

УДК 621.9.62

Б.М. Гевко, О.Л. Ляшук, І.Б. Гевко, Р. Хорошун

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

УНІФІКОВАНИЙ СИНТЕЗ РОЗТОЧНИХ ГОЛОВОК ДЛЯ ФОРМОУТВОРЕННЯ КІЛЬЦЕВИХ КАНАВОК.

Розроблена методика структуризації конструкцій розточних головок для виготовлення кільцевих канавок в корпусних деталях машин згідно теорії уніфікованого синтезу. На основі досліджень властивостей елементів розточних головок розроблена структура уніфікованого синтезу. Розроблена структурна схема розточної головки її складових елементів: розточних різцевих блоків, з'єднання пристрою з шпинделем верстата, затискних направляючих механізми та інші з можливістю моделювання різних конструктивних варіантів.

Ключові слова: синтез, розточні головки, кільцеві канавки.

Постановка проблеми. Одним із шляхів підвищення точності, шорсткості і продуктивності обробки кільцевих канавок точних головок з двома або більше розточними різцями на свердлильних, розточних і токарних верстатах. Важливим елементом при цьому необхідно обґрунтувати конструктивні параметри і визначити співвідношення величини подачі зорточних різців до величини осьової подачі шпинделя верстату.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідження розточних механізмів присвячені праці: Артоболовського І.І. [1], Лінчевського П.А. [2], Кузнецова Ю.М. [3], Васильків В.В. [4] та багато інших. Однак ряд питань залишилися не вирішеними і потребують подальшого дослідження.

Мета роботи. Метою роботи є вдосконалення конструкції розточних головок на основі розробки їх синтезу на основі використання типових технічних рішень.

Робота виконувалась в рамках пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки «Новітні та ресурсозберігаючі технології в промисловості, енергетиці та агропромисловому комплексі» на 2010-2015 роки, що затверджено Кабінетом Міністрів України.

Реалізація роботи. Розглянемо приклад синтезу нових конструкцій розточних головок на основі методу уніфікаційного синтезу.

Розтискні розточні пристосування вертикального типу призначені для використання на металорізальних верстатах, формули компоновок яких є такими:

$XYO\omega / \hat{C}_v$ – координатно розточні верстати;

WOr / \hat{C}_v – свердлильні верстати;

$Od\omega xz / \hat{C}_v$ – радіально-свердлильні верстати;

$\hat{W}_v^* XYO\omega z / \hat{C}_v$, $\hat{W}_v^* \omega Orz / \hat{C}_v$ – спеціальні верстати;

$XYZOe / \hat{C}_v$ – вертикально-фрезерні верстати;

Можуть використовуватися також поздовжньо-фрезерні верстати, карусельно-фрезерні верстати та ін.

Принцип роботи таких пристосувань полягає в обертанні різцевого блоку відносно деталі з одночасним радіальним зміщенням різців. На рис. 1. представлено розточної головки для виготовлення кільцевих канавок. Існує множина способів кінематичної реалізації таких переміщень:

- обертання шпинделя верстату $\Phi_v (O_1)$ з одночасною подачею пінолі $\Phi_s (P_2)$;
- обертання шпинделя верстату $\Phi_v (O_1)$ з одночасним вертикальним переміщенням шпиндельної бабки $\Phi_s (P_3)$ (тобто використання руху $Y_{ст.} (P_3)$ в якості $\Phi_s (P_3)$);
- обертання деталі $\Phi_v (O_2)$ з одночасним вертикальним переміщенням шпиндельної бабки $\Phi_s (P_3)$ або стола із шпинделем деталі $\Phi_s (P_4)$.

