

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Тернопільський національний технічний  
університет імені Івана Пулюя**

Кафедра автоматизації  
технологічних процесів і  
виробництв



**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до лабораторної роботи №3**  
**«Дослідження технологічності вузлів при**  
**роботизованому складанні»**  
з курсу “Обладнання та основи створення  
гнучких автоматизованих виробництв”  
для студентів спеціальності  
151 «Автоматизація та комп’ютерно-  
інтегровані технології»

**Тернопіль**  
**2018**

Методичні вказівки до лабораторної роботи № 3 «Дослідження технологічності вузлів при роботизованому складанні» з курсу «Обладнання та основи створення гнучких автоматизованих виробництв» / В.Б.Савків, Р.І.Михайлишин – Тернопіль: ТНТУ, 2018. – 17 с.

Рецензент: д.т.н., професор Стухляк П.Д.

Відповідальний за випуск: д.т.н., професор Марущак П.О.

Методичні вказівки розглянуто і схвалено на засіданні кафедри автоматизації технологічних процесів і виробництв (протокол № 1 від 29 серпня 2018 р.).

Схвалено і рекомендовано до друку Вченою Радою факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії (протокол № 1 від 30 серпня 2018 р.).

## Лабораторна робота № 3

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ВУЗЛІВ ПРИ РОБОТИЗОВАНОМУ СКЛАДАННІ

**Мета роботи:** Ознайомитись з методикою аналізу деталей виробу на основі оцінки їх технологічності з точки зору можливості автоматичного складання в РТК.

#### 1. Загальні відомості

Складальні процеси відносяться до найбільш трудомістких, їхній обсяг у загальній трудомісткості виготовлення машин і приладів нерідко досягає 50% і більше, а частка вартості таких робіт у загальній вартості виготовлення виробів складає до 70%. Це пояснюється низьким рівнем автоматизації складальних процесів, який не перевищує у машино- і приладобудуванні 9...12% загального обсягу складального виробництва, причому основні успіхи досягнуті за рахунок виробництв крупносерійного і масового характеру. У той же час вагома частина промислової продукції (до 75%) випускається дрібними серіями в умовах великої номенклатури і частоті змінюваності об'єктів виробництва. В останні роки намітилася тенденція до зростання частини продукції, яка випускається по індивідуальних замовленнях, що не дозволяє використовувати традиційне складальне устаткування в умовах частоті зміни об'єкта складання.

Розв'язок даних проблем можливий при використанні промислових роботів (ПР) володіючих низкою переваг, що обумовлює підвищений інтерес до них при автоматизації складальних процесів. Це, насамперед, здатність ПР забезпечувати високий коефіцієнт використання (до 97%) основного устаткування, тривалий термін (більше 1000 год) безперебійної роботи, а також повільне моральне старіння ПР. Дійсно, у випадку припинення виробництва яких-небудь конкретних виробів найбільш дорога частина складальної системи – промислові роботи, з мінімальними змінами (перепрограмування, перекомпонування при агрегатно-модульному принципі побудови) використовуються для розробки і комплектації нової технологічної лінії.

Доцільність досліджень в галузі роботизованого складального виробництва візуально відображає таблиця 1, яка представляє порівняльну характеристику умов та можливостей впровадження різноманітних засобів механізації та автоматизації складальних процесів.

Незважаючи на очевидні успіхи робототехніки за останні роки, результати впровадження ПР у складальне виробництво дуже скромні. Найбільш очевидними причинами таких результатів є, по-перше, особливості складальних операцій, які полягають у підвищених вимогах до характеристик з'єднань і необхідності виконання ряду специфічних для складальної операції переходів, а по-друге, відсутність єдиних методологічних основ для розробки роботизованих складальних комплексів, що особливо позначається при використанні ПР у виробництвах дрібносерійного й індивідуального характеру.

Таблиця 1

Показники	Одиниця вимірювання	Шляхи механізації та автоматизації складальних процесів			
		Механізація	Спец. автомати	Автомати з уніфікованих вузлів	Роботи та комплекси
Можливий об'єм механізації та автоматизації від загального об'єму виробництва	%	до 90	3-8	15-20	до 80
Підвищення змінної продуктивності	разів	1,5-2	2-3	2-3	1,5-2
Підвищення продуктивності живої праці	разів	1,5-2	2-6	2-6	4,5-8
Середня вартість оснащення для постійного виду робіт	тис. \$.	До 1	5-30	3-20	3-6 20-40 30-50
Підвищення продуктивності живої праці обслуговуваних одним робітником	разів	1	1-3	1-3	3-5
Умовне вивільнення робітників в розрахунку на 1000 чол.	чол.	300-500	25-40	100-170	650-700
Час проектування, виготовлення, впровадження	років	До 1	2-4	1-3	До 1
Кількість деталей:					
Уніфікованих	%	5-50	10	70	95
Спеціальних	%	95-50	90	30	5
Можливість переналадки	—	обмежена	немає	обмежена з реконстр.	не обмежена
Час переналадки на випуск нової продукції	хв.	15-20	—	3-6 міс.	20-60
Перспектива розвитку	—	обмежена	обмежена	обмежена	не обмежена
Фактор обмеження	—	продуктивність	об'єм виконання	об'єм виконання	вартість

