

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

СКЛАДАЛЬНІ ПРОЦЕСИ В МАШИНОБУДУВАННІ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до розрахунково-графічної роботи

для студентів спеціальності

7(8).05050201 «Технології машинобудування»

Електронне видання

Рекомендовано Вченою радою
Механіко-машинобудівного
інституту НТУУ «КПІ»
Протокол №10 від 26.04.2014р.

Київ – 2014

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
2. СТРУКТУРА РГР	4
3. ВИКОНАННЯ ПЕРШОЇ ЧАСТИНИ РГР (КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ)	6
3.1. Проектування складального креслення виробу, оформлення специфікації	6
3.2. Виконання розмірно-точнісного аналізу складального виробу	7
4. ВИКОНАННЯ ДРУГОЇ ЧАСТИНИ РГР (ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ)	11
4.1. Проектування технологічної декомпозиції виробу	11
4.2. Розроблення схеми складання виробу	17
4.3. Аналіз технологічності складального виробу та визначення прогнозованого часу складання	20
4.4. Оформлення технологічної документації	27
<i>Додаток 1. Зразок бланку титульної сторінки звіту</i>	<i>30</i>
<i>Додаток 2. Зразок бланку завдання</i>	<i>31</i>
<i>Додаток 3. Зразок заповнення рамки креслення</i>	<i>32</i>
<i>Додаток 4. Зразок заповнення маршрутної карти</i>	<i>33</i>
<i>Додаток 5. Зразок заповнення операційної карти</i>	<i>34</i>
Список рекомендованої літератури	36

ВСТУП

Сучасний спеціаліст з технології машинобудування повинен володіти знаннями, вміннями та навичками проектування технологічних процесів складання виробів, вільно орієнтуватись в сучасному обладнанні, пристроях, інструменті та системах автоматизованого проектування, що використовуються при технологічному підготовленні складального виробництва.

Розрахунково-графічна робота сприяє вивченню та засвоєнню теоретичного матеріалу, допомагає в оволодінні основними навичками, необхідними при технологічному підготовленні складального виробництва.

1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Мета розрахунково-графічної роботи – придбання і закріплення практичних навичок самостійного виконання етапів технологічної підготовки складального виробництва виробів машинобудування.

Завдання для розрахунково-графічної роботи видаються викладачем індивідуально кожному студентові і являють собою набір креслень деталей складального виробу, опис призначення і принципу дії виробу, перелік стандартних деталей.

РГР значною мірою відповідає сучасній тенденції до збільшення частки самостійної роботи студента та модульному принципу навчання.

2. СТРУКТУРА РГР

Розрахунково-графічна робота складається з двох розділів: *конструкторського* та *технологічного*.

Метою конструкторського розділу є закріплення знань стосовно розроблення комплексу конструкторської документації виробів машинобудування. Конструкторський розділ складається з наступних підрозділів:

1.1. Проектування складального креслення виробу, оформлення специфікації.

1.2. Виконання розмірно-точнісного аналізу складального виробу.

Результати виконання розділу 1 представляються у виді пояснювальної записки, в якій наводяться результати розмірно-точнісного аналізу та

складального креслення, що оформлюється відповідно до вимог ЄСКД на аркуші паперу необхідного формату. Перед розробленням складального креслення студент може за бажанням розробити тривимірну модель виробу. Наявність 3D моделі є необов'язковою, коректна модель може бути оцінена в додаткові (бонусні) бали.

Метою технологічного розділу є здобуття навичок технологічного підготовлення складального виробництва.

Технологічний розділ складається з наступних підрозділів:

2.1. Проектування технологічної декомпозиції виробу.

2.2. Розроблення схеми складання виробу.

2.3. Аналіз технологічності складального виробу.

2.4. Розроблення маршрутних карти складального процесу відповідно до вимог ЄСТПВ.

Максимальна кількість балів, яку можна отримати за РГР – 30 балів, розподіл балів за етапами наведений в табл.1.

Таблиця 1. Розподіл балів за етапами розрахунково-графічної роботи

№ етапу	Зміст етапу	Максимальна кільк. балів
1.1.	Проектування складального креслення виробу, оформлення специфікації.	5
1.2.	Виконання розмірно-точнісного аналізу складального виробу.	3
2.1.	Проектування технологічної декомпозиції виробу.	3
2.2.	Розроблення схеми складання виробу.	4
2.3.	Аналіз технологічності складального виробу.	5
2.4.	Розроблення документації на складальний процес відповідно до вимог ЄСТПВ: розроблення маршрутних карт, операційних карт, карт ескізів.	10
Всього:		30
* Розроблення 3D моделі виробу		+3

3. ВИКОНАННЯ ПЕРШОЇ ЧАСТИНИ РГР (КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ)

На основі отриманого завдання студентів необхідно розробити складальне креслення і специфікацію виробу та виконати розмірно-точнісний аналіз.

3.1. Проектування складального креслення виробу, оформлення специфікації

При виконанні даного етапу студентів необхідно скористатись навичками, здобутими при вивченні курсів «Інженерна та комп'ютерна графіка», «Основи машинної графіки».

Нагадаємо основні вимоги до оформлення складальних креслень [].

Складальне креслення повинне містити:

а) зображення складальної одиниці, що надає уявлення про розміщення та взаємозв'язок складових частин, які з'єднуються за цим кресленням та забезпечують можливість виконання складання та контролю складальної одиниці;

б) розміри, граничні відхилення та інші параметри та вимоги, які повинні бути виконані або проконтрольовані за даним складальним кресленням. Допускається вказувати в якості довідкових розміри деталей, що визначають характер спряження;

г) номери позицій складових частин, що входять до виробу;

д) габаритні розміри виробу;

е) встановлювальні, приєднувальні та інші необхідні довідкові розміри;

На складальних кресленнях допускається не показувати: фаски, заокруглення, проточки, заглиблення, виступи, накатки, насічки та інші дрібні елементи.

На складальному кресленні всі складові частини складальної одиниці нумерують у відповідності до номерів позицій, вказаних в специфікації цієї складальної одиниці. номери позицій вказують на полках виносних ліній, що проводяться від зображень складових частин. Номер позиції розташовують паралельно до основного напису креслення поза контуром зображення та групують в колонку або рядок за можливістю на одній лінії.

Специфікація – це текстовий конструкторський документ, розділений на графи. Специфікація визначає склад виробу, що специфікується, та розробленої на нього конструкторської документації. Специфікація призначена для комплектування конструкторської документації, підготовки виробництва та

виготовлення виробів.

Специфікація виконується на окремих аркушах формату А4 за формами 1 та 1а ГОСТ 2.108.

В загальному випадку специфікація містить наступні розділи:

- документація;
- комплекси;
- складальні одиниці;
- деталі;
- стандартні вироби;
- інші вироби;
- матеріали;
- комплекти.

Наявність тих чи інших розділів визначається складом виробу, що специфікується. Найменування кожного розділу записується у виді заголовку з прописної букви в графі «Найменування» та підкреслюється суцільною тонкою лінією.

3.2. Виконання розмірно-точнісного аналізу складального виробу

При виконанні даного етапу студентові необхідно скористатись навичками, здобутими при вивченні курсу «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання».

В цьому розділі студент повинен перевірити можливість забезпечення точності відносного положення поверхонь та осей деталей виробу при складанні та обрати один з методів її досягнення.

Відносне положення виконавчих поверхонь виробів визначається розмірами певної кількості деталей (рис. 1). Такий вид зв'язку деталей називається *розмірним зв'язком*.

Розмірним ланцюгом називають сукупність розмірів, які безпосередньо беруть участь у вирішенні поставленої задачі і утворюють замкнений контур (рис 2). *Ланками* розмірного ланцюга називаються розміри, що становлять розмірний ланцюг.

Початковою або *замикаючою ланкою* розмірного ланцюга називається ланка, яка безпосередньо зв'язує поверхні або осі деталей, відносне розташування яких необхідно забезпечити або виміряти. Інші ланки ланцюга називаються *складовими*.

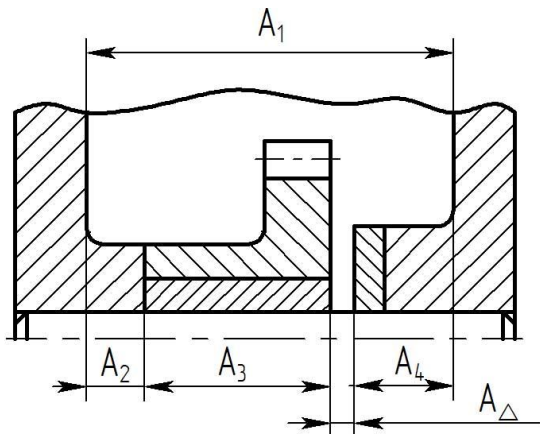


Рис. 1 Ескіз складальної одиниці

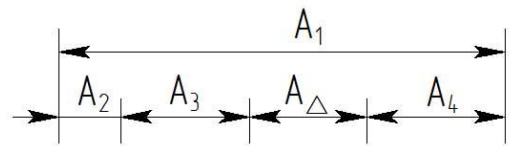


Рис. 2 Розмірний ланцюг

Складові ланки, при збільшенні яких збільшується замикаюча ланка, називають такими, що збільшують (позначають $\overrightarrow{A_1}$).

