

УДК 621.9.002

- Сотников В. Д.** канд. техн. наук, доцент, професор кафедри технологій виробництва авіаційних двигунів, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна, e-mail: vd.sotnykov@gmail.com;
- Третьяк В. В.** канд. техн. наук, доцент, професор кафедри технологій виробництва авіаційних двигунів, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна, e-mail: v.tretyak@khai.edu;
- Худяков С. В.** канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій виробництва авіаційних двигунів, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна, e-mail: s.khudyakov@khai.ed;
- Савченко М. Ф.** канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри природничих наук та технології, Харківський Національний економічний університет ім. С. Кузнеця, Харків, Україна, e-mail: savchenko.n.f@gmail.com

РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ КОМПЛЕКСНОЇ ДЕТАЛІ ГРУПОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Стаття присвячена проблемі розробки комплексної деталі групового виробництва типу втулка. Для розробки комплексної деталі рекомендується метод накладання, який полягає в наступному: аналізуючи робочі креслення групи деталей з різними конструктивними, але спільними технологічними показниками, слід вибрати одну найбільш характерну деталь. Розглядаються деталі, що відрізняються від неї наявністю інших геометричних поверхонь; ці нові поверхні наносяться на ескіз деталі. Таким чином, створюється умовна комплексна деталь, що містить всі елементи деталей групи. Розглянуто приклад конкретних деталей, що мають такі ж геометричні елементи, як і створена для них комплексна деталь, яка складається з таких же елементарних поверхонь, але в різній їх комбінації. Створена матриця відповідності, яка дозволяє отримати математичну і технологічну модель групи деталей. Модель може бути використана при вирішенні задачі розробки технологій за допомогою новітніх систем автоматизованого проектування, що дозволяє проектувати комплексну деталь і групові операції на високому рівні, також дає можливість широко модифікувати конструкторську і технологічну підготовку сучасного промислового виробництва авіаційної техніки.

Ключові слова: організація групового виробництва, комплексна деталь, конструкторсько-технологічна підготовка виробництва.

Вступ

Прискорена активізація застосування групових технологічних процесів (ТП) виготовлення заготовок у дрібносерійному виробництві деталей авіаційних агрегатів та двигунів дуже актуальна в умовах всезростаючої вартості устаткування, матеріалів, електроенергії, підготовки кадрів і підвищення конкурентоздатності виробів. В масовому та крупносерійному виробництві втрати матеріалів незначні.

Це пояснюється тим, що тут широко застосовуються прогресивні методи виготовлення заготовок і напівфабрикатів.

Велика серійність дає швидке повернення витрат та обігових коштів на сучасне автоматизоване технологічне устаткування. Основна кількість стружки дає одиничне та дрібносерійне виробництво, оскільки застосування в цих умовах прогресивних методів формоутворення поверхонь і комплексів поверхонь деталей обмежене, а частіше є і нераціональним.

Наявні наукові розробки і багаторічний практичний досвід заводів авіаційної галузі показують, що використання прогресивних способів і засобів виготовлення заготовок дрібними партіями раціонально на основі організації групового виробництва, яке базується на класифікації та групуванні об'єктів виробництва, розробці групового технологічного оснащення, що забезпечує швидку переналадку всієї системи виробництва при переході від виготовлення однієї групи деталей до іншої.

Згідно стандартів технологічні процеси за організацією виробництва можуть бути одиничними, груповими або типовими.

Одиничний ТП – ТП виготовлення або ремонту виробу одного найменування, типорозміру и виконання, незалежно від типу виробництва.

Груповий ТП – ТП виготовлення або ремонту групи виробів з різними конструктивними, але спільними технологічними показниками.

Груповий ТП характеризує спільність обладнання та технологічного оснащення при виконанні окремих операцій або при повному виготовленні групи однорідних (різнорідних) деталей. Економічно безальтернативно рекомендується для дрібносерійного та одиничного типів виробництва.

Типовий ТП – ТП виготовлення або ремонту групи виробів зі спільними конструктивними та технологічними показниками. Економічно прийнятний для масового та крупносерійного типів виробництва.

1. Створення ескізу комплексної деталі групового ТП

При проектуванні групових процесів формоутворення поверхонь засобами механічної обробки для дрібносерійного та одиничного типів виробництва за інформаційну основу рекомендується розробляти комплексну деталь.

