

жані з числового розрахунку та за допомогою виразу (8), наведені на рис. 3. Бачимо, що незначна відмінність значень цих величин спостерігається упродовж кількох перших періодів коливання, і далі стає несуттєвою. Отже, вираз (8) може бути використаний для аналізу руху моделі, що створює суттєву зручність порівняно з числовими результатами.

1. *Вибрации в технике: Справочник. В 6 т. / Ред. совет: В.Н.Челомей (пред.). – М., 1987. – Т. 2: Колебания нелинейных механических систем / Под ред. И.И.Блехмана. – 1987. – 351 с.* 2. *Пановко Я.Г. Введение в теорию механических колебаний. – М., 1971. – 240 с.* 3. *Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах: Учеб. пособие / Под ред. Г.Ю. Джанелидзе и Д.Р. Меркина. – М., 1973. – Т. 3 (специальные главы механики). – 488 с.* 4. *Попов Е.П., Пальтов И.П. Приближенные методы исследования нелинейных автоматических систем. – М., 1960.* 5. *Повидайло В.А., Лопушенко В.В., Щигель В.А. Динамика бигармонического вибрототка с учетом влияния движущихся заготовок // Автоматизация технолог. процессов в машиностроении и приборостроении. – 1968.* 6. *Блехман И.И. Джанелидзе Г.Ю. Вибрационное перемещение. – М., 1964.*

УДК 621.891

Б.В. Гупка

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ ШНЕКОВИХ МЕХАНІЗМІВ МАШИН

© Гупка Б.В., 2001

**A number of design and technological measures for raising wear-resistance of working elements of screw-conveyer mechanisms is suggested. The constructions of stands for comparative study and given.**

Основними робочими і розвантажувально-навантажувальними органами машин і механізмів є шнекові механізми. Їх питома вага як транспортних машин становить у середньому 40–45 %

У машинобудуванні гвинтові подаючі пристрої широко використовуються як транспортні робочі органи транспортно-технологічних систем автоматичних ліній потоково-механізованих та інших комплексів при виготовленні і складанні різноманітних деталей та вузлів.

Основними конструктивними параметрами транспортно-технологічних систем є спіралі шнеків. Особливості технологічних процесів виготовлення гвинтових деталей зумовлені їх геометричною формою і засобами механізації та автоматизації. Поверхня гвинтової заготовки належить до складних гелікоїдальних поверхонь і на площину без деформацій не проектується.

Тому питання відпрацювання на технологічність конструкції гвинтових стрічок пов'язано з механізацією і автоматизацією їх виготовлення, з їх надійністю та довговічністю.

Під час роботи цих механізмів з шнековими робочими органами інтенсивно зношується периферійна частина гвинтової спіралі. Це відбувається з двох причин. По перше, периферія спіралі найбільш активно взаємодіє з матеріалом, який транспортується; по друге, під час виготовлення вона підлягає найбільшій деформації, що викликає утворення розрихленого шару металу з пониженою стійкістю до зношування.

Показники надійності неремонтоздатних систем, до яких належать шнеки, ґрунтується на поняттях функції надійності  $P(t)$  і функції відмови  $F(t)$ , пов'язаних відомою залежністю:

$$P(t) \leq t = F(t), \quad t \geq 0, \quad (1)$$

де  $t$  – випадкова величина, що означає напрацювання на відмову.

Тоді  $F(t)$  – ймовірність того, що система вийде з ладу до моменту часу  $t$ . Іншими словами,  $F(t)$  – одиниця напрацювання до відмови в часі.

Ймовірність безвідмовної роботи чи ймовірність того, що невідмовлююча система буде виконувати необхідну функцію в заданий момент часу і, можна записати у вигляді:

$$R(t) = 1 - F(t) = P(t > t), \quad (2)$$

де  $R(t)$  – ймовірність безвідмовної роботи.

Якщо випадкова величина  $t$  (напрацювання на відмову) має величину розподілу  $f(t)$ , то

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t) dt = \int_t^{\infty} f(t) dt. \quad (3)$$

Підвищити надійність і довговічність шнекових піднімально-транспортних, сільсько-господарських та інших машин можна такими методами:

- механічною або термічною, хіміко-термічною обробкою периферії спіралі;
- використання змінних або накладних елементів периферії спіралі;
- виготовлення спіралей з мінімальною деформацією периферії спіралі;
- збільшення товщини спіралі по зовнішньому діаметру;
- збільшення жорсткості спіралі;
- нанесення зносостійкого захисного покриття.