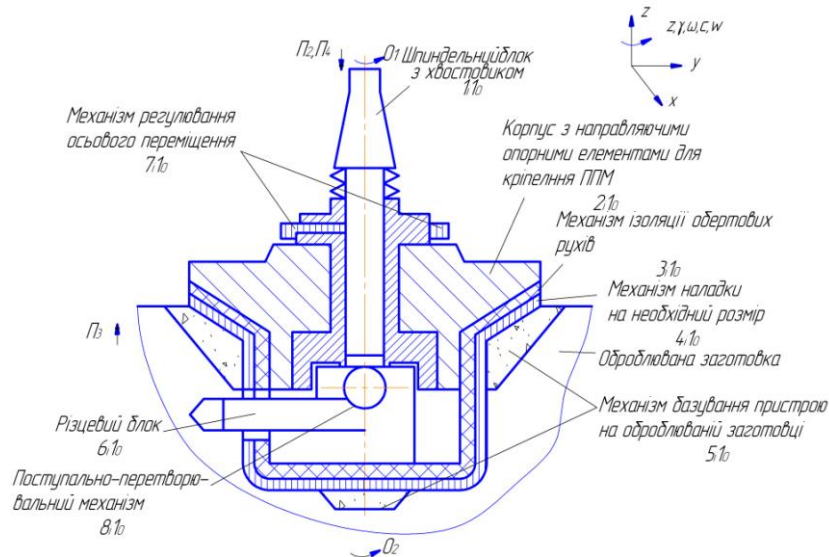


Рис.1. Структурна схема розточного головки для виготовлення кільцевих канавок

У відповідності до таких рухів конструкція розтискового розточного пристосування повинна забезпечувати перетворення поступального руху механізму приводу в перпендикулярне радіальне поступальне переміщення ріжучих інструментів.

Основними напрямками вдосконалення пристроїв для розточування є:

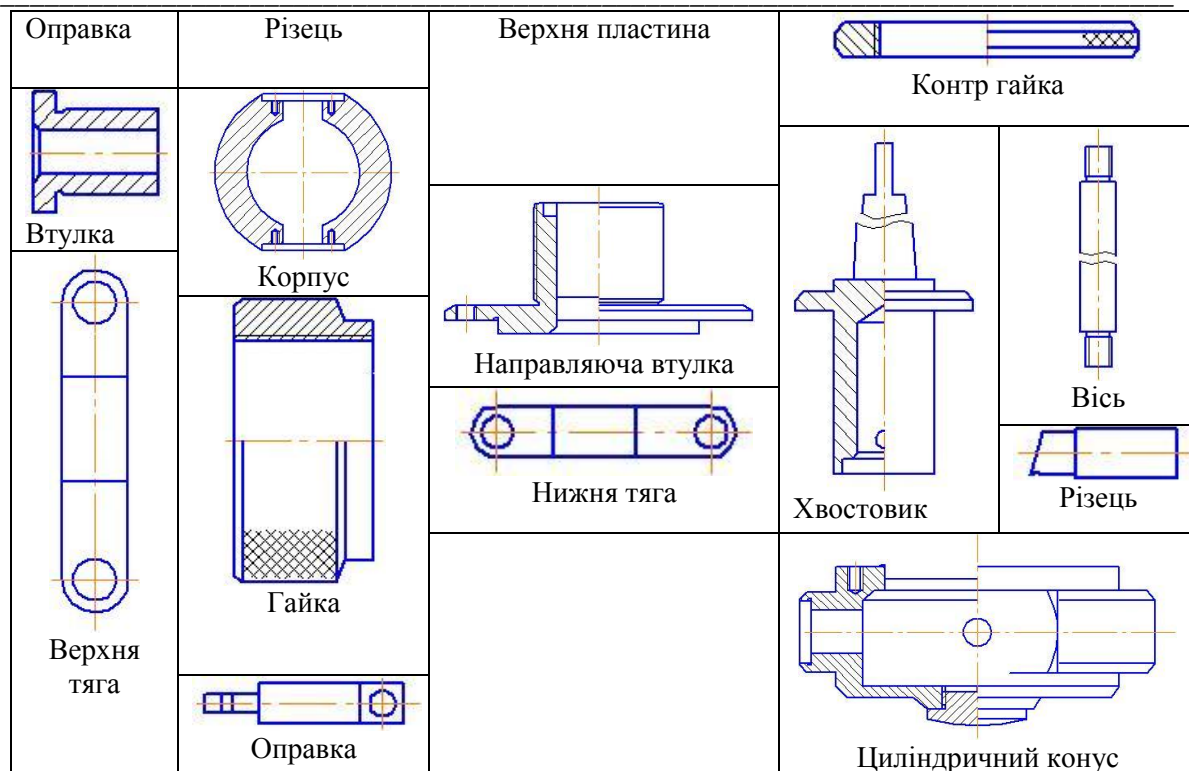
- збільшення ходу розточних різців;
- підвищення жорсткості (вibrостійкості тощо);
- спряження конструкції;
- зменшення похибок переміщення різцевого блоку, зумовлених похибками переміщення шпindelного блоку та похибками переміщення поступально-перетворювального механізму;
- спрощення наладки на необхідний розмір, як в осьовому, так і в радіальному напрямках;
- можливість легкого переходу на обробку деталей різної номенклатури і типорозмірів;
- можливість послідовної обробки кількох кільцевих канавок, розміщених в одному отворі деталі;
- уніфікація конструкції пристрою.