Задача створення типових рішень в області проектування засобів автоматизації складальних робіт ускладнюється тією обставиною, що складальні процеси різноманітні як по своєму змісту і характеру їхнього виконання, так і по фізичній сутності. Це приводить до різноманіття часткових вирішень локальних задач по автоматизації технологічних елементів складального процесу, що ускладнює аналіз технологічності процесу в цілому з погляду придатності його до автоматизації, а також утрудняє вибір типових рішень для конкретних виробництв. У зв'язку з цим стають актуальними: вироблення єдиного системного підходу до аналізу будь-якого складального виробництва як об'єкта керування, що передбачає проведення оцінки технологічності вузла і комплектуючих його елементів з погляду придатності

до роботизованого складання; зміна режимів технологічного процесу з урахуванням особливостей обслуговування його ПР; удосконалення організації виробництва і вибір оптимальних умов, що забезпечують взаємодію елементів системи робот-об'єкт-середовище; класифікація інформації про складальний процес і технологічне устаткування вказанням їхніх техніко-економічних показників; типізація й уніфікація об'єктів керування і розроблювальних рішень на основі прийнятих принципів класифікації інформації.

Найбільш відповідальний етап системного підходу, зв'язаний з виявленням можливості роботизації складального виробництва – аналіз конструкції підлягаючого складанню вузла і внесення в неї необхідних змін з метою підвищення ступеня технологічності. Технологічність складальної одиниці повинна розглядатися виходячи з конкретних умов і способу складання, тому аналіз технологічності полягає у вивченні сукупності властивостей, що дозволяють збирати складальну одиницю за допомогою ПР найбільш раціонально. При проведенні аналізу технологічності складальної одиниці виникає необхідність кількісної оцінки, що може бути задана через заздалегідь визначену систему ознак технологічності складових елементів і складальної одиниці в цілому, кожна з яких має чисельну характеристику. Можливість кількісної оцінки технологічності дозволяє визначити ступінь технологічності складальної одиниці, а також наскільки і по якій з ознак технологічність є найбільш низькою, який характер внесення в конструкцію змін необхідний з метою зниження витрат по автоматизації складальних операцій з використанням ПР.

Кількісна характеристика технологічності вузла, що складається в умовах роботизованого виробництва, визначає час, затрачуваний на складальний процес, число позицій складання, ступінь універсальності обслуговуючих процес ПР і загальне компонування технологічного устаткування (елементів упорядкування середовища). Як показав аналіз, для вузлів з числом деталей до чотирьох автоматизація за допомогою спеціалізованих складальних машин економічно недоцільна, у той час як для вузлів з числом деталей більше 8 універсальності захоплюючих органів ПР може виявитися недостатньо для роботи з усією номенклатурою вхідних у вузол деталей. В останньому випадку перевага може бути віддана більшій спеціалізації окремих позицій складального устаткування, яке буде здійснювати не тільки складання, але і супутні операції: переукладання і переустановку, комплектацію і т.д.

Структурний аналіз трудомісткості виконання складальних операцій по елементах показує, що в більшості випадків найбільша питома вага (до 80%) приходить на подачу, орієнтування, з'єднання і фіксацію елементів у процесі складання. Це особливо виражено при складанні вузлів з великим (чотири і більше) числом комплектуючих деталей. Тому для досягнення найбільшого ефекту по зниженню трудомісткості складальних процесів варто прагнути до такого конструктивного виконання виробів, що складаються, при якому склад вхідних у них деталей, по-перше, визначається найменшим числом класів, а по-друге, дозволяє здійснювати завантаження й орієнтування на типовому завантажувально-орієнтуючому устаткуванні. При цьому основними

класифікаційними ознаками можуть служити: тип деталі, ступінь її симетричності і складність конфігурації. В табл. 6, 7 приведено класифікацію плоских і деталей типу тіл обертання, що служить вихідною інформацією для оцінки технологічності вузла на основі оцінки технологічності окремих деталей. Додатковими ознаками є особливості форми, матеріалу, розмірів, фізичні властивості, що утрудняють процес орієнтування і завантаження.