Комплексна деталь – це реальна чи умовна (штучно створена) деталь, яка складається в своїй конструкції з усіх основних елементів (поверхонь), характерних для деталей даної групи, і є її конструктивно-технологічним представником.

Під основними елементами слід вважати поверхні, що визначають конфігурації деталей і технологічні задачі, що вирішуються в процесі їх виготовлення [1, 2]. Ці основні елементи є головною ознакою для віднесення деталі до того або іншого класифікаційного класу, підкласу, групи й підгрупи. Комплексна деталь є інформаційно-технологічною основою при розробленні групового процесу й групових оснащень. Під груповим оснащенням розуміється сукупність пристосувань та інструментів, що забезпечує оброблення всіх деталей відібраної групи із застосуванням невеликих підналагоджень.

Отже, складений на комплексну деталь технологічний процес з невеликими додатковими підналагодженнями устаткування має

бути застосований при виготовленні будь-якої іншої деталі цієї групи. Є приклади таких груп з десятками найменувань.

Для розробки комплексної деталі рекомендується метод накладання, який полягає в наступному: аналізуючи робочі креслення деталей групи деталей з різними конструктивними, але спільними технологічними показниками, слід вибрати одну найбільш характерну деталь, наприклад, деталь 3 (рис. 1). Розглянемо деталі, що відрізняються від неї наявністю інших геометричних поверхонь; ці нові поверхні наносяться на ескіз деталі 3. Таким чином, створена умовна комплексна деталь К (рис.2), що містить всі елементи деталей групи. Схеми деталей групи і нумерації поверхонь комплексної деталі представлені на рис. 1 і 2.

2. Створення матриці відповідності між деталями групи

Розглянемо інший приклад, де позначаючи буквами Б, В, Г і т.д. конкретні деталі, що мають такі ж геометричні елементи, як і створена для них комплексна деталь, яка складається з 18 елементарних поверхонь, але в різній їх комбінації. Матриця відповідності дозволяє отримати математично-технологічну модель групи деталей. Модель зручно використовувати при вирішенні задач технології за допомогою ЕОМ при адресації нової деталі до групи за доцільністю включення тієї чи іншої елементарної поверхні в комплексну деталь, доцільністю включення деталі в дану групу і т. п. [1, 2]. Між елементарними поверхнями і деталями групи встановлюється відповідність, яку можна представити матрицею L_{ij} , побудованою за наступним правилом:

$L_{ij} = 1$, якщо i -та деталь містить j -ту елементарну поверхню;

$L_{ij} = 0$ – в протилежному разі.

Тоді матриця буде мати вигляд, представлений в таблиці 1.

Таблиця 1. Матриця відповідності між деталями групи

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

Комплексну деталь К поставимо у відповідну строчку матриці, що складається з m елементів, де m – кількість елементарних поверхонь, що виз-

начають розбиття деталей на групи. В нашому випадку $m = 18$ і рядок k буде мати вигляд:
 $k = (111111111111111111)$.