Для підвищення опору втомленості деталей застосовують методи поверхневого нагартування та інші.

Механічна обробка периферії спіралі може проводитися різними способами. До них належать: видалення периферійного розрихленого шару обточуванням (рис. 1, а); ущільнення периферії

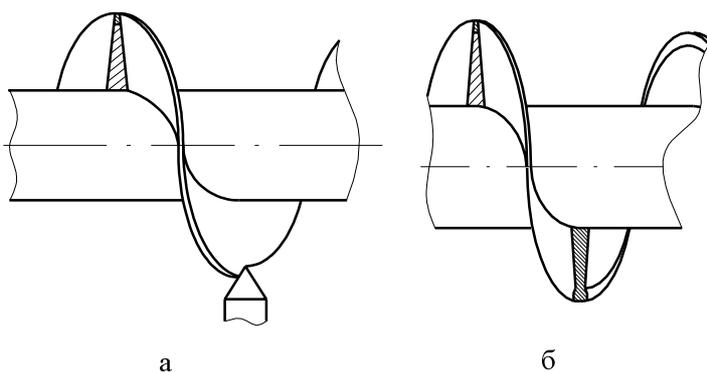


Рис. 1. Проточування периферії шнека (а), ущільнення периферії методом розвальцьовування (б)

гладкими або фасонними роликками з утворенням потовщення на периферії спіралі (рис. 1, б), останній спосіб потребує нагріву матеріалу спіралі.

В сучасних складних системах відмова навіть одного елемента може призвести до виключно серйозних наслідків. Тому основним завданням при створенні шнекових конструкцій є комплексний підхід з врахуванням всіх факторів на етапах конструювання, виготовлення і експлуатації.

Швидкість різання при проточуванні шнека з розрихленим твірним і певним кроком можна визначити з аналітичної залежності, [1]

$$V = \frac{280}{(T^{0,15} S^{0,2} t^{0,15})} K_v, \quad (K_v = K_\epsilon K_\phi K_M), \quad (4)$$

де  $K_g$  – коефіцієнт, який враховує товщину кромки шнека,  $K_g = h/2,5$ ;  $K_\phi$  – коефіцієнт, який враховує форму різця;  $K_M$  – коефіцієнт, який враховує матеріал шнека ( $K_M = 0,9$  – для Ст3,  $K_M = 1,0$  – для сталі 0,8 кп).

Як показали експериментальні дослідження, швидкість різання вибирається з умови імпульсу удару зовнішньої кромки спіралі по ріжучому кроці різця. При недотриманні цих співвідношень зовнішня гвинтова поверхня деформується і гнеться.

Підвищити зносостійкість спіралей шнеків можна також термообробкою їх периферії, наприклад, гартуванням СВЧ.

Використання змінних елементів периферії спіралі шнека дає змогу як використувати деталі з необхідними фізико-механічними характеристиками, так і замінювати зношені деталі в міру їх виходу з ладу.

Застосування накладних елементів, які кріпляться на периферії за допомогою зварювання, дає змогу встановити новий накладний елемент, замість зношеного. Якщо вищезгаданий елемент має круглий переріз, то, крім перерахованих переваг, він може бути легко виготовлений навиванням дроту на круглу оправку відповідного діаметра за допомогою токарного верстата.

Як накладні, так і основні гвинтові спіралі можна виготовляти двома прогресивними способами навивання доцільно використовувати питому висоту

$$b = \frac{B}{H_0} \approx 10 \dots 15, \quad (5)$$

де  $B$  – ширина стрічок;  $H_0$  – товщина заготовки.

А визначення конструктивних параметрів при прокатуванні використовують формулу для визначення нерівномірності витягування

$$D = \frac{r+b}{r} = \sqrt{\frac{(\pi D)^2 + T^2}{(\pi d)^2 + T^2}}, \quad (6)$$

де  $r$  – радіус спіралі по внутрішній границі;  $D$  – діаметр по зовнішній границі;  $T$ ,  $B$  – відповідно, крок та ширина стрічки.

При значенні  $D \approx 2,5 \dots 2,8$  технологічний процес доцільно здійснювати прокатуванням.