Робочим органом робота, що виконує складальні операції, служить захоплюючий пристрій. На вибір типу захоплюючого механізму впливає форма і розміри деталей, які складаються, умови їхнього захоплення, умови накладення мінімального числа утримуючих зв'язків. Тобто одною з ознак технологічності деталей, що подаються на складальну позицію, є умова їхнього захоплення робочими органами ПР.

Процес з'єднання деталей здійснюється при їхньому відносному русі: поступальному, обертальному чи комбінованому. Широко розповсюдженими є з'єднання по циліндричних і конічних (більше 10%), різьбових (20...25%) і плоских (10...12%) поверхнях. Класифікація по способах з'єднання деталей дає можливість визначити число елементів рухів робочих органів ПР, що сприяє правильній оцінці застосовуваних засобів автоматизації.

Характер з'єднання деталей впливає на можливість автоматизації процесу складання, а в окремих випадках робить її неможливою. Показник технологічності виду фіксації дозволяє судити про те, наскільки оптимальний варіант обраний. Питома вага застосовуваних при складанні видів з'єднань неоднакова. У приладобудуванні, наприклад, переважає число з'єднань здійснюється шляхом згвинчування (до 50%) або методом пластичного деформування матеріалу (до 30%). Упроваджуються такі прогресивні види з'єднань, як пайка, зварювання, склеювання, які порівняно легко піддаються роботизації. Нетехнологічними для роботизації вважаються такі види з'єднань, як скручування дротом, обмотка паперовою чи металевою стрічкою, установка пружин кручення і розтягу, штифтовка та ін.

Розробка технологічного процесу і засобів автоматичного складання знаходяться в безпосередньому зв'язку з якістю і конструктивними особливостями комплектуючих деталей виробу.

Технологічний процес автоматичного складання складається з наступних елементів:

- а) подачі деталей до місця складання;
- б) орієнтування деталі одна відносно іншої;
- в) спряження деталей;
- г) контроль наявності деталі і якості з'єднання;
- д) закріплення деталі;
- е) транспортування виробу (вузла) на наступну позицію або операцію.

Приклад технологічної схеми складання для конкретного виробу показаний на рис. 1.

При аналізі можливостей автоматичного складання об'єктів під технологічністю конструкції розуміють ті особливості виробу і його деталей, які прямо або відносно впливають на підготовку й здійснення процесу

автоматичного складання. До них можна віднести:

1. Придатність деталей, що складаються, до автоматичного завантаження й контролю.
2. Придатність форми деталей для надійного базування й транспортування в робочому просторі автоматичних машин.
3. Відповідність деталей, що складаються, умовам автоматичного контролю.
4. Мінімальна кількість деталей у складальному вузлі або виробі.
5. Простота конструкції виробу і його деталей.

Критерій оцінки придатності деталей до автоматичного завантаження зводиться до: аналізу складності геометричної форми деталі, кількості площин і осей симетрії, співвідношення їх основних розмірів; виділення деяких характерних елементів поверхні, що полегшують захоплення деталі в визначеному положенні, і які забезпечують можливість стопроцентного орієнтування і збереження потрібного положення на всьому проміжку переміщення (подачі) деталі; аналізу абсолютних розмірів деталей і їх маси, матеріалу і якості поверхні (як зовнішніх, так і внутрішніх поверхонь).

При автоматичному складанні приходится мати справу з деталями різних форм і розмірів. Багатогранність останніх (форм і розмірів) ускладнює задачу транспортування і базування, так як пов'язана з значною тратою часу при відборі деталей з найбільш придатними формами, які дозволяють використовувати типові засоби транспортування, орієнтування й завантаження.

Вимога сприятливих форм деталей при автоматичному контролі має велике значення. Технологічна форма дає можливість використовувати прості механізми контролю, які дозволяють здійснювати контроль наявності деталей з одночасним контролем якості окремих елементів і контроль складованого вузла.

Крім того, при автоматичному контролі поряд з формами деталі взагалі при визначенні її технологічності приділяють особливу увагу питанням точності співставлення форми, так як остання досить суттєво впливає на надійність процесу в цілому.

При автоматичному складанні вимога мінімальної кількості деталей в виробі приймає особливо важливе значення, тобто кожна деталь об'єкту на лінії складання тягне за собою необхідність в спеціальному механізмі, пристрої або навіть автоматі, задачею якого є суміщення цієї деталі з іншими у вузол.

В зв'язку з цим дуже важливо проводити аналіз конструкції виробу з метою виключення другорядних деталей або об'єднання декількох деталей в одну шляхом розробки й виготовлення нової деталі.

Вимога простоти конструкції виробу знаходиться в нерозривному зв'язку з вимогою мінімальної кількості деталей в цьому виробі або вузлі і може розглядатися з двох точок зору – із технологічної і з точки зору зручності експлуатації виробу.