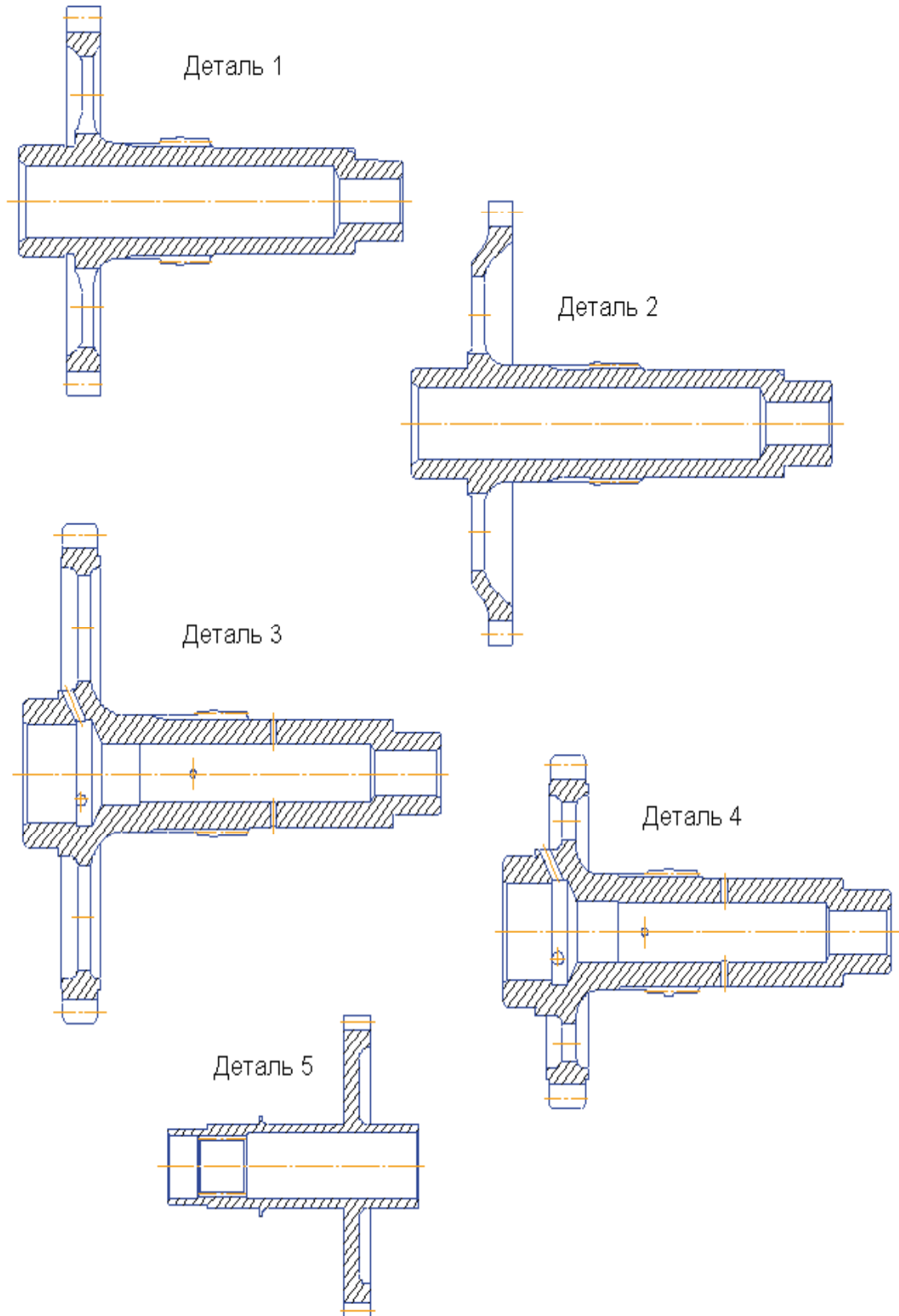


Рис. 1. Абриси деталей групи

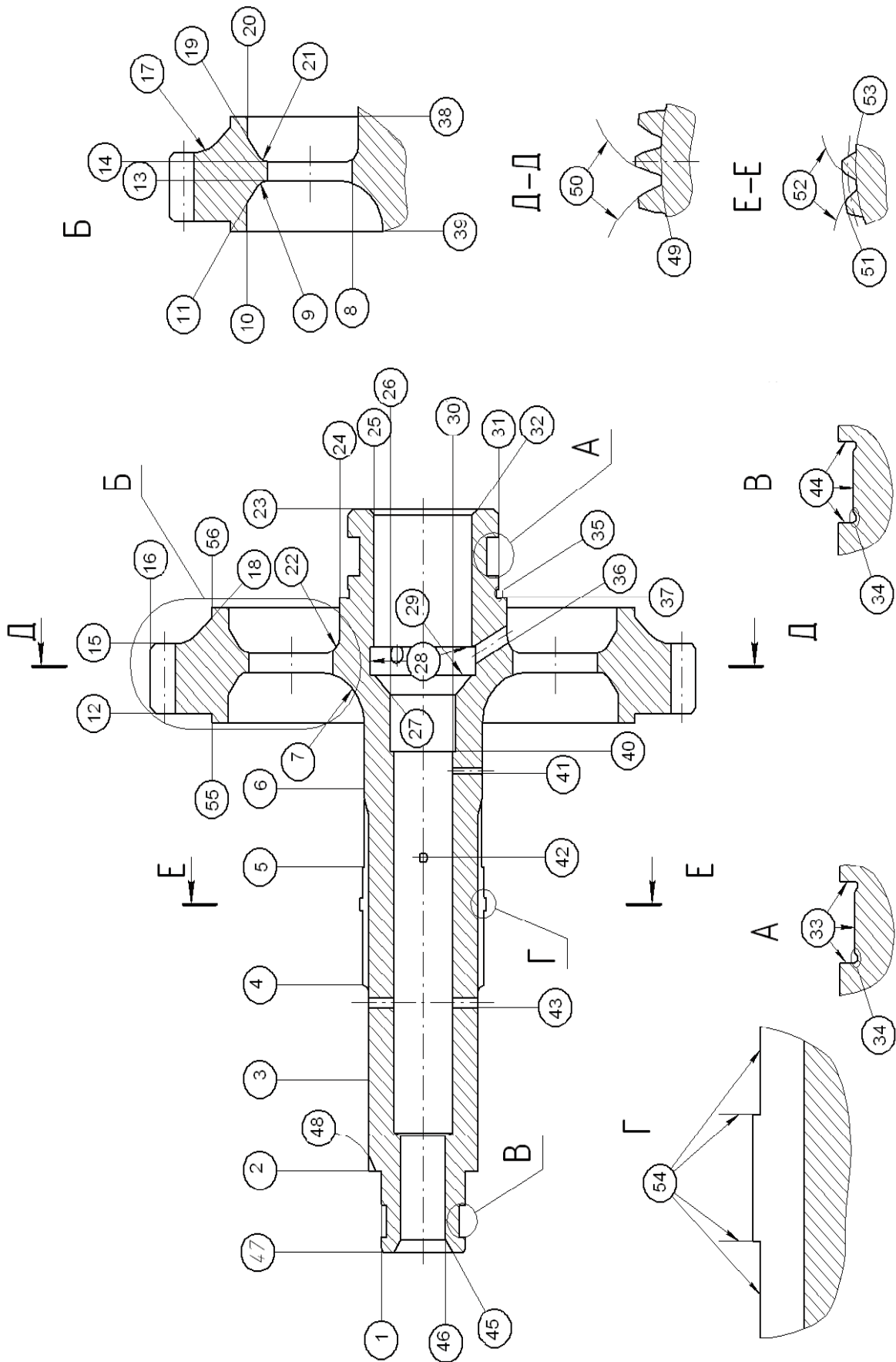


Рис. 2. Схема нумерації поверхонь комплексної деталі К

Пов'язавши з одиничними елементами рядка **k** логічні функції, що описують властивості поверхонь і відношення між ними, ми одержимо математично-технологічну модель групи деталей, яка дозволяє:

1. Визначити адресацію будь-якої нової деталі до даної групи і комплексної деталі **K**, що складена на основі цієї групи.

2. Перевіряти правильність складання комплексної деталі.

3. Визначати доцільність включення тої чи іншої елементарної поверхні в комплексну деталь, для чого використовується показник

$$\sum_i$$

4. Визначати доцільність включення тої чи іншої деталі в групу, для чого використовується

$$\text{показник } \sum_j$$

Проаналізувавши таблицю можна зробити такі висновки:

1. Включення в комплексну деталь поверхонь 9, 12, 14 і 18 не є доцільним, так як значення $\sum_i = 1$ для цих поверхонь мале.

2. Включення деталей 1...5 в групу є доцільним (пов'язано зі специфікою підбору групи деталей), причому деталей Д і Г в більшій мірі, деталей Б, В і Е – в меншій мірі.

Матрицю як математично-технологічну модель групи деталей зручно застосовувати при вирішенні завдань технології за допомогою ЕОМ. Прикладом може послужити адресація нової деталі до групи. У цьому випадку необхідно перевірити, чи всі елементарні поверхні деталі є в складі комплексної. Для цього використовують вектор-рядок **k** і вектор-рядок **t**, що описують конкретну деталь, і логічну функцію **r**:

$$\mathbf{r} = (\mathbf{k} \oplus \mathbf{t}) \Lambda \mathbf{t},$$

де \oplus – операція порозрядного додавання

$$(\mathbf{0} \oplus \mathbf{0} = \mathbf{0}; \mathbf{0} \oplus \mathbf{1} = \mathbf{1}; \mathbf{1} \oplus \mathbf{0} = \mathbf{1}; \mathbf{1} \oplus \mathbf{1} = \mathbf{0});$$

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

Якщо $\mathbf{r} = \mathbf{0}$, то такої поверхні немає, якщо $\mathbf{r} \neq \mathbf{0}$, то такі поверхні є.

