

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

Ю. В. Широкий, Т. О. Постельник

**КОНСТРУЮВАННЯ УСТАТКУВАНЬ
ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА.
ЗАХОПЛЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ
ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ**

Навчальний посібник

Харків «ХАІ» 2021

УДК 621.865.8-047.84.002(075.8)

Ш64

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. К. О. Костик,
канд. техн. наук, доц. О. М. Мелкозьорова

Широкий, Ю. В.

Ш64 Конструювання устаткувань для автоматизованого виробництва. Захоплювальні пристрої промислових роботів [Текст] : навч. посіб. / Ю. В. Широкий, Т. О. Постельник. — Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. — 72 с.

ISBN 978-966-662-836-0

Розглянуто основні види захоплювальних пристроїв і робочих інструментів промислових роботів. Подано основні методики проектування захоплювальних пристроїв промислових роботів. Наведено приклади основних типів захоплювальних пристроїв і технологічних приладів промислових роботів.

Для студентів вищих технічних закладів, що навчаються за спеціальностями «Прикладна механіка», «Галузеве машинобудування». Буде корисним при вивченні дисциплін «Основи гнучкого виробництва», «Інженерія логістичних систем», «Конструювання промислових роботів» та для курсів, пов'язаних із застосуванням нових технологій у машинобудуванні та інших галузях промисловості.

Іл. 54. Табл. 5. Бібліогр.: 15 назв

УДК 621.865.8-047.84.002(075.8)

© Широкий Ю. В., Постельник Т. О., 2021

© Національний аерокосмічний

університет ім. М. Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут», 2021

ISBN 978-966-662-836-0

ВСТУП

Один з основних напрямків розвитку сучасного виробництва – це максимальне зменшення людської праці завдяки автоматизації виробничих процесів різними засобами автоматизації виробництва. І одним з таких засобів є застосування промислових роботів (ПР), тобто роботизація виробництва.

Роботизація є пріоритетним розвитком процесу автоматизації виробництва, оскільки її застосування дозволяє автоматизувати більшість видів виробничих процесів або їхні частини. Сучасні роботизовані технологічні комплекси потребують вибору номенклатури використовуваних захоплювальних пристроїв (ЗП), що, у свою чергу, веде до необхідного технологічного аналізу конструкцій виробів та їх групування за конструктивно-технологічними ознаками. Використання об'єктів захоплювання з різноманітними формами і розмірами та урахування вимог до їх захоплювання і подальшого утримання веде до великої кількості та різноманітності захоплювальних пристроїв. Наприклад, при використанні промислових роботів на серійному виробництві практично неможливо врахувати всі вимоги, поставлені до захоплювачів. Тому часто виникає ситуація, коли на виробництві для одного й того ж промислового робота використовують різні типи захоплювальних пристроїв.

Виробники промислових роботів і маніпуляторів комплектують їх набором типових захоплювальних пристроїв. Але за потреби промислові роботи оснащують також спеціальними захоплювачами, призначеними для виконання певних операцій. Тому до захоплювальних пристроїв ставлять певні вимоги як загального характеру, так і спеціальні, пов'язані з конкретними умовами роботи. Наприклад, до обов'язкових вимог належать надійність захоплювання й утримання об'єкта, стабільність базування, неможливість пошкодження або руйнування поверхонь об'єкта. Обслуговування одним промисловим роботом кількох одиниць обладнання або одночасне оброблення деталей різної конфігурації й маси потребує використання швидкозмінних або широкодіапазонних захоплювальних пристроїв.

Тому узагальнені знання з існуючих захоплювальних пристроїв ПР та навички з конструювання їх основних типів сприятимуть більш ефективній автоматизації виробництва та збільшенню різноманітності використовуваних промислових роботів.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Захоплювальні пристрої призначені для виконання функцій утримання об'єкта маніпулювання під час транспортування, а також для орієнтації і базування. Захоплювальний пристрій має надійно утримувати переміщуваний об'єкт при будь-яких рухах маніпулятора, які виконуються як по черзі, так і одночасно, з прискоренням і гальмуванням. При цьому пальці, що контактують з деталлю, не повинні залишати слідів на її поверхні. Питомий тиск у місці контакту часто має бути невеликим, особливо при роботі з крихкими об'єктами, що призводить до необхідності збільшення площ контактувальних поверхонь.

Захоплювальний пристрій має бути по можливості легким, оскільки, будучи органом, найбільш віддаленим від осей повороту кисті та руки робота, створює при розгонах і гальмуванні найбільші навантаження на несучі елементи конструкції робота і його приводи, що істотно впливає на вантажопідйомність робота і силу його приводів.

Захоплювальний пристрій має утримувати об'єкти як з сухими поверхнями, так і з поверхнями, покритими рідким і консистентним змащенням, теплозахисними речовинами, фарбовані і нефарбовані. Об'єкти маніпулювання можуть бути твердими і м'якими, жорсткими і крихкими, регулярної форми і змінними, у вигляді листів, валів, стаканів, маточин, корпусів тощо.

Все це визначає різноманіття можливих підходів до вибору принципу класифікації захоплювальних пристроїв. Захоплювальні пристрої можна поділити за типом приводних пристроїв, проте кінематичні схеми механічних захоплювальних пристроїв з гідроприводом і захоплювальних пристроїв з пневмоприводом практично однакові. Більш того, велика кількість кінематичних схем, які є типовими для захоплювальних пристроїв з пневматичним і гідравлічним приводами, можуть бути реалізовані за допомогою електромеханічного приводу.

1.1 Класифікація захоплювальних пристроїв

Механічні, вакуумні й магнітні захоплювальні пристрої класифікують за способом їх взаємодії з об'єктом (перший рівень); об'єкт можна

собою комбінацію перелічених вище. Аналіз подальших рівнів класифікації показує, що вони не мають принципових відмінностей від трьох попередніх і не потребують особливого розгляду.

Другий рівень класифікації стосується виконавчого елемента, який безпосередньо контактує з об'єктом маніпулювання – пальцем. Палець може бути наділений або не наділений здатністю адаптуватися до форми об'єкта. Відповідно до цього пальці поділяють на жорсткі й адаптивні (деформовані).

У конструкціях сучасних промислових роботів захоплювальні пристрої з адаптивними пальцями поки рідкісні, але поява останнім часом досить досконалих конструкцій подібного типу дозволяє вважати, що їх застосування буде розширюватися.

Третій рівень класифікації оснований на встановленні наявності або відсутності руху пальців під час захоплення деталі. Рухливі пальці можуть здійснювати плоскопаралельні, поступальні в площині та прямолінійні рухи.

Четвертий рівень класифікації визначає наявність або відсутність передавального механізму між веденою ланкою приводу і пальцями.

П'ятий рівень класифікації пов'язаний з типом передавального механізму, який може бути важільним або містити гнучкі ланки у вигляді тросових, ланцюгових передач та ін.

1.2 Кінематичні схеми захоплювальних пристроїв

Переважна більшість сучасних промислових роботів оснащена механічними захоплювальними пристроями, хоча нерідко передбачена можливість їх замінення на вакуумні або електромагнітні. Корпус захоплювального пристрою, що містить зазвичай пальці й передавальний механізм, разом з приводом руху пальців монтується на кисті. Кисть може бути або жорстко встановлена на руці робота, або мати одну, дві або три ступені рухомості – можливості повороту навколо різних осей або поворотів у поєднанні з лінійними рухами. Кількість ступенів рухомості кисті значною мірою характеризує технологічні можливості робота.

При визначенні кількості ступенів рухомості кисті рухомість пальців не враховується. Зазвичай корпус захоплювального пристрою має стикувальний вузол, що виконується у вигляді фланця, стакану, втулки, хвостовика і т. п., для його встановлення на кисті робота. Найбільш поширені механічні захоплювальні пристрої з жорсткими рухомими пальцями забезпечені передавальним механізмом.

Рухомість пальців не обов'язково зумовлює наявність передавального механізму. Наприклад, передавальний механізм відсутній у захоплювальному пристрої, в якому пальці встановлені на поршнях, що переміщуються, затискаючи деталь, при подачі тиску безпосередньо в циліндр. Можливе виконання захоплювального пристрою з рухомими пальцями без приводу. Такими є всі самозахисні захоплювальні пристрої, в яких джерелом енергії є вага деталі, яка перетворюється передавальним механізмом на силу захоплення пальцями.

1.2.1 Кінематичні схеми механічних захоплювальних пристроїв

Найбільш широко в конструкціях сучасних промислових роботів використовуються механічні захоплювальні пристрої з двома жорсткими пальцями, що вдосконалює рух в одній площині: плоскопаралельний, поступальний, прямолінійний. Робоча поверхня пальців таких захоплювальних пристроїв, призначена для взяття об'єкта ззовні, являє собою або призму, або площину, або бічну поверхню циліндра обертання. Для захоплювальних пристроїв з подібними пальцями зручно ввести поняття «центр захоплення» і «вершина пальця» (рисунок 1.2).

Центром захоплення є спроектований на базову площину руху пальців центр кола, вписаного в багатокутник, утворений робочими площинами пальців, або центр найбільшого кола, що торкається кіл циліндричних робочих поверхонь пальців.

Вершиною пальця, яка розглядається у цій же площині, є точка перетину дотичних з поверхнею деталі в місцях її контакту з пальцем, якщо палець торкається об'єкта двома площинами, або точка дотику пальця з об'єктом, якщо він має тільки одну робочу поверхню.

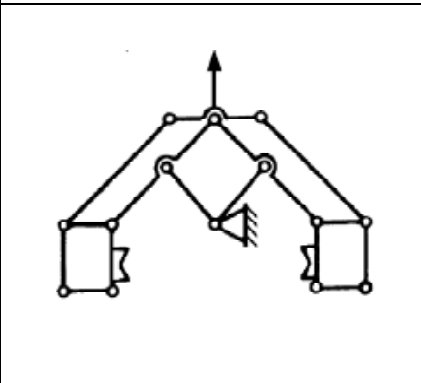
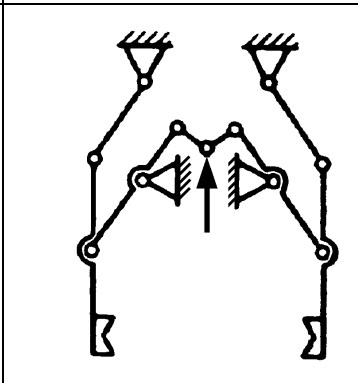
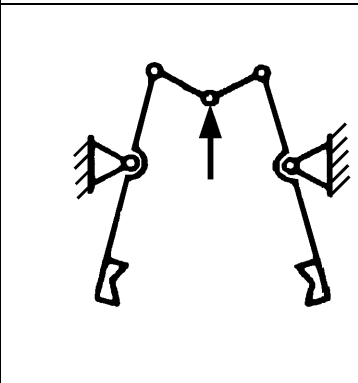
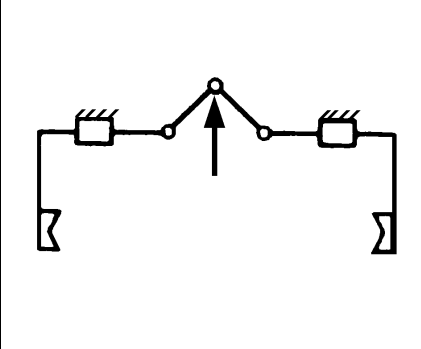
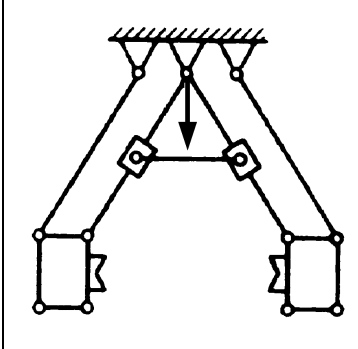
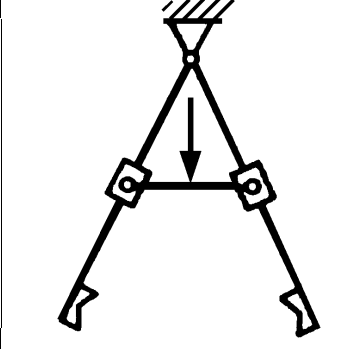
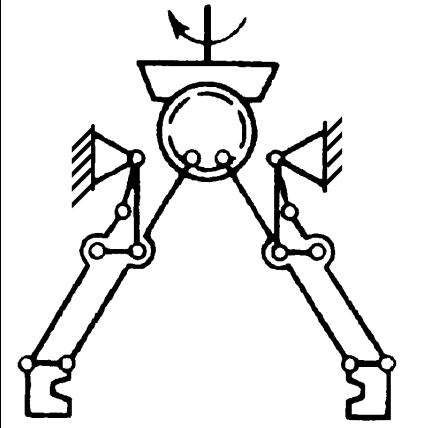
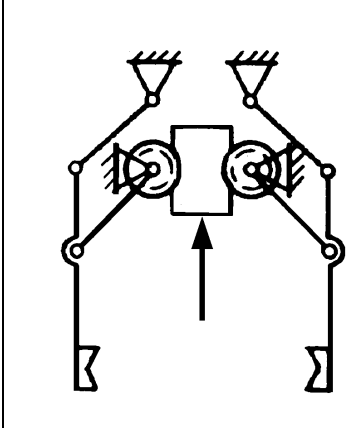
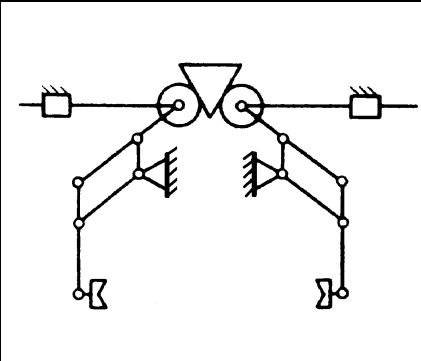
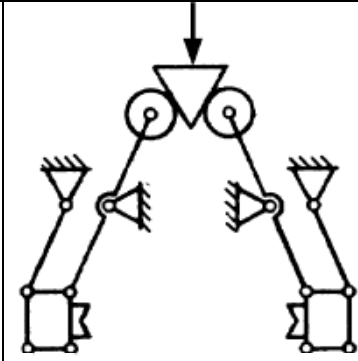
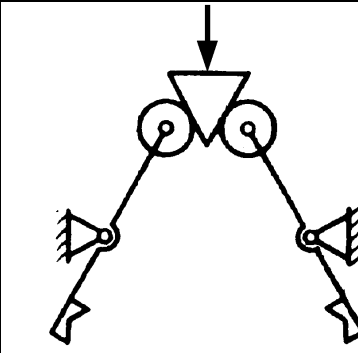
Вид руху жорстких пальців			
Тип	Прямолінійний	Поступальний	Плоскопаралельний
Важільно-шарнірний			
Важільно-повзунковий			
Важільно-зубчастий			
Важільно-кулачковий			

Рисунок 1.2 – Принципові кінематичні схеми важільних передавальних механізмів

При плоскопаралельному русі пальців їх вершини переміщуються по дузі кола, а положення центру захоплення залежить від кута нахилу

вихідної ланки передавального механізму. При поступальному руху пальців їх вершини також переміщуються по дузі, а центр захоплення зміщується вздовж його поздовжньої осі, але орієнтація самого пальця в просторі залишається незмінною. При прямолінійному руху пальців їх вершини переміщуються по прямих, що їх з'єднують, а положення центру захоплення залишається незмінним.

Можливі схеми захоплювальних пристроїв з важільними передавальними механізмами, пальці яких здійснюють один з трьох зазначених площинних видів руху, зображено на рисунку 1.2. Тут подано чотири типи передавальних механізмів: важільно-шарнірний, важільно-повзунковий, важільно-зубчастий, важільно-кулачковий.

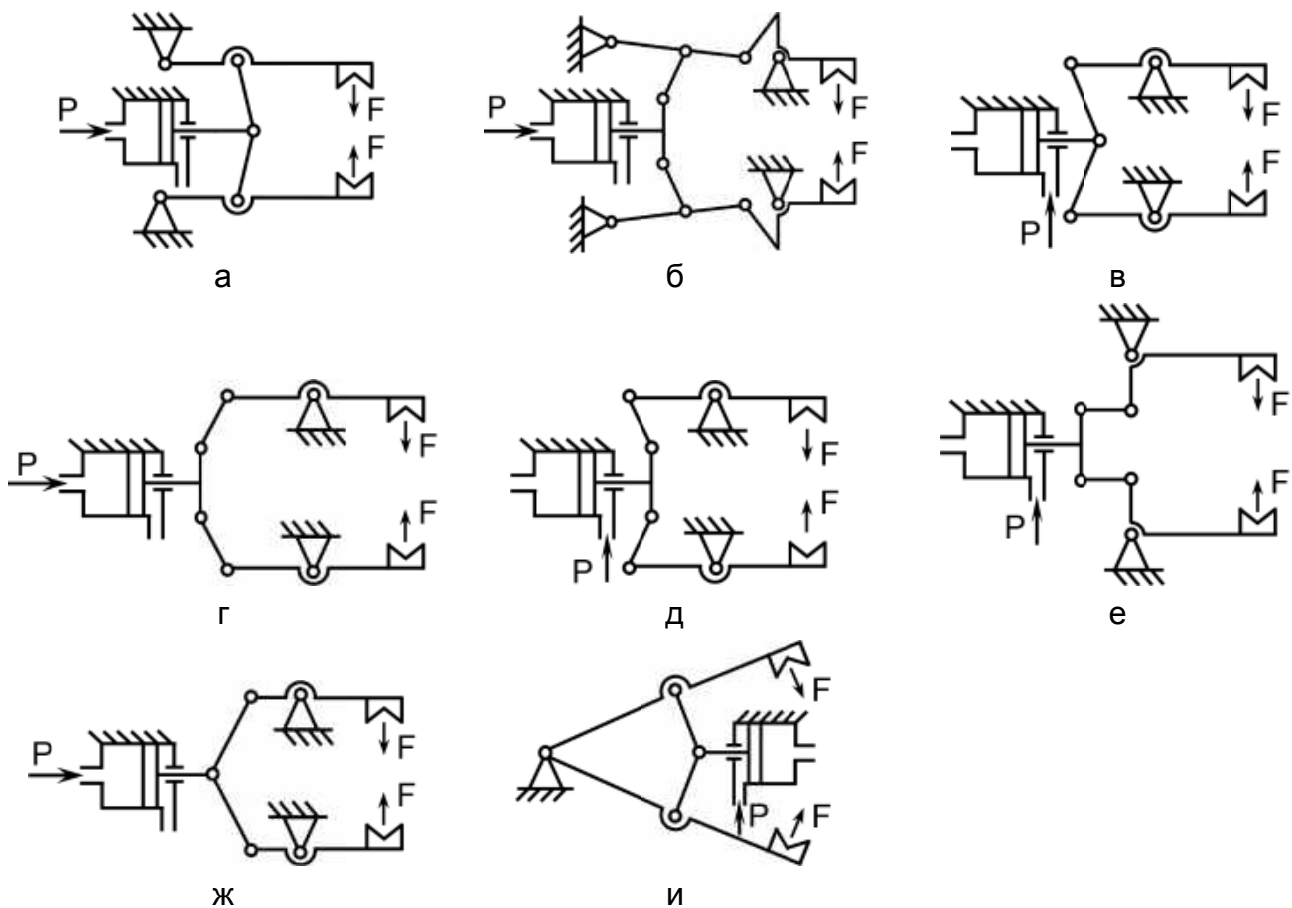


Рисунок 1.3 – Принципові кінематичні схеми важільно-шарнірних передавальних механізмів, що забезпечують плоскопаралельний рух пальців

Найпоширенішою є шарнірне установлення вихідної ланки передавального механізму в корпусі захоплювального пристрою і жорстка фіксація на ньому пальців, що забезпечує їх плоскопаралельний рух.

Істотним недоліком цих захоплювальних пристроїв є те, що положення центру захоплення залежить від кута нахилу вихідної ланки. Це обмежує можливість використовувати такий захоплювальний пристрій тільки для роботи з деталями, розміри яких відрізняються небагато.

Усе різноманіття конструктивних виконань захоплювальних пристроїв з плоскопаралельним рухом жорстких пальців, що реалізуються за допомогою важеля шарнірного передавального механізму, може бути зведено до кількох базових принципів схем, поданих на рисунку 1.3.

Досить широко в сучасних промислових роботах використовують механічні захоплювальні пристрої з плоскопаралельним рухом жорстких пальців, з важільно-повзунковими передавальними механізмами, які виконані за схемами, наведеними на рисунку 1.4. Шарнірне устанавлення вихідної ланки в корпусі з одночасним шарнірним устанавленням пальця на вихідній ланці при введенні паралелограмного механізму дозволяє отримати поступальний рух пальця.

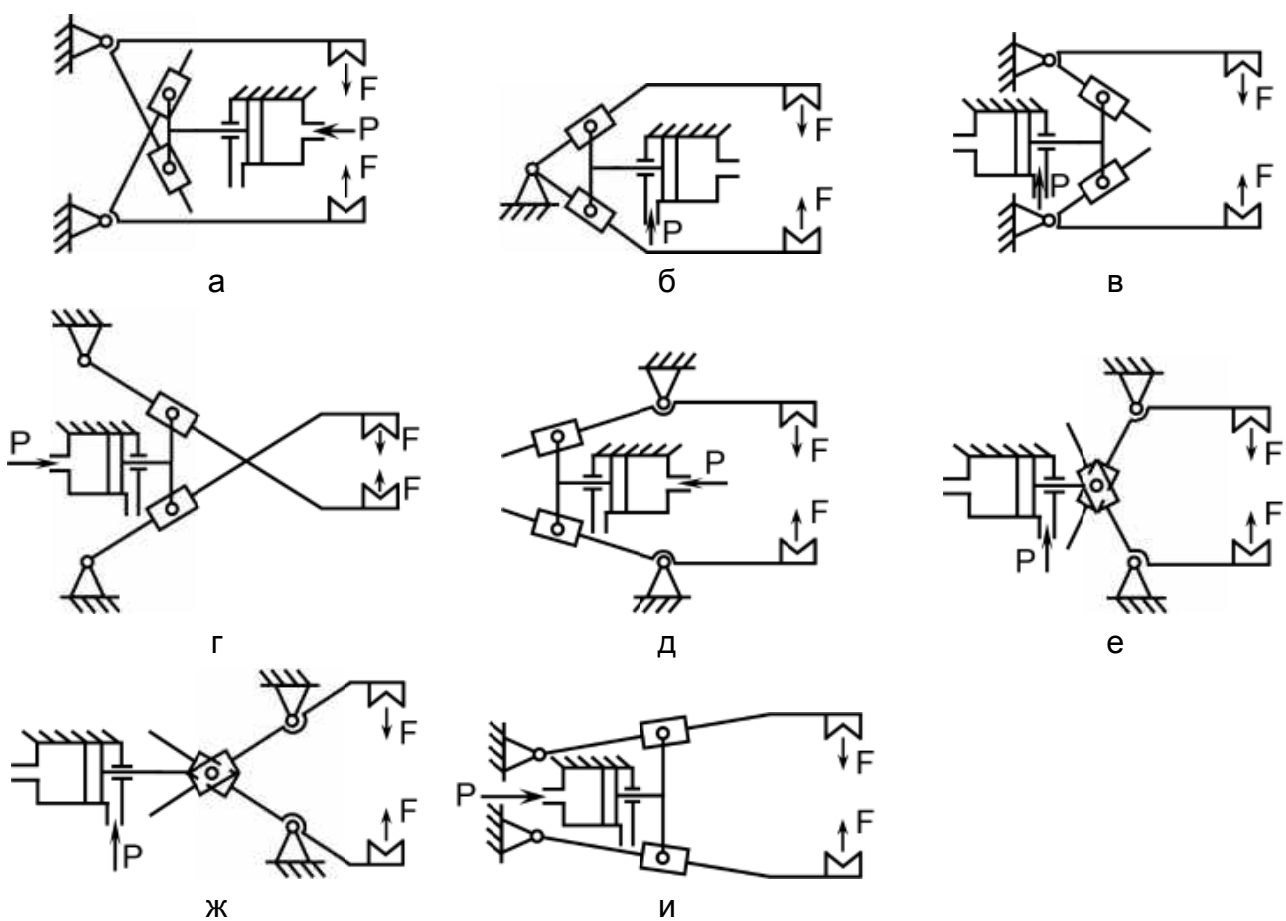


Рисунок 1.4 – Принципові кінематичні схеми важільно-повзункових передавальних механізмів, що забезпечують плоскопаралельний рух пальців

Недоліком захоплювальних пристроїв, побудованих за такою схемою, є залежність положення центру захоплення від кута нахилу вихідної ланки. У ряді схем реалізується прямолінійний рух пальців, що робить такі захоплювальні пристрої універсальними. В одних випадках вихідна ланка установлюється на прямолінійній напрямній. В інших випадках для отримання прямолінійного руху використовуються деякі види важільних механізмів, зокрема прями, наприклад прями Чебишева, і механізми типу пантографів.

Рейково-зубчасті передачі, кінематичні схеми яких [9] показано на рисунку 1.5, знайшли широке застосування в конструкціях механічних ЗП.