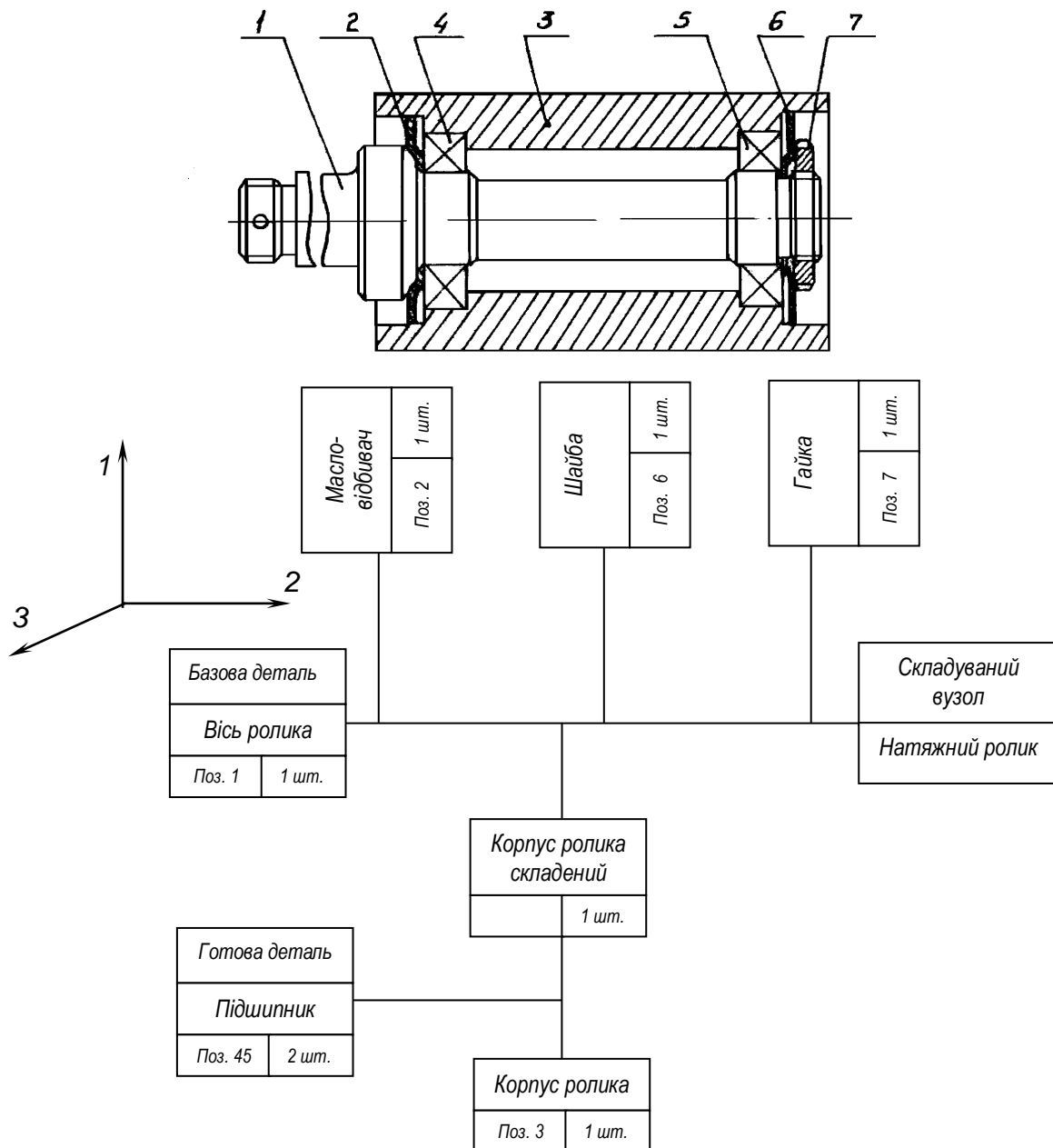


Рис.1. Технологічна схема складання виробу

Простота конструкції виробу з технологічної точки зору визначається мінімальними економічними затратами як на засоби автоматичного складання, так і на сам процес складання. При цьому розробка технологічного процесу складання повинна враховувати:

- найменшу кількість змін положення деталі (це спрощує конструкцію автоматичних складальних пристроїв);
- складання бажано проводити із окремих деталей, тому що при складанні з підвузлів складніше їх відносне орієнтування;
- подача в робочу зону повинна бути вимушеною, а не під власною вагою деталі;
- поштучна подача деталей в робочу зону.