Наприклад, визначимо вектор-рядок для деталі Д, що входить до групи: $\mathbf{d} = (10110000000101110)$.

$$\text{Тоді } \mathbf{k} = 111111111111111111$$

$$\oplus$$

$$\mathbf{d} = 10110000000101110$$

$$\mathbf{r} = 010011111111010001$$

$$\Lambda$$

$$\mathbf{d} = 10110000000101110$$

$$\mathbf{r} = 000000000000000000.$$

Розглянемо нову деталь Г (рис.3), що має радіусну поверхню 19, і перевіримо можливість включення її в групу. Рядок для цієї деталі буде містити **m+1** цифру, тому що до складу елементарних включено додаткову радіусну поверхню, наявність якої визначена одиницею в останньому розряді:

$$\mathbf{t} = (1000000001001000001).$$

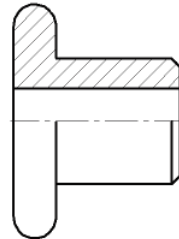


Рис. 3. Деталь Г, що адресується до комплексної деталі К

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

$$\mathbf{k} = 1111111111111111110$$

$$\oplus$$

$$\mathbf{t} = 1000000001001000001$$

$$\mathbf{r} = 0111111110110111111$$

$$\Lambda$$

$$\mathbf{t} = 1000000001001000001$$

$$\mathbf{r} = 0000000000000000001.$$

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

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

Наприклад, з елементами рядка \mathbf{k}_i матриці **L** можна пов'язати функції оцінки часу формуввання елементарної поверхні на конкретному устаткуванні й на основі аналізу матриці визначити доцільність включення тієї або іншої елементарної поверхні в комплексну деталь або деталі в дану групу.

Перше завдання вирішують на основі показника \sum_i , а друге – з використанням показника \sum_j . Наприклад, партія деталей виду К, для якої $\sum_i = 1$ мала, тоді віднесення до комплексної деталі елементарної поверхні 9 і деталі до групи недоцільне, тому що поверхня зустрічається тільки у цієї деталі.

Допустимо, що є великі тимчасові втрати при обробленні в групі деталей Б, партія яких

велика, але $\sum_i = 3$ найменша. Тоді немає рації включати її до даної групи. Викладена формальна методика пристосована для реалізації за допомогою ЕОМ.

Власне кажучи, конструювання умовної комплексної деталі виробляється методом накладення, яка полягає в тому, що переглядаючи креслення деталей групи, технолог із декількох подібних деталей вибирає одну, найбільш характерну.

Потім розглядаються деталі, що відрізняються від неї наявністю інших оброблюваних поверхонь.

Ці нові поверхні він наносить на креслення вихідної деталі.

Таким чином, створюється умовна комплексна деталь, що містить усі елементи деталей груп.

4. Приклади технологічних груп, комплексних деталей та схем верстатного оснащення

На рис. 4 зображено низку деталей – тіл обертання. За вихідну прийнято деталь 7.

Деталь 2 відрізняється від деталі 7 наявністю зовнішнього уступу і зовнішньої різьби.

Ці елементи накладені на креслення деталі 7. Наступна деталь 1 має внутрішній конус, зовнішній уступ і різьбу, які також накладаються на креслення і т.д.

У результаті сформовано комплексну умовну деталь, яку показано на рис.5.