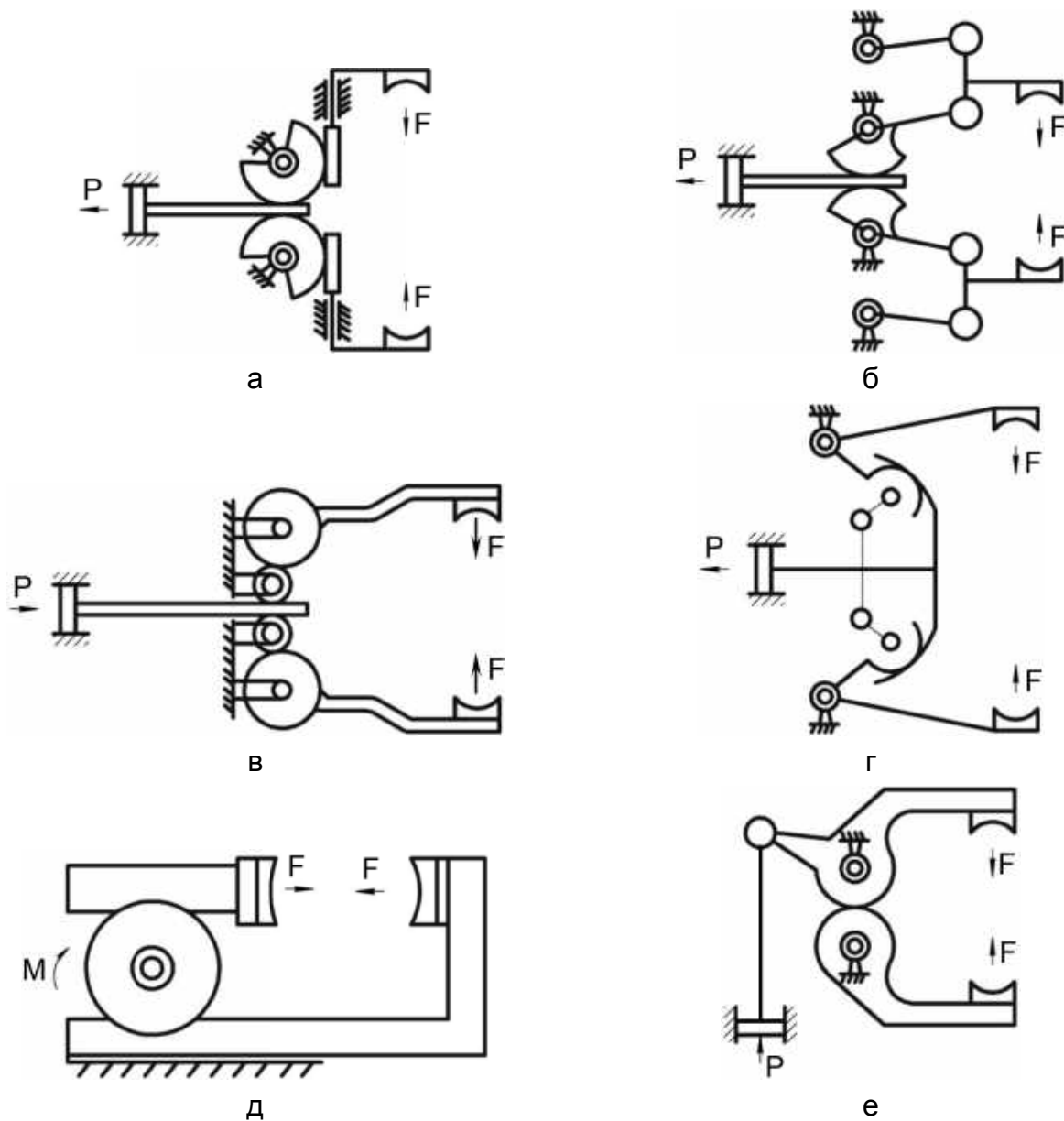


Рисунок 1.5 – Кінематичні схеми (а–е) механічних захоплювальних пристроїв з рейково-зубчастими передачами

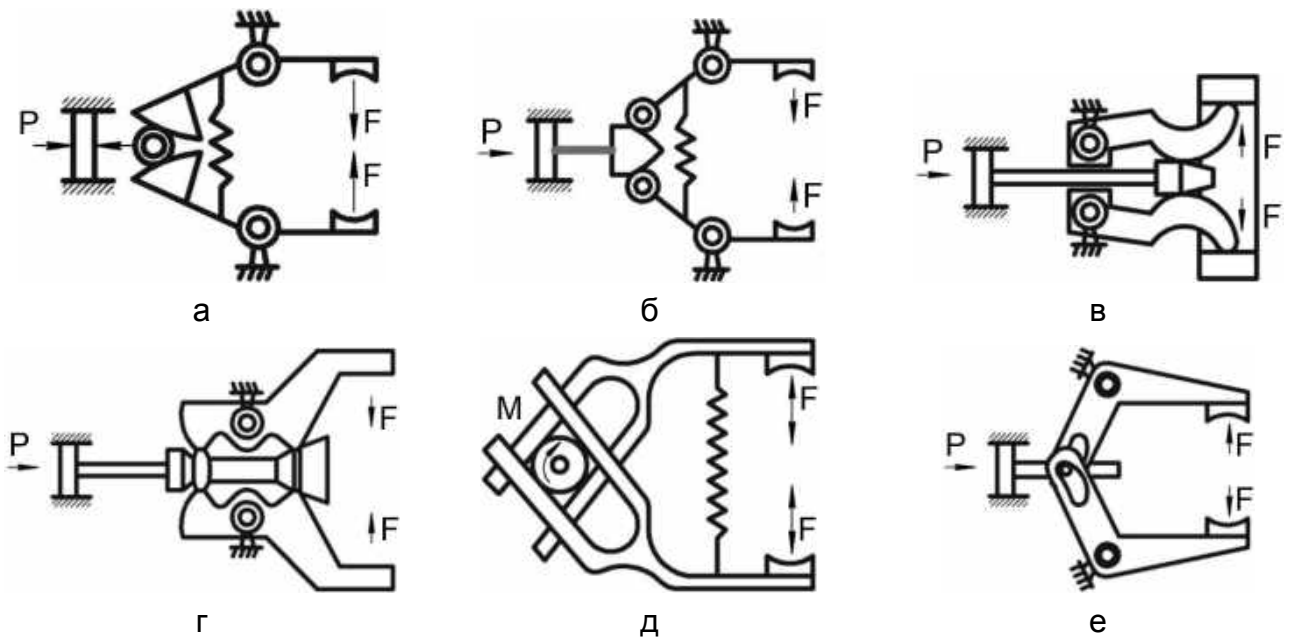


Рисунок 1.6 – Кінематичні схеми механічних захоплювальних пристроїв з клиновими та кулачковими передачами

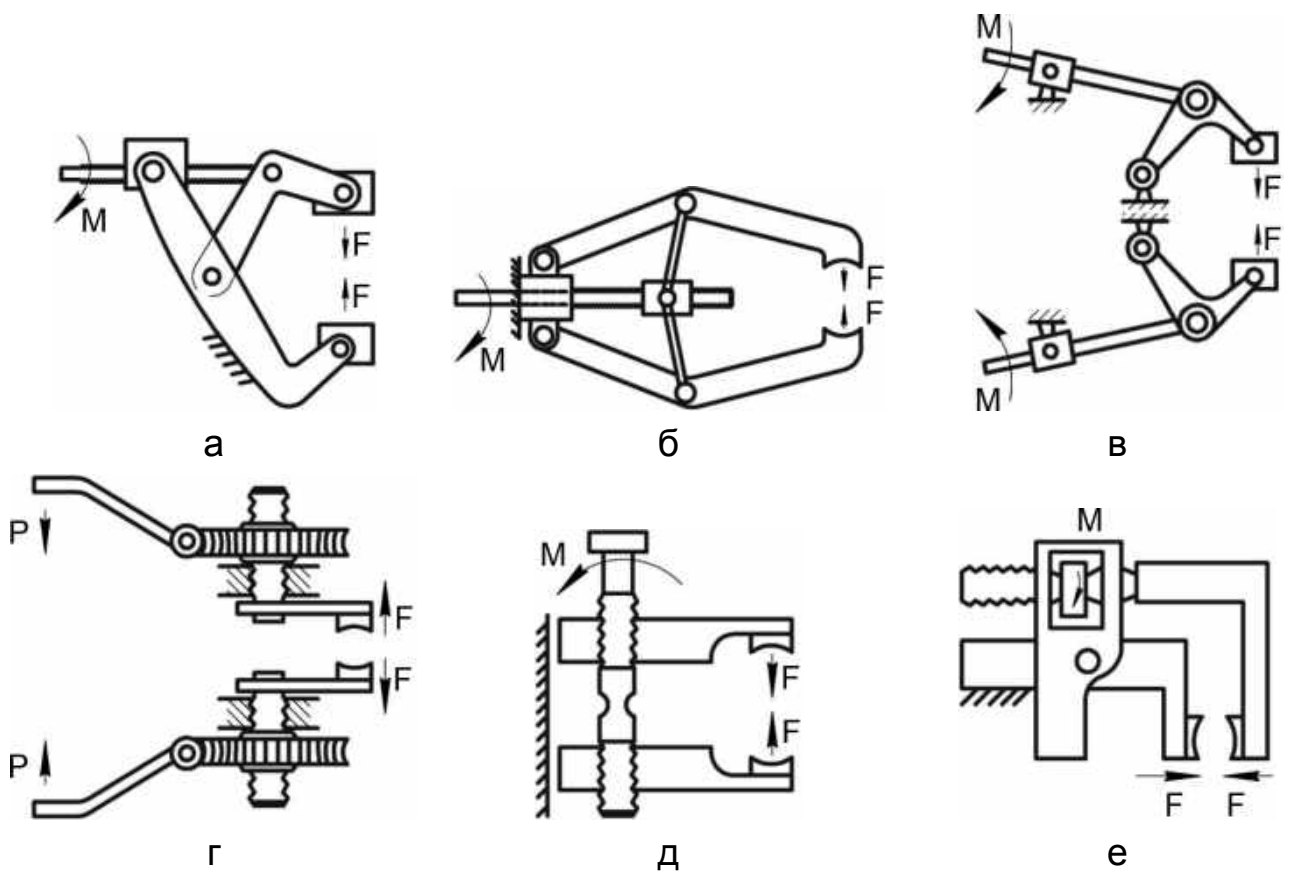


Рисунок 1.7 – Кінематичні схеми захоплювальних пристроїв з гвинтовими передачами

Порівняно з важільними вони мають менші габаритні розміри, забезпечують більше розкриття губок, але не дають виграшу в зусиллі затиску об'єкта. Застосування рейково-зубчастих передач забезпечує рівномірний рух губок ЗП, що полегшує центрування деталей типу тіл обертання при їх захопленні.

Конструкції ЗП з клиновими передачами показано на рисунку 1.6. Клинові передачі дозволяють губкам здійснювати рівномірні і при цьому дещо різномірні рухи, якщо цього потребує виробничий процес.

Захоплювальні пристрої з гвинтовими передачами (рисунок 1.7) забезпечують високу точність переміщення захоплювальних губок і значні зусилля затиску (утримання) деталі.

1.3 Можливості використання захоплювальних пристроїв

Машинобудівні деталі, які є на операціях механічної обробки об'єктами маніпулювання ПР, за формою можна укрупнено поділити на п'ять груп: деталі типу фланців (кільця, диски), валів (гільзи, труби) і корпусів (бруски, плитки), а також плоскі і складної форми. Розглянемо основні типи ЗП в аспекті їх використання для завантаження верстатів. Для ПР, які обслуговують металообробні верстати, найбільш зручними є захоплювальні механічні ЗП. Як зазначалося вище, характеристики пристроїв з еластичними камерами не дозволяють поки що використовувати їх в металообробці. Підтримувальні ЗП також застосовуються в металообробці порівняно рідко. Притягувальні ЗП мають велике значення для випадків, коли завантаження відбувається зі стопки або коли деталі укладені щільно. Вакуумні ЗП зазвичай використовують для плоских неважких деталей. Область застосування магнітних ЗП, особливо електромагнітних, в принципі може бути ширшою, хоча істотним обмеженням є неможливість захоплення виробів з кольорових металів і пластмас, а також намагнічування деталей. Важливе значення для ЗП, які використовуються в металообробці, має характер базування. Пристрої, здатні до перебазування, як зазначалося вище, мають поки експериментальний характер і в зв'язку з великою складністю, ймовірно, не знайдуть широкого застосування на операціях, які можна виконати більш простими засобами (зокрема, в металообробці). Найбільш

важливими тут є центрувальні і базуючі ЗП. Центрувальні ЗП придатні для деталей, що мають вісь або площину симетрії, тобто у першу чергу для фланців, валів, симетричних корпусів. Особливо зручними такі пристрої є у випадках, коли базування деталей у верстаті також відбувається по осі або площині симетрії (патрони і центри токарних верстатів, центрувальні тиски фрезерних і фрезерно-центрувальних верстатів). У серійному виробництві центрувальні, широкодіапазонні ЗП дозволяють переходити з одного типорозміру завантажуваних деталей на інший без переналагодження робота. Базуючі ЗП застосовують для деталей, базування яких в устаткуванні не пов'язано з симетрією, або для несиметричних деталей (плоских і складної форми). Такі ж базуючі пристрої (вузькодіапазонні) можна використовувати в масовому виробництві для завантаження симетричних деталей, оскільки у цьому випадку переналагодження не потрібно, а базуючі ЗП зазвичай більш прості, ніж центрувальні. Застосування ЗП з різним ступенем спеціалізації в металообробці визначається серійністю виробництва. Універсальні пристрої, як зазначалося вище, поки не знаходять застосування. Багатоцільові ЗП зазвичай є вузькодіапазонними, що мають спеціальні губки для захоплення виробу за різні поверхні (до і після оброблення або при перебазуванні). Найбільшого поширення набули цільові ЗП, з яких вузькодіапазонні використовуються в масовому виробництві, а широкодіапазонні – в серійному. Спеціальні ЗП застосовуються в масовому виробництві для захоплення деталей складної форми. ЗП з додатковими пристроями поки що застосовуються в металообробці обмежено і зазвичай у масовому виробництві. Пристрої для локальних переміщень використовуються в ЗП спрощених роботів агрегатного типу. У масовому виробництві знаходить також застосування оснащення ЗП вимірювальними пристроями. Цікавим прикладом є запропоноване ЕНДМС установлення амплітудного датчика кута повороту пальців широкодіапазонних центрувальних захоплювачів для тіл обертання. Датчики контролюють правильність базування деталі на верстаті, вимірюючи її биття.

Більшість ЗП, що застосовуються в металообробці, – однопозиційні або двопозиційні – послідовної дії. Багатопозиційні ЗП паралельної або комбінованої дії можна використовувати при завантаженні

багатопозиційних агрегатних і автоматичних ліній. За типом керування ЗП для завантаження деталей у верстати є здебільшого цикловими. За характером кріплення ЗП до ПР в металообробці переважають змінні пристрої (масове виробництво) і швидкозмінні (серійне виробництво). ЗП для автоматичного змінення в багатьох випадках можуть бути уніфіковані за місцями кріплення зі швидкозмінними. Поки вони ще не знайшли широкого застосування, але з розширенням автоматизації серійного виробництва їх значення збільшується. Найбільшого поширення в ПР для завантаження верстатів отримали механічні ЗП. Приводом в них є пневматичні, гідравлічні й електромеханічні пристрої. Пневматичні приводи використовують в основному при малих і середніх масах деталей, гідравлічні застосовують досить широко, а електромеханічні знаходять поки обмежене застосування. Пружинні ЗП використовують порівняно рідко, в основному в умовах масового виробництва. Застосовують ЗП з різними типами передавальних механізмів. При цьому для ЗП з пневматичним приводом характерними є механізми, здатні збільшити силу затиску: клиновий, важільний, кулачковий. Для гідравлічних ЗП широко використовують рейкові передачі, для ЗП з електричним приводом або з приводом від пневмодвигуна – черв'ячні і гвинтові. Самогальмівні передачі дозволяють зберігати необхідне зусилля затиску при вимкненому приводі. Однак слід передбачати перевищення крутного моменту від привідного мотора при розтискненні заготовки над моментом при її затиску, оскільки можливе заклинювання механізму.

Запитання для самопідготовки

1. Який елемент захоплювального пристрою безпосередньо контактує з об'єктом маніпулювання?
2. Дайте визначення поняття «центр захоплення».
3. Дайте визначення поняття «вершина пальця».
4. Наведіть основні типи принципів кінематичних схем важільних передавальних механізмів захоплювальних пристроїв.
5. Які ви знаєте принципів кінематичні схеми важільно-шарнірних передавальних механізмів захоплювальних пристроїв.
6. Наведіть принципів кінематичні схеми важільно-повзункових передавальних механізмів, що забезпечують плоскопаралельний рух пальців.

2 ТИПОВІ КОНСТРУКЦІЇ ЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

2.1 Конструкції механічних захоплювальних пристроїв

Некеровані ЗП – конструкції, виконані за типом пінцета, пружних розрізних валиків і втулок (цанг) або кліщів з однією і двома рухомими губками, на які впливають пружини (рисунок 2.1) [9]. Робочі елементи таких ЗП розпрямляються при контакті з заготовкою, тому поверхні деталі або затискних елементів можуть бути пошкоджені.

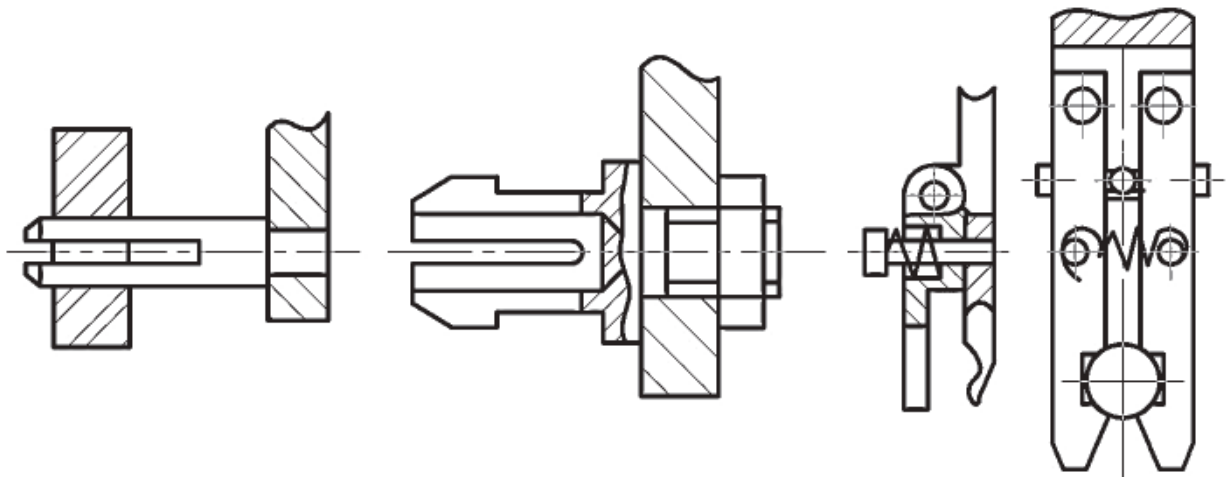


Рисунок 2.1 – Некеровані захоплювальні пристрої

Вивільнення об'єкта – примусове, із застосуванням додаткових пристроїв. Використовуються в умовах масового виробництва при маніпулюванні з об'єктами невеликої маси і розмірів. Командні ЗП зі стопорними механізмами – автономні пристрої з чергуванням циклів затиску і розтиснення деталей, які не потребують спеціальних команд від системи керування і підведення енергії. Деталь утримується пружинами завдяки ефекту самозатягування або замикальної дії губок. Зазвичай подібні ЗП можуть працювати тільки при вертикальному розташуванні. На рисунку 2.2, а подано ЗП для захоплювання валів або фланців за зовнішню поверхню. Пристрій являє собою корпус 7, на якому закріплена напрямна 5, яку замикає планка 4. По напрямній 5 ковзає головка 3, в якій шарнірно закріплені губки 1. У робочому положенні ЗП замикає планка 4, яка входить між верхніми кінцями губок 1, перешкоджаючи їх розкриттю. При укладанні виробу в розвантажувальну позицію ЗП переміщується вниз. Після контакту виробу з позицією головка закріпленим в ній упором 2

впирається у виріб і зупиняється, а корпус 7 продовжує опускатися. При цьому планка 4 також опускається і звільняє губки 1, які під дією пружини 13 розходяться, звільняючи виріб. Одночасно спрацьовує стопорний пристрій. Він складається з вільнообертової засувки 11, розміщеної на осі 12, нижньої втулки 9, закріпленої на корпусі 7, і верхньої втулки 8. Ця втулка має знизу храпові зубці, а нижня 9 має зубці знизу і зверху і, крім того, забезпечена прорізом 6 за формою засувки 11. У засувці по боках є трикутні виступи 10, зміщені відносно храпових зубців. При зближенні корпусу 7 і головки 3 засувка входить в зачеплення з верхніми храповими зубцями і повертається на 45° . Після того як корпус і головка розходяться, засувка входить в зачеплення з верхніми храповими зубцями втулки 9, повертається ще на 45° і її виступи 10 виявляються зміщеними на 90° відносно прорізів втулки 9. Заціпка буде утримуватися втулкою.

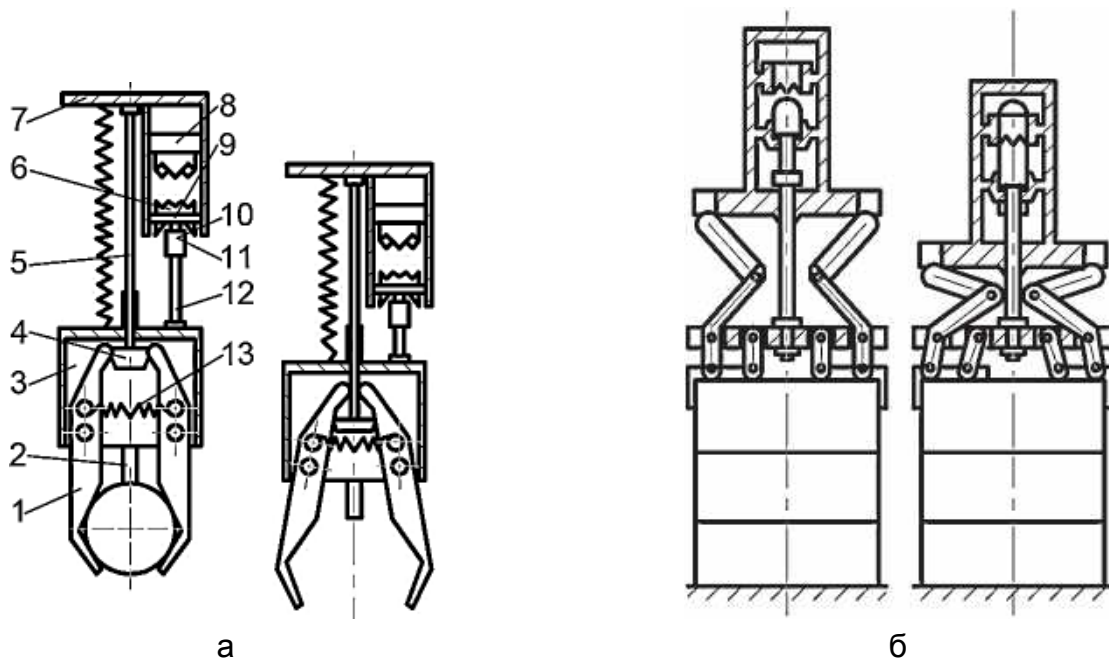


Рисунок 2.2 – Командні ЗП зі стопорними механізмами для захоплення валів (а) і фланців (б)

Губки захоплювачів при цьому виявляться розкритими, як це показано на рисунку 2.2, а праворуч.

Щоб затиснути виріб, треба ще раз наблизити корпус до головки. При цьому засувка знову увійде в зачеплення з храповими зубцями верхньої втулки і повернеться на 45° . Коли корпус і головка почнуть розходитися, засувка увійде в зачеплення з храповими зубцями верхньої втулки, повернеться ще на 45° і її виступи 10 потраплять у прорізи втулки.

Одночасно замикальна планка 4 переміщується між верхніми кінцями губок 1 і виріб захоплюється.

На рисунку 2.2, б подано тактове пружинне ЗП конструкції ЕНДМС, що забезпечує взяття деталей типу фланців, зубчастих коліс і втулок зі стопи [6]. Принцип дії аналогічний описаному вище (див. рисунок 2.2, а). Пристрій складається з двох пластин, верхня кріпиться до руки ПР, нижня підвішена на важелях. Коли пластини розсуваються, важелі повертаються, зводячи затискні губки, закріплені на шарнірних паралелограмах. Пружини, поміщені між пластинами, забезпечують попереднє зусилля стиснення губок, захоплення здійснюється за принципом самозатягування. У стакані, співвісному одній з пружин, розташований запірний механізм, що спрацьовує при зближенні пластин через такт. Оскільки затиск деталі відбувається при контакті з губками, такий ЗП не потребує програмування переміщень по вертикалі для зняття деталей зі стопки.

Захоплювальна частина являє собою конус 1 з кульками 2, розташованими по колу в обоймі 3. Кут конуса має бути менше кута тертя між кульками і деталлю (рекомендується $5...6^\circ$). В іншому пристрої захоплення і принцип його роботи аналогічні описаним вище (див. рисунок 2.2, а, б). Командні ЗП з важільним передавальним механізмом – найчастіше пристрої кліщового типу. Рух губок забезпечується пневматичним, гідравлічним або електромеханічним приводом. Переваги пневматичного приводу – простота, зручність підведення енергії (один шланг), відсутність течі, легкість регулювання зусилля затиску, можливість використання в агресивних середовищах і зонах високих температур. Недолік – великі габарити при порівняно малих зусиллях затиску. Гідравлічний привід забезпечує великі зусилля затиску при малих габаритах, що у поєднанні зі здатністю до регулювання обумовлює його широке застосування. Найбільш обмежене використання внаслідок порівнянної складності має електромеханічний привід.

На рисунку 2.3, а – г показано кліщові ЗП з гідравлічним приводом і системою «ламких» важелів, що дає великий вигреш у силі. У захоплювачі, наведеному на рисунку 2.3, в, одна з губок установлена на хиткій планці, кутове положення якої відносно важеля можна регулювати гвинтом, що дозволяє змінювати взаємне розташування губок.