При аналізі технологічності конструкції об'єкту з точки зору її простоти можна висунути наступні вимоги до деталей:

- а) максимальне спрощення форми. Для виконання цієї вимоги можна було б значно спростити форму деталей, однак, слід враховувати те, що технологічний процес виготовлення даних деталей відпрацьований і тому бажані найменші його переробки;
- б) спрощення форми деталі з точки зору простоти транспортування і орієнтації. Деталь повинна бути такою, щоб при автоматичному складанні було легко і просто її транспортувати на позицію складання, а в робочій позиції складання не вимагалось б ніяких змін її положення;
- в) забезпечення заміни деталей з крихких матеріалів деталями із пластичних матеріалів;
- г) забезпечення для деталей максимальної кількості вільних розмірів і мінімальної кількості розмірів по допусках (допуски, по можливості, повинні мати розширені межі);
- д) мінімальні витрати матеріалів (забезпечення малої маси деталей) і їх раціональний вибір.

При аналізі простоти конструкції об'єкту складання з точки зору зручності його експлуатації можна розглянути наступні вимоги:

- а) простота, зручність налагодження і регулювання механізмів об'єкта;
- б) забезпечення надійності й стійкості роботи об'єкта;
- в) простота кінематичного взаємозв'язку між деталями об'єкта;
- г) забезпечення мінімальної маси деталей;
- д) вільний доступ до всіх деталей і швидкозношуваних частин, а також простота ремонту;
- е) максимальна кількість запасних частин, тобто деталей, які швидко зношуються;
- ж) максимальне використання нормалізованих і стандартизованих деталей і вузлів, а також можливість використання взаємозамінних деталей і вузлів в об'єкті.

## 2. Розрахунок показників технологічності

Кількісна оцінка показника технологічності може бути визначена шляхом його підрахунку по формулі:

$$L_i = \frac{1}{\beta_i \cdot (1 - \varphi_i) + \varphi_i (z_i \cdot \varphi_i \cdot N^2 + (\beta_1 - z_i \cdot \varphi_i) \cdot N)}, \quad (1)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт степені складності форм деталей, який визначається виразом:

$$\beta_i = \alpha_i \cdot \delta_i \cdot \gamma_i, \quad (2)$$

де  $\alpha_i$  – коефіцієнт, який характеризує придатність форм деталей до

автоматичного завантаження та транспортування;

$\delta_i$  – коефіцієнт, який характеризує придатність форми деталі для базування на позиції складання;

$\gamma_i$  – коефіцієнт, який характеризує відповідність деталі умовам автоматичного контролю;

$\varphi_i$  – коефіцієнт, який характеризує складуваність деталей;

$$Z_i = \frac{\Delta\beta_i}{2\varphi_i}; \Delta\beta_i = \beta_{i+1} - \beta_i, \quad (3)$$

$N$  – кількість деталей у виробі;

$\beta_1$  – ступінь складності базової деталі.

Визначити загальну сумарну технологічність складальної одиниці можна за формулою

$$T_c = \sum_{i=1}^N \frac{M_i L_i}{N}, \quad (4)$$

де  $T_c$  – показник технологічності складальної одиниці в цілому;

$M_i$  – коефіцієнт якісного взаємного впливу кожного з показників;

$L_i$  – кількісна оцінка в балах кожного показника.

### 3. Хід роботи

1. Ознайомитись з виробом технологічність якого необхідно дослідити (вироби видаються викладачем) або його кресленням.
2. Дати повний опис даного виробу, скласти структурну схему його складання.
3. Накреслити ескізи кожної деталі, що входять у даний вузол.
4. Проаналізувати конструктивні, функціональні і технологічні особливості деталей, визначити їх клас по табл. 6 і 7.
5. Оцінити (обчислити) по приведених формулах технологічність окремих деталей і порівняти їх придатність до автоматичного складання (необхідні коефіцієнти приведені в табл. 2...5 прийняті на основі нормативів).
6. Визначити загальну сумарну технологічність вузла.
7. В звіті по роботі привести висновки по технологічності вузла з точки зору можливості і доцільності його роботизованого складання, а також умови підвищення його технологічності.

#### 4. Контрольні запитання

1. З яких етапів складається технологічна підготовка будь-якого виробництва?
2. Перерахуйте задачі наукової, організаційної, конструкторської підготовки виробництва.
3. Роль і призначення технологічної підготовки виробництва.
4. Що таке комплексна автоматизація виробництва?
5. Дайте визначення робототехнічної системи, робототехнічного комплексу, гнучкої виробничої системи.
6. Вкажіть складові частини гнучкої виробничої системи і її поділ по організаційних ознаках.
7. Зазначте основні етапи технологічної підготовки робототехнічного виробництва.
8. Які задачі вирішуються на етапі технологічного аналізу об'єктів роботизації?
9. Приведіть основні характеристики виробництва, по яких проводять аналіз при впровадженні промислових роботів.
10. Зазначте критерії можливості застосування промислових роботів у технологічних процесах.
11. Дайте характеристику етапів проведення робіт з дослідження виробництв з метою впровадження промислових роботів.
12. Приведіть схему уніфікації технологічних процесів.
13. У чому полягає метод типізації технологічних процесів?
14. У чому суть групового методу виготовлення виробів?
15. Зазначте методи групової обробки виробів.