Складові ланки, при збільшенні яких замикаюча ланка зменшується, називається такими, що зменшують (позначають $\overleftarrow{A_2}$).

Правильно складений розмірний ланцюг повинен мати:

- мінімум ланок;
- замкнутий контур;
- при уявному розбиранні ланки повинні зберігатися як розміри конкретних деталей.

Існують наступні методи досягнення заданої точності початкової ланки (рішення розмірних ланцюгів):

- Метод повної взаємозамінюваності (максимуму - мінімуму).
- Теоретико-імовірнісний метод.
- Метод групової взаємозамінюваності.
- Метод регулювання.
- Метод пригону.

За інших рівних умов рекомендується в першу чергу вибирати такі методи рішення розмірних ланцюгів, при яких складання виконується без підбору, пригону і регулювання, тобто методи повної взаємозамінюваності і імовірнісний.

Якщо застосування цих методів економічно недоцільне або технічно неможливе, слід перейти до використання одного з методів неповної взаємозамінюваності.

Для проведення розмірного аналізу окрім розмірної схеми необхідно скласти *рівняння розмірного ланцюга*, яке виходить з умови замкнутості. Якщо в розмірний ланцюг входить m збільшуючих ланок і n зменшуючих ланок, то рівняння лінійного розмірного ланцюга має вигляд:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^m \overrightarrow{A_i} - \sum_{i=1}^n \overleftarrow{A_i} \quad (1)$$

В цій розрахунково-графічній роботі розрахунок розмірних ланцюгів використовується для вирішення *зворотної задачі* (перевірочного розрахунку), тобто визначення номінального розміру і допуску замикаючої ланки по заданих номінальних розмірах і граничних відхиленнях складових ланок.

Розрахунок пропонується виконувати в такій послідовності:

1. Скласти розмірний ланцюг для вирішення конкретної задачі. Визначити в отриманому розмірному ланцюзі ланки, що збільшують, та ланки, що зменшують.
2. Визначити граничні відхилення усіх складових ланок по ГОСТ 25347-82
3. Скласти рівняння розмірного ланцюга, користуючись формулою 1, і визначити номінальний розмір замикаючої ланки
4. Визначити найбільші та найменші значення розмірів складових ланок і їх допуски
5. Обчислити найбільше і найменше значення розміру замикаючої ланки за формулами 2 і 3

$$A_{\Delta}^{\max} = \sum_{i=1}^m \overrightarrow{A_i^{\max}} - \sum_{i=1}^n \overleftarrow{A_i^{\min}} \quad (2)$$

$$A_{\Delta}^{\min} = \sum_{i=1}^m \overrightarrow{A_i^{\min}} - \sum_{i=1}^n \overleftarrow{A_i^{\max}} \quad (3)$$

6. Визначити допуск замикаючої ланки за формулою 4

$$TA_{\Delta} = A_{\Delta}^{\max} - A_{\Delta}^{\min} \quad (4)$$

7. Визначити граничні відхилення розміру замикаючої ланки: верхнє граничне відхилення за формулою (5) та нижнє граничне відхилення за формулою (6)

$$ES(A_{\Delta}) = \sum_{i=1}^m ES(\overline{A}_i) - \sum_{i=1}^n EI(\overline{A}_i) \quad (5)$$

$$EI(A_{\Delta}) = \sum_{i=1}^m EI(\overline{A}_i) - \sum_{i=1}^n ES(\overline{A}_i) \quad (6)$$

8. Розрахувати координати середини поля допуску замикаючої ланки за формулою 7

$$E_c(A_{\Delta}) = \sum_{i=1}^m E_c(\overline{A}_i) - \sum_{i=1}^n E_c(\overline{A}_i) \quad (7)$$

9. Виконати перевірку отриманого значення з використанням формул 8 та 9

$$ES(A_{\Delta}) = E_c + \frac{TA_{\Delta}}{2} \quad (8)$$

$$EI(A_{\Delta}) = E_c - \frac{TA_{\Delta}}{2} \quad (9)$$

4. ВИКОНАННЯ ДРУГОЇ ЧАСТИНИ РГР (ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ)

4.1. Проектування технологічної декомпозиції виробу

Встановлення доцільної організаційної форми складання

В залежності від заданого об'єму випуску та орієнтовної трудомісткості складання виробу необхідно встановити тип виробництва (табл.2) []. Трудомісткість виробу може бути визначена шляхом порівняння з трудомісткістю виготовлення аналогічних машин або за укрупненими нормативами.

Таблиця 2. Залежність типу виробництва від об'єму випуску та трудомісткості

	Одиничне	Дрібносерійне	Серійне	Крупносерійне	Масове
Трудомісткість складання виробу, год	Середньомісячний об'єм випуску, шт				
>2500	< 1	2-4	> 5	–	–
250-2500	< 3	3-8	9-60	> 60	–
25-250	< 5	8-30	31-350	351-1500	> 1500
2,5-25	< 8	9-50	51-600	601-3000	> 3000
0,25-2,50	–	До 80	81-800	801-4500	> 4500
< 0,25	–	–	–	1000-6000	> 6000

В залежності від типу виробництва та номенклатури виробів встановлюємо доцільну організаційну форму складання, орієнтуючись на рекомендації, подані в табл. 3.

Таблиця 3. Основні організаційні форми складальних робіт

Тип виробництва	Номенклатура	Організаційні форми складальних робіт
Одиничне і дрібносерійне	Різноманітна	Стационарне складання без розчленовування процесу. Об'єкт складання один, нерухомий. Усі роботи виконуються однією бригадою висококваліфікованих складальників, заздалегідь

Тип виробництва	Номенклатура	Організаційні форми складальних робіт
		види робіт між ними не розподілені.
Дрібносерійне	Складається з виробів, які випускаються дрібними партіями або серіями, що систематично не повторюються	<i>Стационарне складання з розчленуванням робіт.</i> Об'єкт складання один, нерухомий. Увесь об'єм складальних робіт заздалегідь розділений на комплекси і закріплений за окремими робочими бригадами, що спеціалізуються на виконанні відповідних видів робіт.
Серійне	Складається з виробів, які випускаються партіями або серіями, що повторюються через певні проміжки часу	<i>Стационарне складання з розчленуванням робіт і регламентованим темпом при великому оперативному часі.</i> Об'єктів складання декілька, вони розташовані на стендах в лінію. Об'єм складальних робіт розбитий на комплекси, число яких дорівнює числу одночасно складаних виробів. Число бригад на складанні дорівнює числу об'єктів. Кожна бригада спеціалізується на одному комплексі робіт. Виконавши свій комплекс на одному об'єкті, вона переходить на новий об'єкт.
Серійне і великосерійне	Складається з виробів, які випускаються крупними партіями або серіями, що систематично повторюються	<i>Рухоме потокове складання з диференціацією процесу на операції і передачею складаного об'єкту від одного робочого місця до іншого вручну або за допомогою механічних транспортуючих пристроїв.</i> Темп складання регламентований, але об'єкти складання механічно між собою не пов'язані. Можливе утворення на окремих робочих місцях заділів.
Великосерійне і масове	Постійна	<i>Рухоме (з періодичним або безперервним переміщенням об'єкту) потокове складання з диференціацією процесу на операції і переходи.</i> За кожним робочим місцем закріплений певний об'єм робіт. Число робочих місць дорівнює числу операцій. Темп складання строго регламентований. Складальний виріб сходить з лінії після закінчення проміжку часу, що дорівнює темпу.

Розроблення схеми декомпозиції виробу

Технологічна декомпозиція виробу передбачає поділ виробу на технологічні *складальні одиниці* (СО). При цьому має бути врахована як конструкторська декомпозиція виробу, закладена в конструкторській документації, так і обрана організаційна форма складання, конкретні виробничі умови та наступні рекомендації:

- складальна одиниця не повинна розкладатись як в процесі складання, так і процесі подальшого транспортування та монтажу;
- габаритні розміри складальних одиниць повинні встановлюватись виходячи з необхідності забезпечення їх складання та з урахуванням наявності технічних засобів їх транспортування;
- склад деталей однієї технологічної СО ≥ 6 (визначається економічною доцільністю організації окремих ділянок складальної лінії або роботизованого технологічного комплексу);
- кількість технологічних операцій складання однієї СО ≤ 30 (визначається показниками надійності роботи технологічного обладнання);
- кількість переходів однієї технологічної операції ≤ 5 (обмежується часом виконання та кількістю технологічного обладнання, яке розміщується на одній складальній позиції);
- кількість елементів, що встановлюється на одній технологічній операції ≤ 10 (обмежується можливістю організації робочого середовища технологічного обладнання);
- кількість промислових роботів, котрі обслуговують одну складальну позицію ≤ 4 (обмежується можливістю організації робочого середовища окремого промислового робота);
- більшість деталей мають увійти в ті або інші складальні одиниці для того, щоб скоротити число окремих деталей, що подаються на безпосередньо на складання, виключенням є базові деталі та деякі деталі кріплення;
- декомпозицію виробу необхідно виконувати таким чином, щоб конструктивні умови дозволяли виконувати складання якомога більшої кількості складальних одиниць незалежно одна від одної та без завдання шкоди експлуатації машини, така декомпозиція забезпечить кращу ремонтпридатність виробу;
- трудомісткість складання всіх СО має бути приблизно однаковою.