Схема елементів розточних головок представлено у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1

Схема структурних елементів розточних головок з шарнірним механізмом розтиску

		Пружина		Нижня шайба		Корпус підшипник
		Шайба		Підшипник		
		Сальник		Гайка		Направляюча втулка різців
		Втулка				
		Пластина				



Різецьний блок (рис. 2.) призначений для забезпечення радіальної подачі різального інструменту, та визначає ширину кільцевої канавки.

Шпиндельний блок з хвостовиком $1_1 1_0$ є основною ланкою зв'язку головки з шпинделем металорізального верстату. У процесі формоутворення кільцевих канавок він здійснює обертовий рух і поступальне переміщення вздовж осі обертання.

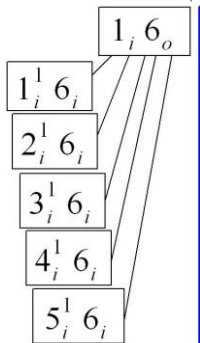
Корпус з направляючими і опорними елементами до кріплення ППМ $2_1 1_0$.

Відповідальними елементами такого корпусу є направляючі для:

- зворотно-поступального переміщення елементів різцевого блоку;
- поступального переміщення елементів шпиндельного блоку.

В корпусі розміщуються опорні елементи поступально-перетворювального механізму, механізм ізоляції обертових рухів $4_1 1_0$, та елементи механізму базування $5_1 1_0$.

Різецьний блок



Різець радіальний

Оправка радіального різця

Направляюча втулка радіального різця. Вона розміщена в корпусі $2_1 1_0$. Пристрій з'єднання оправки радіального різця із поступально-перетворювальним механізмом $8_1 1_0$. Механізм переміщення різця у початкове положення.

Рис. 2. Структура різцевого блоку.

Механізм базування пристрою на оброблюваній заготовці $5_1 1_0$.

В залежності від конструктивного виконання деталі можливі такі способи базування:

- по торці і циліндричній поверхні отвору заготовки;
- по циліндричній і торцевій поверхнях глухого отвору.

У багатьох конструкціях можлива відсутність механізму $5_1 6_1$ так як його функції можуть виконувати ППМ $8_1 1_0$. Однак загалом при його готовності, основним елеметом такого механізму є пружина, яка може бути виконана кільцевою, циліндричного розтягу або стиску тощо. У варіанті (рис. 3 а) пружина виконана кільцевою, у варіанті (рис. 3 в) циліндричною.