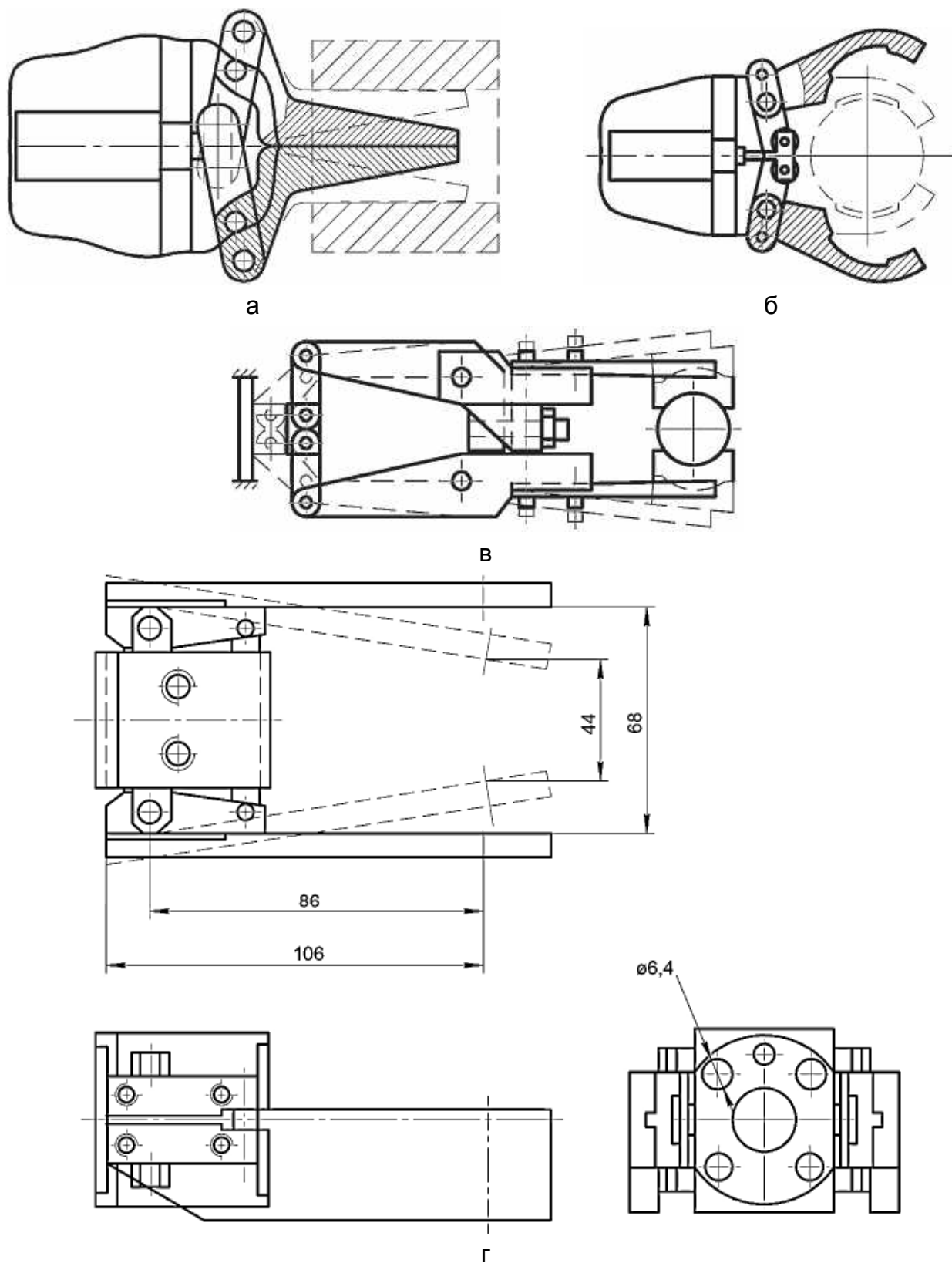


Рисунок 2.3 – Кліщові захоплювальні пристрої

На рисунку 2.3, г подано ЗП такого типу фірми ASEA (Швеція). У ньому гідроциліндр розташований між шарнірно закріпленими планками, пов'язаними з важільним механізмом. Змінні затискні губки кріпляться до

планок. При перестановці губок і самого ЗП він може захоплювати об'єкти за зовнішню і внутрішню поверхні.

На рисунку 2.4, а подано схему пневматичного типу важеля ЗП зі змінними робочими елементами (губками), що дозволяють використовувати його для роботи з об'єктами різної форми.

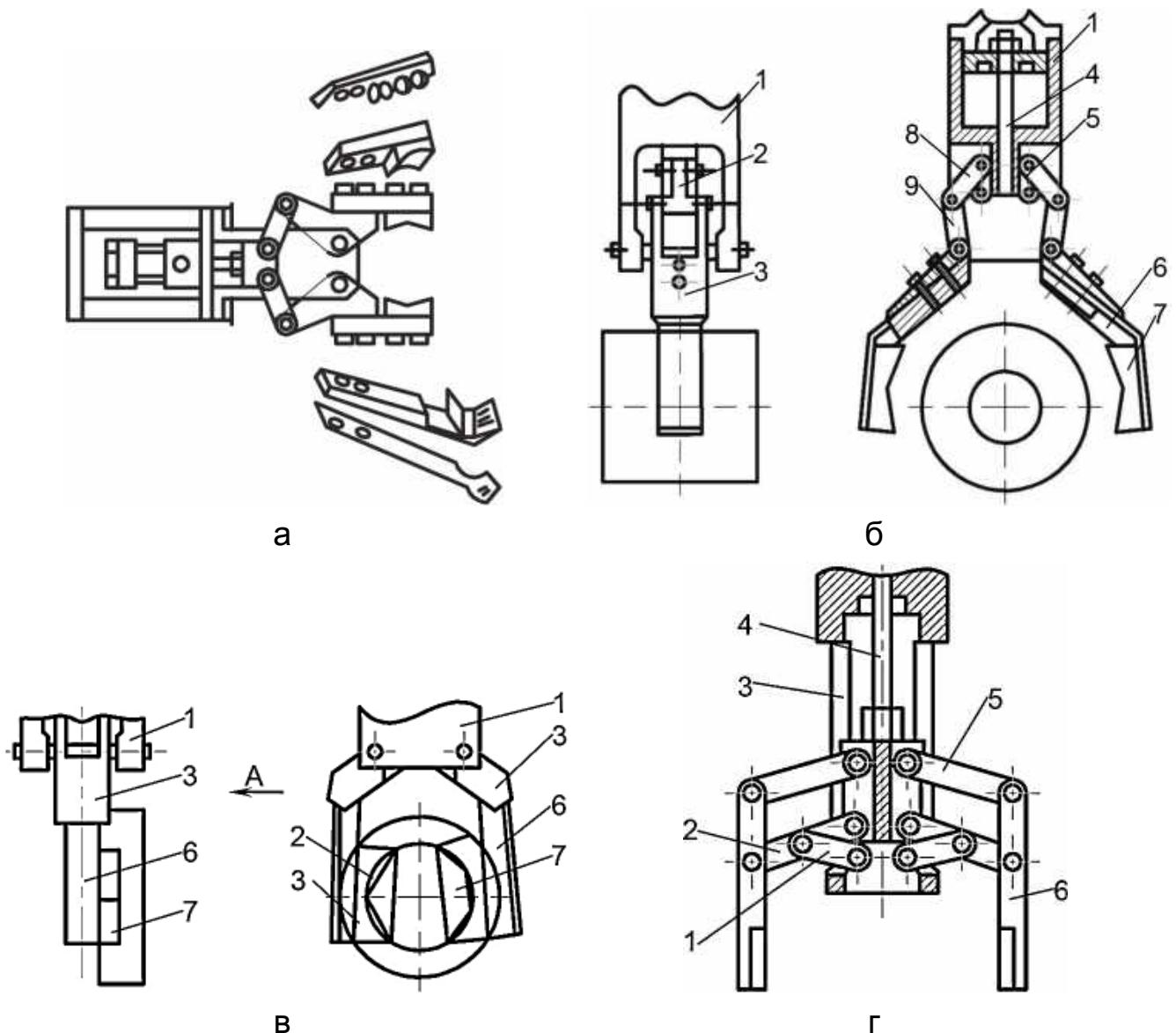


Рисунок 2.4 – Широкодіапазонні ЗП

Аналогічне ЗП для фланців і кілець, показане на рисунку 2.4, б, закріплено на корпусі 1 пневмоциліндра. На штоку 4 встановлена планка 5, яка несе осі тяг 2. Тяги 2 шарнірно зв'язані з задніми кінцями поворотних важелів 3, до яких кріпляться тримачі 6, які несуть захоплювальні елементи 7. На такому пристрої передбачено переналагодження на інший

діапазон захоплюваних поверхонь. Для цього осі тяг 2 переставляються в додаткові отвори планки 5, тримачі 6 зсуваються по важелях 3, захоплювальні елементи 7 і тримачі 6 зміщуються. На рисунку 2.4, б показано налагодження ЗП на захоплення за зовнішню поверхню, але при зміні робочих елементів можна захоплювати деталі за внутрішню поверхню «врозтиснення» (рисунок 2.4, в). Центрувальний широкодіапазонний ЗП з паралельним розміщенням губок подано на рисунку 2.4, г. До корпусу 3 шарнірно кріпляться важелі 1. По напрямних корпусу переміщується тяга 4, зв'язана з приводом, на якій закріплено осі важелів 2 і 5, до яких кріпляться губки 6.

На рисунку 2.5 показано захоплювач з важільно-кулісним приводом і змінними губками 2, 3 до нього. Для деталей, що мають паралельні площини, застосовуються самоустановлювальні губки захоплювача 3. Якщо діаметр деталі змінюється після оброблення, то використовуються губки 2 для деталей різних діаметрів.

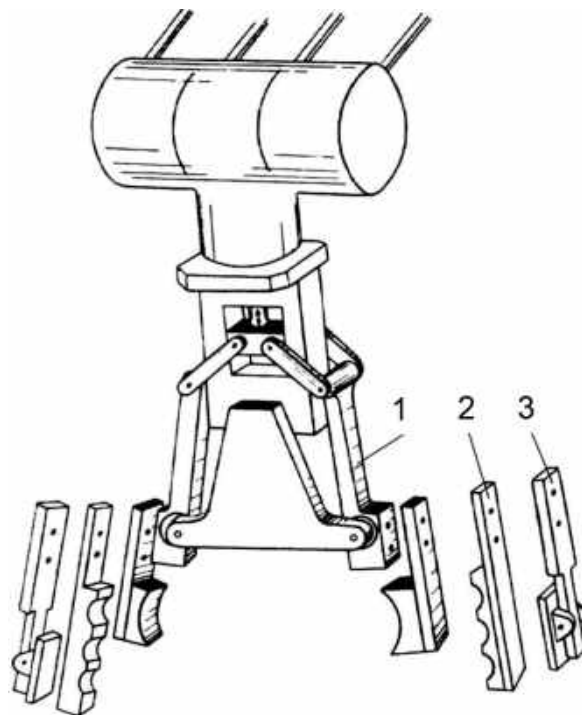


Рисунок 2.5 – Захоплювач з важільно-кулісним приводом і змінними губками

Командні ЗП з рейковим передавальним механізмом порівняно з важільними мають менші габарити і більше розкриття губок, однак програють в силі. На рисунку 2.6 подано деякі конструкції рейкових широкодіапазонних ЗП для деталей типу тіл обертання. Центрувальний

широкодіапазонний однопозиційний ЗП конструкції ЕНДМС для валів, наведений на рисунку 2.6, а, має дві пари поворотних губок 1, які вільно розташовані на осях 7. Профіль губок допускає центрування валів у широкому діапазоні розмірів. На губках виконано зубчасті сектори 8, що входять попарно у зачеплення з рейками 3. Рейки 3 зв'язані важелями 4, що утворюють з ними шарнірний паралелограм. Важелі 4 шарнірно зв'язані з тягою 2 приводу. Такий пристрій створює можливість незалежної роботи для кожної пари губок, що необхідно при захопленні ступінчастих валів. Частини 5 профілю губок 1 зрізані по товщині, частини 6 мають повну товщину. Це дозволяє підхоплювати і центрувати деталі, розташовані в момент захоплення зі зміщенням, а також гарантує центрування східчастих деталей при розташуванні ступені в місці захоплення. На рисунку 2.6, б показано двопозиційний ЗП для валів, який дозволяє скоротити цикл установлення-зняття заготовок і оброблених деталей. ЗП (з заготовкою 11, затиснутою губками 10 позиції I за допомогою пружини 8) переноситься на лінію центрів верстата. При цьому губки позиції II під дією штовхача 3, що має свій привід 4, розкриті (пружина 8 стиснута). При переміщенні штовхача вгору пружина розтискається, приводячи в дію важелі 5 і рейки 9, внаслідок чого губки позиції 2 захоплюють оброблену деталь. Після вивільнення деталі з патрона верстата обертанням шпинделя 5, переданим через конічну шестірню 6 і зубчастий сектор 2, корпус 7 з захоплювальними пристроями повертається навколо осі 12 так, що позиція I займає положення позиції II і заготовка 11 може бути встановлена в патрон верстата. Центрувальний широкодіапазонний ЗП, поданий на рисунку 2.6, в, здійснює затиск деталей типу фланців і кілець по зовнішньому діаметру. Принцип дії аналогічний наведеному на рисунку 2.6, а. ЗП забезпечує центрування захоплюваної поверхні, проте не притискає базовий торець деталі до баз затискного пристрою верстата, тому при використанні такого ЗП верстат потребує оснащення пристроєм, що забезпечує притиск деталі до баз. ЗП, показаний на рисунку 2.6, г, відрізняється від попереднього тим, що одна з губок укорочена. Це робить пристрій компактним і дозволяє залишати менші зазори між деталями, що лежать в орієнтувальній тарі. Однак для таких конструкцій потрібно більш точне сполучення осей симетрії ЗП і деталі перед її затиском.

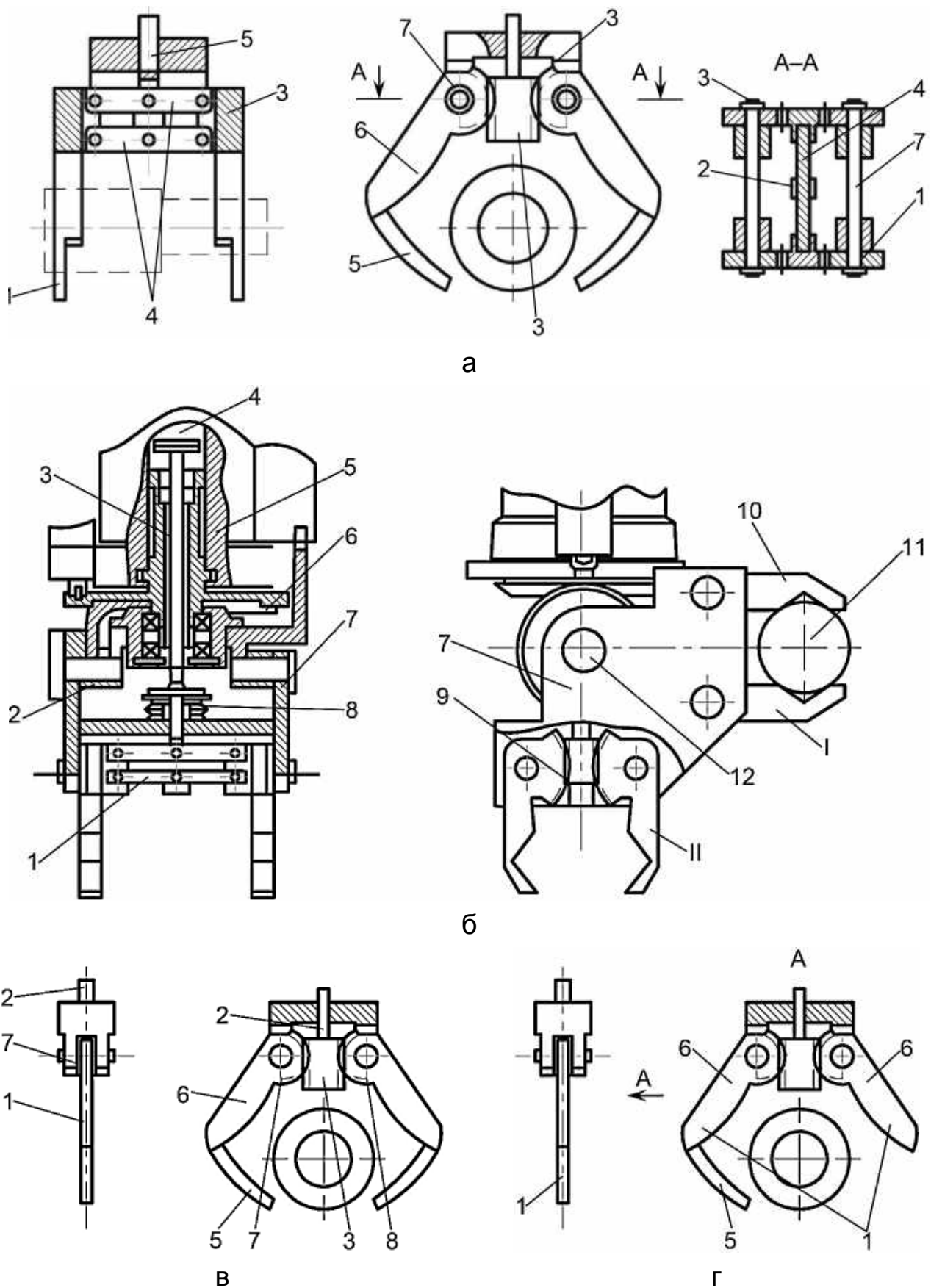


Рисунок 2.6 – Рейкові широкодіапазонні захоплювальні пристрої для деталей типу тіл обертання

Центрувальний широкодіапазонний ЗП, наведений на рисунку 2.6, а, оснащено трьома робочими губками спеціального профілю, на яких виконано зубчасті сектори. При цьому дві губки вільно розташовані на загальній осі 10. Зубчасті сектори губок 1 і 4 зачіплюються з однаковими шестернями 6 і 8, зачепленими також з рейкою 7, яка з'єднана з тягою 2 приводу ЗП. Зубчастий сектор губки 3 зачіплюється з проміжним колесом 9, з'єднаним з шестірнею 8.

При переміщенні тяги 2 і рейки 7 шестерні 6 і 8 передають рух на губки 1 і 4, повертаючи їх назустріч одна одній на однакові кути. Одночасно шестірня 8 через проміжне колесо 9 повертає губку 3 на той же кут назустріч губці 1. Таким чином, губки сходяться, причому кути між кожною з них і напрямками від їх осей на вісь захоплюваної деталі залишаються однаковими при будь-якому розкритті губок, чим і забезпечується центрування. Такий ЗП при тих же габаритах, що і пристрої, подані на рисунку 2.6, в, г, має великий діапазон, однак його конструкція значно складніше. Центрувальний вузькодіапазонний двопозиційний ЗП послідовної дії для фланців подано на рисунку 2.7, б. Він має подовжений прямокутний корпус 5, з двох боків якого виконано дві пари вертикальних напрямних. По напрямних можуть переміщуватися лінійки 6, 10, 13, 14 з рифлями, до яких гвинтами кріпляться призми 1, 2, 3, 4. Лінійки з кожного боку зчеплені попарно через рейки і зрізані шестерні 7 і 12. Таке з'єднання приводить до зустрічного руху призм і забезпечує центрування деталей. Лінійки 6 і 10 приводяться в рух гідроциліндрами 8 і 9, вбудованими в захоплювач. Хід призм, обмежений ходом циліндрів, визначає діапазон ЗП в межах одного розмірного налагодження. Переналагодження з розміру на розмір проводиться перезакріпленням призм на лінійках. Одна з позицій ЗП використовується як розвантажувальна, друга – як початкове зображення. Змінення місць позицій здійснюється поворотом ЗП навколо вертикальної осі на 180°. ЗП підвішено до руки на цапфах 11 так, що можливим є його хитання на невеликий кут, що забезпечує притиск торця деталі до баз затискного пристрою. Центрувальні широкодіапазонні ЗП з паралельним переміщенням губок, яке досягається комбінацією рейкових і важільних передач, показано на рисунку 2.9, а, б. У конструкції на рисунку 2.9, а рух, що дозволяє затискати деталь, передається через центральний валик 1,

на якому розташована сонячна шестірня планетарної передачі, водило, а від нього через конічні шестерні 2 двом зубчастим колесам 3, зв'язаним з рейками 4. Рейки криволінійної форми нарізані на планках, які замикають шарнірні чотирипланкові важелі, до яких і кріпляться губки 5 захоплювача. Конструкція відрізняється великим ходом губок і компактністю.

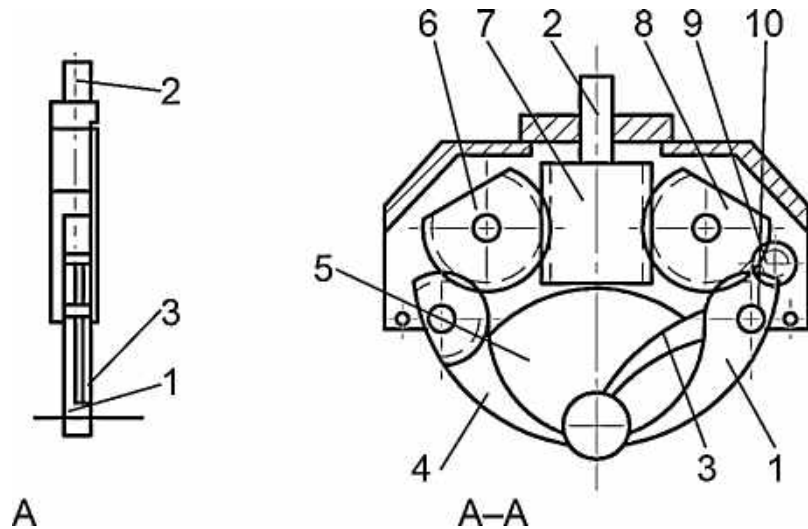


Рисунок 2.7 – Центрувальний вузькодіапазонний двопозиційний захоплювальний пристрій послідовної дії

У деяких випадках на кисті раціонально мати два або чотири захоплювачі. Схему кисті з двома ,захоплювачами наведено на рисунку 2.8. Один захоплювач може зняти кришку з контейнера, другий – вийняти з контейнера деталь. Цей же принцип застосовується при обслуговуванні верстата: один захоплювач виймає деталь, другий – встановлює в патрон заготовку.

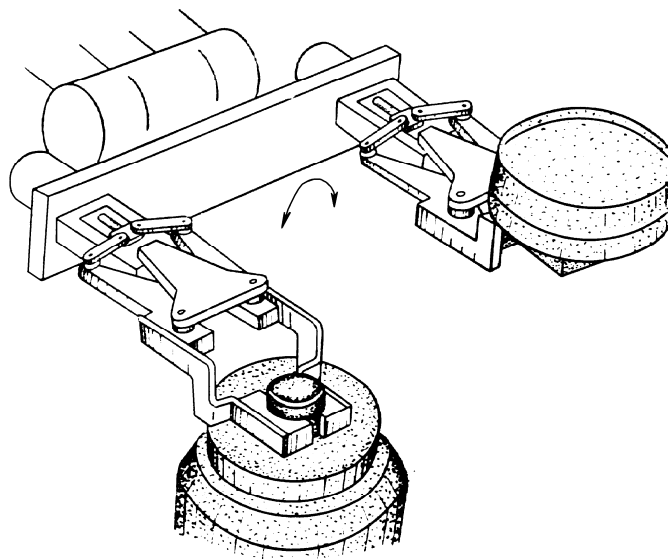


Рисунок 2.8 – Схема кисті з двома захоплювачами

Пристрій, поданий на рисунку 2.9, б, має вигляд корпусу 1, в якому на осях вільно розташовані дві пари важелів 2, 3 і 4, 5. Внутрішні важелі 3 і 4 через зубчасті сектори зчіплюються з рейкою 6, з'єднаною з тягою приводу ЗП. Важелі попарно з'єднані з планками 7 і 8. Таким чином, важелі, планка з губками і корпус ЗП утворюють пару шарнірних паралелограмів, що приводить до симетричного руху губок і забезпечує центрування коробчастих і плоских деталей з губками 9 або тіл обертання з різною орієнтацією осей з губками 10 і 11.