Нагадаємо, що декомпозиція виробу в загальному випадку має декілька рівнів. На нульовому рівні декомпозиції знаходиться готовий виріб. На першому

рівні декомпозиції знаходяться СО та деталі, складання яких безпосередньо призводить до отримання готового виробу. На другому рівні декомпозиції знаходяться деталі та СО, які безпосередньо утворюють складальні одиниці першого рівня декомпозиції і так далі.

Використаємо наступну форму позначення складальних одиниць:

S_{mn}^k – n -а СО k -го рівня декомпозиції, що належить m -ій СО ($k-1$)-го рівня.

Так, готовий виріб, що являє собою складальну одиницю нульового рівня декомпозиції, будемо позначати S^0 .

Проектування технологічної декомпозиції виробу розглянемо на прикладі складального виробу „Редуктор планетарний двоступінчатий”, тривимірна модель якого приведена на рис. 3.

На першому кроці пронумеруємо деталі на тривимірній моделі виробу. Якщо використовуємо складальне креслення, то цей крок можна пропустити, так як деталі на ньому вже мають порядкові номери. На першому рівні декомпозиції знаходяться дві складальні одиниці: вузол вхідного валу (позначимо S_{01}^1) та вузол вихідного валу (позначимо S_{02}^1), зображені на рис. 4, а також деталі (рис. 3): корпус (позначимо a_1), кришки (a_{15} , a_{20} , a_{34}), центральне колесо (a_{17}), прокладки (a_{16} , a_{18} , a_{19}), ущільнення (a_{14} , a_{21}), гвинти та шайби ($a_2 \dots a_7$, $a_8 \dots a_{13}$, $a_{22} \dots a_{27}$, $a_{28} \dots a_{33}$, $a_{35} \dots a_{40}$, $a_{41} \dots a_{46}$).

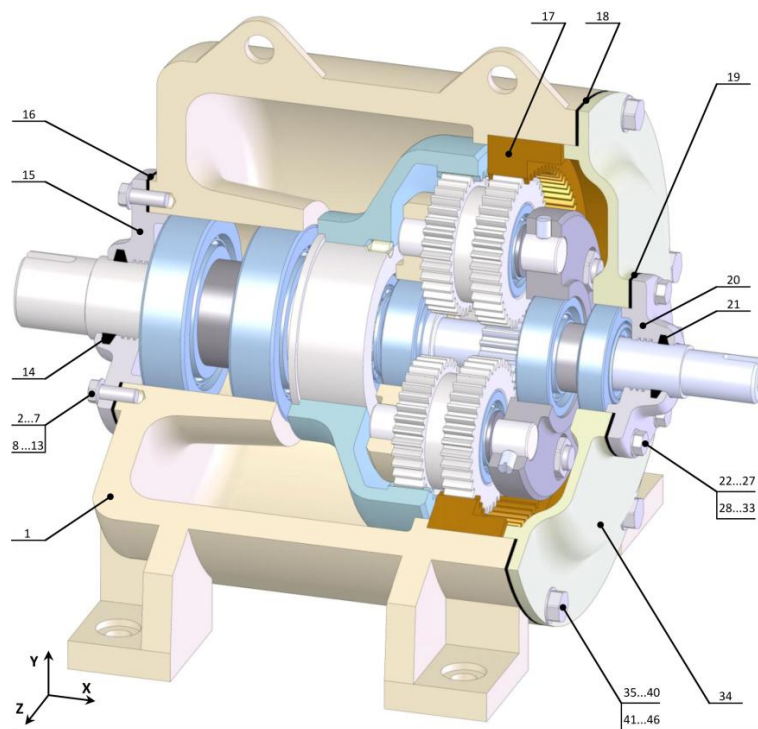


Рис. 3. Редуктор планетарний двоступінчатий

На другому рівні декомпозиції знаходяться деталі та СО, які входять до складальних одиниць S_{01}^1 та S_{02}^1 . Так, до складу СО «Вузол вихідного валу» входять деталі (рис. 4): вал (a_{93}), підшипники (a_{94} , a_{96}), кільце (a_{95}), коронна шестерня (a_{98}), гвинт (a_{97}). До складу СО «Вузол вхідного валу» (рис. 5) входять підшипники (a_{48} , a_{50} , a_{52} , a_{54}), кільця (a_{49} , a_{53}), вал (a_{51}) та СО «Водило» (S_{21}^2). На рис. 6 представлена декомпозиція СО «Водило» (S_{21}^2), до складу якої входять три СО «Сателіт» (S_{11}^3 , S_{12}^3 , S_{13}^3).

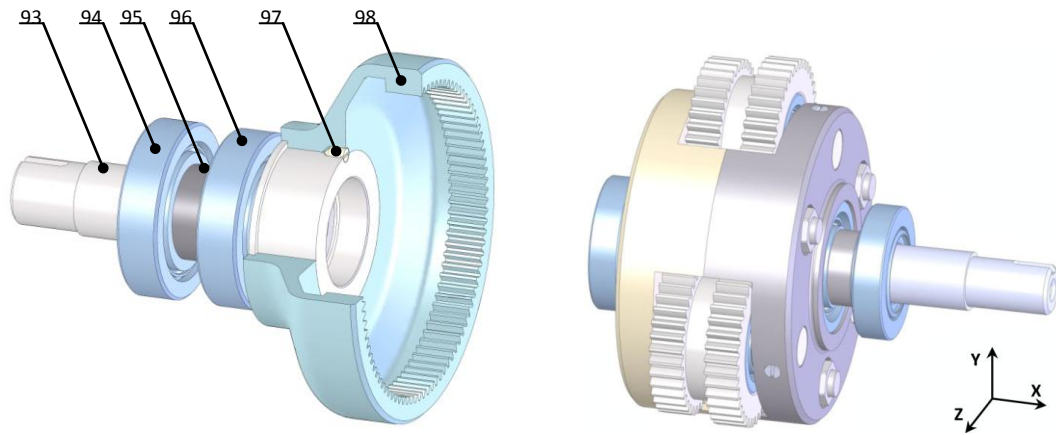


Рис. 4. Вузли вихідного і вхідного валу

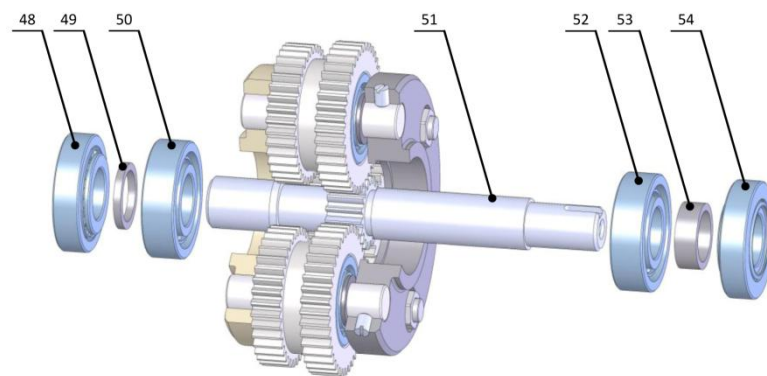


Рис. 5. Декомпозиція складальної одиниці «Вузол вхідного валу»

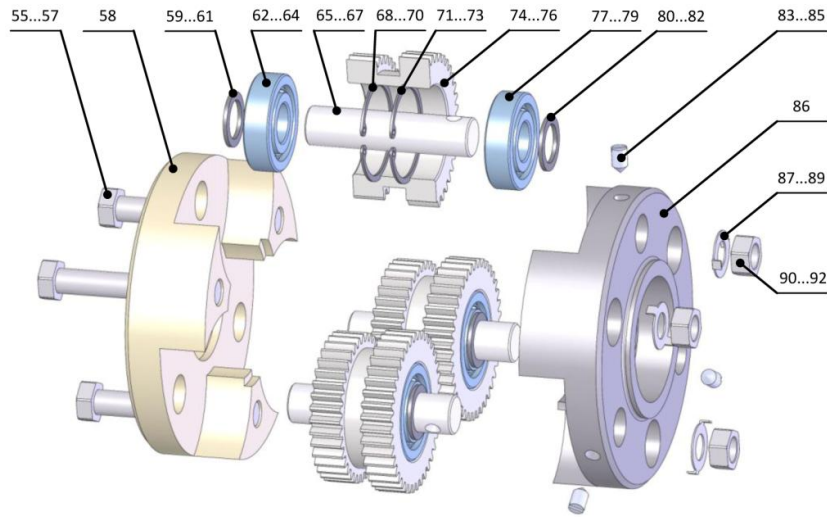


Рис. 6. Декомпозиція складальних одиниць «Водило» та «Сателіт»

З врахуванням прийнятої системи позначень деталей та складальних одиниць схематично відображаємо декомпозицію складального виробу «Редуктор планетарний двоступінчатий» (рис. 7).