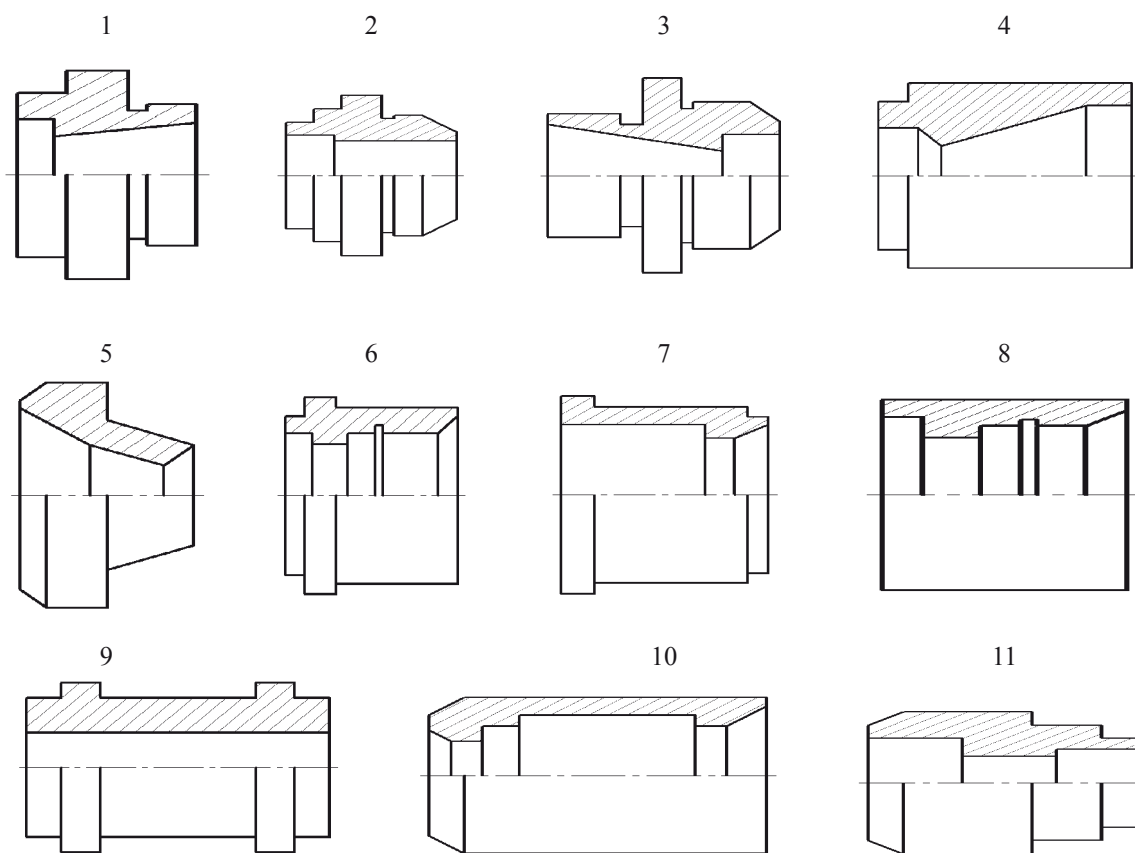


Рис. 4. Абриси втулок для комплексної деталі

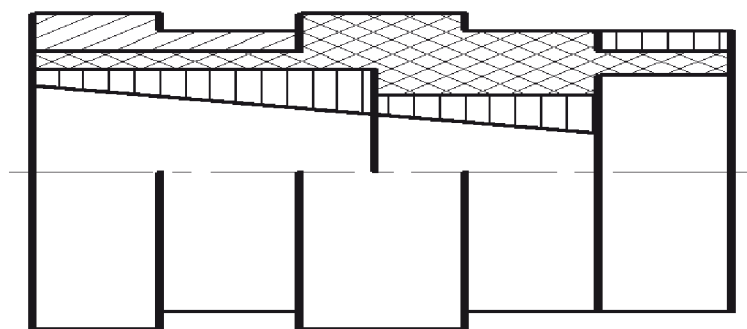


Рис. 5. Схема утворення комплексної деталі типу втулки

На рис. 6 наведено приклад використання комплексної деталі групи, яка може бути оброблена на токарному верстаті.

Конфігурація комплексної деталі може бути досить складною, або навіть конструктивно віртуальною.