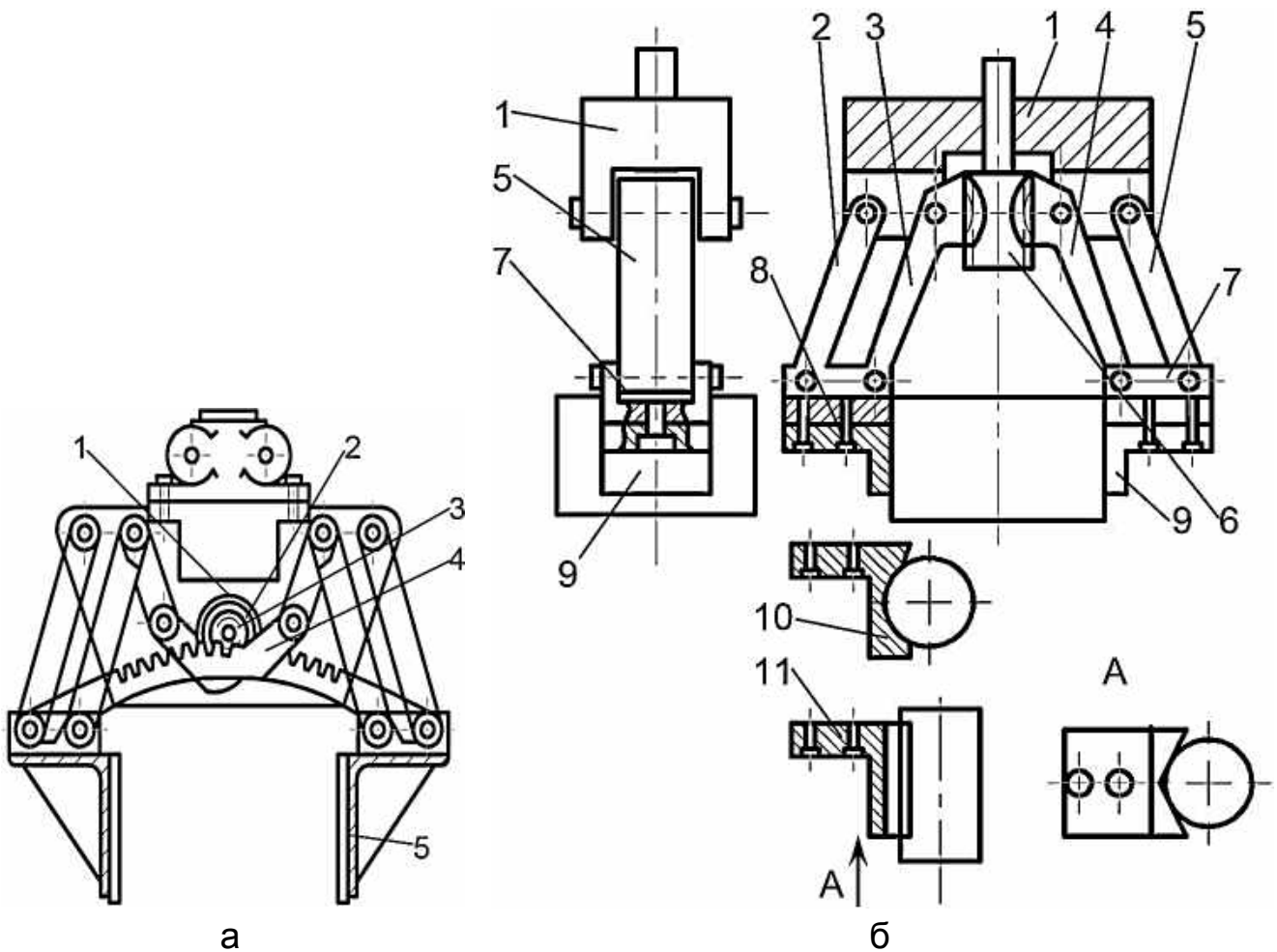


Рисунок 2.9 – Центрувальні широкодіапазонні захоплювальні пристрої

Для роботи з важкими і громіздкими деталями застосовується захоплювач, схема якого показана на рисунку 2.10. Тут центр мас деталі розташований недалеко від місця, за яке деталь утримується, таким чином зменшується можливість гойдання деталі під час її перенесення.

Якщо деталь необхідно переорієнтувати, то застосовується кисть з подвійним захоплювачем (рисунок 2.11). «Капельхоподібна» деталь захоплюється зовнішніми захоплювачами 2, коли вона стоїть фланцем вгору. Коли деталь перевернута, циліндр меншого діаметра захоплюється захоплювачем 1. Так робиться в усіх випадках, коли під час оброблення форма і розміри деталі значно змінюються.

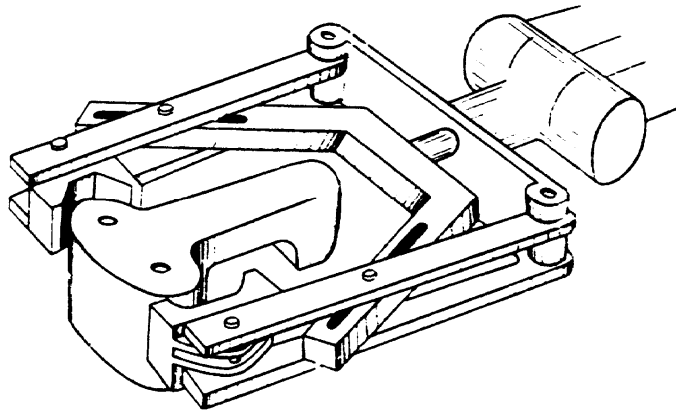


Рисунок 2.10 – Захоплювач для роботи з важкими і громіздкими деталями

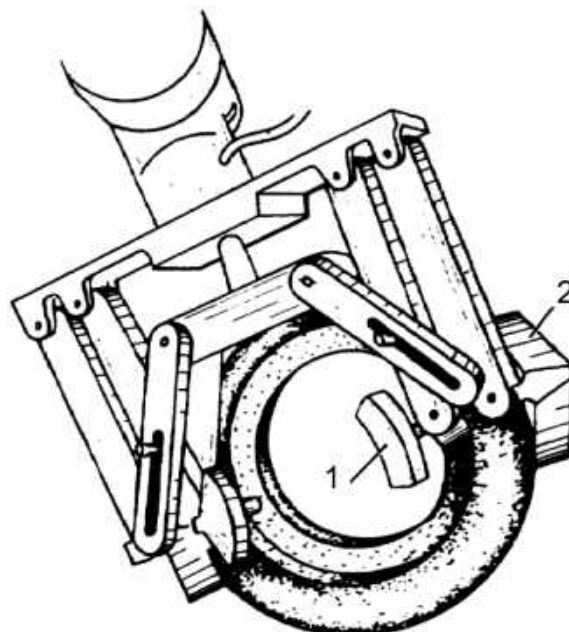
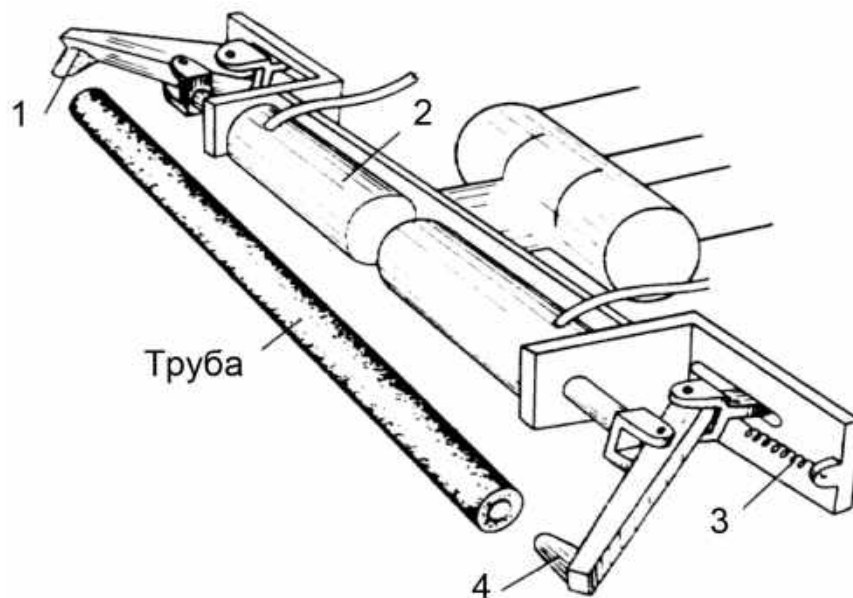


Рисунок 2.11 – Кисть з подвійним захоплювачем

Для роботи з довгими тонкими трубками використовується захоплювач з пневмоприводом, виконаний так, як показано на рисунку 2.12. При увімкненні пневмоциліндра 2 пальці 1 і 4 рухаються по

дузі, поки не встануть перпендикулярно до осі трубки, далі вони входять в трубку і затискають її. Захоплювач з пневмоприводом використовується для роботи з довгомірними деталями, що мають у перерізі неправильну форму. Кисть з подібними захоплювачами показано на рисунку 2.13. Кисть має довгу балку 3, на кінцях якої змонтовано два захоплювачі 2, що мають по одному привідному пневмоциліндру. Для перенесення великих порожніх циліндричних деталей, наприклад ємностей, виготовлених із пластмас, застосовується захоплювач, схему якого подано на рисунку 2.14.



1, 4 – пальці; 2 – пневмоциліндр; 3 – пружина
Рисунок 2.12 – Захоплювач для довгих труб

У кутах рами 1 на осях встановлено три зірочки 4. На осях зірочок разом з ними встановлено три однакових кулачки 3. Зірочки 4 охоплюються ланцюгом 5. Для приводу двигуна використовується гідроциліндр або пневмоциліндр 2. При увімкненні циліндра 2 ланцюг 5 переміщується, і кулачки повертаються до тих пір, поки не упруться в бічну поверхню, за яку переносять деталі. Один такий захоплювач придатний для роботи з деталями різного діаметра.

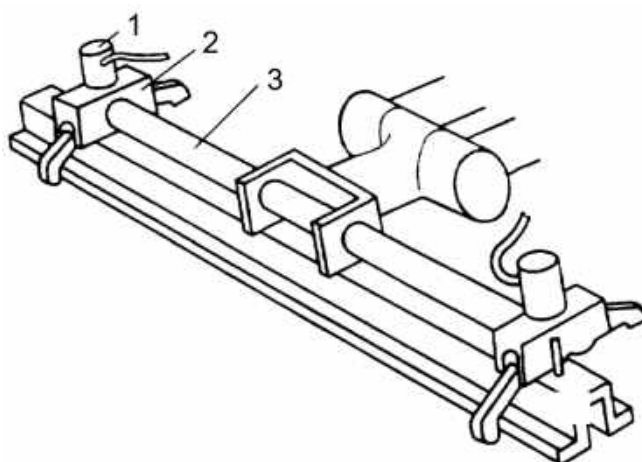


Рисунок 2.13 – Захоплювач для довгомірних деталей

Для робіт, які використовуються для розвантаження і розкладання цегли, сконструйовано спеціальні захоплювачі з пневмоприводом, які містять набір лопаток. Захоплювачі можуть утримувати до 24 цеглин стандартних розмірів (по 8 шт. у три ряди). У деяких випадках застосовуються спеціальні типи захоплювачів (деталь, наприклад, може притискатися до кронштейна штоком виконавчого циліндра). Нижче наведено приклади деяких конструкцій захоплювачів для вітчизняного робота УМ-1. Ці пристрої призначені для робіт, які виконують перенесення, орієнтування, установлення і зняття оброблених деталей при обслуговуванні операцій на токарних верстатах.

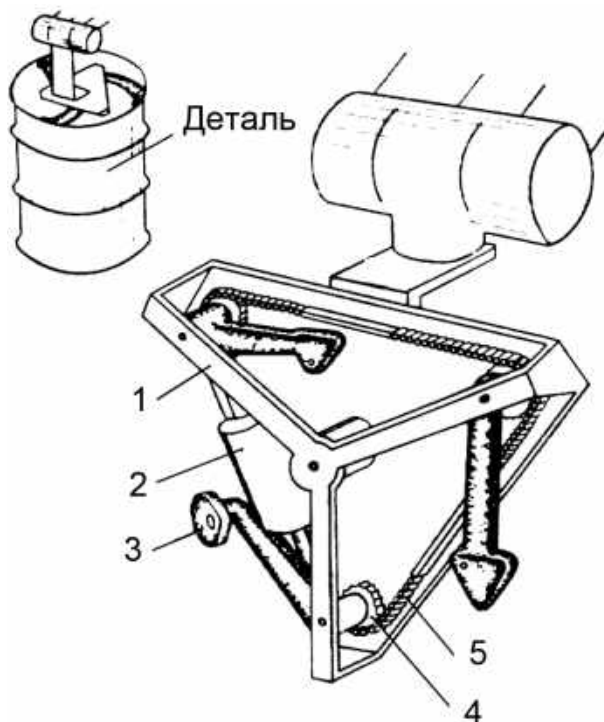
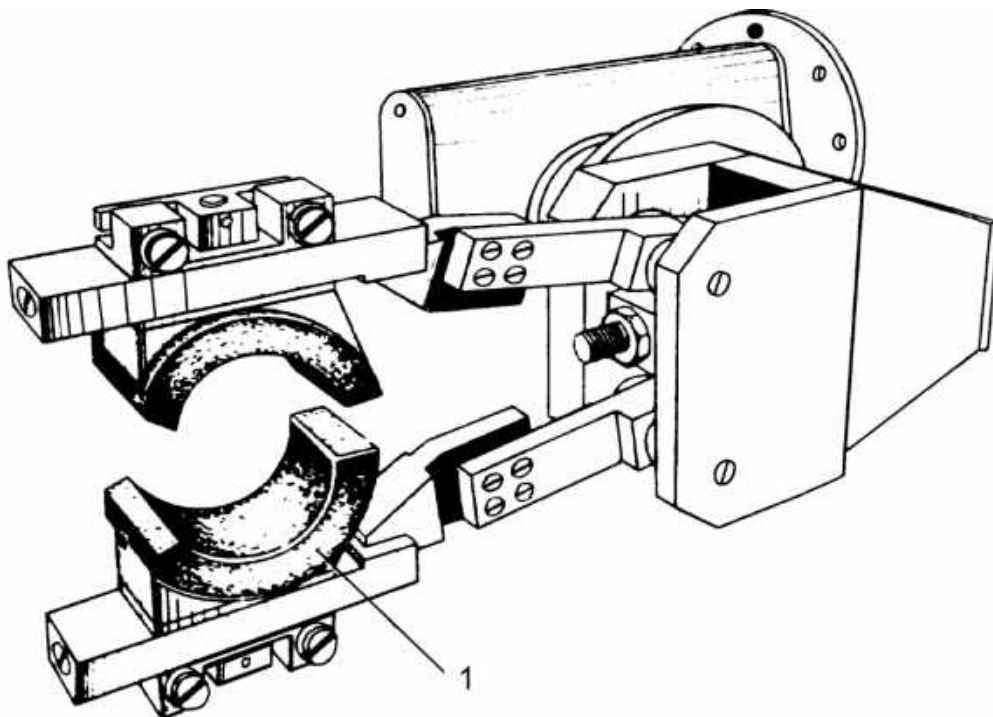


Рисунок 2.14 – Захоплювач для порожнистих деталей

На рисунку 2.15 показано захоплювач, за допомогою якого роботом обслуговується одночасно два токарних верстати, які використовуються для обточування і внутрішнього розточення гільзи. Під час виконання операцій робот з цим захоплювачем бере заготовку з накопичувача, встановлює її у кулачковий патрон першого верстата, знімає оброблену заготовку, перевертає її на 180° , встановлює в розтискні оправки другого верстата, знімає готову деталь і вкладає її у накопичувач.



1 – ложемент

Рисунок 2.15 – Захоплювач для оброблення гільз

Конструкція захоплювача передбачає можливість компенсації деякої розбіжності осі оброблюваної деталі і осей шпинделів верстатів з віссю захоплювача, а також «м'яке» досилання деталі до упору в патрон верстата. Для цієї мети захоплювач забезпечений «плаваючими» захоплювачами, що самопозиціонуються, які мають два ступені свободи – уздовж осі руки робота і навколо осі губок захоплювача. Неточності збігу осей компенсує також гума, якою облицьовані ложементи захоплювача.

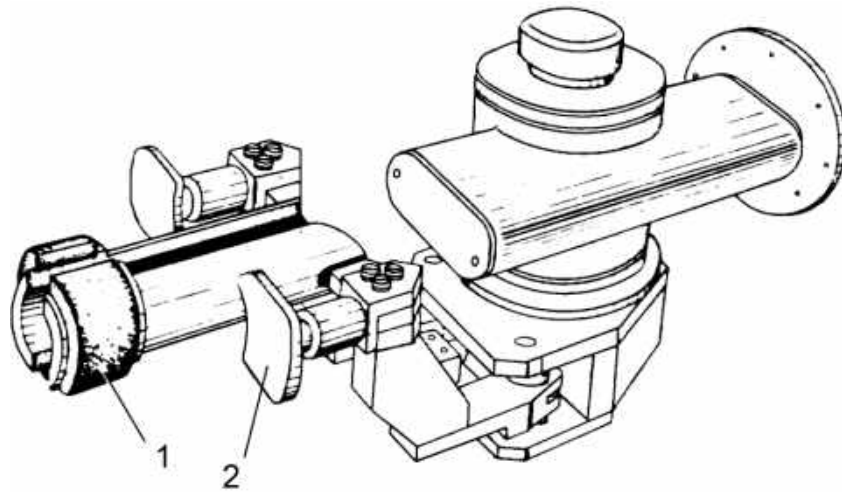


Рисунок 2.16 – Захоплювач для маточини колеса

За допомогою захоплювача, показаного на рисунку 2.16, робот УМ-1 має виконати приблизно такі ж операції, як і в попередньому випадку при обробленні іншої деталі – маточини колеса. Деталь захоплюється за отвір, а неточності збігу осей захоплювача, деталі і шпинделя верстата компенсуються гумовими обичайками, якими облицьовані важелі 1 захоплювача. Надійне притиснення деталі до торця патрона забезпечується двома пружними упорами 2.

Ще один зразок захоплювача, що самопозиціонується до робота УМ-1, показано на рисунку 2.17.

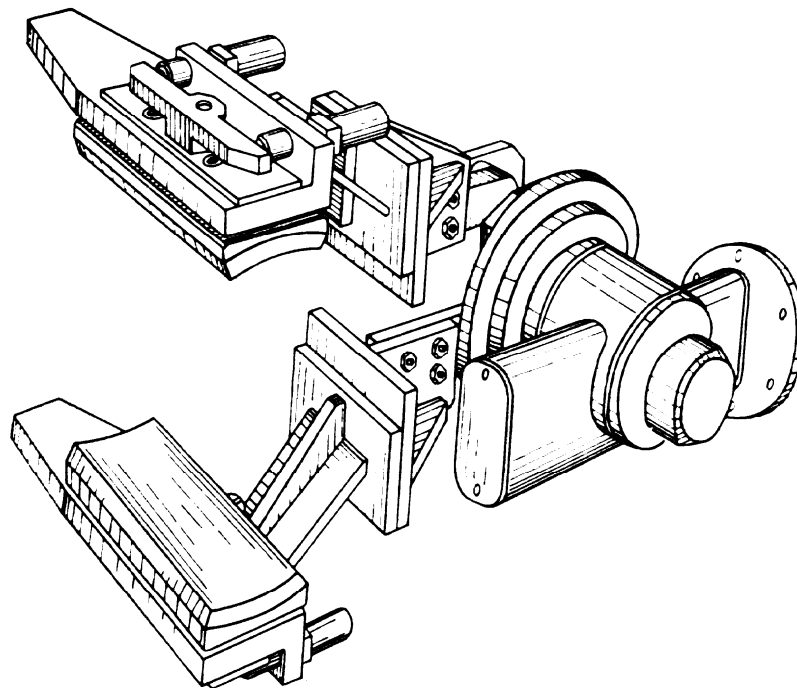


Рисунок 2.17 – Самоорієнтовний захоплювач

Цей захоплювач призначений для взяття з тари, установлення в патрон токарного верстата, зняття і укладання в іншу тару порожнистої, циліндричної сталеві заготовки діаметром до 200 мм і масою до 25 кг. Самоустановлення досягається незалежним поворотом кожного захоплювача на осі. Після зняття навантаження губки захоплювачів повертаються у початкове положення. Для роботи з деталями різних діаметрів, а також при переході на оброблення нової деталі передбачено перестановку захоплювачів у три фіксованих положення.

На рисунку 2.18 подано конструкцію захоплювача, важільна стрілка якого дозволяє широко розводити захоплювач, не збільшуючи ходу привідного пневмоциліндра. У результаті при розведенні губок захоплювача на необхідні кути час на вмикання і вимкання захоплювача зменшується.

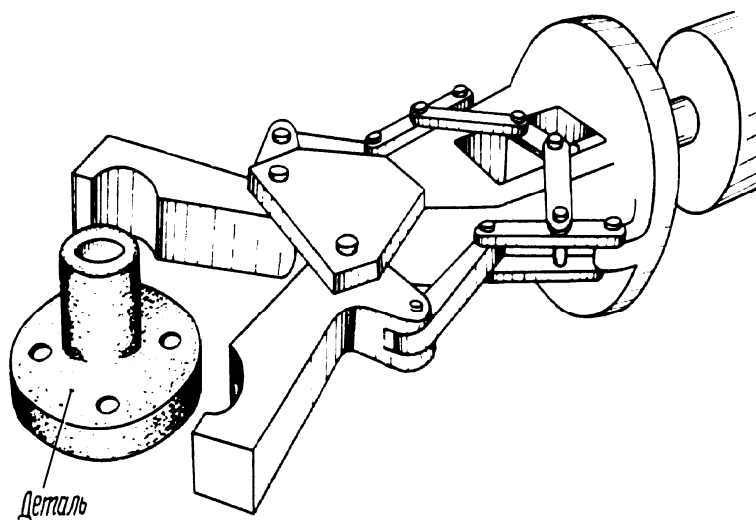
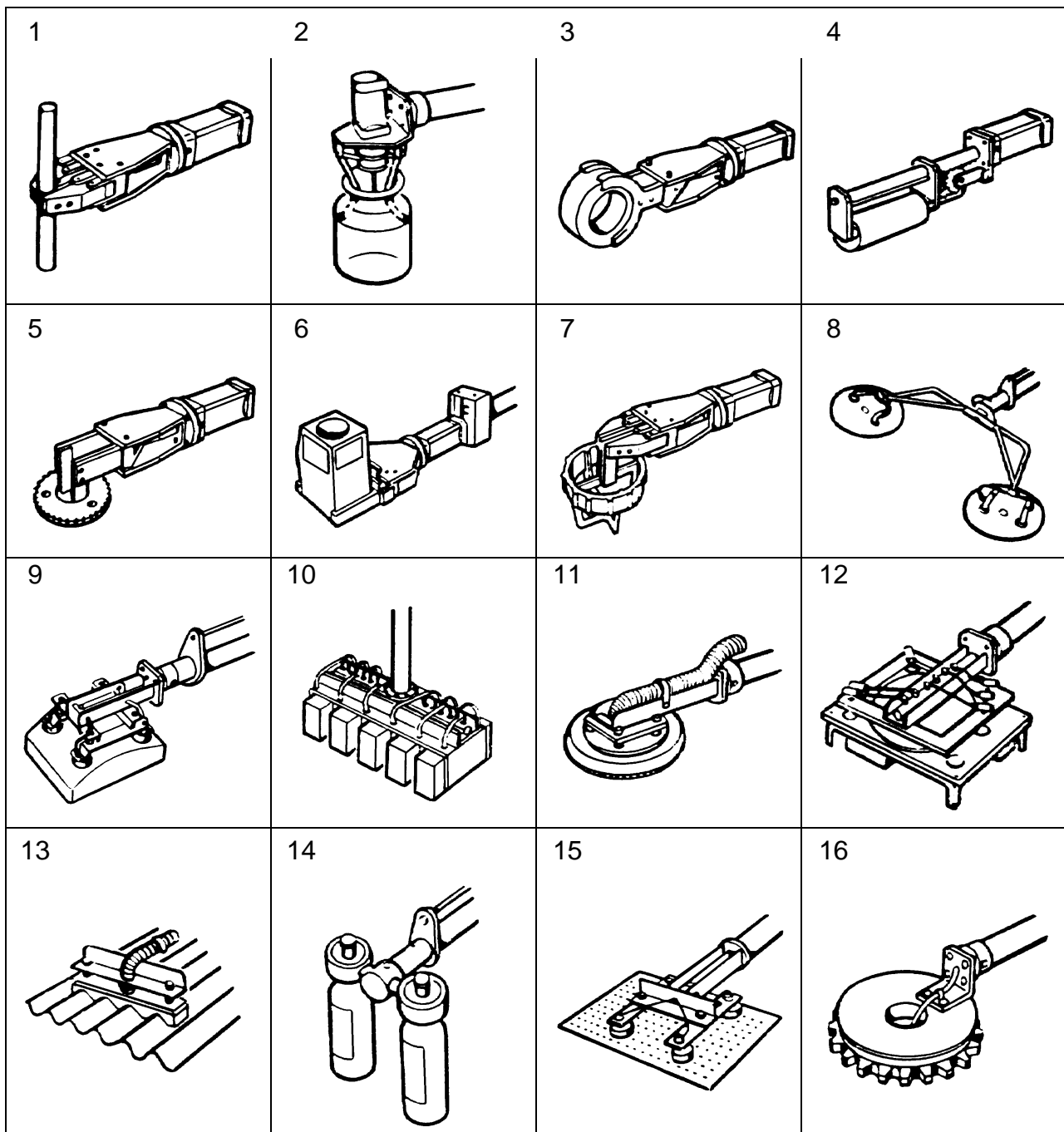


Рисунок 2.18 – Широкорозвідний захоплювач

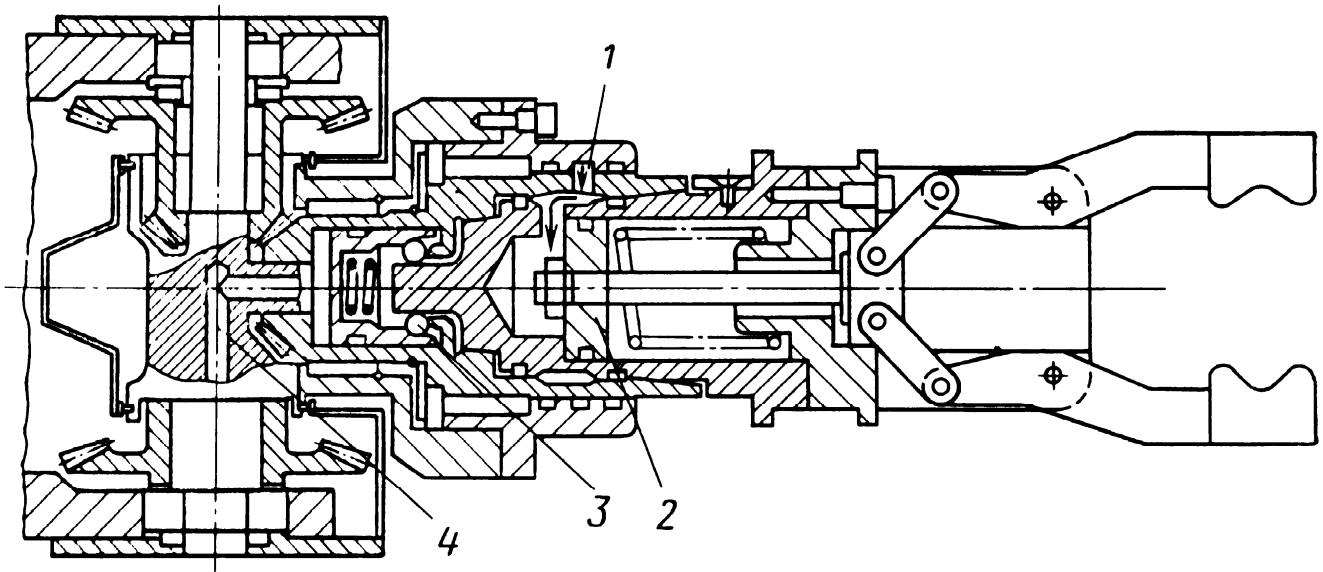
Слід зазначити, що при конструюванні захоплювачів велику увагу приділяють зниженню їх маси, оскільки при збільшеній масі захоплювачів, які знаходяться на великій відстані від вертикальної осі повороту руки, значно зростає момент інерції обертових елементів, у зв'язку з чим зменшується вантажопідйомність робота (рисунок 2.19).