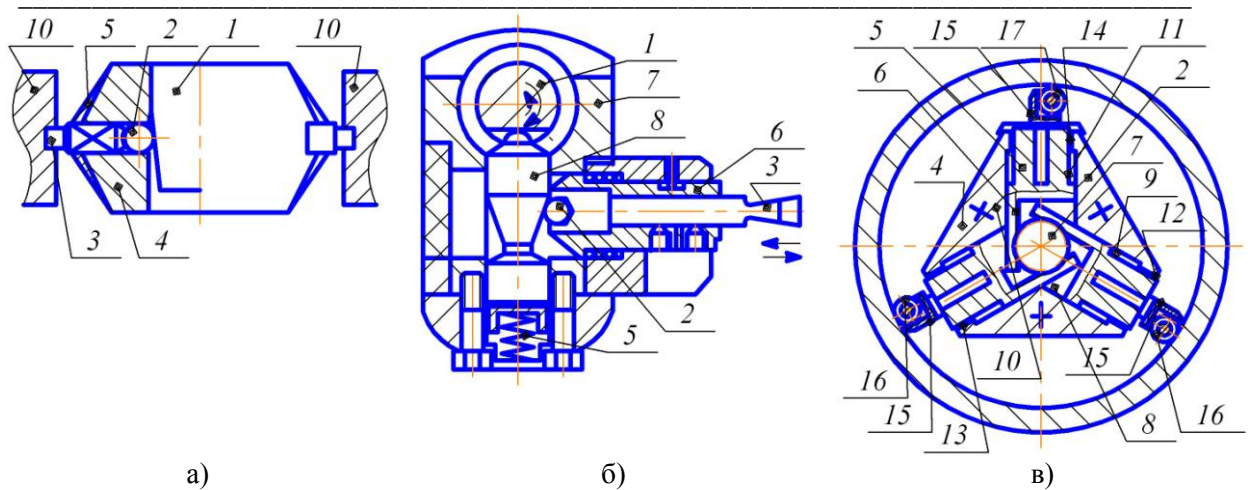


Рис. 3. Схема можливого виконання різцевих блоків.

1 – оправка; 2 – кулька; 3 – різцевий інструмент; 4 – державка; 5 – пружина; 6 – оправка різця; 7 – корпус; 8 – штовхач; 10 – оброблювана деталь; 11 – рейка

Поступально перетворювальний механізм $8_1 1_0$.

Багатоваріантність виконання ППМ визначає номенклатуру пристроїв до розточування кількох канавок. Це найскладніший і найвідповідальніший елемент пристрою. Можна виділити дві основні групи таких ППМ:

Група №1. Механізми перетворення поступального руху шпindelного блоку і безпосередній поступальний рух різцевого блоку (1,8_i);

Група №2. Механізм перетворення поступального руху шпindelного блоку в обертвий рух з наступним його перетворенням в поступальний рух різцевого блоку.

Група № 1 ППМ.

Взявши за основу класифікацію І.І. Артоболевського, за структурно-конструктивними ознаками ППМ можуть бути виконані у формі:

1) Найпростіших кулачкових механізмів:

а) трьохланкових підгрупи "Т"

- з кулачком, який качається (2841);

- з пазовим кулачком, який качається (2842);

- з кулачком і штовхачем, розміщених з можливістю здійснення поступальних переміщень (2843);

- з кулачком симетричної трикутної форми (2844);

- з кулачком несиметричної трикутної форми (2845);

- з пазовим кулачком і штовхачем розміщених з можливістю здійснення поступальних переміщень (2846);

- з кулачком з профільованим пазом і штовхачем, встановлених з можливістю здійснення поступальних переміщень (2847);

з кулачком, встановленим з можливістю здійснення зворотно-поступальних переміщень та коромислом, встановленим з можливістю здійснення коливного руху (2848).

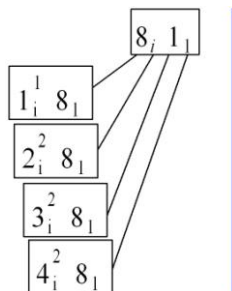
Група № 2 ППМ.

Механізми такої групи складаються з двох елементарних механізмів:

- перетворення зворотно-поступального руху в обертвий;

- перетворення обертвого руху у зворотно-поступальний.

Таким чином структуру ППМ можна подати у вигляді графу (рис.4)



Пристрій з'єднання шпindelного блоку з ППМ

Пристрій перетворення поступального руху

Елемент шпindelного блоку в обертвий, коливний або поступальний рух штовхача

Рис. 4. Структура ППМ Пристрій перетворення обертового, коливного, або поступального руху штовхача в поступальний рух оправки різцевого блоку.