У результаті експериментальних досліджень встановлено, що можливе навивання стрічки із співвідношенням значно більшим.

Важливим фактором, який визначає надійність і довговічність шнека, є різниця в товщині зовнішньої та внутрішньої кромки. При прокатуванні товщина зовнішньої кромки в 1,5–2,6 рази менша, ніж внутрішньої, а при навиванні ця різниця зведена до мінімуму і становить 0,1–0,2 мм на 1 мм товщина навитої стрічки проти 0,3–0,6 мм при прокатуванні. Отже, товщина стрічки по зовнішній кромці одного і того типорозміру значно більша при навиванні, ніж при прокатуванні.

Закон зміни ширини поперечного перерізу полоси, враховуючи те, що максимальне радіальне напруження  $\sigma_p$  маленьке порівняно з напруженням текучості  $\sigma_s$ , при використанні умови навивання можна визначити товщину поперечного перерізу спіралі [2]

$$h_p = H_0 \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}}, \quad (7)$$

де  $\rho_0$  – радіус нейтрального шару деформації при відношенні ширини спіралі до початкової ширини заготовки  $\beta = B_1/B$  і можна визначити аналогічно [3] з умови постійності об'єму елементарного елемента до і після знімання

$$\rho_0 = B_y^2 \left( \frac{2\rho_c}{\sqrt{R} + \sqrt{r}} \right)^2, \quad (8)$$

де  $\rho_c$  – радіус центра тяжіння перерізу при змінній товщині спіралі.

Для великогабаритних шнеків, які мають великі навантаження з неробочої поверхні шнека, з певним інтервалом становлять опорні ребра жорсткості (рис. 2), які приварюються по вертикальній твірній до спіралі, а по основі до вала, віддаль між опорами становить у межах 0,5...1,5 Т.

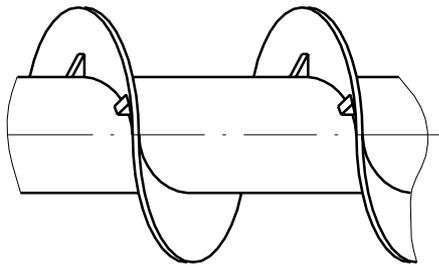


Рис. 2. Встановлення ребер жорсткості

Для зменшення інтенсивності розрихлення металу по зовнішньому діаметру можна застосувати навивання спіралей з забезпеченням мінімальної деформації на периферії спіралі. Для цього з внутрішньої частини заготовки роблять “викуси” клинової форми (рис. 3, а) які в міру навивання стають на стик, або розсікають заготовку спіралі з внутрішньої частини, і в міру навивання ця частина спіралі утворюється з перекриттям (рис. 3, б) і утворює шнек великої міцності та жорсткості.