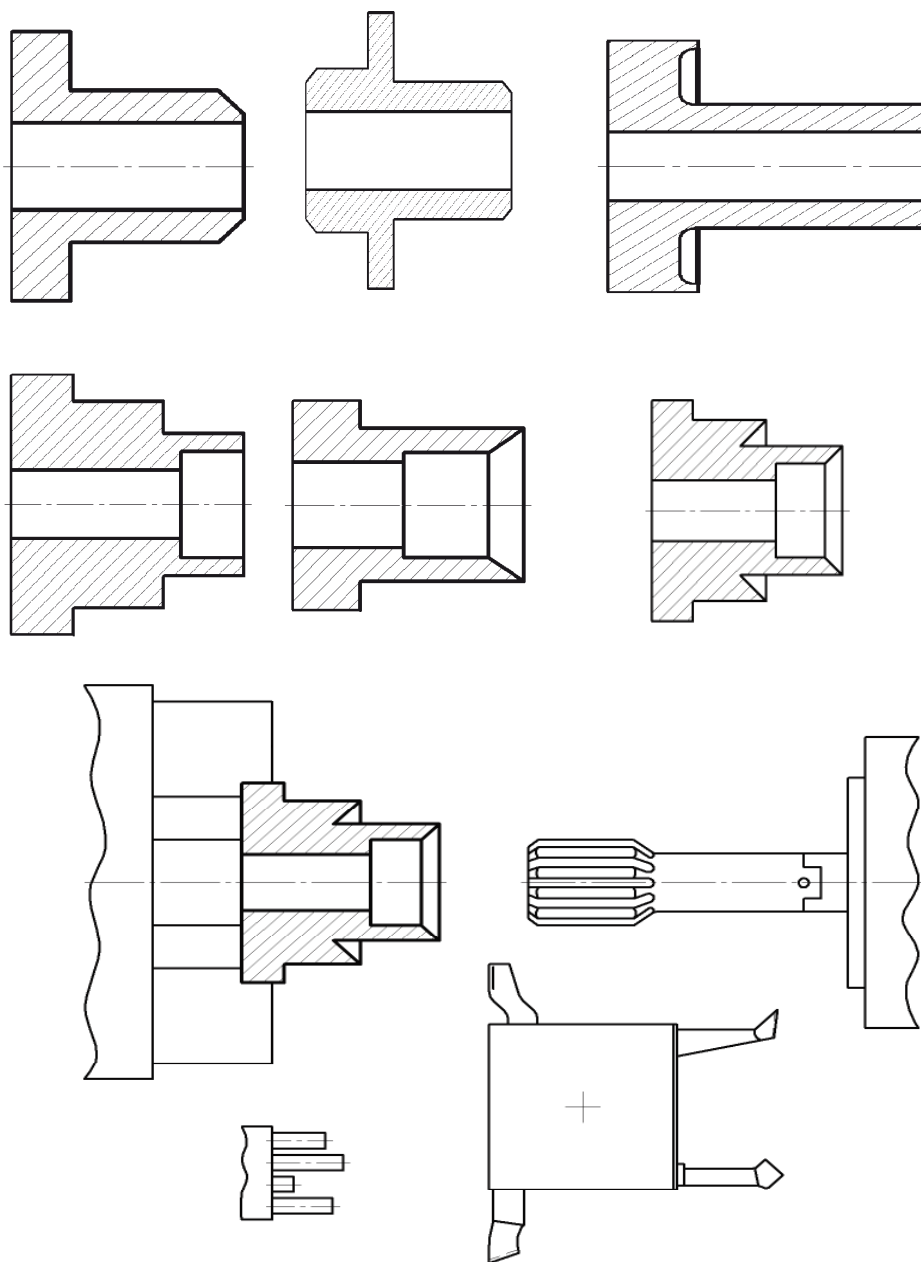


Рис. 6. Група деталей і групове оснащення токарного верстата

У цих прикладах були розглянуті схеми формоутворення поверхонь спеціальних груп деталей для технологічних процесів, спроектованих за комплексною деталлю.

Слід зазначити, що це один з методичних прийомів, який дозволяє найбільш просто й ефективно забезпечити виготовлення різних груп деталей з різними конструктивними, але спільними технологічними показниками, за єдиним груповим технологічним процесом для дрібносерійного та одиничного типів виробництва з високою рентабельністю.

Використання ЕОМ дозволяє проектувати комплексну деталь і групові операції на високому рівні, що дає можливість широко модифікувати конструкторську і технологічну підготовку сучасного промислового виробництва авіаційної та ракетно-космічної техніки. Для цього можна використовувати сучасні САПР системи і виробництво деталей може проводитися на верстатах з ЧПУ.

Також за даною методикою можна проектувати групові технологічні процеси об'ємних і листових деталей, які виготовляються, наприклад, методами імпульсної технології.

Слід зазначити, що опис геометрії деталі в такому разі потребує іншої математичної моделі [3].