Пристрої $3_2^2 8_i$ перетворення поступального руху шпindelного блоку в обертовий рух

штовхача можуть бути виконані у формі:

1. Найпростіших кулачкових механізмів:

а) трьох ланкових підгрупи "Т":

- з площинним кулачком (2886);

- з штовхачем з роликом, встановленим з можливістю здійснення поступального руху (2814);

- з штовхачем з плоскою робочою поверхнею, встановленим з можливістю здійснення поступального руху (2815);

- з пазовим кулачком та штовхачем, встановленим з можливістю здійснення поступального руху (2816);

- з круглим ексцентриком в рамці (2835).

Можуть також використовуватись пристрої, аналогічні за конструкцією пристроям ППМ для перетворення поступального руху в обертовий рух.

б) чотирьох ланкові загального призначення підгрупи "Ч":

- з ексцентриком і кільцем (2906);

в) багатоланкові загального призначення підгрупи "М":

- кулачковий з торцевою робочою поверхнею та зубчастим приводом (2913);

- кулачковий механізм з чотирма штовхачами (2916).

Таке конструктивне виконання дозволяє забезпечувати зворотно-поступальний рух 4-х різців.

2. Механізму підгрупи "ЗЗ", які використовуються у пристроях захватів та затисків.

- трьохланковий кулачковий просторовий механізм з торцевим гвинтовим профілем кулачка (2979). Механізм може використовуватись за умови горизонтального розміщення осі обертання кулачка з торцевою робочою гвинтовою поверхнею;

- кулісно-важільний механізм з причепним шатуном і повзуном (959);

- кулісно-важільний механізм зі змінною довжиною ходу повзуна (969).

д) Механізми багатоланкові загального призначення підгрупи "М"

- кулісно важільний тангенсний механізм (985). Вісь обертання хрестоподібної ланки механізму розміщується співвісно осі роторного пристосування.

е) Механізми підгрупи "ВК", що використовуються до відтворення кривих.

- кулісно-важільний механізм еліпсографа (1005);

ж) Механізми цільових пристроїв підгрупи "ЦУ":

- кулісно-важільний механізм (1396).

4) Кривошипно-повзунні механізми:

а) механізми трьохланкові загального призначення групи "Т":

- кривошипно-повзунний механізм із круговою кулісою (1403);

б) механізми чотирьохланкові загального призначення підгрупи "4":

- кривошипно-повзунний аксіальний механізм (1404);

- кривошипно-повзунний діаксіальний механізм (1405, 1407);

- кривошипно-повзунний механізм з кривошипом і шатуном рівної довжини (1409);

- кривошипно-повзунний механізм типу станна (1411);

- ексцентриковий кривошипно-повзунний механізм (1412, 1413);

- кривошипно-шатунний механізм з розширеною цапфою (1424);

- кривошипно-повзунний механізм із регульованою довжиною кривошипа (1427).

в) Механізми направляючі та інверсори підгрупи "НІ":

- кривошипно-повзунний чотирьох ланковий прямолінійно-направляючий механізм Скот Рассела (1466);

- кривошипно-повзунний механізм Артобелевского з ланкою, яка здійснює зворотно-поступальний рух.

Пристрої 2^2_8 ; 8_1 перетворення обертового руху штовхача в поступальний рух різцевого блоку характеризуються перпендикулярним розміщенням осі обертового та напрямку поступального руху що можуть бути виконані у формі:

3. Найпростіший кулачкових механізмів:

а) трьохланкових підгруп "Т":

- просторовий з циліндричним кулачком з профільованим гвинтовим пазом (2867);
- просторовий з циліндричним кулачком з профільованим пазом у вигляді вісімки (2870);
- просторовий з конічним кулачком (2874);
- просторовий з конічним кулачком з профільованим гвинтовим пазом (2875);
- просторовий з гіперболоїдним кулачком (2876);
- просторовий з циліндричним кулачком, який містить профільоване ребро (2879);
- просторовий з косою шайбою (2880);
- просторовий з гвинтовим профілем і двома роликами (2881).

д) важільно-зубчасті механізми чотирьохланкові загального призначення підгрупи "Ч":

- важільно-зубчастий механізм із зубчастим сектором і рейкою (1646);
- чотирьохланковий кулісний механізм із зубчастим сектором і рейкою (1647).

