – М.: Машиностроение, 1999. – 832 с.

Оснащение самолетного и ракетного производства: пер. с англ. С.К. Вигдорчика. – М.: Машиностроение, 1967. – 403 с.

Единая система технологической подготовки производства (ЕСТП ПП). Терминология, основные положения и определения основных понятий. – Введ. 01.01.75. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 66 с.

ЗМІСТ

Список скорочень.....	3
1. Загальні принципи технологічної підготовки виробництва на основі стандартів.....	5
1.1. Технічна підготовка виробництва і її складові.....	5
1.2. Місце й техніко-економічна характеристика технологічної підготовки виробництва.....	6
1.3. Послідовність і зміст ТПВ при виготовленні АКТ.....	8
1.4. Директивні технологічні матеріали.....	11
2. Методи технологічної підготовки виробництва.....	13
2.1. ЄСТПВ – комплексна система проведення ТПВ на основі державних стандартів.....	13
2.2. Технологічність конструкції виробів.....	14
2.3. Уніфікація технологічних процесів й оснащення.....	21
2.4. Стандартизація й уніфікація оснащення й спеціального обладнання як засіб зменшити витрати й термін підготовки виробництва.....	26
2.5. Стандартизація, уніфікація і агрегування технологічного обладнання.....	29
3. Системи класифікації й кодування об'єктів виробництва й технологічних процесів.....	31
3.1. Призначення систем класифікації й кодування (СКК) об'єктів виробництва.....	31
3.2. Види систем класифікації й кодування.....	32
3.3. Особливості побудови СКК деталей машинобудування й приладобудування.....	35
3.4. Класифікація технологічних операцій машинобудування й приладобудування.....	40
3.5. Основні види технологічних документів. Єдина система технологічної документації (ЄСТД).....	42
4. Правила технологічного проектування процесів.....	46
4.1. Перевірка конструкції деталі на технологічність.....	46
4.2. Проектування технологічних процесів.....	50
4.3. Вибір технологічного обладнання і устаткування.....	53
4.4. Проектування процесів технічного контролю.....	61
5. Підготовка виробництва в автоматизованих технологічних системах.....	63
5.1. Проблема економії ресурсів і створення автоматизованих систем.....	63
5.2. Особливості автоматизації процесів підготовки виробництва.....	64
5.3. Поняття про наскрізні рішення у процесах автоматизації підготовки виробництва.....	66
5.4. Типовий зміст підготовки виробничої системи UNIGRAFICS.....	70
Бібліографічний список.....	73

Боборикін Юрій Олександрович
Сікульський Валерій Терентійович
Малашенко Володимир Львович
Кушнарєнко Сергій Григорович

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ЛІТАКОБУДУВАННЯ

Книга 3

ЗМІСТ І МЕТОДИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЛІТАКІВ

Редактор В.М. Коваль

Комп'ютерна верстка: О.О. Шатравка

Зв. план, 2008

Підписано до друку 23.07.2008

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

Ум. друк. арк. 4, 2. Обл.– вид. арк. 4, 75. Наклад 100 прим.

Замовлення 340. 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