#### 5. Література

1. Гнучкі комп'ютеризовані системи: проектування, моделювання і управління: Підручник / Л.С. Ямпольський [та ін.]. – Житомир: ЖДТУ, 2005. – 680 с.
2. Микроконтролер программированный МКП-1. – Могилев: Областная типография им. Свердлова, 1987. – 110 с.
3. Проць Я.І., Савків В.Б., Шкодзінський О.К., Ляшук О.Л. Автоматизація виробничих процесів. Тернопіль: Видавництво ТНТУ. 2011, 338 с. Лист про надання грифу МОН № 1-11 від 18.10.2011.
4. Chatraei A. Optimal Control of Robot Manipulators. / A. Chatraei, D.M.I.V. ZAda. – 2011.
5. Siciliano B. Springer Handbook of Robotics / B. Siciliano, O. Khatib. – Berlin : Springer, 2008. – P. 1631.
6. Михайлишин Р. І. Optimization of bernoulli gripping device's orientation under the process of manipulations along direct trajectory / Р.І. Михайлишин, Я. І. Проць, В.Б. Савків // Вісник ТНТУ. – Тернопіль, 2016. – Том 81. – №1. – С.

107 – 117.

7. Energy efficiency analysis of the manipulation process by the industrial objects with the use of Bernoulli gripping devices / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon, M. Mykhailyshyn // *Journal of Electrical Engineering*. – 2017. – №68(6), P. 496 – 502.
8. Orientation Modeling of Bernoulli Gripper Device with Off-Centered Masses of the Manipulating Object / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, O. Fendo, M. Mykhailyshyn // *Procedia Engineering*. – 2017. – №187, P. 264 – 271.
9. Justification of Design and Parameters of Bernoulli-Vacuum Gripping Device / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon, O. Fendo // *International Journal of Advanced Robotic Systems*. – 2017. – № 14(6), DOI: 1729881417741740.
10. Experimental Research of the Manipulation Process by the Objects Using Bernoulli Gripping Devices / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, M. Mikhalishin, F. Duchon // *In Young Scientists Forum on Applied Physics and Engineering, International IEEE Conference*. – Lviv, 2017. – P. 8 – 11.
11. Механізація та автоматизація навантажувально-розвантажувальних робіт: Навчальний посібник, Ч.1: Транспортні та навантажувально-розвантажувальні засоби / За заг. ред. С.Л. Литвиненка .-К.: Кондор, 2016 .- 208 с.
12. Modeling of Bernoulli gripping device orientation when manipulating objects along the arc. / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, M. Mikhalishin, F. Duchon // *International Journal of Advanced Robotic Systems*. – 2018. – № 15(2), DOI: 1729881418762670.
13. Substantiation of Bernoulli Grippers Parameters at Non-Contact Transportation of Objects with a Displaced Center of Mass / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, F. Duchon, P. Maruschak, O. Prentkovskis // *22nd International Scientific Conference Transport Means 2018*. – Klaipeda, 2018. – P. 1370 – 1375.
14. Gasdynamic analysis of the Bernoulli grippers interaction with the surface of flat objects with displacement of the center of mass / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon // *Vacuum*. – 2018. – DOI: 10.1016/j.vacuum.2018.11.005.
15. Murray R.M. A mathematical introduction to robotic manipulation / R.M. Murray, Z. Li, S.S. Sastry // *CRC press*. – 1994. – P. 456.
16. Зенкевич С.Л. Основы управления манипуляционными роботами / С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко // *Основы управления манипуляционными роботами*. 2-е изд. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 480 с.
17. Козырев Ю.Г. Захватные устройства и инструменты промышленных роботов / Ю. Г. Козырев. – Москва: КНОРУС, 2010. – 312 с.
18. Проць Я.І. Захоплювальні пристрої промислових роботів: навчальний посібник / Я.І. Проць – Тернопіль: Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя, 2008. – 232 с.