4. Кулісно-важільні механізми:

а) трьохланкові загального призначення підгрупи "Т":

- трьохланковий кулісний механізм з круговою кулісою (873, 874);
- трьохланковий кулісний механізм кулісою, встановленою з можливістю здійснення зворотно-поступальних рухів (875);
- трьохланковий кулісний тангенсний механізм (876);
- трьохланковий кулісний механізм з прямолінійною кулісою (880).

б) механізми чотирьох ланкові загального призначення підгрупи "Ч"

- чотирьох ланковий кулісний механізм з кулісою, встановленою з можливістю здійснення зворотно-поступального руху (887,888);

- ексцентриковий кулісний механізм (899);
- чотирьох ланковий кулісний механізм з круговою кулісою (903, 904).

в) механізми п'ятиланкові загального призначення підгрупи "П":

- кулісно-важільний механізм з підвішеною кулісою (944);
- кулісно-важільний механізм із криволінійною кулісою.

г) механізми шести ланкові загального призначення пвдгрупи "ШЧ":

- кулісно-важільний механізм з трьома повзунами (948)
- кулісно-важільний механізм із підвішеною кулісою (949)

кулісно-важільний механізм з двома повзунами (952, 953)

Пристрої перетворення обертового руху штовхача в обертовий рух по кругових направляючих характеризуються паралельним розміщенням осей обертових рухів.

Такі пристрої можуть бути виконані у формі:

1. кулісно-важільних механізмів:

а) чотирьохланкових загального призначення підгрупи "Ч":

- кулісний механізм з круговою кулісою (905, 914);
- кулісний механізм із хрестоподібною ланкою (911).

2. кривошипно-повзунні механізми чотирьох ланкові загального призначення підгрупи "Ч"

- коромислово-повзунний механізм із коловою направляючою (1419).

Пристрої перетворення поступального руху штовхача в обертовий рух по кругових направляючих характеризується розміщенням вектора поступального руху та осі обертового руху в одній площині.

Прикладом таких пристроїв є:

1. кривошипно-повзунні механізми

а) чотирьох ланкові загального призначення

- коромислово-повзунний механізм із круговою направляючою (1420)

Пристрої 2^2_8 ; 8_1 перетворення поступального руху шпindelного блоку в поступальний рух штовхача можуть бути виконані у формі:

2. найпростіших кулачкових механізмів:

а) трьохланкових підгрупи "Т":

- з двохпрофільним кулачком (2877);

- б) багатоланкових механізмів загального призначення підгрупи "М":
- кулачковий механізм з кулачком, встановленим з можливістю здійснення зворотно-поступального руху та оснащеного паралелограмним профілем (2915).
3. важільно-клинових механізмів РКл
- а) механізмів трьохланкових загального призначення підгрупи "Т"
- трьох ланкові клинові механізми (2924, 2025, 2026, 2029, 2030, 20310);
 - клиновий механізм з роликом (2032);
 - трьохланковий клиновий механізм з упорами (2033);
 - трьохланковий клиновий механізм з обмежувачами ходу вихідної ланки (2034);
 - клиновий механізм з регульованим ходом вихідної ланки (2035);
 - клиновий механізм з пазом (2037).
4. Механізми шестиланкові загального призначення підгрупи "Ш":
- шести ланковий клиновий механізм (2043)
5. Кулісно важільні механізми
- а) механізми чотирьох ланкові загального призначення підгрупи "Ч"
- чотирьох ланковий кулісний механізм з ланками, встановленими з можливістю здійснення зворотно-поступальних переміщень (902):
6. Кривошипно-повзунні механізми:
- а) механізми багатоланкові загального призначення підгрупи "М":
- механізм з шарнірним ромбом для відтворення поступальних рухів (№1456);
- б) механізми поршневіх машин підгрупи "ПМ":
- повзун ний механізм Вортінгтона (№ 1489);
- в) механізми підгрупи "ВК", які використовуються в конструкціях пристроїв для відтворення кривих
- кривошипно-повзунні механізми проектора Делоне (№1541, 1542);
 - г) механізми, які використовуються в конструкціях молотів, поресів і штампів
 - кривошипно-повзунний механізм преса (№1554).
7. Механізми підгрупи "ЦУ" (кривошипно-повзунні механізми), які використовують в цільових пристроях:
- просторовий кривошипно-повзунний механізм, який використовується у конструкції гільзового розподільника двигуна (№1589).