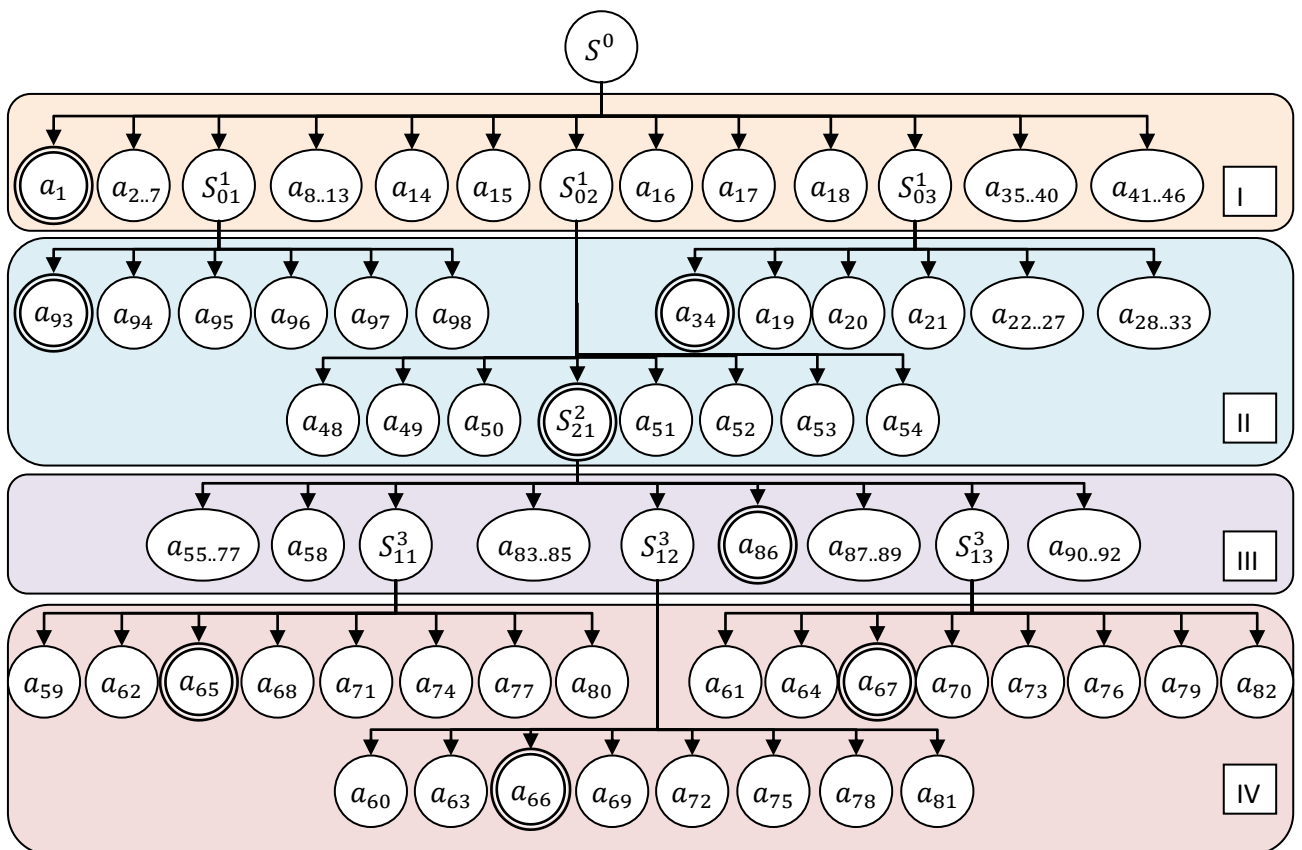


Рис. 7. Схема декомпозиції виробу «Редуктор планетарний двоступінчатий»

4.2. Розроблення схеми складання виробу

Схема складання виробу – графічне зображення у виді умовних позначень послідовності складання виробу або його складової частини.

Цю схему слід будувати так, щоб відповідні складальні одиниці і деталі були представлені в порядку їх введення в технологічний процес складання.

Розроблення схеми складання виробу починаємо з вибору базових деталей для кожної складальної одиниці (на рис. 7 позначені подвійним колом). При прийнятті рішення стосовно базової деталі необхідно враховувати наведені нижче рекомендації.

Базова деталь (СО) – деталь (СО), з якої починають складання виробу і до якої приєднують інші деталі та/або складальні вироби. Це деталь (СО) з базовими поверхнями, що виконує в складальному з'єднанні (вузлі) роль сполучної ланки, яке забезпечує при складанні відповідне відносне положення інших деталей.

В якості базового доцільно обирати елемент, який забезпечує відсутність перебазування на всіх технологічних операціях складання СО (наприклад, шляхом незмінності поверхонь по яким відбувається його установка в пристосуванні).

Технологічні закономірності процесу складання, пред'являють ряд вимог до базового елемента, котрі обумовлюють можливість реалізації схеми базування та точність виконання з'єднань []:

- наявність зовнішніх поверхонь, що не беруть участь в монтажних рухах інших елементів (у протилежному випадку – встановлення та закріплення БЕ в пристрої неможливе, або ж виникне необхідність в перебазуванні);
- наявність поверхонь, установка на які БЕ відбуватиметься елементарним переміщенням (по прямолінійній траєкторії);
- значно менші масово-інерційні характеристики для елемента, що приєднується, аніж для БЕ (інакше виникає потреба у збільшенні простору та зусиль для переміщення).

Для СО «Сателіт» в якості базової деталі доцільно прийняти деталь вал (a_{65}). Необхідно також передбачити попереднє встановлення стопорних кілець (a_{68} , a_{71}) в зубчасте колесо a_{74} .

Деталі та СО зображують на схемі у вигляді невеликих прямокутників, в які вписують назву, номер і кількість відповідних частин.

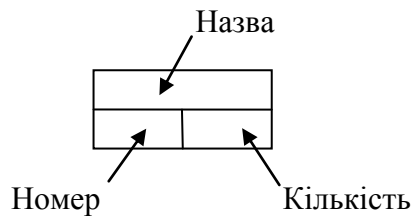


Рис. 8. Зображення деталей та СО на схемі складання виробу

Оскільки процес складання починається з введення в нього базової деталі або СО, то, очевидно, і схема повинна починатися з умовного зображення цих складових частин виробу. Завершуватись схема повинна готовим виробом.

Від позначення базової деталі до позначення готового виробу проводять суцільну горизонтальну (вертикальну) лінію. Як правило складальні одиниці відображають з однієї сторони цієї лінії, а окремі деталі з іншої.

Для СО «Сателіт» схема складання виглядатиме як показано на рис. 9.

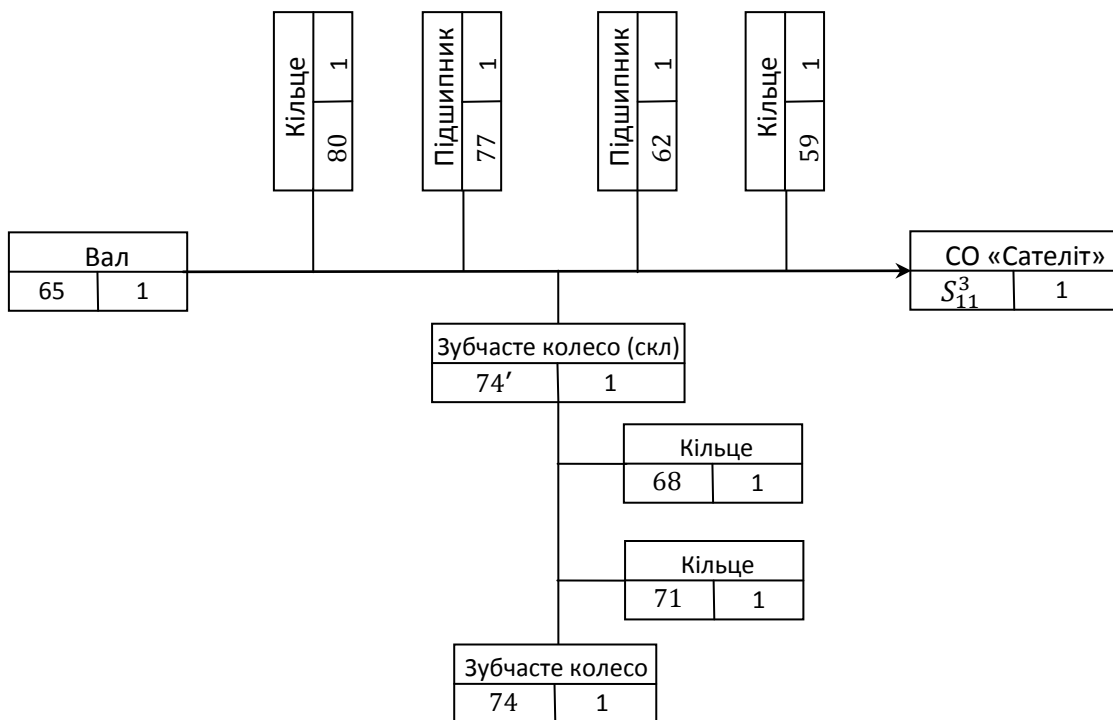


Рис. 9. Схема складання СО «Сателіт»

Для СО «Водило» в якості базової доцільно обрати деталь кришка (a_{86}). Схема складання СО «Водило» може бути представлена як показано на рис. 10. На цій схемі схема складання СО «Сателіт» показана повністю.