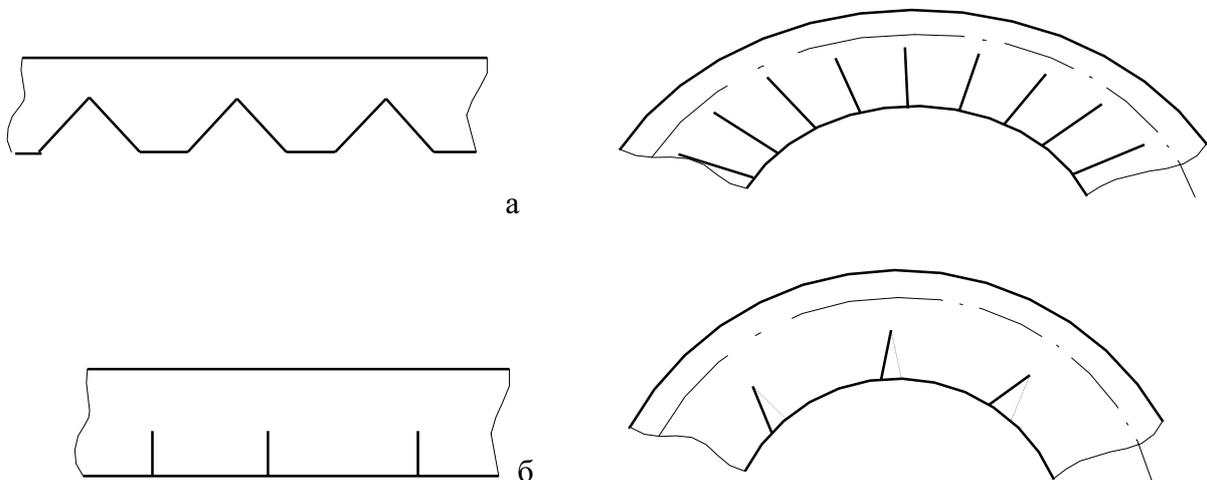


Рис. 3. Виготовлення широкополосних спіралей

Підвищити надійність шнекових механізмів можна також за допомогою збільшення жорсткості спіралі. Це досягається наданням перерізу спіралі спеціальної форми або утворенням на ній спеціальних “ребер” жорсткості (рис. 4).

Досягнути підвищення зносостійкості спіралей шнеків можна покриттям периферії спіралі гумою або пластмасою. Для фіксації покриття в спіралі виконують технологічні отвори (рис. 5).

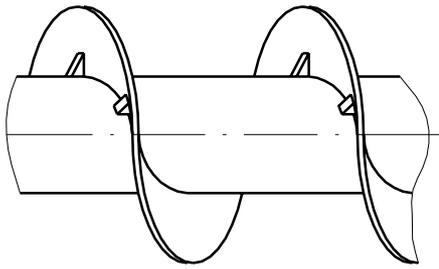


Рис. 4. Зміцнення спіралі шнека за допомогою ребер жорсткості

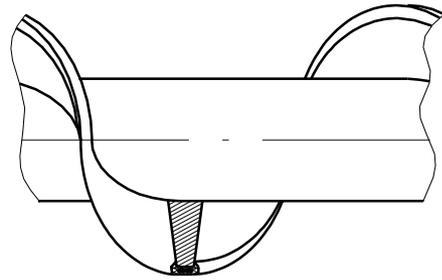


Рис. 5. Покриття периферії спіралі гумою

Нанесення на периферію спіралі з робочої сторони твердого сплаву також дає змогу підвищити її зносостійкість, особливо при роботі механізмів на матеріалах з підвищеними абразивними властивостями.

Проведено порівняльні дослідження зносостійких витих і прокатаних спіралей шнеків, а також міцності гнучких гвинтових стрічок як робочих органів гнучких пристроїв при зовнішньому діаметрі 26–100 мм, товщині полоси 2,7–4 мм і ширині 6–60 мм, виготовлених із сталі 0,8кп і 65Г.

Стенд для випробування гвинтових конвеєрів зображений на рис. 6, який складається із ємності 1, до якої жорстко приєднана опорна плита 2, з якою шарнірно зв'язані поворотні кронштейни. На останніх є електродвигуни 3, муфти 5, 6, в яких за допомогою нарізного з'єднання поставлені вали 7, які утримують гвинтові спіралі. Розміщені спіралі 8 в трубах 9, які жорстко прикріплені до поворотних кронштейнів, мають в зоні вивантаження вікна 10, через які транспортований матеріал висипається назад в ємність.