Однак такі трьохланкові механізми характеризуються тим, що кулачок і штовхач є неспівісними, із-за чого прикладання навантаження, як на штовхач, так і на кулачок несиметричне відносно їх осей, що призводить до необхідності підсиленню опор штовхача і кулачка.

Тому, пристрої, що наведені на рис.5 характеризуються рядом переваг.

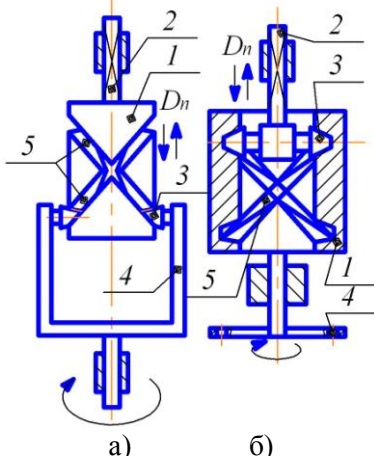


Рис. 5. Варіанти співвісних трьохланкових механізмів:

1 – кулачок; 2 – штовхач кулачка; 3 – конічний ролик (виконаний відповідній формі поперечного перерізу пазів кулачків); 4 – штовхач прямокутного поперечного перерізу; 5 – криво-

1. Кулісно-важельні механізми:

а) механізми трьохланкові загального призначення підгрупи «Т»:

- трьохланковий кулісний механізм з двома направляючими (872);
- трьохланковий кулісний механізм із криволінійною кулісою (881).

2) Кривошипно-повзунні механізми:

- а) чотирьохланкові загального призначення підгрупи «Ч»:
- коромисло-повзунний механізм з приводом від повзуна (1416);
 - коливально-повзунний механізм з ведучим повзуном (1418).

3) Кривошипно-повзунні механізми (рис. 6.):

а) механізми багатоланкові загального призначення підгрупи «М»;

- механізм з шарнірним ромбом до відтворення поступальних рухів (1456);

б) механізми поршневіх машин підгрупи «ПМ»;

- повзунний механізм Вортінгтона (1489);

в) механізми, які використовуються в конструкціях

лінійні пази.

причтроїв для відтворення кривих (підгрупа «ВК»);
- кривошипно-повзунні механізми проектора Делоне

(1541, 1542);

г) механізми які використовуються в конструкціях молотів, пресів і штампів:

- кривошипно-повзунний механізм преса (1554);

а) коромисло-повзунний механізм з приводом від повзуна (1416): при зворотньо поступальному русі оправки 1, яка виконує функцію повзуна, коромисло здійснює коливні рухи навколо нерухомої осі А. Внаслідок цього штовхач 2 здійснює коливні рухи, що й коромисло 3.

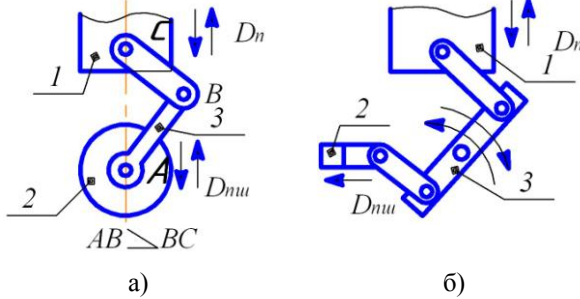


Рис.6. Приклади схем конструкцій пристроїв для перетворення поступального руху шпindelного блоку:

1 – оправка; 2 – штовхач; 3 – коромисло; 4 – куліса; D_n – поступальний рух шпindelного блоку; D_{nu} – обертовий рух штовхача.

Структуру технічного об'єкту, який вдосконалюється, можна представити у вигляді системи ієрархічних рівнів (ІР):

$$S = \begin{pmatrix} 1_i 1_0 & & & \\ & \dots & & \\ & & J_i 1_0 & \\ & & & J_{i \max}^{\max} 1_0 \end{pmatrix}, \tag{1}$$

де J – порядковий номер ієрархічного рівня; J^{\max} - кількість ієрархічних рівнів; 1_0 – код звязку елемента ієрархії із елементом вищого ієрархічного рівня; i – номер альтернативи на J – ому рівні.