1 – захоплювач для стрижнів, прутків та інших деталей; 2 – захоплювач для банок і пляшок з широким горлом; 3 – захоплювач для кілець; 4 – захоплювач для деталей циліндричної форми; 5 – захоплювач для зубчастих коліс; 6 – захоплювач для великих металевих виробів; 7 – захоплювач для переміщення виливків; 8 – вакуумний присос-захоплювач для круглих пластин; 9 – вакуумний присос-захоплювач для кінескопів; 10 – вакуумний захоплювач для цегли; 11 – вакуумний захоплювач для взяття однієї або декількох дрібних деталей; 12 – вакуумний захоплювач з декількома присосами для захоплення деталей складної форми; 13 – вакуумний захоплювач з рифленим листом; 14 – вакуумний захоплювач з бутлями; 15 – магнітний захоплювач з перфорованою деталлю (або сіткою); 16 – магнітний захоплювач з зубчастим колесом

Рисунок 2.19 – Різні типи захоплювачів робота SR-10

На рисунку 2.20 показано спеціальний захоплювач робота Unimate для збирання складних вузлів і механізмів.



1 – канал підведення стисненого повітря для приводу губок захоплювача;

2 – поршень; 3 – замикальні кульки;

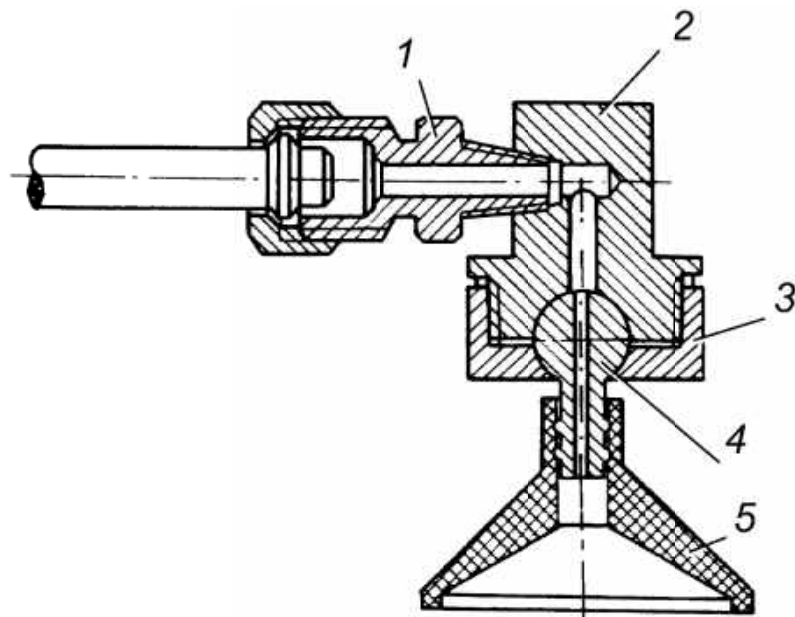
4 – канал підведення стисненого повітря для замикання каналу

Рисунок 2.20 – Захоплювач складального робота

Роботи Prab виробництва США оснащуються стандартним захоплювальним пристроєм з гідроприводом, показаним на рисунку 2.20.

2.2 Конструкції вакуумних захоплювальних пристроїв

Вакуумні захоплювачі застосовуються переважно при роботі з листовими деталями. Вони відрізняються простотою конструкції і невеликою масою. Найбільш поширена конструкція вакуумного захоплювача показана на рисунку 2.21. Одним з основних елементів цих захоплювачів є чашка-присос 5, яка виготовляється зазвичай з гуми або пластмаси. Присоси використовуються також для захоплення скляних деталей зі складною зовнішньою поверхнею або для захоплення декількох різних за формою, але близьких за розміром деталей. Іноді присос роблять у вигляді пластин з великою кількістю отворів, кожен з яких призначений для захоплення однієї деталі.



1 – штуцер; 2 – корпус; 3 – гайка; 4 – шарнір зі штуцером; 5 – присоска
Рисунок 2.21 – Вакуумний захоплювач

Відкачування повітря з-під присоса проводиться вакуумним насосом через шланг, протягнутий уздовж руки робота, або за допомогою ежектора, що працює від цехової мережі стисненого повітря. Для запуску та вимикання вакуумного насоса в магістраль насоса вбудовується датчик, який при утворенні заданого ступеня вакууму подає сигнал у систему керування роботів. На рисунку 2.22 показано вакуумний захоплювач робота Unimate, який використовується для упакування.



Рисунок 2.22 – Вакуумний захоплювач робота Unimate

2.3 Конструкції електромагнітних захоплювальних пристроїв

Сфера застосування захоплювачів, що працюють за допомогою електромагнітів, і вакуумних захоплювачів аналогічні. Перевагою електромагнітних захоплювачів є велика сила тяжіння на одиницю площі, швидкість спрацьовування і простота конструкції (рисунок 2.23).

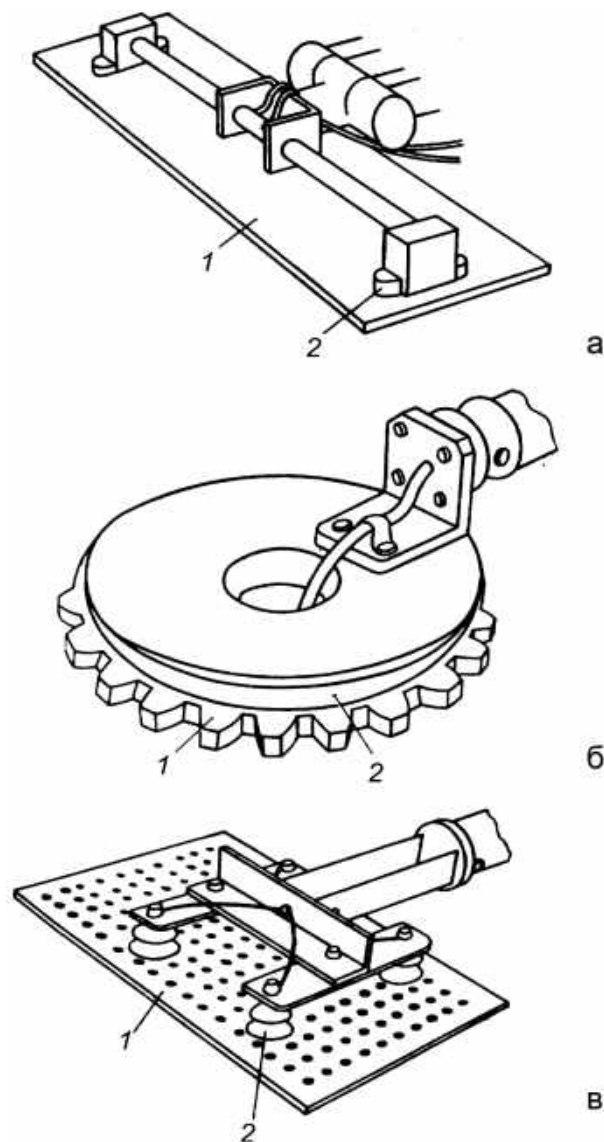


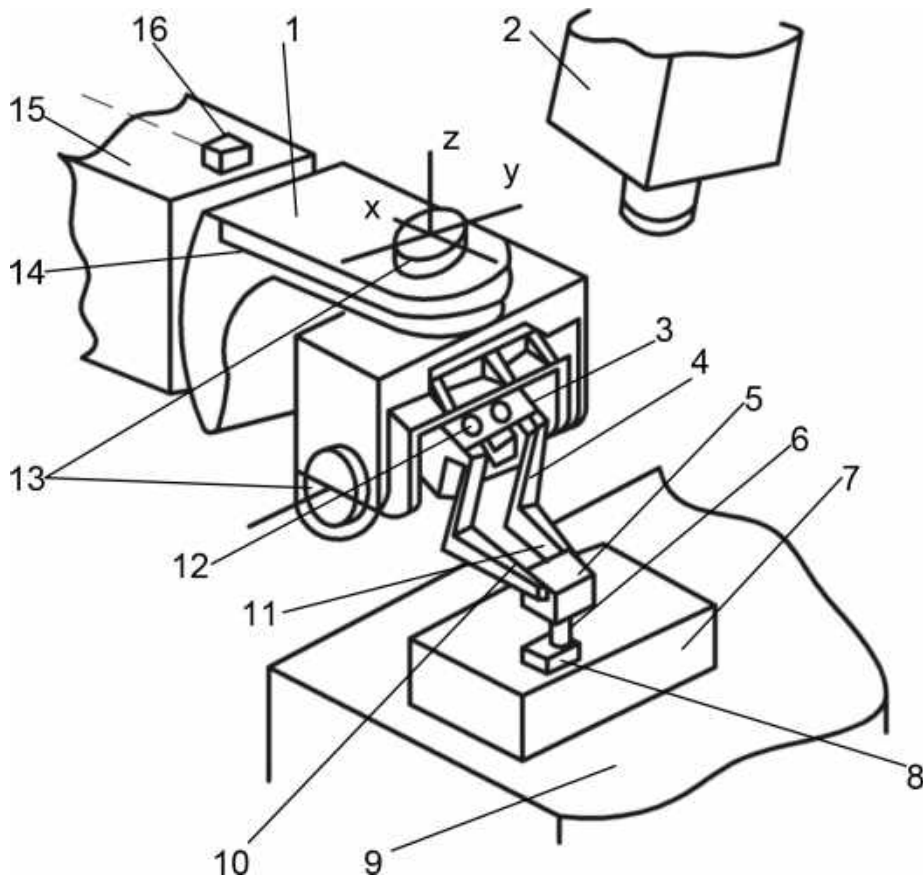
Рисунок 2.23 – Електромагнітні захоплювачі (присоси) з двома (1), одним (2) і чотирма (3) електромагнітами

До недоліків електромагнітних захоплювачів слід віднести можливість їх використання тільки для роботи з деталями з магнітних матеріалів і наявність залишкового магнетизму на деталях, що переміщуються. Менш зручними є захоплювачі з постійним магнітом,

оскільки у цьому випадку зняття деталі має проводитися за допомогою пристрою.

2.4 Інформаційне оснащення захоплювальних пристроїв

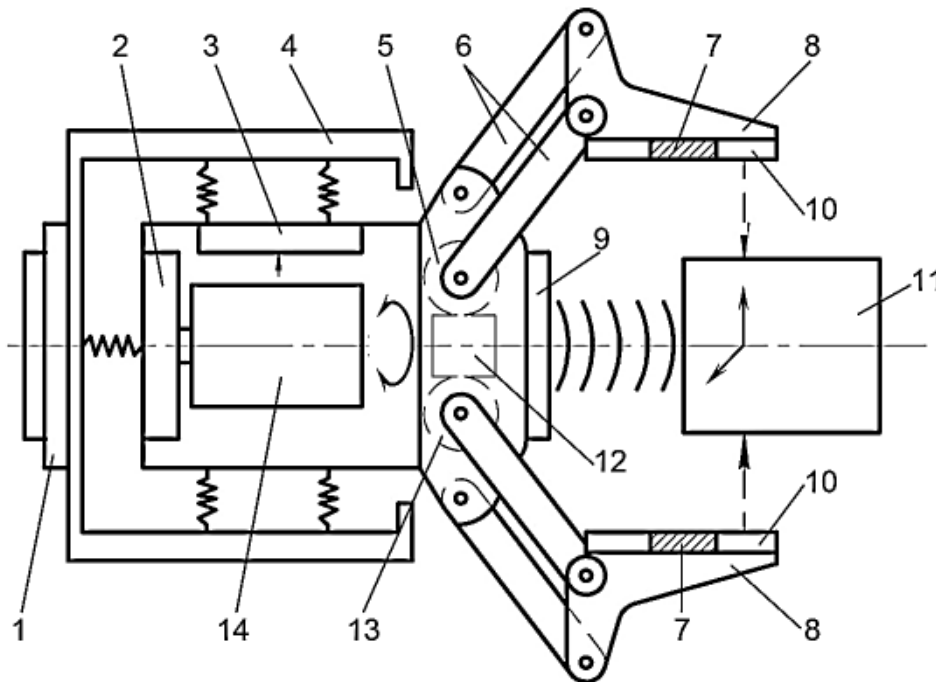
Розвиток сучасних інформаційних технологій та сучасне виробництво все більше потрубують інформаційного оснащення як маніпуляторів, так і робочої зони в цілому, що дозволяє, наприклад при мінімальній робочій зоні, виконувати максимально складні виробничі операції (рисунок 2.24) [9].



1 – головка; 2 – відеокамера; 3 – захоплювальний пристрій; 4 – датчик зусилля захоплення об'єкта; 5, 8 – складальні деталі; 6 – тактильний датчик; 7 – складальний пристрій; 9 – монтажний стіл; 10 – датчик зовнішніх зусиль і моментів; 11 – тактичний датчик прослизання та форми об'єкта; 12 – датчик для вимірювання відстані; 13 – датчик кутової швидкості біля осей X та Y; 14 – попереджувальний датчик, який фіксує перешкоди; 15 – маніпулятор; 16 – звуковий датчик аварійної зупинки [9]

Рисунок 2.24 – Приклад інформаційного оснащення робочої зони та маніпулятора складальної зони

Максимальне навантаження з інформаційного оснащення маніпулятора зазвичай несе захоплювальний пристрій, оскільки це не тільки кінцева ланка маніпулятора, а й найближча точка до виробничого процесу. Розглянемо розміщення елементів інформаційного оснащення на прикладі захоплювального пристрою робота PUMA -600 (рисунок 2.25) [9].



- 1 – з'єднання з кистю робота; 2 – датчик кутів переміщень; 2 – датчик зусиль захоплення об'єкта; 4 – датчик силомоментний; 5 – зубчасте колесо; 6 – важелі шарнірного паралелограма; 7 – п'єзокристалічний датчик прослизання; 8 – пальці ЗП; 9 – ультразвуковий датчик; 10 – інфракрасний датчик; 11 – об'єкт маніпулювання; 12 – зубчаста рейка; 13 – потенціометр для вимірювання положення губок; 14 – електродвигун

Рисунок 2.25 – Розташування датчиків на захоплювальному пристрої робота PUMA-600

Для силомоментного оснащення системи кріплення захоплювального пристрою використовується вісім пар тензодатчиків (рисунок 2.26), прикріплених до зап'ястя робота. Вони дозволяють визначити всі шість складових силомоментного вектора: три ортогональні складові зусилля та три складові моменту. Засилля та моменти визначаються не прямим шляхом, а за деформуванням восьми пружин, які закріплені до восьми пар тензодатчиків. Щоб розкласти отримані значення координат, пов'язаних з ЗП, по ортогональних осях мікропроцесор Z-80 перемножує їх на потрібні матриці та передає отримані дані до комп'ютера, який керує роботом (рисунок 2.26) [9].

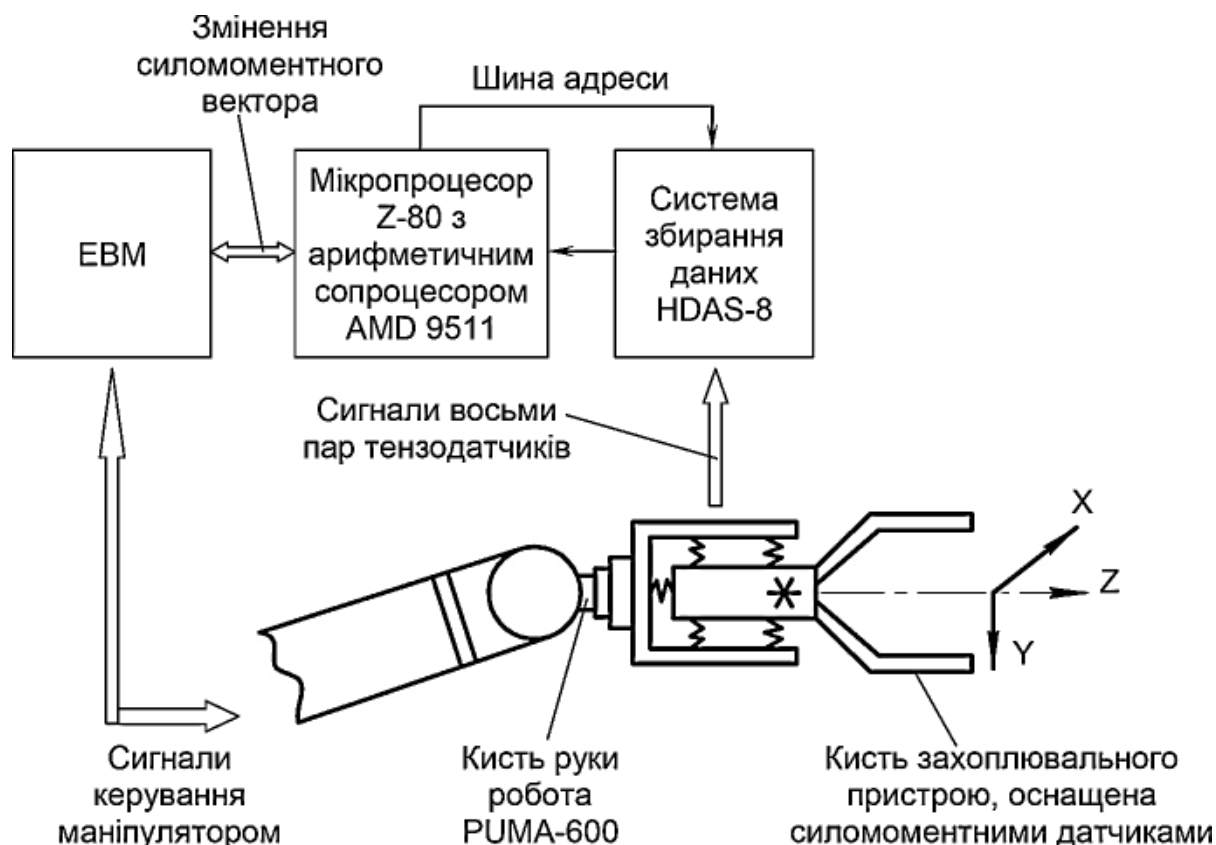


Рисунок 2.26 – Структурна схема силомоментного оснащення ЗП

Зусилля захоплення визначається за схемою, наведеною на рисунку 2.27, де двигун 3, підвішений на пружинах 8, набуває моменту M , який перетворюється на тягове зувилля N , спрямоване у напрямку поздовжньої осі Z та передається до пальців ЗП 1 через зубчасту рейку 2, шестерні 5 та важільний паралелограм 6. Таким чином, до пальців 1 прикладається заздалегіть визначене зусилля P , яке спричиняє з боку об'єкта маніпулювання відповідну силу реакції Q . Під дією протидіючих зусиль двигун 3 переміщується вздовж осі Z . Деформація пружин Δz пропорційна прикладеному зусиллю протидії ($-N$), яке вимірюється потенціометром. Співвідношення між зміщенням z та зусиллям двигуна M задається рівнянням

$$M = az(t) + bz(t) + c \cdot \sin(d|z(t)| + f),$$

де a, b, c, d – сталі параметри, які отримують при тестуванні ЗП; f – коефіцієнт тертя.

За цим рівнянням виконується керування зусиллям захоплення, яке реалізується мікроЕОМ за заданим алгоритмом.

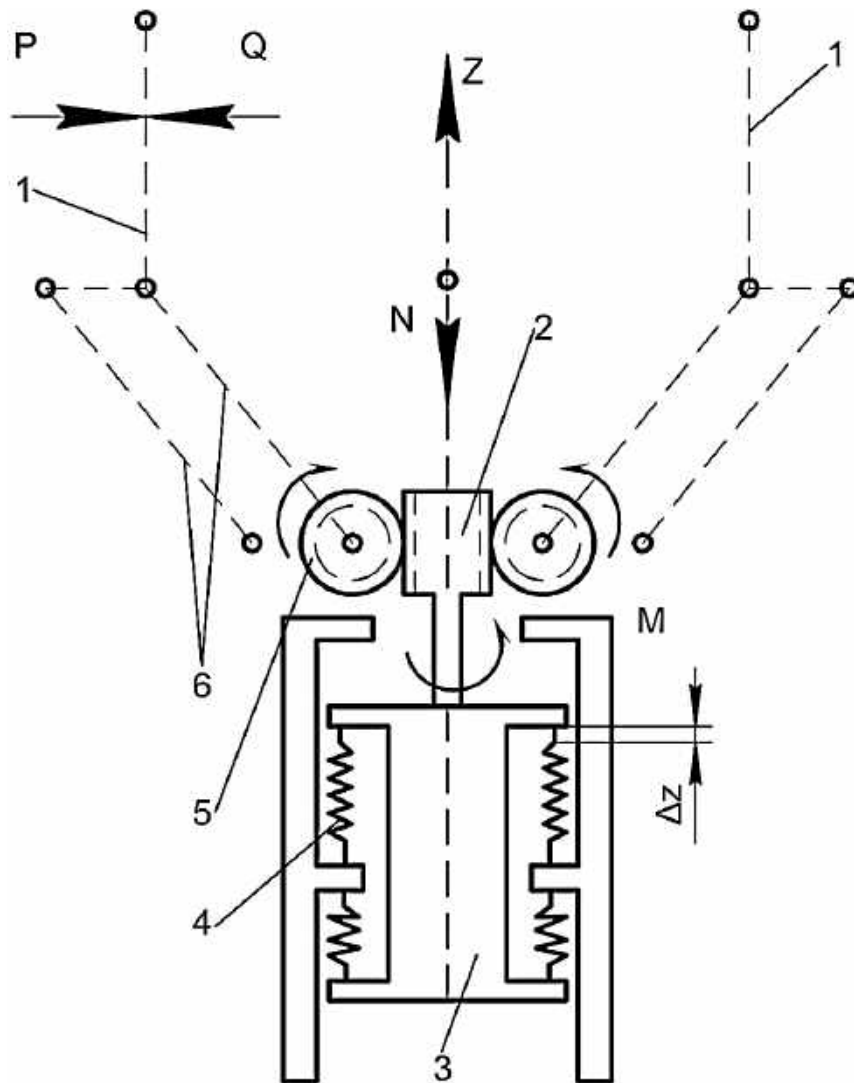


Рисунок 2.27 – Кінематична схема вимірювання зусилля захоплення ЗП

Відстань до об'єктів маніпулювання визначають за допомогою ультразвукового датчика (рисунок 2.28). Відстань вимірюється завдяки перетворювачу, який працює як передавач, так і приймач. Вимірювання виконуються шляхом передачі імпульсних послідовностей на частотах 50...200 кГц. Відстань до об'єкта маніпулювання вимірюється завдяки зміні часу затримки випромінювання та поглинання. Роздільна здатність – до 1 мм, а кут випромінювання ультразвуку обмежується конусом з пінної резини 1,5°. Все це дає можливість при скануванні об'єктів розпізнавати їх форму та розміри. Мінімальна відстань залежить від конструкції датчиків.