**Таблиця 2.** Кількісна оцінка факторів, що характеризують придатність деталей до автоматичного завантаження і транспортування (для деталей типу тіла обертання)

[illegible]

**Таблиця 3.** Кількісна оцінка факторів, що характеризують придатність деталей до автоматичного завантаження і транспортування (для плоских деталей)

Клас деталі	1				2				2А								3						3А									
Геометричні особливості	$L > H > B$				$L \sim H$				$L > H > B$				$L \sim H > B$								$L > H > B$						$L \sim H > B$					
	Три площини симетрії				Дві площини симетрії								Одна площина симетрії																			
Можливість бункеризації	Можлива												Ускладнена				Можлива				Ускладнена											
Можливість автоматичного орієнтування	Неперервне повне орієнтування в бункері				Необхідність вторинного орієнтування в горизонтальній площині												Необхіднвсть вторинного орієнтування в горизонтальній і вертикальній площинах															
Транспортування: Г – гравітаційне Ф – фрикційне І – інерційне С – спец. засобами	Г		Ф		Г			Ф		Г				Г			Ф		Г				Г			Ф		Г			Ф	
		І				І				І				І					І				І				І			І		
				С				С				С				С				С			С				С				С	
$\alpha$	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8
При виборі і встановленні вручну	$\alpha=2$																															

**Таблиця 4.** Кількісна оцінка факторів, що характеризують умови базування (б) і контроль (к) при автоматичному складанні (для деталей типу тіла обертання – I і плоских деталей – II)

Квалітет			6-8									9–11									12–15 і вільні розміри								
Особливості конструкції			Звичайна			Ажурна			З крихкого матеріалу			Звичайна			Ажурна			З крихкого матеріалу			Звичайна			Ажурна			З крихкого матеріалу		
Характеристика деталей			с	а	п	с	а	п	с	а	п	с	а	п	с	а	п	с	а	п	с	а	п	с	а	п	с	а	п
I	δ	Групове базування	0,3	0,5	0,55	0,4	0,6	0,65	0,5	0,7	0,75	0,4	0,6	0,65	0,5	0,7	0,75	0,6	0,8	0,85	0,5	0,7	0,75	0,6	0,8	0,85	0,7	0,9	0,95
		Подетальне базування	0,4	0,6	0,65	0,5	0,7	0,75	0,6	0,8	0,85	0,5	0,7	0,75	0,6	0,8	0,85	0,7	0,9	0,95	0,6	0,8	0,85	0,7	0,9	0,95	0,8	1,0	1,05
	γ	Без виділення позиції контролю	0,5																										
		З виділенням позиції контролю	1,0																										
II	δ	Групове базування	0,2	0,4	0,45	0,3	0,5	0,95	0,4	0,6	0,65	0,3	0,5	0,55	0,4	0,6	0,65	0,5	0,7	0,75	0,4	0,6	0,65	0,5	0,7	0,75	0,6	0,8	0,85
		Подетальне базування	0,3	0,5	0,55	0,4	0,6	0,65	0,5	0,7	0,75	0,4	0,6	0,65	0,5	0,7	0,75	0,6	0,8	0,85	0,5	0,7	0,75	0,6	0,8	0,85	0,7	0,9	0,95
	γ	Без виділення позиції контролю	0,5																										
		З виділенням позиції контролю	1,0																										
δ=1,2 при базуванні вручну деталей типу тіла обертання і плоских																													