Необхідно відзначити, що зображення на одній схемі складання всіх рівнів декомпозиції виробу може виявитись занадто складним. В таких випадках доцільно відображати різні рівні декомпозиції на окремих схемах. Таким чином, за умови наявності схеми, зображеної на рис. 9, схему складання СО «Водило» можна спростити так, як показано на рис. 11.

Подальше проектування схеми складання для виробу «Редуктор планетарний двоступінчатий» виконується аналогічно, тому в даних методичних вказівках не наводиться.

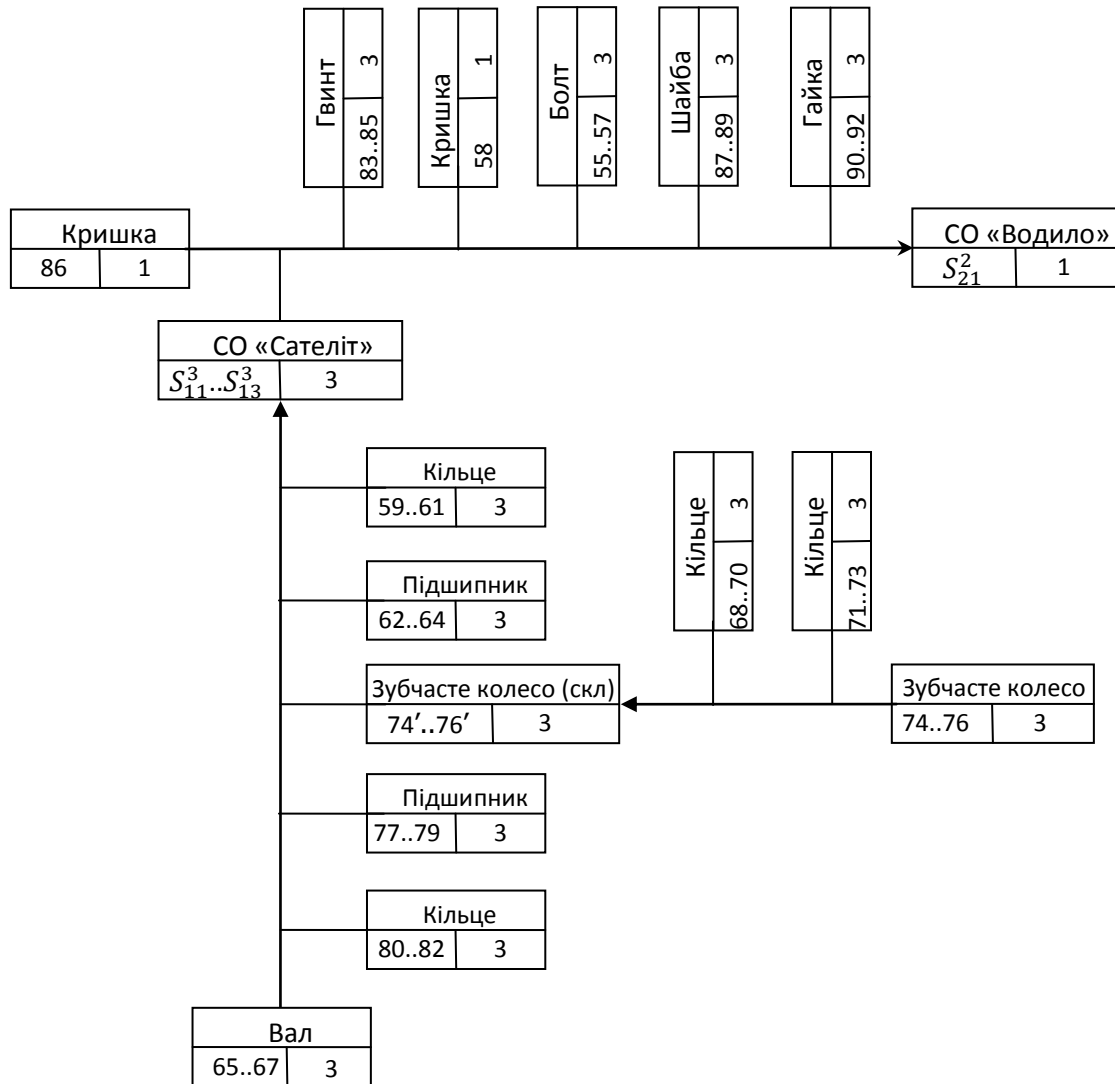


Рис. 10. Схема складання СО «Водило»

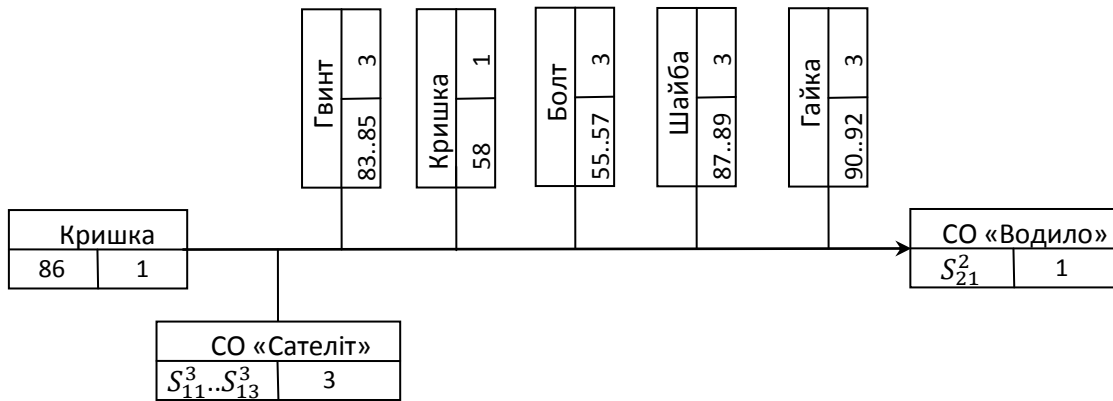


Рис. 11. Укрупнена схема складання CO «Водило»

Схема декомпозиції виробу та схема (схеми) складання виробу в розрахунково-графічній роботі представляються на аркуші паперу А1. На цьому ж аркуші наводиться креслення або 3D модель складальної одиниці з відповідним позначенням деталей. Всі рішення, які приймаються в процесі проектування, наводяться в пояснювальній записці до РГР.

4.3. Аналіз технологічності складального виробу та визначення прогнозованого часу складання

Так як при виконанні розрахунково-графічної роботи дані про виробництво відсутні, а поставлена задача вирішується на основі лише конструкції виробу, то для аналізу технологічності та визначення прогнозованого часу складання пропонується використовувати програмне забезпечення експрес-аналізу *DFA Expert*.

Робота в *DFA Expert* починається з формування структури виробу. Складальний виріб описується за допомогою *дерева складання*, елементами якого є *деталі* та *складальні операції*. Ієрархія компонентів складального виробу відповідає його технологічній декомпозиції та послідовності розкладання. Поруч із деревом складання відображаються економічні показники та *технологічна послідовність складання* (ТПС) (рис. 12).

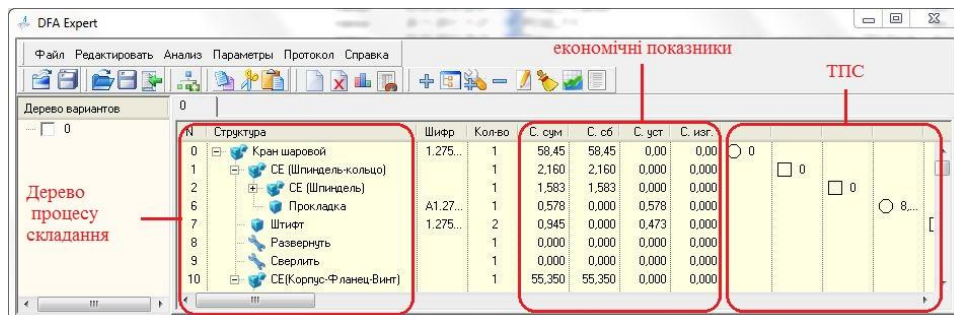


Рис. 12. Структурні елементи головного інтерфейсу DFA Expert

Початкова структура виробу та послідовність його складання утворюють базове конструкторсько-технологічне рішення (КТР). На основі базового можуть створюватись нові КТР. Множина КТР описується деревом, коренем якого є базове $КТР_0$ (початкова конструкція), а вузлами – усі інші КТР, ребра відображають послідовність створення КТР.

Дерево КТР відображається в лівому куті основного вікна (рис. 12).









При відкритті програми автоматично створюється новий *проект*. Кожен проект містить принаймні одне конструкторсько-технологічне рішення виробу.


Інформація про базове КТР може бути введена вручну або за допомогою операції імпорту. Розглянемо обидва способи.

Формування структури складального виробу в ручному режимі

При формуванні структури виробу в ручному режимі починати необхідно з введення найменування готового виробу. Далі необхідно додавати деталі та складальні одиниці в порядку розкладання виробу.