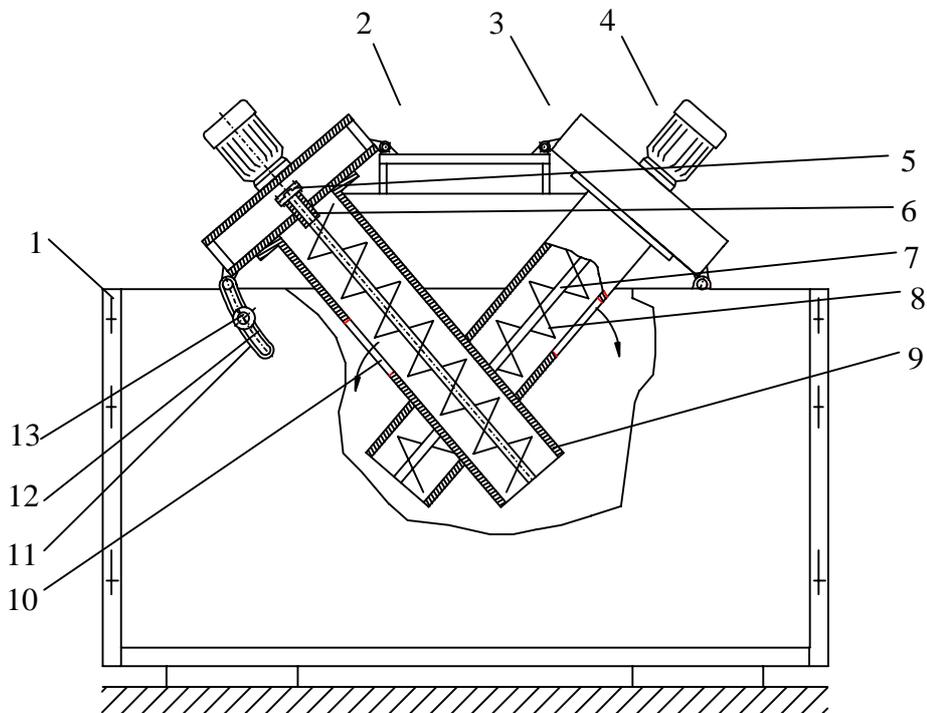


Рис. 6. Стенд для дослідження спіралей шнеків

Настроювання конвеєрів на потрібний кут здійснюється за допомогою штанг 11. Цикл роботи (транспортування) конвеєрів, показаний стрілками.

Цей стенд використовували для проведення порівняльних характеристик, надійності і довгостроковості гвинтових спіралей, одержаних методом навивання і прокатування з наступними конструктивними параметрами: зовнішній діаметр 100 мм, внутрішній діаметр 25 мм, крок 100 мм, величина зазору між спіраллю і жолобом 5 мм, товщина заготовки 3 мм. Товщина спіралі по внутрішній і зовнішній кромці становила для прокатних спіралей, відповідно, 3 і 1, 2 мм, для витих – 3,81 і 2,36 мм. Дослідження проводили на пшениці і піску при різних кутах встановлення конвеєрів і кутових швидкостях  $15\text{--}50\text{ с}^{-1}$ .

Основними показниками зносу приймали зменшення зовнішнього діаметра і товщини витка. Встановлено, що інтенсивність зносу прокатних спіралей шнеків в 1,5–3 рази більша, ніж витих. Це пояснюється меншою їх товщиною порівняно з прототипом і тим, що зовнішні шари спіралі розрихлені і після зварювання з валом їх доцільно зняти, проточити на глибину 1,5–2 мм.

Для випробовування робочих органів гвинтових конвеєрів на міцність при різних режимах розроблений і виготовлений стенд (рис. 7), система навантаження якого дає змогу моделювати

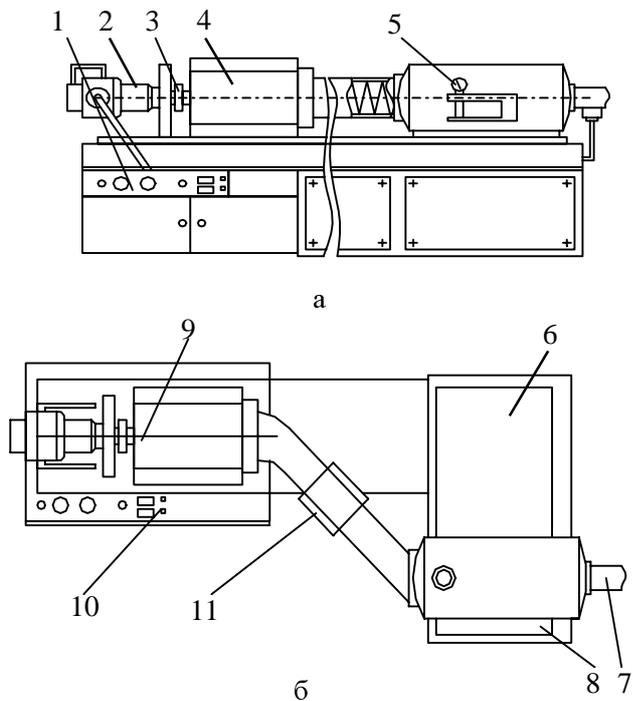


Рис. 7. Стенд для дослідження спіралей шнеків

характер навантаження, які виникають при переміщенні шнеком конкретного матеріалу. Стенд дозволяє проводити випробування в автоматичному режимі навантаження, на задані характеристики та через певні відрізки часу з одночасною фіксацією робочих циклів. Спеціальна комутуюча система керування стендом, крім корисного моменту опору, здійснює стопорний режим, дозволяючи визначити найбільш слабку ланку спіралі. В конструкції стенда використовується система приводу з безступінчастим регулюванням обертання приводного двигуна, що значно розширює експлуатаційні можливості.