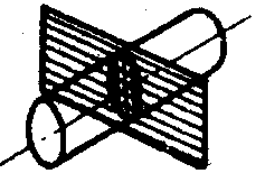
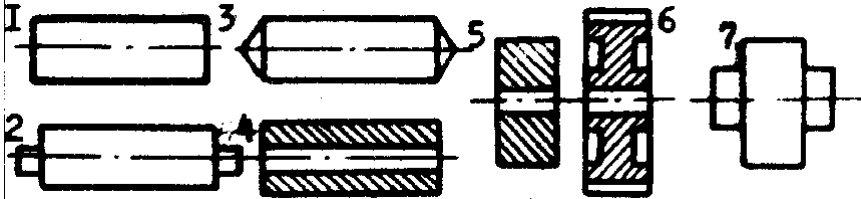
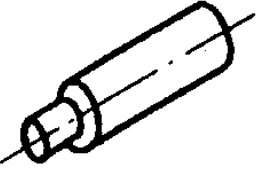
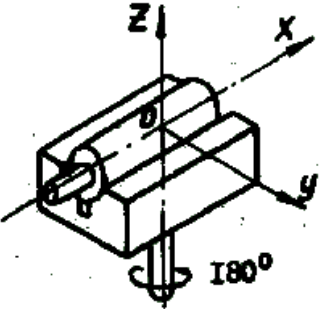
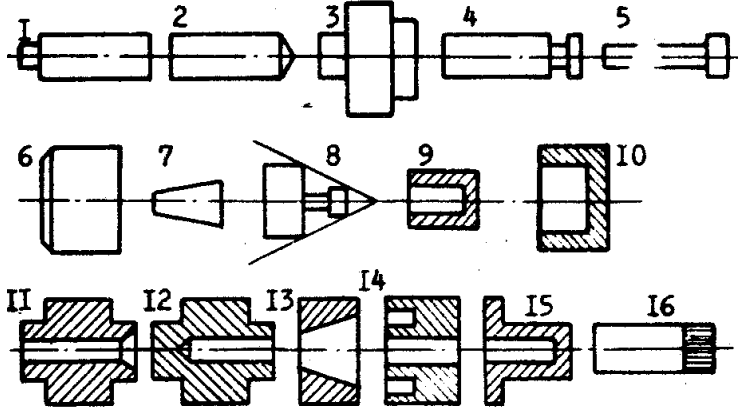
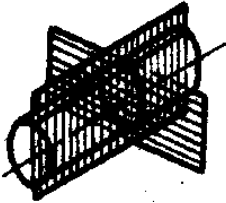
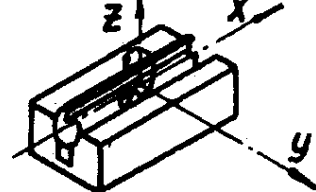
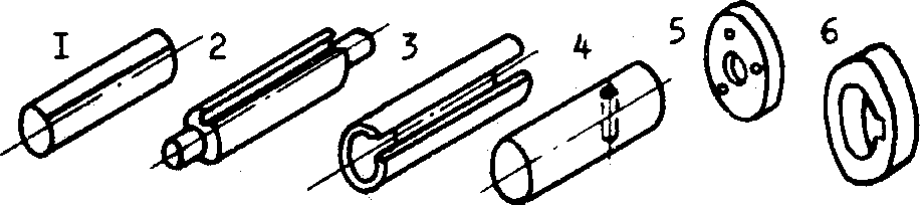
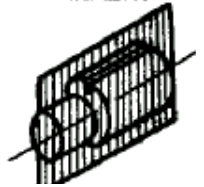
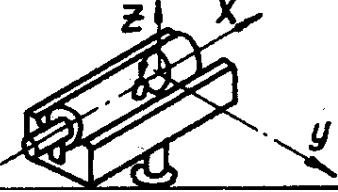
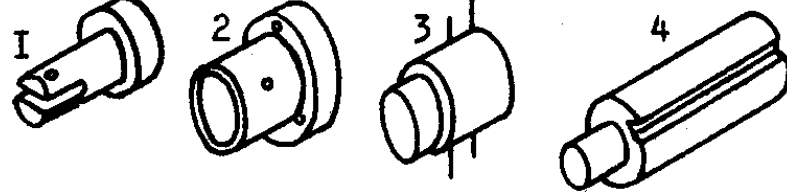
с – симетрія внутрішніх і зовнішніх поверхонь, правильність їх форм і можливість використання їх в якості установочних;  
а – асиметрія внутрішніх і зовнішніх поверхонь; п – можливість пружнього базування на “плаваючих базах”.

**Таблиця 5.** Кількісна оцінка факторів, що характеризують складуваність деталей

Метод складання		На основі повної взаємозамінності										На основі неповної взаємозамінності									
Фактори, які ускладнюють складання		Відсутні					Присутні					Відсутні					Присутні				
Вид спряження		Вільне	Напружене	Гвинтове	Стапелювання і розфасування	Ручне складання	Вільне	Напружене	Гвинтове	Стапелювання і розфасування	Ручне складання	Вільне	Напружене	Гвинтове	Стапелювання і розфасування	Ручне складання	Вільне	Напружене	Гвинтове	Стапелювання і розфасування	Ручне складання
Ф	Поелементне складання	0,1 5	0,2	0,3	0,1 5	0,8	0,2	0,3	0,4	0,1 5	1,2	0,2	0,3	0,4	0,2	1,2	0,3	0,4	0,5	0,2 5	1,4
	Групове складання	0,1	0,1 5	0,2	0,1		0,1 5	0,2	0,3	0,1		0,1 5	0,2 5	0,3	0,1		0,2 5	0,3 5	0,4	0,1 5	



Таблиця 6. Класифікація деталей форми тіл обертання

Клас		Характеристика деталей	Вторине орієнтування	Тип деталей
I	Має вісь обертання і площину симетрії		Не вимагається	
II	Має тільки вісь симетрії (обертання)			
III	Має дві площини симетрії			
IV	Має тільки площину симетрії			

Таблиця 7. Класифікація плоских деталей

3А	3	2А	2		1	Клас
3 двома близькими координатними розмірами	$L > H > B$	3 двома близькими координатними розмірами	$L > H > B$	3 двома близькими координатними розмірами	$L > H > B$	Характеристика деталей
		3 двома площинами симетрії 		3 трьома площинами симетрії 		Вторинне орієнтування
					Не вимагається	Типи деталей