Для формування структури СВ в ручному режимі використовуються наступна панель команд , в якій:

- Додати деталь: «Редактирование/Добавить деталь», *Ins* або кнопка з іконкою .
- Додати деталь наступного рівня декомпозиції: «Редактирование/Добавить деталь в подборку», *Ctrl+Ins* або кнопка з іконкою .
- Додати операцію: «Редактирование/Добавить операцию», *Shift+Ins* або кнопка з іконкою .
- Видалити деталь (операцію): «Редактирование/Удалить деталь», *Ctrl+Del* або кнопка з іконкою .
- Редагувати параметри деталі (операції): «Редактирование/Редактировать...», подвійне натискання лівої кнопки миші на необхідній деталі або кнопка з іконкою .
- Очистити КТР від усіх даних: «Редактирование/Очистить дерево», *Shift+Del* або кнопка з іконкою .
- Копіювати елемент дерева складання *Ctrl+C* або кнопка з іконкою .
- Вставити елемент дерева складання *Ctrl+V* або кнопка з іконкою .

- Вирізати елемент дерева складання *Ctrl+X* або кнопка з іконкою 

Для кожного елемента СВ мають бути визначені конструкторські та технологічні характеристики, які задаються та редагуються в окремому вікні (рис. 14).

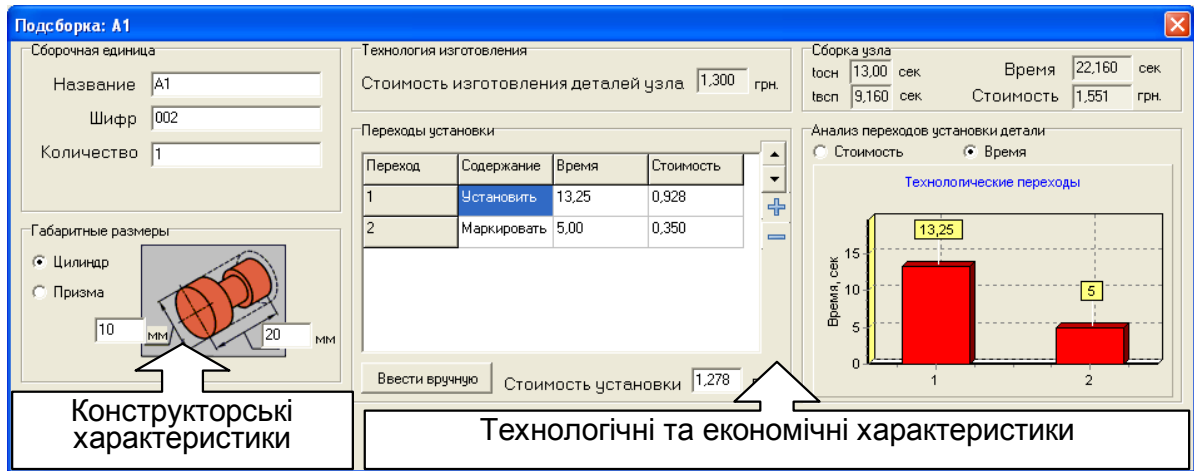


Рис. 14 Конструкторські, технологічні та економічні характеристики елементів СВ

Розрахунок часу виконання являє собою експертний розрахунок сумарного впливу двох складових (рис. 15).

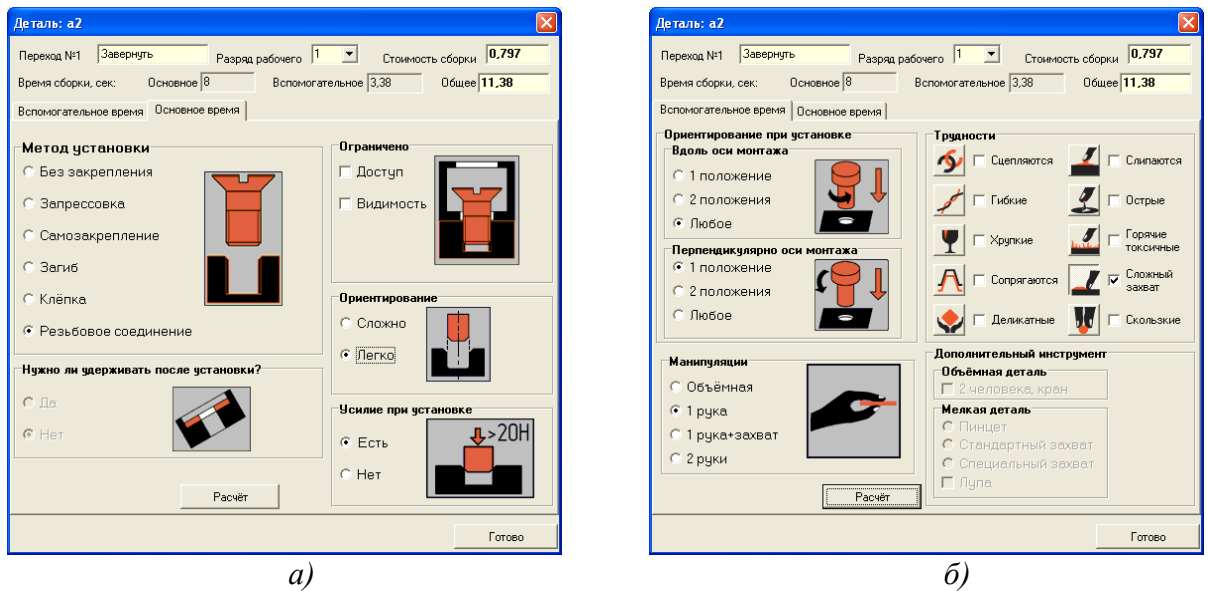



Рис. 15 Интерфейс для расчёта основного (а) та допоміжного (б) часу на реалізацію технологічного переходу складання

Перша складова – основний час, що визначається з урахуванням методу реалізації з'єднання, наявності обмежень доступу, складності орієнтування та

утримання елементів, енергетичних витрат. Друга складова – допоміжний час, що визначається з урахуванням орієнтування та маніпулювання, технологічних ускладнень, пов'язаних зі зчеплюваністю, гнучкістю, крихкістю елементів тощо.

Вартість встановлення кожної деталі та складальної одиниці (СО) у СВ розраховується на основі визначеного часу виконання операцій та розрядної сітки, яка задається в глобальних налаштуваннях проекту. Вартість виготовлення деталі вводиться вручну. За допомогою отриманих економічних показників виявляються найбільш трудомісткі з точки зору складання деталі, на які обов'язково потрібно звернути увагу. Виклик діаграми розподілу витрат по операціям (рис. 16) виконується через пункт меню «Анализ / Структура затрат» або за допомогою кнопки з піктограмою .

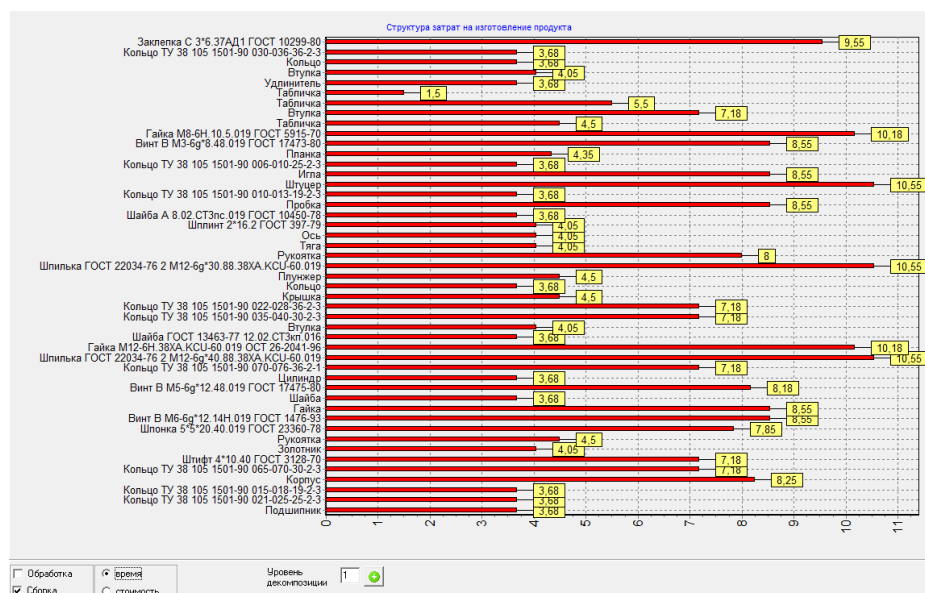


Рис. 16. Розподіл часу виконання технологічних операцій процесу складання

Налаштування параметрів для розрахунку витрат на заробітну плату робітників

Параметри вартості оплати робочого часу налаштовуються після виклику пункту меню «Параметры/Настройка...» і являють собою розрядну сітку (рис. 17). Необхідно вказати тривалість робочого дня та кількість робочих днів у місяці. Існує можливість введення вартості оплати години, дня або місяця роботи. Після редагування окремої чарунки рядок перераховується автоматично.