Таким чином, згідно викладеного, варіанти можливих конструкцій затискних пристроїв, оснащених ГРЕ можна подати так, як це показано на рис.1. Тобто ієрархічна модель такого пристрою складається з трьох ІР:

$$S = \begin{pmatrix} 1_i 1_0 & & \\ & 2_i 1_0 & \\ & & 3_i 1_0 \end{pmatrix}. \tag{2}$$

Альтернативи ІР можна подати так:

$$AIP = \begin{pmatrix} 1_1 1_0 & 1_2 1_0 & 1_3 1_0 & 1_4 1_0 \\ 2_1 1_0 & 2_2 1_0 & 2_3 1_0 & 2_4 1_0 & 2_5 1_0 & 2_6 1_0 & 2_7 1_0 & 2_8 1_0 \\ 3_1 1_0 & 3_2 1_0 & 3_3 1_0 & 3_4 1_0 & & & & \end{pmatrix}. \tag{3}$$

У формі набору XY-хромосом:

$$STR_2 = \|X(1_2 1_0) \ X(2_3 1_0)Y(1_2 1_0) \ X(5_2^1 3_5)Y(1_2 1_0) \ X(6_1^1 3_5)Y(5_2^1 3_5) \ X(1_1^1 3_5)Y(1_2 1_0)\|^T,$$

$$STR_3 = \|X(1_2 1_0) \ X(2_4 1_0)Y(1_2 1_0) \ X(5_2^1 3_5)Y(1_2 1_0) \ X(6_1^1 3_5)Y(5_2^1 3_5) \ X(1_1^1 3_5)Y(1_2 1_0)\|^T.$$

На основі використання структурних формул Гамрекелі властивості (харак-теристики) елементів технічної системи "Затискний патрон" (див. також табл. 1) можна подати так:

$$P1_0 1_0 : P1_1 \zeta_j \circ P1_1 \zeta_1, \dots \bullet \dots P2_1^1 \zeta_j \circ P2_1^1 \zeta_1, \dots, P2_1^1 \zeta_5 \bullet$$

$$\bullet P3_1^1 \zeta_j \circ P3_1^1 \zeta_1, P3_1^1 \zeta_2, P3_1^1 \zeta_3 \bullet \dots$$

де \bullet – одночасне застосування визначальних обов'язкових ознак; \circ – альтернативність ознак із числа можливих (тобто потенціально можливістю варіантності, яка ще не встановлена проектантом на час побудови ієрархії); $P1_1(\zeta)_j$ – наявність різі на корпусі: $P1_1(\zeta)_1$ – з різією, $P1_1(\zeta)_2$ – без різі.

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Розроблена гамма розточних головок для розточування кільцевих канавок в отворах корпусних деталей.

2. Розроблено синтез методика структуризації конструкції розточних головок для розточування кільцевих канавок в корпусних деталях згідно теорії уніфікованого синтезу.

1. Артоболевський И.И. Механизмы в современной технике. В 7 томах. – Т.Ш.: Рычажно-кулачковые, рычажно-зубчатые, рычажно-храповые, рычажно-клиновые и винторычажные механизмы. Механизмы с гибкими и упругими звеньями – М: Наука, 1979. – 416с.
2. Линчевський П.А. Обработка деталей на отделочно-расточных станках. / П.А. Линчевський, Т.Г. Джугаден, А.А. Оршен. –К.: Техника, 2001, – 307 с.
3. Кузнецов Ю.Н., и др.. Самоустанавливающиеся зажимные механизмы. / Ю.Н. Кузнецов. Справочник. – К.: Техника, София: Гос. Узд-во. «Техника», 1988, 222 с.
4. Васильків В.В. До питань синтезу конструкцій механізмів з робочими затискними пружними гвинтовими елементами. Збірник наукових праць. Житомирського технічного університету. Житомир, 2006, Вип. 3., ст. 171-180.