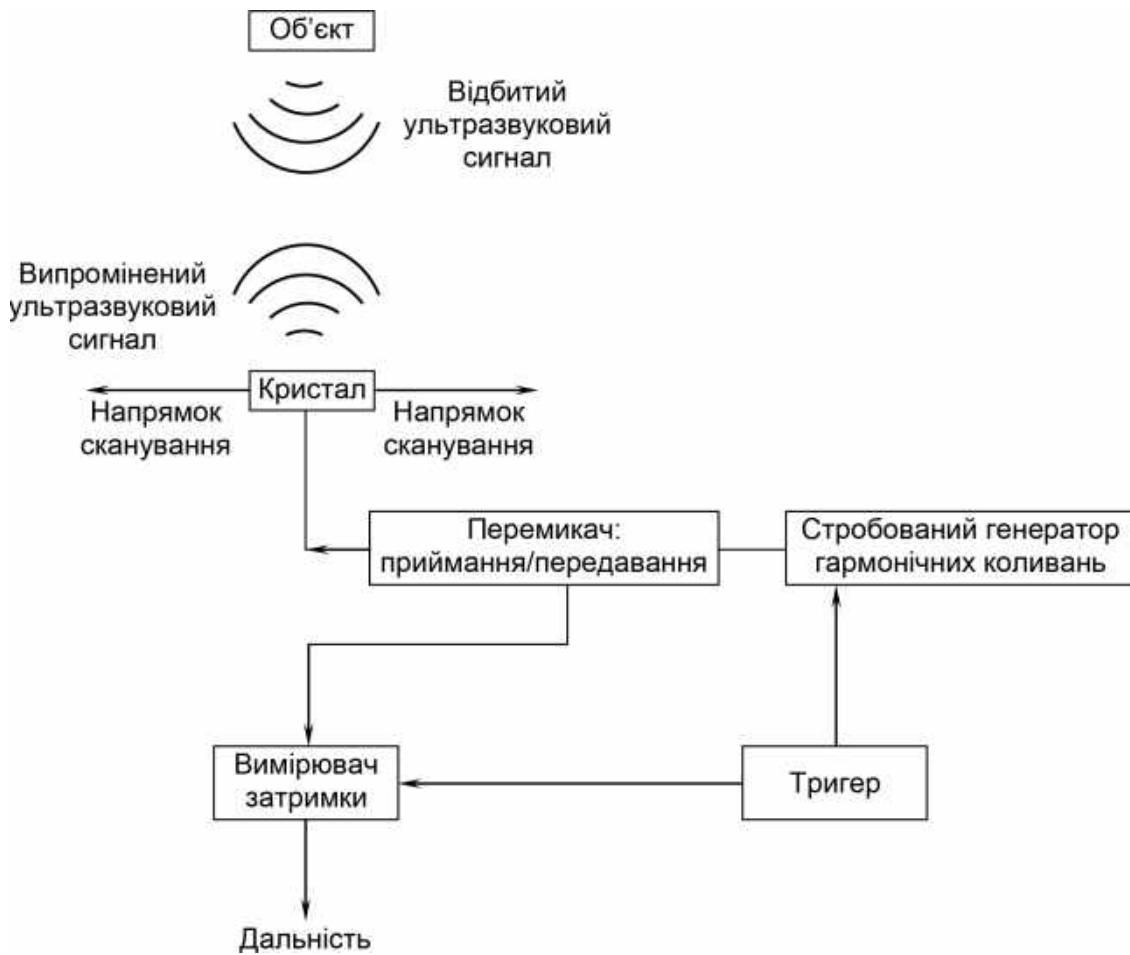
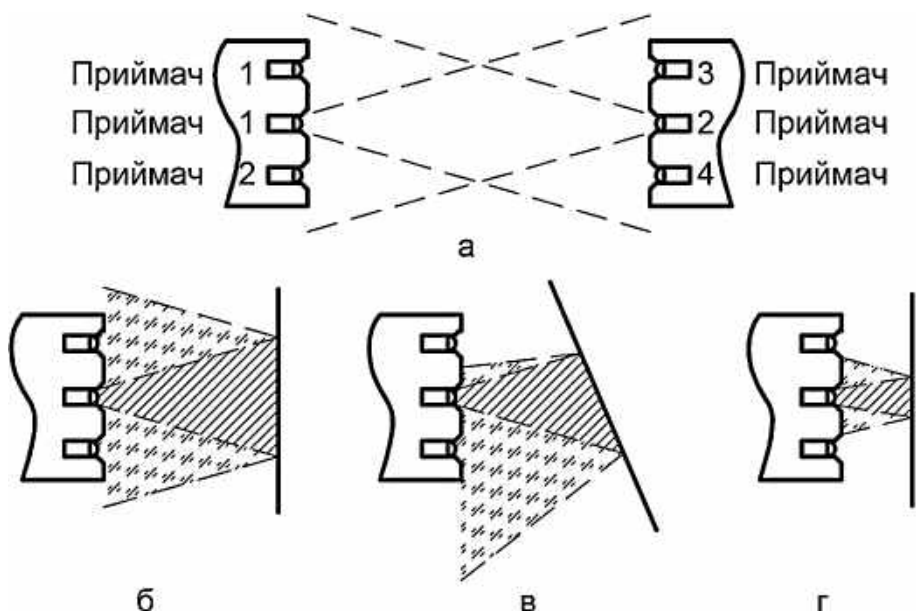


Рисунок 2.28 – Схема ультразвукової дальнометрії



а – розташування інфрачервоних передавачів (1, 2) та приймачів (1–4) у пальцях ЗП;
 б, в – відбиття сигналів паралельною і непаралельною поверхнями; г – розташування перетворювачів при визначенні наближення об'єкта
 Рисунок 2.29 – Схема визначення присутності об'єкта між пальцями ЗП інфрачервоними датчиками

Для розпізнавання присутності об'єкта маніпулювання між пальцями ЗП зазвичай використовують два інфрачервоних випромінювачі, які генерують модульовані сигнали (рисунок 2.29). Біля кожного випромінювача розташовано по два приймачі. Коли об'єкт переміщується між пальцями ЗП, світловий потік перекривається та відбивається. Якщо відбитий потік влучає у два приймачі, розміщені поруч, то поверхня об'єкта маніпулювання при цьому розташована паралельно пальцям. Коли світло попадає тільки в один приймач, то можна визначити кут, на який треба повернути ЗП, щоб поверхня пальців була паралельною об'єкту. Чим ближче до пальців розташована поверхня об'єкта маніпулювання, тим сильніший сигнал, за яким можна визначити відстань до об'єкта маніпулювання. Використовуючи більшу кількість приймачів для одного передавача, можна покращити характеристики датчика, оскільки параметри приймачів не залежать від інтенсивності відбитого сигналу.

2.5 Захоплювачі із сенсорними датчиками

У деяких випадках необхідно, щоб робот поряд з виконанням основних функцій видавав різного роду інформацію, наприклад про справність і правильність роботи обладнання в момент установалення і оброблення деталі, а також про забезпечення заданих параметрів під час оброблення і т. д. Роль контрольних органів можуть виконувати спеціальні датчики, що видають сигнали про різні відхилення від заданого режиму або про змінення умов оброблення або зовнішнього середовища. У ряді випадків, коли потрібна інформація про взяття та встановлення деталі про зусилля стискання, температури, швидкості переміщення деталі або про положення захоплювача відносно деталі тощо, використовуються сенсорні датчики, які встановлюються безпосередньо на захоплювачі.

2.6 Захоплювачі з робочим інструментом

Багато захоплювачів, якими оснащені роботи, нескладно пристосувати для виконання основних операцій виробничих процесів, наприклад для зварювання, нанесення покриттів та ін. Для цього треба встановити на захоплювач кліщі для точкового зварювання, пристрій, на якому розташований електрод або газовий пальник, пістолет для нанесення пластмас або лакофарбових покриттів. Існують захоплювачі з

ножицями для обрізання кабелю, розроблено захоплювачі з пристроєм для згинання труб. Захоплювачі з надувними гумовими оболонками (мішками) добре зарекомендували себе в роботі з крихкими виробами різної форми. Державки до захоплювача для деталей, що мають дуже складну форму, можуть бути виготовлені литтям пластмаси у форму, зроблену безпосередньо за деталлю. За необхідності ця пластмаса може бути армована скловолокном. Великі труднощі виникають при використанні роботів на складальних операціях. Ці труднощі можна в деяких випадках легко подолати, наприклад, якщо для співвісного устанавлення двох взаємозв'язаних деталей використовувати коливальні рухи захоплювача при вкладанні однієї деталі в отвір другої. При суміщенні осей отвору і деталі амплітуда стає менше і припинення коливань є сигналом для відкриття захоплювача. Під час експлуатації роботів доводиться створювати різні конструкції захоплювачів з урахуванням пристосовності захоплювача до деталі.

2.7 Конструкція місць кріплення змінних захоплювальних пристроїв

Аналіз пристроїв існуючих ПР дозволив рекомендувати низку конструкцій місць кріплення ЗУ. З цього погляду рекомендуються два виконання ЗУ: змінні і швидкозмінні. Змінні ЗУ виконані у вигляді самостійних вузлів і мають базові поверхні для кріплення до робота, але не відповідають вимогам швидкого змінення. Швидкозамінні – це змінні ЗУ, конструкція базових поверхонь яких забезпечує швидке змінення.

2.7.1 Нерознімні кріплення змінних захоплювальних пристроїв

Як конструктивне виконання місць кріплення змінних ЗП взято фланцеве кріплення, для чого на ПР виконується фланець з центральним центральною отвором і нарізними отворами навколо нього. Така конструкція проста і універсальна. Вона дозволяє поміщати частину елементів ЗП всередині руки робота, здійснювати зв'язок ЗП, які не мають вбудованого приводу, але мають зв'язок з приводом, що знаходиться в руці ПР. Передбачено два виконання фланців – круглої і квадратної форм (рисунок 2.30, виконання I і II відповідно), причому координати нарізних отворів в обох випадках залишаються постійними і обидва виконання

взаємозамінні. На круглих фланцях великих розмірів виконуються чотири додаткових кріпильних отвори. Ряд розмірів фланців по внутрішньому діаметру (d) прийнято з конструктивних міркувань і містить вісім значень від 10 до 200 мм. Конструкції місць кріплення змінних ЗП на руці ПР подано на рисунку 2.30, основні розміри наведено в таблиці 2.1. Допустимі значення крутних і згинальних моментів на кріплення змінних ЗП (див. рисунок 3.1) наведено в таблиці 2.2.

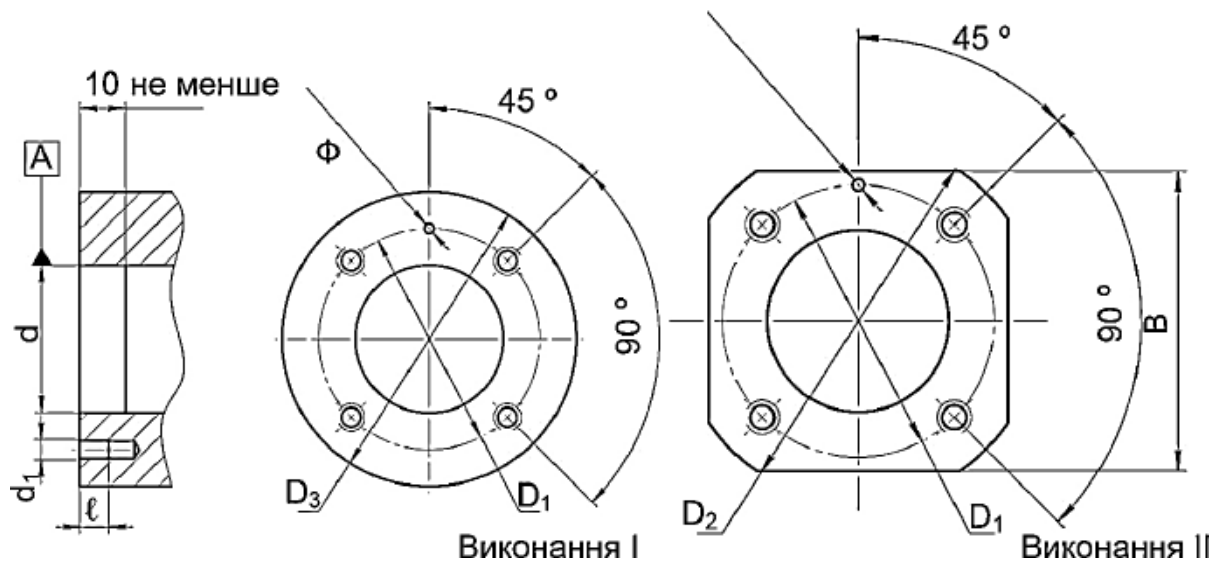


Рисунок 2.30 – Фланцеві з'єднання захоплювальних пристроїв

Таблиця 2.1 – Розміри конструкцій місць кріплення змінних захоплювальних пристроїв на руці промислового робота

Розміри місць кріплення змінних ЗП, мм										
d (граничне відхилення за Н9)	D_1 (граничне відхилення за Н12)	d_1	l , не менше	D_2	D_3 , не менше	Діаметр отворів під штифт		n		B
						Виконання 1	Виконання 2	Виконання 1	Виконання 2	
10	18	M4	6	26	26	3	2	4	4	20
20	30	M5	7	40	40	4	2			30
40	52	M6	9	64	64	5	3			52
60	76	M8	12	92	92	6	3			76
90	110	M10	15	144	130	8	4	8	4	110
120	140	M10	15	180	160	8	4			140
160	184	M12	18	240	208	10	5			184
200	232	M16	24	300	264	12	5			232

Таблиця 2.2 – Крутні і згинальні моменти на кріпленнях змінних ЗП

Діаметр базового отвору, мм	Допустимі значення крутного (у чисельнику) і згинального (в знаменнику) моментів, $H \cdot м$; ЗП виконання	
	1	2
10	4/20	4,4/20
20	12/50	12/50
40	30/40	30/140
60	80/400	80/400
90	310/1300	180/900
120	400/1700	230/1100
160	770/3300	440/2200
200	1845/7800	1050/5200

2.7.2 Конструкція місць кріплення швидкозмінних захоплювальних пристроїв

Як конструктивне виконання місць кріплення швидкозмінних ЗП взято байонетне кріплення конструкцій ЕНДМС, яке добре зарекомендувало себе в багатьох ПР. Залежно від вимог воно може використовуватися як для швидкої ручної заміни ЗП, так і для автоматичної. Конструкцію місць кріплення для швидкозмінних ЗП подано на рисунку 2.31, основні розміри наведено в таблиці 2.3.

Вузол кріплення містить гнізда 1, хвостовик 2 і пристрій для кутової фіксації 3. Для заміни ЗП потрібно повернути його відносно гнізда на 90° і вийняти з гнізда. Оскільки конструкція і розміри пристроїв для кутової фіксації ЗП до руки ПР залежать від конструкції руки, вони на цьому етапі не регламентуються.

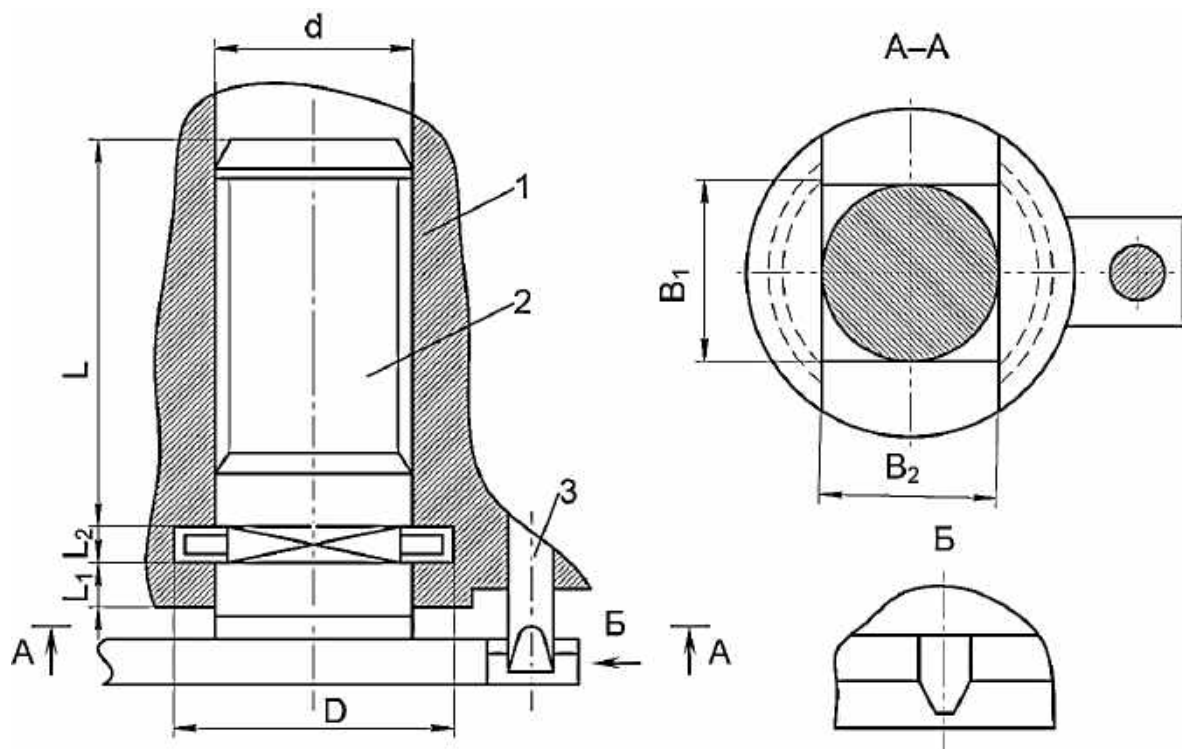


Рисунок 2.31 – Конструкція місць кріплення для швидкозмінних захоплювальних пристроїв

Таблиця 2.3 – Розміри конструкцій місць кріплення для швидкозмінних захоплювальних пристроїв

Розміри місць кріплення ЗП, мм						
d	D	L	L_1	L_2	B_1	B_2
20	32	40	7	6	20	21
30	44	60	9	8	30	31
40	56	85	9	8	50	51
50	68	100	9	8	50	51
60	80	120	11	10	60	31

2.7.3 Механізм автоматичної заміни захоплювальних пристроїв

Механізм автоматичної заміни ЗП виконується на основі нормалізованого швидкозмінного кріплення (див. рисунок 2.31). Схему механізму подано на рисунку 2.32. ЗП, призначені для автоматичної заміни, поміщаються в магазинний пристрій, який може мати вигляд

нерухомого стояка або поворотного диска в отворах для них. ЗП спирається на торцеву поверхню стояка фланцем 8 і центрується циліндричним паском 9 по гнізду, що має форму отвору з вирізом для проходу верхньої частини корпусу захоплювача. Кутове положення ЗП визначається штифтом 2.

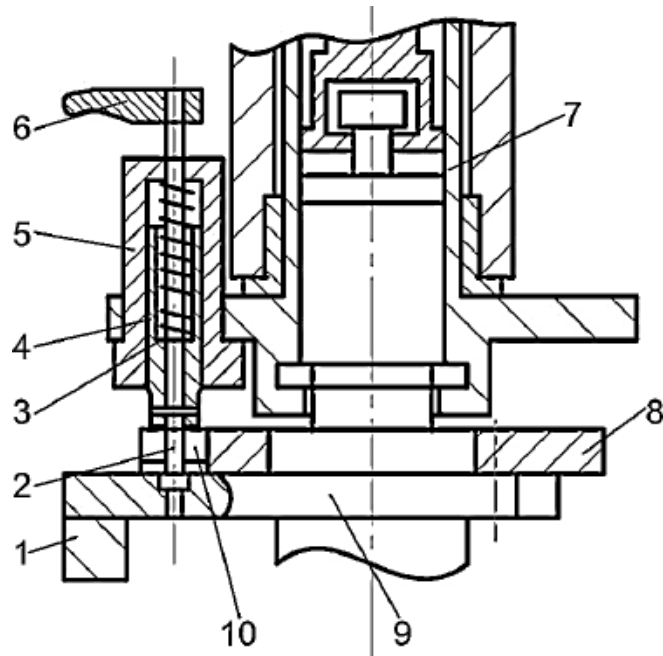


Рисунок 2.32 – Механізм автоматичної заміни захоплювального пристрою

Кутова фіксація ЗП в руці 7 ПР здійснюється фіксатором 4, який являє собою підпружинену качалку з роликом 3. Він закріплюється у втулці 5, розташованій на руці 7 ПР. Від повороту качалка утримується гвинтом. Вона пов'язана також з рукояткою 6 для ручної розфіксації ЗП. На рисунку 2.32 показано момент установлення ЗП у гніздо магазину 1 перед відкриттям байонетного замка або момент, що передуює взяттю ЗП з магазину. Оскільки штифт 2 магазину входить у той же паз 10 фланця 8, що і ролик 3 фіксатора, у момент установлення ЗП у магазин штифт 2 віджимає фіксатор. Це дозволяє руці 7 ПР разом з фіксатором повернутися на 90° , що необхідно для відкриття байонетного замка. При повороті руки 7 на 90° ролик 3 віджатого фіксатора котиться по поверхні фланця 8. Після повороту на 90° рука 7 йде вгору, залишаючи ЗП у гнізді магазину 1. Якщо необхідно взяти ЗП з магазину, рука, переміщуючись вертикально, надівається на його хвостовик. При цьому фіксатор

повернуто на 90° відносно паза. Взаємодіючи з фланцем 8, фіксатор віджимається. При повороті руки 7 на 90° байонетний замок замикається, а ролик 3 котиться при цьому по поверхні фланця 8. Наприкінці повороту ролик 3 виявляється на торці штифта 2. Далі рука піднімається, захоплюючи за собою ЗП, причому паз 10 ЗП сходить зі штифта.

Запитання для самопідготовки

1. Наведіть основні типи конструкцій некерованих ЗП. Назвіть основні їх недоліки.
2. Завдяки чому утримуються деталі командних ЗП зі стопорними механізмами? Наведіть їх недоліки.
3. Наведіть типові схеми кліщових захоплювальних пристроїв.
4. Наведіть типові схеми широкодіапазонних ЗП.
5. Наведіть схему центрального вузькодіапазонного двопозиційного захоплювального пристрою послідовної дії.
6. Наведіть схему захоплювача для порожнистих деталей.
7. Де застосовуються вакуумні захоплювачі? Їх переваги.
8. Наведіть схему активного вакуумного захоплювача.
9. Наведіть типові схеми електромагнітних захоплювачів.
10. З яких елементів складається інформаційне оснащення робочої зони та маніпулятора складальної зони?
11. Як розташовуються датчики на захоплювальному пристрої робота PUMA 600?
12. Наведіть структурну схему силомоментного оснащення ЗП.
13. Наведіть кінематичну схему вимірювання зусилля захоплення ЗП.
14. Нарисуйте схему ультразвукової дальнометрії ЗП.
15. Нарисуйте схему визначення присутності об'єкта між пальцями ЗП інфрачервоними датчиками.
16. Для чого потрібні захоплювачі із сенсорними датчиками?
17. Наведіть основні типи фланцевих нерознімних з'єднань захоплювальних пристроїв.
18. Наведіть конструкцію місць кріплення швидкозмінних захоплювальних пристроїв.
19. Опишіть механізм автоматичної заміни захоплювального пристрою.

3 РОЗРАХУНОК ЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

3.1 Розрахунок механічних захоплювальних пристроїв

За наявності рухомих жорстких пальців, забезпечених передавальними механізмами, розрахунок пристрою складається з визначення геометричних параметрів ланок передавального механізму, обчислення зусилля P_1 , що розвивається на виконавчій ланці приводу, яке залежить від необхідної сили P_2 захоплення деталі і вибраної кінематичної схеми передавального механізму, а також включає розрахунок на міцність. Оскільки всі зазначені параметри взаємозв'язані і суттєво залежать від ККД η механізму, при розрахунку захоплювального пристрою нерідко використовують метод послідовних наближень.

3.1.1 Визначення ККД передавального механізму

Сильний вплив конфігурації для важеля шарнірно-передавального механізму на його ККД потребує особливо ретельного розрахунку захоплювальних пристроїв цього типу. Розрахункову схему такого захоплювального пристрою з плоскопаралельним рухом пальців (промислові роботи Versatran, УМ-1 та ін.) подано на рисунку 3.1.

Запишемо вирази моментів сил тертя в шарнірах А, В, С

$$M_B = 0,5 \cdot d \cdot \operatorname{tg}(\rho) \cdot \sqrt{R_{BY}^2 + R_{BX}^2}; \quad (3.1)$$

$$M_C = 0,5 \cdot d \cdot \operatorname{tg}(\rho) \cdot \sqrt{R_{CY}^2 + R_{CX}^2}; \quad (3.2)$$

$$M_A = 0,5 \cdot d \cdot \operatorname{tg}(\rho) \cdot \sqrt{R_{AY}^2 + R_{AX}^2}, \quad (3.3)$$

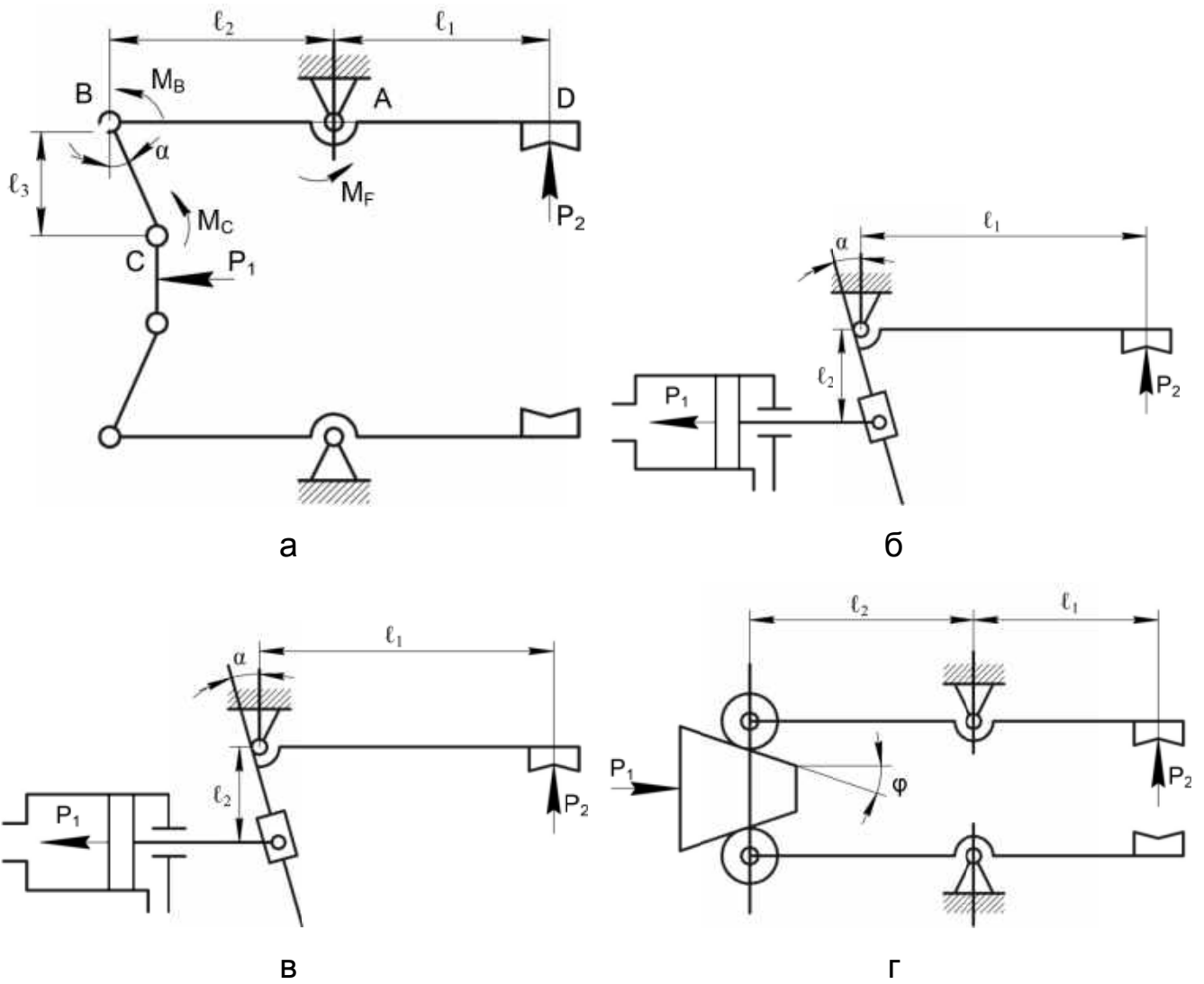
де d – передбачувані однакові для всіх шарнірів діаметри їх осей; ρ – кут тертя в шарнірах.