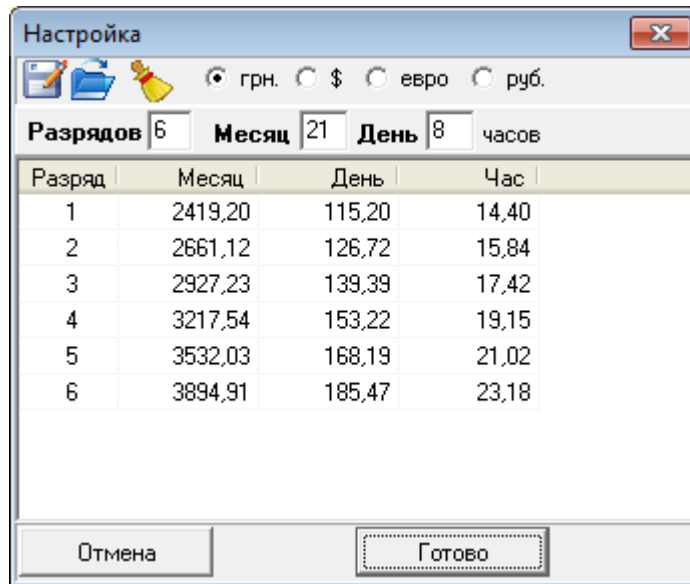



Рис. 17. Налаштування параметрів оплати праці

Створення нового конструкторсько-технологічного рішення продукту

Після формування базового конструкторсько-технологічного рішення необхідно проаналізувати найбільш трудомісткі складальні операції та запропонувати конструктивні та/або технологічні зміни, які б дозволили скоротити час складання виробу.

Створюємо нове КТР за допомогою пункту меню «Файл/Новий варіант», *Ctrl+N* або натисканням кнопки з піктограмою .

Нове КТР являє собою копію базового і має шифр «0-1» (рис. 18).

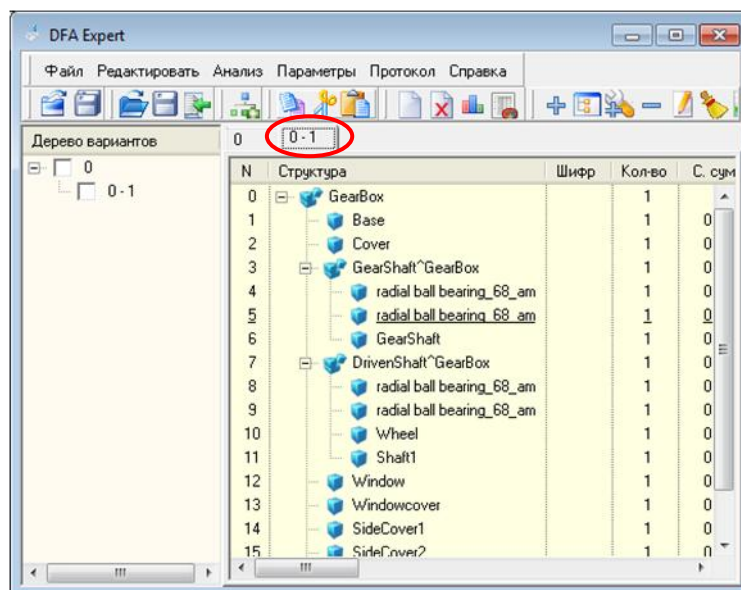



Рис. 18 Головний інтерфейс DFA Expert, активним є КТР₀₋₁

До KTP_{0-1} вносимо необхідні зміни і порівнюємо час і вартість складання двох конструкторсько-технологічних рішень (рис. 19) шляхом виклику пункту меню «Анализ / Сравнить варианты» або натисканням кнопки з піктограмою .

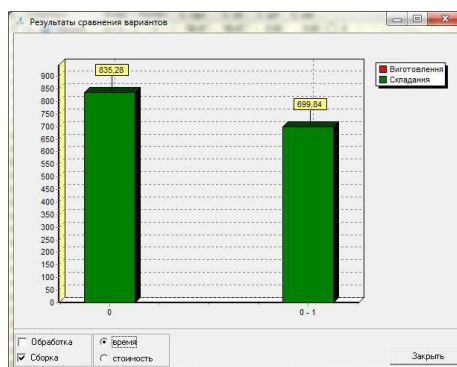





Рис. 19. Результаты порівняння варіантів KTP_0 та KTP_{0-1}


Результати порівняння варіантів конструктивного виконання виробу необхідно зберегти у виді протоколу. Запис протоколу в текстовий файл виконується за допомогою пункту меню «Протокол / По проекту» або кнопкою з піктограмою .


Для кращого з точки зору процесу складання варіанту зберігаємо протокол послідовності складання за допомогою пункту меню «Протокол / По варіанту» або кнопкою з піктограмою .

Робота з проектом


Збереження KTP виконується за допомогою виклику пункту меню «Файл/Сохранить вариант», $Ctrl+S$ або натисканням кнопки з іконкою .

Розширення файлу «.vt». При збереженні проекту усі KTP зберігаються автоматично.

Відкриття KTP виконується за допомогою пункту меню «Файл/Открыть вариант», ($Ctrl+O$) або натисканням кнопки з іконкою . Фактично вміст файлу, що відкривається, завантажується у активний на даний момент KTP , тому усі дані, що не були збережені, буде втрачено.


Видалення KTP виконується за допомогою пункту меню «Редактировать/Удалить вариант» або натисканням кнопки з іконкою . Якщо існують рішення, для яких KTP , що видалається, є базовим, вони будуть видалені разом з ним.

Для збереження проекту обираємо пункт меню «Файл/Сохранить

проект», *F11* або натискаємо кнопку з іконкою . Проект зберігається у вигляді набору файлів, при збереженні вказується лише назва проекту. Файл проекту має розширення «*.dfar*»

Кожне КТР зберігається в окремому файлі, файли отримують назву, яка відповідає шифру КТР з розширенням «*.vt*». Якщо файл, який відповідає одному з КТР, буде видалено або переміщено проект не завантажиться та програма сповістить про помилку відкриття проекту.

Зберігати проект рекомендується в окремому папку.

Відкриття проекту виконується вибором пункту меню «*Файл/Открыть проект*» або натисканням кнопки з піктограмою , необхідно обрати файл з розширенням «*.dfar*».

Зміст пояснювальної записки до розділу 4.3

В пояснювальній записці наводяться:

- структура виробу у виді скріншоту основного вікна програми;
- приклад формування конструкторських та технологічних характеристик *деталі* у виді скріншотів відповідних вікон з поясненнями;
- приклад формування конструкторських та технологічних характеристик *складальної одиниці* у виді скріншотів відповідних вікон з поясненнями;
- структура часових витрат на операції складання базового КТР у виді скріншоту;
- пропозиції по скороченню часу складання;
- результат проектування нового КТР у виді скріншоту з поясненнями;
- структура часових витрат на операції складання нового КТР у виді скріншоту;
- протокол порівняння двох варіантів та скріншот діаграми порівняння;
- протокол послідовності складання кращого варіанту наводиться у додатку;
- висновки по розділу.

4.4. Оформлення технологічної документації

На основі спроектованої послідовності складання необхідно розробити технологічний процес. Для цього необхідно визначити кількість і зміст технологічних операцій, підібрати необхідне технологічне оснащення, розрахувати режими складання тощо. Результати проектування необхідно оформити у виді технологічних документів, перелік яких визначений ГОСТ 3.1119-83 та ГОСТ 3.1121-84. В розрахунково-графічній роботі студент повинен розробити:

- маршрутну карту (МК), в якій даються описи операцій складання і вказівки супутніх операцій (процесів) в технологічній послідовності виконання;
- операційну карту (ОК) однієї операції з її описом по переходах та вказівкою відповідних технологічних режимів.

Форми і вимоги до заповнення і оформлення документів на технологічні процеси (операції) складання містяться в ГОСТ 3.1407-86.

Зразок маршрутної карти наведено у додатку 3.

Перелік складальних операцій регламентований ГОСТ 3.1703-79, витяг з якого наведений в табл. 4. Приклад повного та короченого запису складальних операцій та переходів наведено в табл. 5.

При заповненні операційної карти опис змісту переходів в операціях слід виконувати з прив'язкою до службового символу 0 по усій довжині рядка з можливістю перенесення інформації на наступні рядки. Запис переходів і операцій починається з ключових слів, перелік яких наведено в табл. 8.14. Вказувати дані по технологічному оснащенню слід з прив'язкою до службового символу Т в наступній послідовності: стапелі, пристрої, допоміжний інструмент, слюсарний і слюсарно-монтажний інструмент, різальний інструмент, спеціальний інструмент, засоби вимірювання. Запис виконується по усій довжині рядка. Рекомендується залишати незаповненими один-два рядки між інформацією про комплектуючі складові частини виробу і даними про основні і допоміжні матеріали для внесення змін, а також перед описом змісту першого переходу. У формах 1 і 1а ОК допускається передбачати зони для внесення графічних ілюстрацій до процесів і операцій. Ці зони слід розташовувати в нижній частині форм документів. Розміри зон встановлює розробник документів. Приклад заповненої операційної карти наведено у додатку 4.