Стенд (рис. 7, а) складається з коробчатої рами 1, всередині якої змонтований гідронасос з системою автоматичного управління, ємності з маслом, системи охолодження масла та фільтрації. На верхній частині стенда встановлений гідродвигун 2 гідростатичної передачі “ЗАУЗЕР”, який через муфту з’єднаний з тензометричною стійкою 4. На протилежному кінці стенда є порошкові гальма (ПГ-16М або ПТ40М), які можна встановлювати у будь-яке положення на приставних стійках 6 та 7 залежно від необхідної траєкторії переміщення транспортованого матеріалу. Крім цього, стенд укомплектований масивною стійкою, де знаходяться порошкові гальма, які можуть переміщатися в горизонтальній та вертикальній площинах.

На вільному кінці порошкового гальма поставлено струмознімальний пристрій 8, до якого через центральний отвір вала приєднані тензодавачі, прикріплені до струмознімального пристрою 9, змонтованого в самій стійці. Вся робота стенда здійснюється з пульта 10, який виконаний в переносному варіанті і може встановлюватись як біля самого стенда, так і на потрібній відстані.

На рис. 7, б, зображений стенд для випробування шнекових спіралей з зовнішнім і внутрішнім діаметрами 100 і 25 мм, кроком спіралі 80 мм, товщиною гвинтової стрічки 3,5 мм. Випробовувана спіраль встановлюється на вали тензотермічної стійки і порошкового гальма, до того ж кожух спіралі жорстко прикріплений до стійки і корпусу гальма. Установка спіралі на потрібній траєкторії здійснюється за допомогою проміжних стійок 11, які можуть розміщуватись по всій довжині шнека.

Дослідження показують, що максимальне навантаження спіраль отримує на приводному кінці, поперечний переріз яких в цьому місці повинний бути максимальним. У міру віддалення до виходу переріз спіралі, згідно з рекомендаціями, зменшують.

Дослідили значення крутного моменту, який передається валом і залежить від його запасу міцності. Якщо він достатньо великий (згідно з ГОСТом 2705-73), то практично вал сам повністю передає крутний момент. У шнеках з меншим запасом міцності в початковий період частину моменту передається спіраллю, але у міру припрацювання спіраль розтягується, оскільки її податливість набагато більша, ніж вала, і момент передається практично так само валом, але з більшим кутом закручування.

1. Гевко Б.М. *Технология изготовления спиралей шнеков.* – Львов, 1986. – 126 с. 2. Попов Е.А., *Основи теорії листової штамповки.* – М., 1980. 3. Моншин Е.М. *Гибка и правка на прессах.* – М., 1977.

УДК 621.3

П.С. Коруняк, В.М. Боровець

## АВТОМАТ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА КОНТАКТУ МАГНІТНОЇ ПРОБКИ

© Коруняк П.С., Боровець В.М., 2001

**The operation of assembly of an item is final in a manufacturing process of his manufacturing. As this operation concerns to monotonic and wearisome operation that creation of means of automation for its fulfilment – with a major problem of engineering.**

**The offered construction of an assembly automaton of contact of a magnetic fuse of an automobile gas system is considered. The construction of an automaton as a whole and his actuators in particular, and also their principle of operation is circumscribed.**

Складання є кінцевим етапом виробництва або ремонту виробу. Трудомісткість складання на багатьох виробництвах досить висока. Незважаючи на певні досягнення науки і техніки в питаннях автоматизації виробничих процесів, автоматизація складання вузлів і виробів внаслідок певних технічних і технологічних причин значно відстає. Наприклад, із всього обсягу складальних процесів у машинобудуванні частково механізовано не більше 25 %, а для автоматизації складальних робіт навіть на заводах масового виробництва близько 7 %.

Розробкою і виготовленням складальних автоматів займається колектив кафедри механіки та графіки Львівського державного аграрного університету, де було розроблено складальний автомат для малогабаритного вузла контакту магнітної пробки газобалонної автомобільної системи. Даний виріб складається з двох деталей (рис. 1): контакту *a* та гумового кільця *b* і технологічний процес заключає у нанизуванні гумового кільця на контакт.