У реальних конструкціях $R_{BY} \gg R_{BX}$; $R_{CY} \gg R_{CX}$; $R_{AY} \gg R_{AX}$, що дозволяє з достатньою точністю взяти

$$M_B = 0,5 \cdot d \cdot \operatorname{tg}(\rho) \cdot R_{BY}; \quad (3.4)$$

$$M_C = 0,5 \cdot d \cdot \operatorname{tg}(\rho) \cdot R_{CY}; \quad (3.5)$$

$$M_A = 0,5 \cdot d \cdot \operatorname{tg}(\rho) \cdot R_{AY}. \quad (3.6)$$



а – для важеля шарнірного; б – для важеля повзункового;
 в – для важеля зубчастого; г – для важеля кулачкового

Рисунок 3.1 – Розрахункові схеми механічних захоплювальних пристроїв

З умови рівноваги ланки BC з огляду на малість кута α отримаємо

$$R_{BY} = 0,5 \cdot P_1 \cdot \frac{I_3}{d \cdot \operatorname{tg}(\rho) + I_3 \cdot \alpha}, \quad (3.7)$$

де α – кут між вертикаллю і прямою, що проходить через осі шарнірів B і C при закритому захоплювальному пристрої. З умови рівноваги ланки BD маємо

$$R_{BY} = 0,5 \cdot P_2 \cdot \frac{d \cdot \operatorname{tg}(\rho) + 2 \cdot I_1}{I_2}. \quad (3.8)$$

Увівши поняття силового i_p і кінематичного i_δ передавальних відношень, можна записати

$$i_p = 2 \frac{P_2}{P_1}; \quad (3.9)$$

$$i_\delta = \frac{\delta_2}{\delta_1}; \quad (3.10)$$

$$i_p \cdot i_\delta = \eta, \quad (3.11)$$

де δ_1 і δ_2 – переміщення виконавчого елемента приводу і пальця захоплювального пристрою відповідно. Тоді на основі (3.7) і (3.8) матимемо

$$P_2 = \frac{P_1 l_2}{2 l_1} \frac{1}{\alpha + (d/l_3) \cdot \operatorname{tg}(\rho)} \frac{1}{\alpha + (d/l_1) \cdot \operatorname{tg}(\rho)}; \quad (3.12)$$

$$i_p = \frac{l_2}{l_1} \frac{1}{\alpha + (d/l_3) \cdot \operatorname{tg}(\rho)} \frac{1}{\alpha + (d/l_1) \cdot \operatorname{tg}(\rho)}. \quad (3.13)$$

Використовуючи принцип віртуальних переміщень, для малих кутів α запишемо вираз кінематичного передавального відношення у вигляді

$$i_\delta = \frac{I_1}{I_2} \cdot \alpha. \quad (3.14)$$

Оскільки $\frac{d}{l} \cdot \operatorname{tg}(\rho) \ll 1$, наближені розрахунки необхідних зусиль на приводі P_2 , силового передавального відношення i_p і коефіцієнта корисної дії η можна виконувати за формулами

$$P_2 = \frac{P_1 l_2}{2 l_1} \frac{1}{\alpha + (d/l_3) \cdot \operatorname{tg}(\rho)}; \quad (3.15)$$

$$i_p = \frac{l_2}{l_1} \frac{1}{\alpha + (d/l_3) \cdot \operatorname{tg}(\rho)}; \quad (3.16)$$

$$\eta = \frac{1}{\alpha + (d/l_3) \cdot \operatorname{tg}(\rho)}. \quad (3.17)$$

Графіки залежності i_p і η від кута α , отримані при таких значеннях параметрів захоплювального пристрою: $I_1 = 175$ мм, $I_2 = 25$ мм, $I_3 = 22$ мм, $d = 8$ мм, $\rho = 14^\circ$, наведено на рисунку 3.2. Перевагою конструкції, в якій замикальний важіль шарнірно укріплений на корпусі, є можливість отримати велике силове передавальне відношення. Однак воно тим вище, чим менше кут α , а при малих α сильно знижується ККД. Крім того, при малих кутах α неточність виготовлення та встановлення пальців, а також пружні деформації ланок передавального механізму і шарнірів можуть призвести до того, що шарнір С перейде «мертву» точку і захоплювальний пристрій розкриється. Слід мати на увазі, що прагнення отримати максимальне силове передавальне відношення, а отже, і силу захоплення деталі (тобто зменшення кута α) може призвести до зворотного – ККД пристрою буде настільки низьким, що практично вся енергія приводу буде витратитися на подолання моментів тертя в шарнірах.

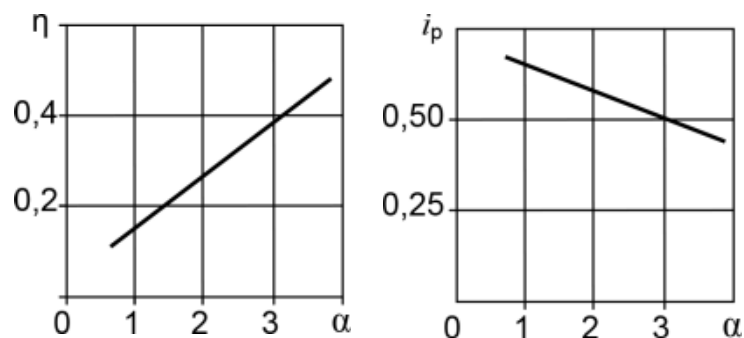


Рисунок 3.2 – Графіки залежності силового передавального відношення i_p і ККД η від кута α розкриття захоплювача

Більш «жорсткі» параметри (η , i_p) характеризують важільно-повзунковий передавальний механізм, однак саме силове передавальне відношення невелике, у той час як ККД досить високий.

Аналогічні характеристики мають захоплювальні пристрої, плоскопаралельний рух пальців яких забезпечується важільно-зубчастим або важільно-кулачковим передавальним механізмом. Так, для захоплювального пристрою, виконаного за схемою на рисунку 3.1, в:

$$i_p = \frac{I_1}{D}, \eta = 0,9 \dots 0,95,$$

де D – діаметр ділильного кола зубчастого колеса. Для захоплювального пристрою, схему якого наведено на рисунку 3.1, $\eta = 0,87 \dots 0,92$.

3.1.2 Визначення сил, що діють у місцях контакту

Визначення сил, що діють у місцях контакту деталей з затискними губками, зводиться до визначення мінімальних сил, які діють у місцях контакту, достатніх для утримання заготовки. Можна виділити такі схеми утримання деталі в механічному ЗП – деталь безпосередньо підтримується профілем губок ЗП, сили тертя практично не беруть участі в утриманні (рисунок 3.3).

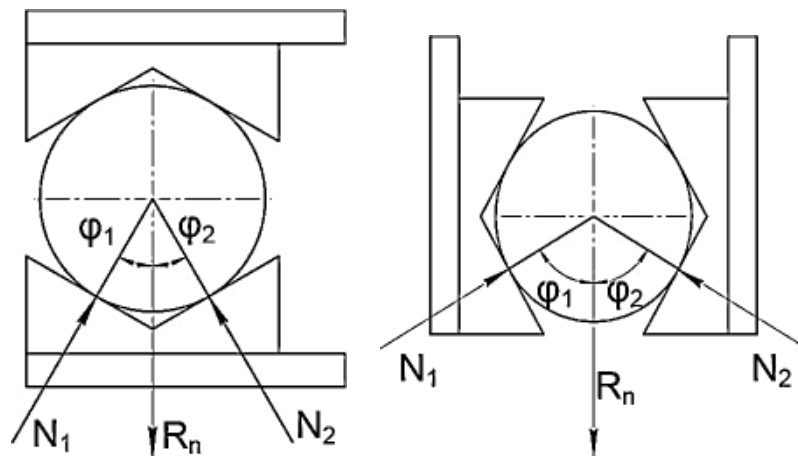


Рисунок 3.3 – Схеми утримання деталей залежно від профілю губок ЗП

Отже,

$$P_i = R_n \frac{\sin \varphi_j - \mu \cdot \cos \varphi_j}{\sin(\varphi_1 + \varphi_2) - 2 \cdot \mu \cdot \cos(\varphi_1 + \varphi_2)}, \quad (3.18)$$

при $i, j = 1, i \neq j$ деталь утримується завдяки замикальній дії губок при обмеженій дії сил тертя (рисунок 3.4).

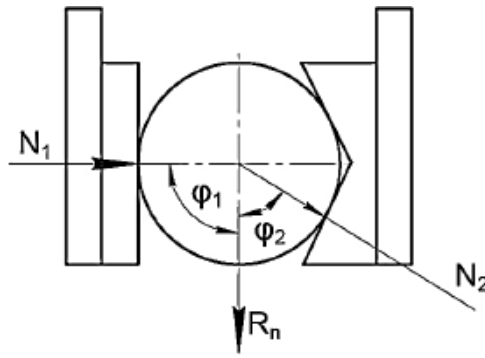


Рисунок 3.4 – Схема утримання деталей залежно від профілю губок ЗП і обмеженої дії сил тертя

Таким чином,

$$P_1 = R_n \frac{\sin \varphi - \mu \cdot \cos \varphi}{\cos \varphi + 2 \cdot \mu \cdot \sin \varphi};$$

$$P_2 = R_n \frac{1}{\cos \varphi + 2 \cdot \mu \cdot \sin \varphi},$$
(3.19)

при $\varphi_1 = 90^\circ$, $\varphi_2 = \varphi$ деталь утримується тільки силами тертя.

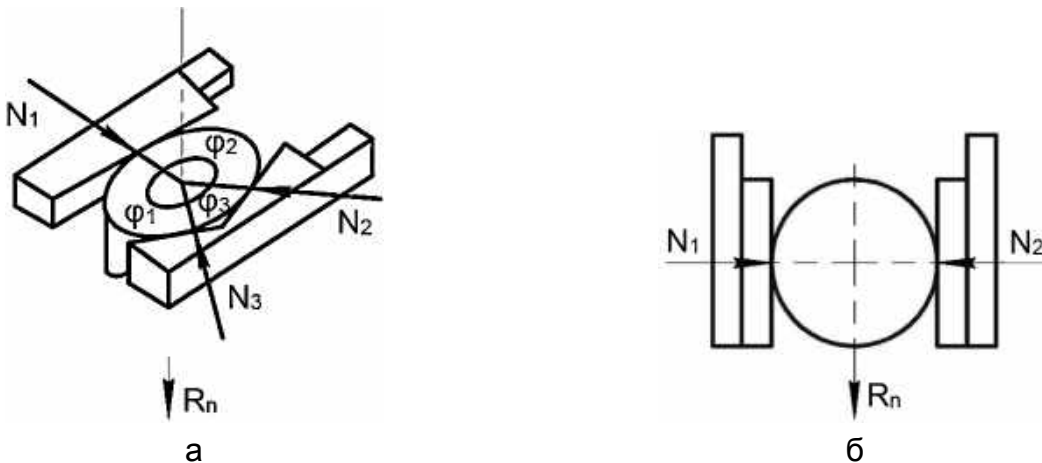


Рисунок 3.5 – Схеми утримання деталей залежно від дії сил тертя

Для випадку а при $\theta \approx 0^\circ$

$$P_i = -\frac{R_n}{\mu} \sin(\varphi_j - \varphi_k) / [\sin(\varphi_1 - \varphi_2) + \sin(\varphi_1 - \varphi_2) + \sin(\varphi_3 - \varphi_1)], \quad (3.20)$$

де $i, j, k = 1, 2, 3; i \neq j \neq k$.

Для випадку б при $\varphi_1 = \varphi_2 = 90^\circ$

$$P_1 = P_2 = \frac{R_n}{2\mu}.$$

На практиці зазвичай зустрічається складне навантаження ЗП, при якому діє комбінація описаних випадків (рисунок 3.6). Під час маніпулювання характер навантаження і схеми утримання можуть змінюватися.

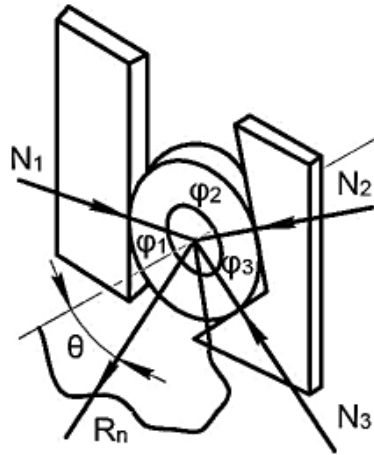


Рисунок 3.6 – Схема комбінованого утримання

Таким чином,

$$P_j = R_n \frac{(1 - \mu^2) \sin(\varphi_j - \varphi_k)}{(1 - \mu^2)(\sin(\varphi_1 - \varphi_2) + \sin(\varphi_2 - \varphi_3) + \sin(\varphi_3 - \varphi_1))} + \sin \theta (\sin \varphi_j - \sin \varphi_k - \mu (\cos \varphi_j - \cos \varphi_k)) - \frac{\cos \theta}{\mu}; \quad (3.21)$$

$$P_2 = R_n \frac{I}{\cos \varphi + 2 \cdot \mu \cdot \sin \varphi},$$

де $i, j, k = 1, 2, 3; i \neq j \neq k, \theta = 0$.

У розглянутих вище випадках: Q – розрахункове навантаження; I – розмір захоплювача; c – відстань від точки прикладання навантаження до губки захоплювача; R_n – реакція на губку захоплювача; θ – кут між віссю заготовки і силою R_n ; P_i – сила контакту між заготовкою і губкою; φ_i – кут між проекцією сили R_n на площину і силою P_i ; μ – коефіцієнт тертя губки захоплювача і заготовки (для незагартованих губок без насічки – сталь 45, 50: $\mu = 0,12 \dots 0,15$; сталь 65Г, 60С2, УВА, У10А при твердості HRC 55: $\mu = 0,3 \dots 0,35$). Завжди розрахунки ЗП ведуться для випадку дії максимального навантаження.

3.1.3 Розрахунок зусиль приводу клинових, важільних і рейкових механізмів

Розрахунок зусиль приводу для клинових механізмів виконують за схемою, наведеною на рисунку 3.7.

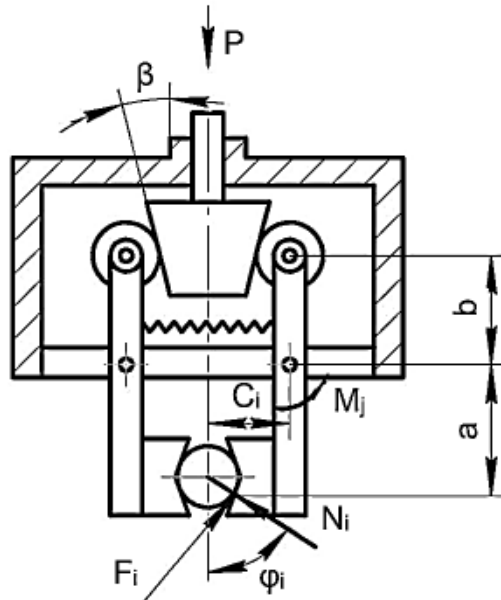


Рисунок 3.7 – Схема розрахунку зусиль приводу клинових механізмів

Якщо губки несиметричні, то необхідне зусилля приводу розраховують за формулою

$$P \geq \frac{\sum_{j=1}^m M_j \operatorname{tg}(\beta + \rho)}{b \cdot \eta_p}, \quad (3.22)$$

або

$$P \geq \frac{2M \operatorname{tg}(\beta + \rho)}{b \cdot \eta_p}, \quad (3.23)$$

де $\eta_p = 0,9$, $\beta = 4 \dots 9^\circ$, $\rho = 1^\circ 10'$, якщо на осях підшипники ковзання, і $\rho = 3^\circ$, якщо на осях підшипники кочення.

Розрахунок зусиль приводу для важільних механізмів виконують за такою схемою: якщо губки симетричні, то (рисунок 3.8, а)

$$P \geq \frac{2M \cos \alpha}{b \cdot \eta_p},$$

де $\eta_p = 0,9 \dots 0,95$,

якщо губки несиметричні (рисунок 3.8, б), то

$$P \geq \frac{\sum_{j=1} M_j \cos \alpha}{b \cdot \eta_p}.$$

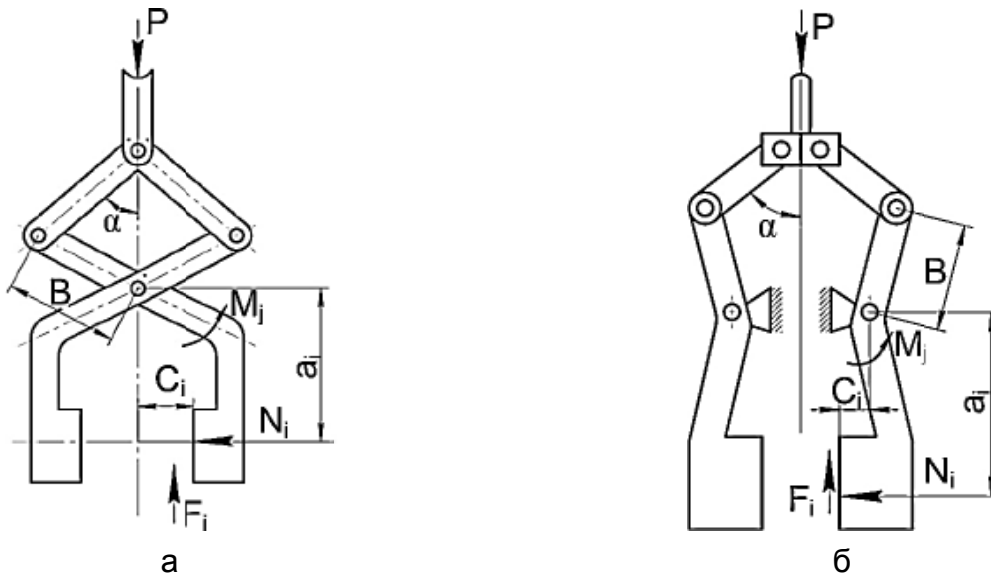
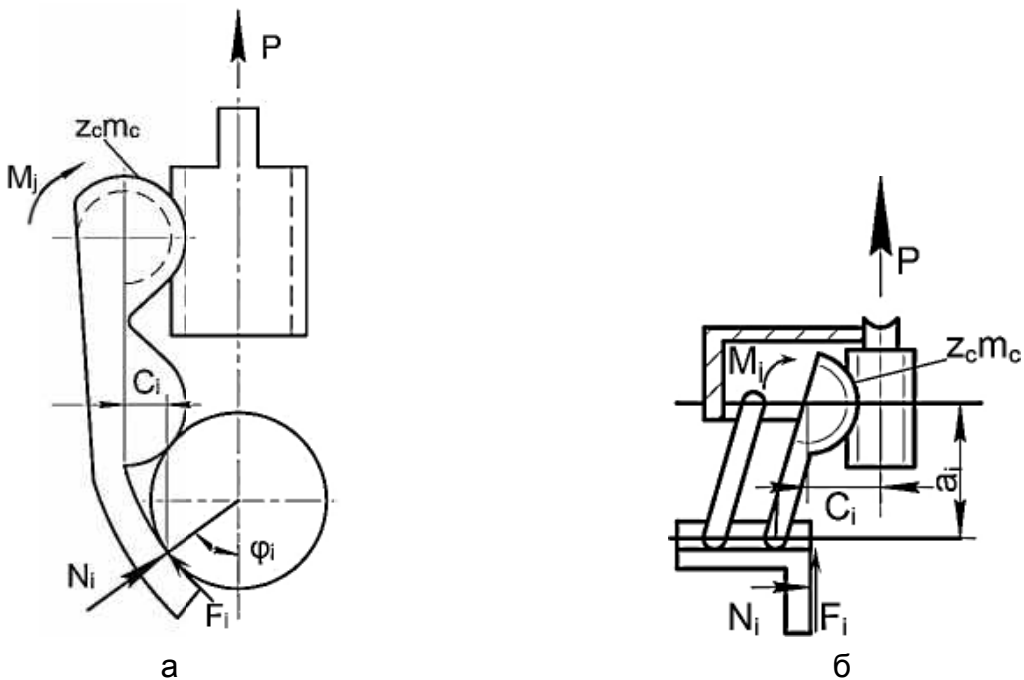


Рисунок 3.8 – Схема розрахунку зусиль приводу важільних механізмів

Розрахунок зусиль приводу для рейкових механізмів виконують за схемою, наведеною на рисунку 3.9.



Рисунку 3.9 – Схема розрахунку зусиль приводу рейкових механізмів

Для несиметричних губок (див. рисунок 3.9, а) необхідне зусилля приводу розраховують за формулою

$$P \geq \frac{2 \sum_{j=1}^m M_j}{m_c \cdot z_c \cdot \eta_p},$$

якщо губки симетричні, (див. рисунок 3.9, б), то

$$P \geq \frac{4M_j}{m_c \cdot z_c \cdot \eta_p},$$

де $\eta_p = 0,94$.

Для наведених вище схем: m – кількість губок захоплення; M_j – утримувальний момент для j -ї губки (Н·м), який визначають за формулою

$$M_j = \sum_{i=1}^k P_{2i} \cos \varphi_i \left[d_i \operatorname{tg} \varphi_i \pm c_i - \mu (d_i \mp c_i \operatorname{tg} \varphi_i) \right],$$

де P_{2i} – сила контакту, що визначається формулами (3.18) – (3.19), Н; k – кількість точок контакту; d_i, c_i – відстань від точки повороту губки до i -ї точки контакту, м; φ_i – кут контакту, град; μ – коефіцієнт тертя між губкою і заготовкою; ρ – зведений кут тертя, що враховує опір осей важелів; β – кут клина, град; η_p – коефіцієнт опору механізму; B – розмір важеля, м; α – кут важеля, град; m_c – модуль сектора, м; z_c – повна кількість зубів сектора.

3.1.4 Розрахунок клинових захоплювальних пристроїв

Розрахунок клинових захоплювальних пристроїв виконують за схемою, наведеною на рисунку 3.10.

При підніманні деталі під дією її ваги G (див. рисунок 3.10) ексцентрик зтягується, у результаті чого виникає зусилля розпору N , що створює силу тертя F .

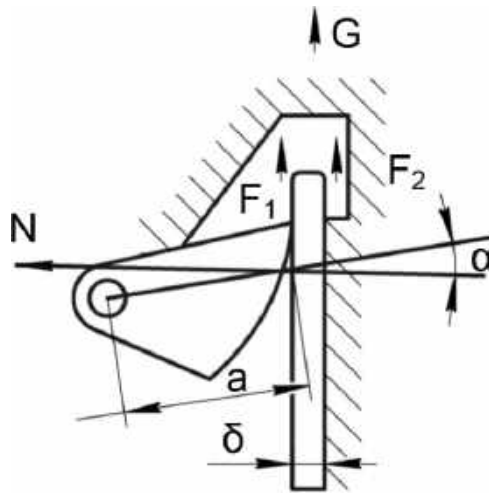


Рисунок 3.10 – Розрахункова схема клинового захоплювача

Силу тертя знаходимо за виразом

$$F = F_1 + F_2 = N\mu_1 + N\mu_2 > G,$$

де $\mu_1 = 0,15$ і $\mu_2 = 0,1$ – коефіцієнти тертя деталі об ексцентрик і задню стінку ЗП.

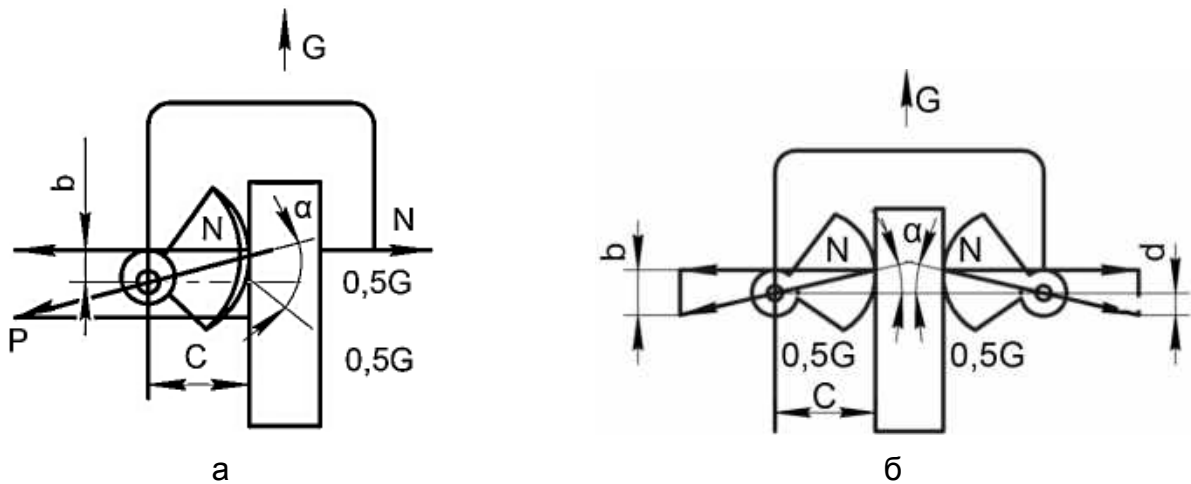


Рисунок 3.11 – Одноексцентрикова і двооексцентрикова розрахункові схеми

Якщо товщина деталі α , а радіус ексцентрика r , то з рівняння моментів відносно осі ексцентрика виходить (рисунок 3.11)

$$Nr \cdot \sin \alpha - N\mu_1 r \cdot \cos \alpha - N\mu_2 (r \cdot \cos \alpha + a) = 0$$

або

$$\sin \alpha - \mu_1 \cos \alpha - \mu_{21} (r \cos \alpha + a) = 0,$$

звідки

$$\operatorname{tg} \alpha \leq \mu_1 + \mu_2 \left[1 + \frac{\alpha}{r \cos \alpha} \right].$$

Розрахунок основних параметрів наведено в таблиці 3.1. У таблиці d – діаметр осі шарніра; p – коефіцієнт тертя в шарнірах.