Таблица 4. Ключові слова та їх умовні коди за ГОСТ 3.1703-79

Условный код	Наименование ключевого слова	Условный код	Наименование ключевого слова
01	Балансировать	20	Притереть
02	Базировать	30	Пломбировать
05	Гнуть	19	Полировать
04	Гравировать	31	Разметить
03	Завить	21	Разрезать
06	Застегнуть	24	Развернуть
81	Закрепить	32	Развинтить
08	Запрессовать	25	Развальцевать
07	Зачистить	33	Распрессовать
12	Застопорить	34	Расшплинтовать
10	Зенковать	35	Разобрать
09	Калибровать	36	Распломбировать
14	Карнить	37	Расштифовать
22	Контрить	29	Сверлить
18	Клепать	89	Смазать
23	Маркировать	39	Свинтить
13	Нарезать	40	Склеить
11	Навить	41	Собрать
26	Нанести	91	Установить
15	Опилить	38	Центровать
27	Отрубить	42	Шабрить
28	Очистить	43	Шплинтовать
16	Отрезать	44	Штифовать
17	Править	45	Довести

Примечание. 1. Ключевое слово записывается на первом месте в содержании перехода или операции. Например: «Опилить заготовку, выдерживая размеры 1 и 2»,

Таблиця 5. Приклади запису операцій та переходів за ГОСТ 3.1703-79

Запись операции и перехода	
полная	сокращенная
Гнуть деталь, выдерживая размеры 1 и 2	Гнуть деталь согласно эскизу
Зачистить буртик 1 от краски	Зачистить согласно эскизу
Калибровать отверстие 2, выдерживая размер 1	Калибровать отверстие 2 согласно чертежу
Маркировать деталь, выдерживая размеры 1 и 2	Маркировать деталь согласно чертежу
арезать резьбу, выдерживая размер 1	Нарезать резьбу согласно чертежу
Опилить заготовку, выдерживая размеры 1, 2 и 3	Опилить заготовку согласно эскизу
Развернуть отверстие 2, выдерживая шероховатость	Развернуть отверстие 2 согласно чертежу
Разметить деталь, выдерживая размеры 1, 2 и 3	Разметить деталь согласно чертежу
Развальцевать поверхность 1, выдерживая размер 2	Развальцевать поверхность 1 согласно чертежу
Разрезать заготовку, выдерживая $l=20$; $b=35$	Разрезать заготовку согласно эскизу
Разобрать изделие (позиции 1, 3, 5)	Разобрать изделие согласно чертежу
Сверлить отверстие, выдерживая размеры 1 и 2	Сверлить отверстие согласно чертежу
Свинтить детали 1 и 3, выдерживая размер 1	Свинтить детали 1 и 3 согласно чертежу
Собрать детали 2 и 5, выдерживая размер 1, обеспечивая герметичность	Собрать детали 2 и 5 согласно чертежу
Установить деталь, выдерживая $\angle = 15^\circ$	Установить деталь согласно чертежу
Шабрить поверхность 1 с точностью 8-10 пятен	Шабрить поверхность 1 согласно эскизу.

Додаток 1. Зразок бланку титульної сторінки звіту

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”

Кафедра технології машинобудування

ЗВІТ

з розрахунково-графічної роботи з курсу
”Складальні процеси в машинобудуванні”

Виконав студент гр. МТ-_____

(Прізвище І. Б.)

Перевірив: _____

(Прізвище І. Б.)

“ ” _____ 20__ р.

Сума балів _____

Київ 20__

Додаток 2. Зразок бланку завдання

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”**

Механіко–машинобудівний інститут Кафедра технології машинобудування

З А В Д А Н Н Я
до розрахунково-графічної роботи
з курсу “Складальні процеси в машинобудуванні”

Студентові гр. МТ-_____
 (прізвище, ім'я, по-батькові)

1. **Номер індивідуального варіанта завдання:** _____.
2. **Зміст завдання:** у відповідності до індивідуального варіанта розробити комплект конструкторської та технологічної документації, необхідної для забезпечення процесу складання виробу.
3. **Найменування виробу:**

4. **Обсяг виробництва:**

5. **Кінцевий термін захисту РГР:** “ ____ ” _____ 20__ р.
6. **Обов'язкові елементи звіту:**
 - Титульний аркуш,
 - Завдання,
 - Комплект документації, виданої для проектування,
 - Результати розрахунків та проектування по кожному з розділів РГР,
 - 2 креслення формату А1,
 - Висновки.
7. **Дата видачі завдання:** “ ____ ” _____ 20__ р.

Студент: _____
(підпис)

Викладач: _____
(підпис)

Додаток 3. Зразок заповнення рамки креслення

					ТМ.РГР.ХХХХ.УУУ.ЗЗЗ			
					Корпус	Лист	Маса	Масштаб
Изм.	Лист	№ доцм.	Подп.	Дата			1,25	1:1
Разраб.		Іванов						
Пров.		Петров				Лист	Листов	1
Т.контр.								
Н. контр.					СЧ 20 ГОСТ 1412-85	НТУУ "КПІ" ММІ		
Утв.								

де

ХХХХ – номер залікової книжки;

УУУ – номер складальної одиниці;

ЗЗЗ – номер деталі.

Додаток 4. Зразок заповнення маршрутної карти

ГОСТ 3.1118-82 Ф2

Дубл.																					
Взам.																					
Подп.																					
Разраб.																					
Пров.																					
						ОАО "ЗЕНИТ"		РЦ.250.000.000													
Гл. тех.										РЕДУКТОР											
Н. контр.																					
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код	Наименование операции				Обозначение документа											
Б						Код	Наименование оборудования				СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тпз.	Тшт.
К/М						Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение, код				ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.расх.			
А01				05		Сборка первичного вала				ИОТ 1875-82											
Б02						Верстак специальный															
03																					
А04				10		Сборка выходного вала				ИОТ 1875-82											
Б05						Пресс П6320															
06																					
А07				15		Сборка общая				ИОТ 1875-82											
Б08						Стенд сборочный															
09																					
А10				20		Обкатка				ИОТ 1878-82											
Б11						Стенд специальный															
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
МК																					

Додаток 5. Зразок заповнення операційної карти

ГОСТ 3.1407-86 Форма 1										
Дубл.										
Взам.										
Подл.										
Разраб.				ОАО «ЗЕНИТ»	РЦ.250.000.000					
Пров.										
Гл. техн.				РЕДУКТОР						05
Н. контр.										
1	Наименование операции				Обозначение документа				МН	
2	Сборка				ИОТ 1875-82				14,4	
3					Код. Наименование оборудования				7а 7б	
4					Верстак специальный				4,5 12,3	
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала				Обозначение, код				ОПГ ЕВ ЕН КИ Н.расх.	
Р										
К 01	Вал	РЦ.250.000.007			10	11	12	13	14	15
02	Шпонка	8x7x30 ГОСТ 23360-78								
03	Шестерня	РЦ.250.000.09								
04	Подшипник (2 шт)	№206 ГОСТ 8338-57								
05	Кольцо стопорное (2 шт)	1 А 30 ГОСТ 13942-68								
М 06	Масло промышленное И-30	ГОСТ 20799-75								
М 07	Бензин Б-70									
О 08	1. Закрепить вал в призмах. Запрессовать шпонку									
Г 09	Приспособление спец.; трубка 7828-0001 МН 483-60									
О 10	2. Напрессовать шестерню на вал									
Г 11	Подставка спец.									
О 12	3. Промыть подшипники в бензине Б-70. Проверить внешним осмотром.									
Г 13	Ванна специальная									
ОК										

ГОСТ 1407-86 Ф 1а

Дубл.																				
Взам.																				
Подл.																				
К/М	Наименование детали, сб. единицы или материала										Обозначение, код			ОПП	ЕВ	ЕИ	КИ	Н.расч.		
001	4. Нагреть подшипники до температуры 100°С																			
Г02	Ванна масляная нагревательная																			
003	5. Установить подшипники на вал																			
Г04	Подставка спец., щипцы спец.																			
005	6. Установить кольца стопорные																			
Г06	Подставка спец.																			
07																				
08																				
09																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
OK																				

Список рекомендованой литературы

1. Основы технологии сборки машин и механизмов / М. П. Новиков. – 5-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с.
2. Проектирование технологии: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / И. М. Баранчукова, А. А. Гусев, Ю.Б. Крамаренко и др.; Под общ. ред. Ю. М. Соломенцева. – М. Машиностроение, 1990. – 416 с.
3. Проектирование технологических процессов в машиностроении / И.П. Филонов, Г.Я. Беляев, Л.М. Кожуро и др. – Под общей ред. И.П. Филонова. Учебное пособие для вузов. – Мн.: Технопринт, 2003. – 910 с.
4. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»/ А. А. Маталин. – Л., Машиностроение, 1985. – 496 с.
5. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к вертежам. – М.: Стандартиформ, 2007. – 28 с.
6. ГОСТ 23887-79. Сборка. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 18 с.
7. ГОСТ 3.1407-86. Единая система технологической документации. Формы и требования к заполнению и оформлению документов на технологические процессы (операции), специализированные по методам сборки. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 28 с.
8. ГОСТ 3.1703-79. Единая система технологической документации. Правила записи операций и переходов. Слесарные, слесарно-сборочные работы. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 6 с.