Література

1. Митрофанов С. П. Групповая технология машиностроительного производства. В 2-х т. / Т.1. Организация группового производства [Текст] / С. П. Митрофанов. – Л.: Машиностроение, 1983. – 407 с.

2. Сотников В. Д. Групові технологічні процеси в авіадвигунобудуванні [Текст]: навч.

посібник / В. Д. Сотников. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2008. – 75 с.

3. Третьяк В. В. Мультиагентная система синтеза технических решений в области импульсной технологии для объектов аэрокосмического комплекса [Текст] / В.В. Третьяк // Proceedings XXIV international conference «New Leading technologies in machine building» Rychachie, Ukraine. September 3–8 2014. – P. 15.

Надійшла до редакції 01.08.2018

В. Д. Сотников, В. В. Третьяк, С. В. Худяков, Н. Ф. Савченко. Разработка и анализ комплексной детали группового производства

Прогрессивные методы изготовления заготовок и полуфабрикатов большими сериями дают значительное и быстрое возвращение расходов и средств на современное автоматизированное технологическое оборудование. Основное количество стружки дает единичное и производство малыми сериями, поскольку применение в этих условиях прогрессивных методов образования форм поверхностей и комплексов поверхностей деталей ограничено, а чаще и нерационально. Имеющиеся научные разработки и практический опыт предприятий авиационной отрасли показывают, что производство малыми партиями рационально на основе организации группового производства, которое базируется на классификации и группировке объектов производства, разработке группового технологического оснащения, что обеспечивает быструю наладку всей системы производства при переходе от изготовления одной группы деталей к другой. Статья посвящена проблеме разработки комплексной детали группового производства типа втулка. Для разработки комплексной детали рекомендуется метод наложения, который заключается в следующем: анализируя рабочие чертежи группы деталей с разными конструктивными, но общими технологическими показателями, следует выбрать одну наиболее характерную деталь. Рассматриваются детали, которые отличаются от нее наличием других геометрических поверхностей. Эти новые поверхности наносятся на эскиз детали. Таким образом, создается условная комплексная деталь, которая содержит все элементы деталей группы. Рассмотрен пример конкретной детали, которая имеет такие же геометрические элементы, как и созданная для них комплексная деталь, состоящая из таких же элементарных поверхностей, но в разной их комбинации. Создана матрица соответствия, которая позволяет получить математическую и технологическую модель группы деталей. Модель может быть использована при решении задач разработки технологий посредством новейших систем автоматизированного проектирования, что позволяет проектировать комплексную деталь и групповые операции на высоком уровне, также дает возможность широко модифицировать конструкторскую и технологическую подготовку современного промышленного производства авиационной техники.

Ключевые слова: организация группового производства, комплексная деталь, конструкторско-технологическая подготовка производства.

V. D. Sotnikov, V.V. Trejtyak, S. V. Hudyakov, N. F. Savchenko. Development and analysis of complex detail of group production

Progressive methods of making of purveyances and ready-to-cook foods give the considerable and rapid returning by the large series of charges and facilities on the modern automated technological equipment. A basic quantity of shaving gives single and production by the small series, as application in these terms of progressive methods of formation of forms of surfaces and complexes of surfaces of details is limited, and more frequent is and inefficient. The present scientific developments and practical experience of enterprises of aviation industry show that by the small parties rationally on the basis of organization of group production, which is based on classification and groupment of objects of production, to development of group technological equipment, that secures the rapid adjusting of all system of production in transition from making of one group of details to other. An article is devoted to the problem of development of complex

detail of group production of type hob. For development of complex detail an overlay method is recommended, which consists in the following: analysing the working drawing of group of details with different structural, but general technological indexes, it follows to choose one most characteristic detail. Details are considered, that differ from her by the presence of other geometrical surfaces; these new surfaces are inflicted on the sketch of detail. Thus, created conditional complex detail, that contains all elements of details of group. An example is considered concrete details, that have the same geometrical elements, as well as complex detail created for them, which consists of elementary surfaces, but in different their combination. Created matrix of accordance, which allows to get a mathematical and technological model of group of details. A model can be used for the decision of tasks of development of technologies by means the newest computer-aided designs, that allows to design a complex detail and group operations at the high level, also enables widely to modify the designer and technological preparation of modern industrial production of aviation technique.

Keywords: *organization of group production, complex detail, designer and technological preparation of production.*