Робочу поверхню ексцентриків рекомендується профілювати за логарифмічною спіраллю $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{const}$ (рисунок 3.12). У цьому випадку $r = r_0 \cdot e^{t\phi}$, де $t = \operatorname{tg} \alpha$.

Таблиця 3.1 – Розрахунок параметрів ексцентрикових захоплювальних пристроїв

Параметр	Захоплювальний пристрій	
	ексцентриковий	важільно-ексцентриковий
Передавальне число	$i = \frac{c}{b} = \frac{l}{\operatorname{tg} \alpha}$	$i = \frac{[a + (c/\cos \alpha)]}{b}$
Сила стиснення	$N = 0,5G\sqrt{i^2 + 1}$	$N = 0,5G[a + (c/\cos \alpha)]/b$
Реакція в шарнірі	$R = 0,5G\sqrt{i^2 + 1}$	$S = \frac{G}{2 \cos \alpha}$
ККД	$\eta = 1 - 0,5\rho \left(\frac{d}{c} \right) \sqrt{i^2 + 1}$	$\eta = 1 - 0,5\rho \left(\frac{d}{c} \right) \sqrt{i^2 + 1}$

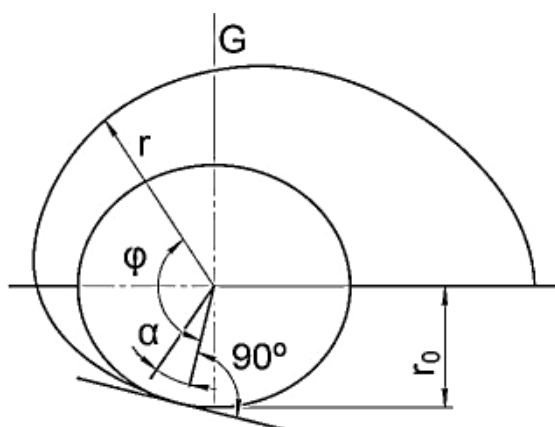


Рисунок 3.12 – Логарифмічна спіраль для проектування ексцентриків

Для підвищення значення μ і надійного утримання деталі на робочі поверхні ексцентриків для збільшення площі контакту наносять риски і кут

α доводять до 10° . Робити його менше не рекомендується, оскільки при $\alpha < 10^\circ$ захоплювальні пристрої заклинюються і важко знімаються з деталі.

3.1.5 Визначення координати центру захоплення

Положення центру захоплення для багатьох конструктивних схем залежить від кута розкриття пальців. Очевидно, що для пристроїв з плоскопаралельним рухом пальців, тобто таких, вихідна ланка передавального механізму яких шарнірно встановлена в корпусі, а пальці жорстко зафіксовані на ньому (рисунок 3.13, а), відстань від центру захоплення до осі шарніра повороту

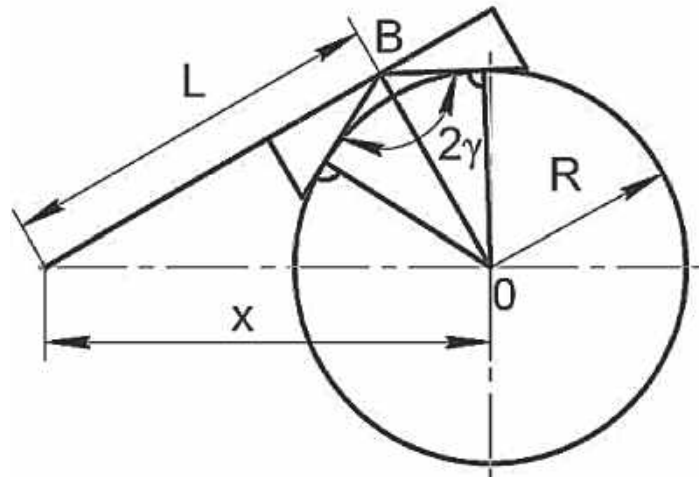
$$x = \frac{\sqrt{L^2 \sin^2(\gamma) + R^2}}{\sin(\gamma)}, \quad (3.24)$$

де L – відстань від вершини пальця до осі шарніра повороту важелів; γ – кут охоплення деталі; R – радіус деталі. Таким чином, якщо робот встановлює циліндричну заготовку радіусом R_1 і знімає готову після оброблення деталь радіусом R_2 , то для того щоб центр захоплення збігся і з центром заготовки і з центром деталі, маніпулятор повинен мати дві точки позиціонування, віддалені одна від одної на Δx :

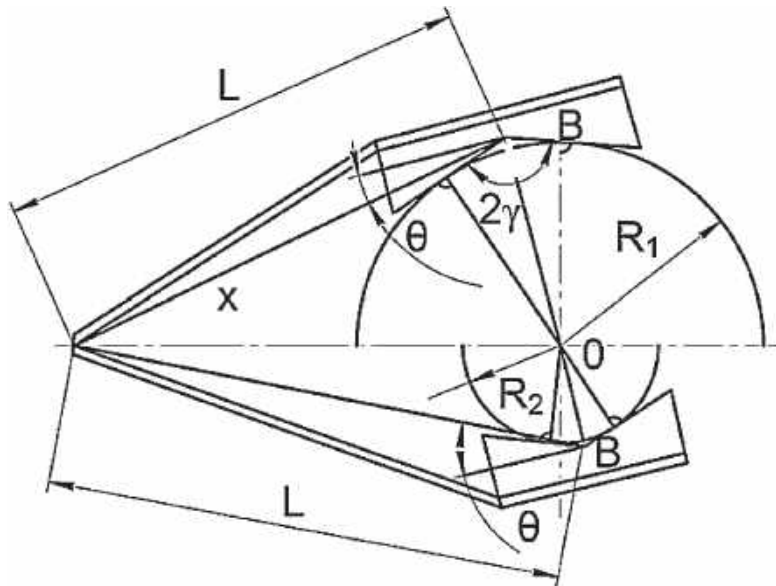
$$|\Delta x| = \frac{\sqrt{L^2 \sin^2(\gamma) + R_2^2} - \sqrt{L^2 \sin^2(\gamma) + R_1^2}}{\sin(\gamma)}. \quad (3.25)$$

Уведення кута установлення пальців θ дозволяє спростити задачу при масовому виробництві однономенклатурних деталей. Дійсно, у цьому випадку (рисунок 3.13, б).

$$|\Delta x| = \sqrt{\frac{R_1^2}{\sin^2(\gamma)} + L^2 - 2 \frac{R_1}{\sin(\gamma)} L \sin(\theta)} - \sqrt{\frac{R_2^2}{\sin^2(\gamma)} + L^2 - 2 \frac{R_2}{\sin(\gamma)} L \sin(\theta)}. \quad (3.26)$$



а



б

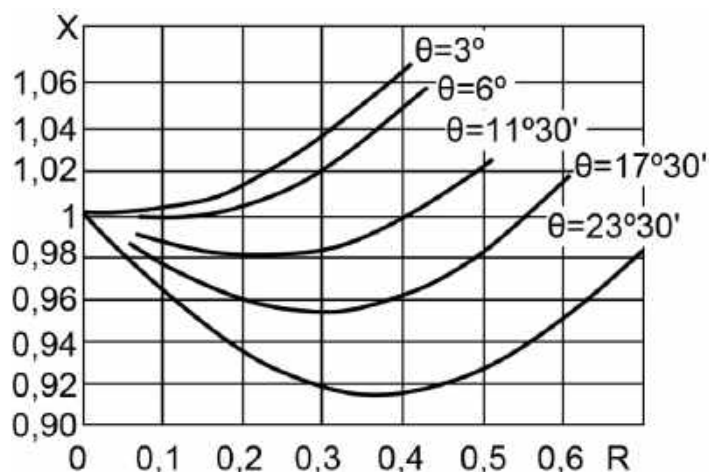
1 – палець, жорстко встановлений на вихідній ланці важільного механізму;

2 – палець, установлений на вихідній ланці під кутом θ

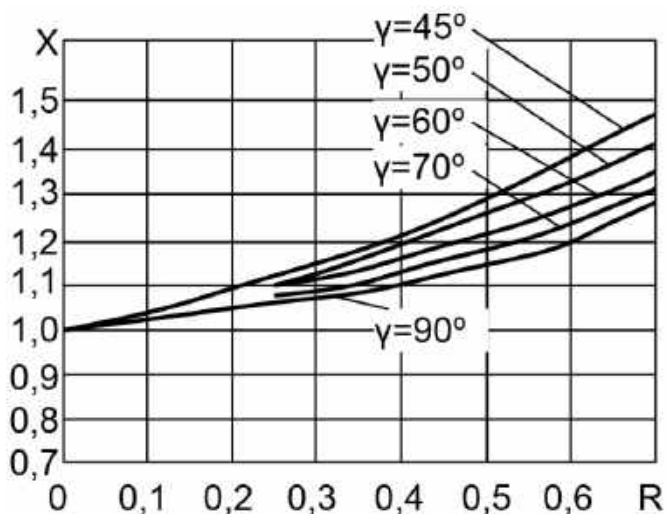
Рисунок 3.13 – Схема взаємодії з деталлю пальця

Вибравши $\theta = \arcsin \left[\frac{(R_1 + R_2)}{(2 \cdot L \cdot \sin(\gamma))} \right]$, отримаємо $\Delta x = 0$.

Однак таке вирішення проблеми потребує не тільки високої точності виготовлення і установлення пальців, але й переналадження захоплювального пристрою при переході на виробництво деталей інших розмірів.



а



б

1 – при різних кутах θ і куті $\gamma = 70^\circ$; 2 – при різних кутах γ і куті $\theta = 0^\circ$

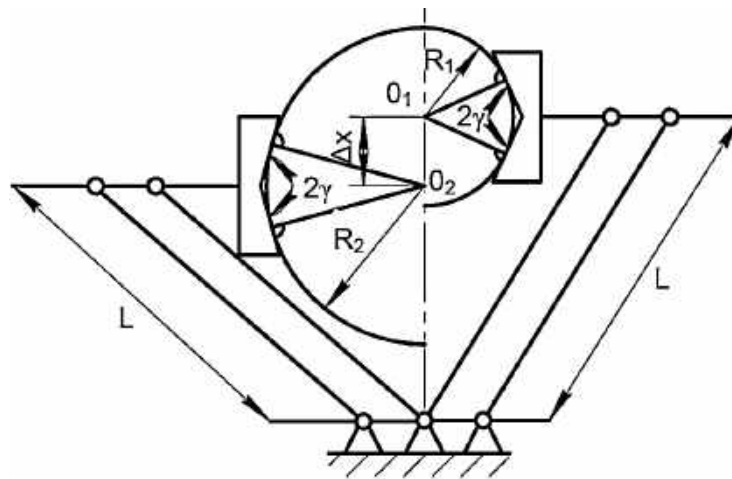
Рисунок 3.14 – Графіки залежності зміщення центру захоплення від радіуса деталі

Сімейство кривих $\bar{X} = \bar{X}(\bar{R})$ для $\gamma = 70^\circ$ показано на

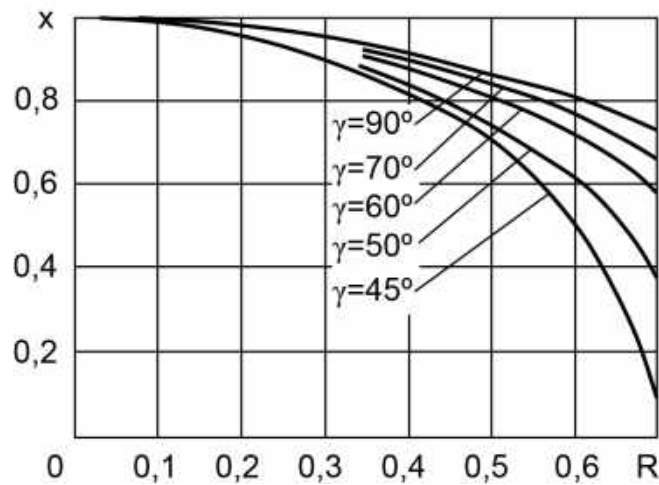
рисунок 3.14, де $\bar{X} = \frac{X}{L}$, $\bar{R} = \frac{R}{L}$. Будь-яка горизонтальна пряма перетне

графік у двох точках з координатами R_1 і R_2 , для яких $\Delta x = 0$. Широко застосовувані захоплювальні пристрої з поступальним переміщенням пальців також не забезпечують постійного положення центру захоплення при змінній кута розкриття пальців. Для схеми, поданої на рисунку 3.15, а, зміщення центру захоплення становить

$$|\Delta x| = \frac{\sqrt{L^2 \sin^2(\gamma) + R_1^2} - \sqrt{L^2 \sin^2(\gamma) + R_2^2}}{\sin(\gamma)}. \quad (3.27)$$



а



б

Рисунок 3.15 – Схема взаємодії з деталлю пальця і графік залежності зміщення центру захоплення від змінення радіуса деталі при поступальному переміщенні пальців

Графік залежності x від R для захоплювальних пристроїв цього типу показано на рисунку 3.15, б.

Необхідність збереження фіксованого положення центру захоплення набуває особливого значення при багатоопераційній обробці, коли об'єкт маніпуляції багаторазово змінює свою геометрію. У цьому випадку відносно прості промислові роботи з цикловим керуванням можна застосовувати тільки при їх оснащенні механічними захоплювальними пристроями з прямолінійним переміщенням пальців, координата центру захоплення яких інваріантна відносно розміру захоплюваної деталі і повністю визначається конструктивними параметрами цього пристрою. Особливу групу серед таких захоплювальних пристроїв становлять

пристрої з важільним передавальним механізмом приводу пальців, виконаним у вигляді чотириланкового пантографа. Ця схема дозволяє переміщувати пальці в декількох, у тому числі і взаємно перпендикулярних, напрямках від єдиного лінійного приводу.

3.2 Розрахунок вакуумних і магнітних захоплювальних пристроїв

Вакуумні захоплювачі відрізняються простотою конструкції і невеликою масою.

Сила вакуумного тяжіння визначається формулою

$$P_B = K_p S_z (p_a - p_v),$$

де $K_p = 0,85$ – коефіцієнт, що враховує можливе змінення атмосферного тиску і властивостей ущільнювача; p_a – атмосферний тиск, Па; p_v – тиск вакууму всередині камери присосів, тобто залишковий тиск у камері, Па; S_z – ефективна площа захоплення, м². Для вакуумних захоплювачів з кільцем ущільнювача, з'єднаних з вакуумним насосом, тиск усередині порожнини захоплення беруть таким, що дорівнює значенню залишкового тиску, який створюється насосом. Для вакуумних захоплювачів без ущільнювального кільця і для некерованих захоплювачів з кільцем ущільнювача різниця тисків $p_a - p_v = 29,4...34,3$ МПа.

Для круглих захоплювачів з кільцем ущільнювача площа поверхні контакту S_n обмежена зовнішньої лінією контакту захоплювача з деталлю. Для захоплювачів без ущільнювального кільця беруть площу поверхні S_z , обмежену внутрішніми лініями контакту захоплювача з деталлю: $S_z = (0,6...0,7) \cdot S_n$.

Магнітні й електромагнітні захоплювачі відрізняються більшою силою тяжіння порівняно з вакуумними, але використовувати їх можна тільки для деталей з магнітних матеріалів. Наявність домішок (марганцю, нікелю, фосфору, сірки) в матеріалі деталі знижує піднімальну силу магніту.

Формули для перевірки можливості утримання деталі вакуумними і магнітними захоплювачами наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Перевірка можливості утримання деталі вакуумними і магнітними захоплювачами

Номер схеми	Розрахункова схема	Формули для визначення $P, Н$
1		$\mu \left(\frac{P}{m \cdot k_1 \cdot k_2} - g \cos \theta_0 + a \cos \theta \right) \geq g \sin \varphi_0 \sin \theta_0 + a \sin \varphi \sin \theta$ $\mu \left(\frac{P}{m \cdot k_1 \cdot k_2} - g \cos \theta_0 + a \cos \theta \right) \geq g \cos \varphi_0 \sin \theta_0 + a \cos \varphi \sin \theta$
2		$\varphi = \varphi_0 = 90^\circ$ $\mu \left(\frac{P}{m \cdot k_1 \cdot k_2} - g \cos \theta_0 + a \cos \theta \right) \geq g \sin \theta_0 + a \sin \theta $
3		$\varphi = \varphi_0 = 90^\circ; \theta_0 = 0^\circ$ $\mu \left(\frac{P}{m \cdot k_1 \cdot k_2} - g a \cos \theta \right) \geq a \sin \theta$
4		$\varphi = \varphi_0 = 90^\circ; \theta_0 = 90^\circ$ $\mu \left(\frac{P}{m \cdot k_1 \cdot k_2} - a \cos \theta \right) \geq g + a \sin \theta$
5		$\varphi = \varphi_0 = 90^\circ; \theta_0 = \theta = 0^\circ$ $\frac{P}{m \cdot k_1 \cdot k_2} \geq g + a$

У вищенаведених схемах: P – сила вакуумного або магнітного тяжіння, Н; m – маса заготовки, кг; g – прискорення вільного падіння, м/с²; a – прискорення захоплення, м/с²; θ – кут між вектором прискорення і віссю Z , град; φ – кут між проекцією прискорення на площину, перпендикулярну до осі Z , і віссю Y , град; μ – коефіцієнт тертя між заготовкою і захоплювачем (для металевих захоплювачів і сталевих заготовок $\mu = 0,17$, для гумових манжет і сталевих заготовок $\mu = 0,3$); K_1 – коефіцієнт запасу ($K_1 = 2$); K_2 – коефіцієнт, що враховує зміщення точки прикладання піднімальної сили і центру ваги заготовки (для круглих захоплювачів $K_2 = \frac{r}{r + \Delta x}$, де r – середній радіус ущільнювальної поверхні захоплювача, Δx – величина зміщення осі захоплення і центру ваги заготовки).

Сила тяжіння електромагніту визначається формулою Максвелла:

$$P_3 = \frac{(I \cdot n)^2}{25 \cdot S \cdot (R_B + R_M)^2},$$

де $I \cdot n$ – кількість ампер-витків обмотки; S – площа дотику вантажу з полюсами електромагніту; R_B , R_M – магнітний опір на повітряній і металевій ділянках шляху магнітного потоку.

Запитання для самопідготовки

1. Опишіть розрахункову схему захоплювального пристрою з плоскопаралельним рухом пальців.
2. Наведіть вирази моментів сил тертя в шарнірах ЗП з плоскопаралельним рухом пальців.
3. Наведіть вираз силового передавального відношення важільного ЗП.
4. Наведіть переваги та недоліки конструкції, в якій замикальний важіль шарнірно укріплений на корпусі.
5. Які параметри характеризують важільно-повзунковий передавальний механізм?

6. Наведіть вираз кінематичного передавального відношення важільного ЗП.
7. Як залежить силове передавальне відношення і ККД від кута розкриття захоплювача?
8. Як визначаються сили, що діють у місцях контакту деталей з затискними губками?
9. Наведіть схеми утримання деталей залежно від профілю губок ЗП.
10. Як визначаються сили, що діють у місцях контакту при комбінованому утриманні деталей губками ЗП?
11. Наведіть схеми утримання деталей залежно від дії сил тертя.
12. Наведіть схему розрахунку зусиль приводу клинових механізмів.
13. Як знайти необхідне зусилля приводу клинових ЗП при несиметричних губках?
14. Опишіть схему розрахунку зусиль приводу важільних механізмів.
15. Як визначається утримувальний момент для будь-якої губки ЗП?
16. Наведіть схему розрахунку зусиль приводу рейкових механізмів.
17. Як визначається сила тертя при розрахунку клинових захоплювальних пристроїв?
18. Наведіть одноксцентрикові та двохексцентрикові розрахункові схеми клинових ЗП.
19. Які ви знаєте параметри ексцентрикових захоплювальних пристроїв?
20. Опишіть схему взаємодії з деталлю з жорстко встановленим пальцем на вихідній ланці важільного механізму .
21. Опишіть схему взаємодії з деталлю пальця, установленого на вихідній ланці під кутом.
22. Як зміщується центр захоплення від змінення радіуса деталі при поступальному переміщенні пальців?
23. Як визначити сили вакуумного тяжіння при розрахунку вакуумних ЗП?
24. Як перевірити можливості утримання деталі вакуумними захоплювачами при горизонтальному переміщенні ЗП?

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Белянин, П. Н. Промышленные роботы / П. Н. Белянин. – М. : Машиностроение, 1975. – 400 с.
2. Воробьев, Е. И. Промышленные роботы агрегатно-модульного типа / Е. И. Воробьев, Ю. Г. Козырев, В. И. Царенко. – М. : Машиностроение, 1988. – 240 с.
3. Белянин, П. Н. Промышленные роботы США / П. Н. Белянин. – М. : Типография НИАТ, 1978. – 297 с.
4. Белянин, П. Н. Промышленные роботы Японии / П. Н. Белянин. – М. : Типография НИАТ, 1977. – 455 с.
5. Манипуляционные системы роботов / А. И. Корендясев [и др.] ; под. общ. ред. А. И. Корендясева. – М. : Машиностроение, 1989. – 472 с.
6. Герц, Е. В. Расчет пневмоприводов : справ. пособие / Е. В. Герц, Г. В. Крейнин. – М. : Машиностроение, 1975. – 80 с.
7. Кошель, С. О. Проектування промислових роботів та маніпуляторів / С. О. Кошель, Ю. Ковальов, О. П. Манойленко. – Київ : Центр навчальної літератури, 2019. – С. 256.
8. Роботизированные производственные комплексы / Ю. Г. Козырев [и др.]; под. ред. Ю. Г. Козырева, А. А. Кудинова. – М. : Машиностроение, 1987. – 272 с.
9. Козырев, Ю. Г. Захватные устройства и инструменты промышленных роботов : учеб. пособие / Ю. Г. Козырев. – М. : КНОРУС, 2010. – 312 с.
10. Механика промышленных роботов. В 3 кн. Кн. 3 / Е. И. Воробьев [и др.]; под. ред. К. В. Фролова, Е. И. Воробьева. – М. : Высш. шк., 1989. – 383 с.
11. Попов, Е. П. Робототехника и гибкие производственные системы / Е. П. Попов. – М. : Наука, 1987. – 192 с.

12. Проць, Я. І. Захоплювальні пристрої промислових роботів : навч. посіб. / Я. І. Проць. – Тернопіль : Тернопіл. держ. техн. ун-т ім. І. Пулюя, 2008. – 232 с.

13. Костюк, Г. И. Промышленные роботы : учеб. пособие / Г. И. Костюк, И. Г. Левченко. – Харьков : ХАИ, 2003. – 105 с.

14. Широкий, Ю. В. Физико-технические основы роботизированного производства : учеб. пособие по лаб. практик. В 2 ч. Ч. 2 / Ю. В. Широкий, Г. И. Костюк. – Харьков : ХАИ, 2010. – 80 с.

15. Костюк, Г. І. Конструювання промислових роботів : навч. посіб. / Г. І. Костюк, О. О. Баранов, Ю. В. Широкий. – Харків : ХАІ, 2020. – 136 с.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
1.1 Класифікація захоплювальних пристроїв.....	4
1.2 Кінематичні схеми захоплювальних пристроїв.....	6
1.2.1 Кінематичні схеми механічних захоплювальних пристроїв.....	7
1.3 Можливості використання захоплювальних пристроїв.....	13
Запитання для самопідготовки.....	15
2 ТИПОВІ КОНСТРУКЦІЇ ЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ.....	16
2.1 Конструкції механічних захоплювальних пристроїв.....	16
2.2 Конструкції вакуумних захоплювальних пристроїв.....	34
2.3 Конструкції електромагнітних захоплювальних пристроїв.....	36
2.4 Інформаційне оснащення захоплювальних пристроїв.....	37
2.5 Захоплювачі із сенсорними датчиками.....	42
2.6 Захоплювачі з робочим інструментом.....	42
2.7 Конструкція місць кріплення змінних захоплювальних пристроїв..	43
2.7.1 Нерознімні кріплення змінних захоплювальних пристроїв.....	43
2.7.2 Конструкція місць кріплення швидкозмінних захоплювальних пристроїв.....	45
2.7.3 Механізм автоматичної заміни захоплювальних пристроїв.....	46
Запитання для самопідготовки.....	48
3 РОЗРАХУНОК ЗАХОПЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ.....	49
3.1 Розрахунок механічних захоплювальних пристроїв.....	49
3.1.1 Визначення ККД передавального механізму.....	49
3.1.2 Визначення сил, що діють у місцях контакту.....	53
3.1.3 Розрахунок зусиль приводу клинових, важільних і рейкових механізмів.....	56
3.1.4 Розрахунок клинових захоплювальних пристроїв.....	58
3.1.5 Визначення координати центру захоплення.....	61
3.2 Розрахунок вакуумних і магнітних захоплювальних пристроїв.....	65
Запитання для самопідготовки.....	67
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	69

Навчальне видання

**Широкий Юрій Вячеславович
Постельник Тетяна Олександрівна**

**КОНСТРУЮВАННЯ УСТАТКУВАНЬ
ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА.
ЗАХОПЛЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ ПРОМИСЛОВИХ РОБОТІВ**

Редактор Н. М. Сікульська

Зв. план, 2021

Підписано до друку 18.10.2021

Формат 60x84 1/16. Папір офс. Офс. друк

Ум. друк. арк. 4. Обл.-вид. арк. 4,5. Наклад 100 пр.

Замовлення 247. Ціна вільна

Видавець і виготовлювач

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Видавничий центр «ХАІ»

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

izdat@khai.edu

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001