

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

**УКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ З ПРИКЛАДНОЇ
ГЕОМЕТРІЇ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ**

**ГЕОМЕТРИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ**

*Збірник наукових праць
Випуск 28*

НАУКОВЕ ФАХОВЕ ВИДАННЯ

Харків 2011

І.В. Маловик,
Д.Л. Соколов, канд. техн. наук
Національний університет цивільного захисту України

МОЖЛИВІ СХЕМНІ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕПІТРОХОЇДНИХ І ГІПОТРОХОЇДНИХ РОТАЦІЙНИХ КОМПРЕСОРІВ

Проаналізовано переваги і недоліки розроблених геометричних моделей схем дії роторно-планетарних машин.

Постановка проблеми. Ротаційні компресори трохоїдного типу знаходять широке застосування в народному господарстві України – від потужних пожежних мотопомп, спроможних «підняти» воду на значну висоту, і до «тендітних» насосів для апаратів «штучне серце» і «штучна нирка». Адаже доцільна верхня межа продуктивності для трохоїдних роторних компресорів обмежена 30 - 40 м³/хв, тому що наявність контактних (з тертям) ущільнювальних елементів лімітує підвищення колових швидкостей обертання. Крім того, завдяки високій герметичності робочих камер, трохоїдні ротаційні компресори дозволяють здійснити високоефективний робочий процес і для малих машин (з об'ємною продуктивністю 0,2 - 0,3 м³/хв і меншою) при тисках нагнітання до 10 кг/см² в одному ступені [1-5]. Все це вказує на можливий широкий діапазон застосування ротаційних компресорів. Для вибору раціональної схеми ротаційної машини, яка б мала перспективи реалізації, необхідно провести «аналітичний» аналіз всіх їх можливих схем.

Кількість схем ротаційних машин, що істотно розрізняються за конструктивними ознаками і технічними можливостями, надзвичайно багато. Наприклад, опублікована у 1901 р. книга Хардінга [1] містить опис більше ніж 3000 тільки ротаційних парових машин. Безупинно з'являються нові патенти, у яких пропонуються різноманітні схеми ротаційних двигунів внутрішнього згорання, компресорів, насосів, гідромоторів. Але досвід показує, що існує лише невелика кількість типів ротаційних машин, що знайшли практичне застосування. Це можна пояснити тим, що головні зусилля, які затрачуювані винахідниками при розробці ротаційних машин, найчастіше спрямовані на створення специфічних конструктивних форм, які забезпечують утворення робочих камер змінного об'єму.

У той же час багато принципів питань, наприклад, герметизація робочих камер, розроблені недостатньо [1-5], унаслідок чого експериментальні зразки ротаційних машин виявляються непрацездатними з технічних причин. Тому дана робота допоможе формалізувати процес конструювання ротаційних машин завдяки якісному аналізу нових схем роторно-планетарних машин.

Огляд відомих результатів. Кількість трохоїдних схем, що можуть в принципі використані для конструктивної розробки ротаційних машин є надзвичайно великою. Тільки сполучення можливих кінематичних різновидів і характеристик кривих, прийнятої для вихідного профілю (епітрохоїди або гіпотрохоїди), дає 12 можливих комбінацій [1]. Оскільки вихідний профіль (трохоїда) у свою чергу може прийматися з різними (цілими) значеннями відношення радіусів, то число можливих схем, наприклад в діапазоні $z = 2 \div 10$, буде більше ста. Однак, ці схеми не однаковою мірою задовольняють вимогам, яким повинні задовольняти компресорні машини (довговічність, надійність, технологічність, високі значення коефіцієнта подачі і мінімальні габарити) [1-5].

Постановка завдання. Проаналізувати переваги і недоліки розроблених геометричних моделей схем дії роторно-планетарних машин.

Основна частина. Формалізувати вибір параметрів трохоїдних схем має сенс лише за умови точного опису контурів елементів ротаційних машин. Обрана схема багато в чому визначає рівень їх надійності і довговічності.

На рис. 1 - 4 наведено запропоновані схеми компресорів, які розроблялись на замовлення підприємств при проектуванні насосів різного призначення. В роботах [6-9] наведено спосіб точного опису профілів ротора і корпусу за умови їх спряження при взаємному переміщенні завдяки роторно-планетарному механізму.

Пояснити доцільність вибору запропонованих схем можна наступним чином. Довговічність роботи компресора істотно залежить від відносної швидкості ковзання вершин обвідної, визначальної зносостійкості пластин радіальних ущільнень. Ці пластини в епі- і гіпотрохоїдній вихідній схемах ковзають по нерухомій трохоїді, тому відносна швидкість їхнього руху визначається абсолютною швидкістю обертання обвідної. В обертальних і планетарних схемах з обертанням трохоїди, одержуваних з вихідної схеми в результаті інверсії, відносна швидкість руху ланок не змінюється.

Однак при рівній швидкості обертання привідного валу схеми з планетарним рухом трохоїди мають абсолютну кутову швидкість

обертання цієї трохоїди, відмінну від швидкості вихідної схеми, із планетарним рухом обвідної [3]. При цьому для епітрохоїдних схем з обертанням трохоїди швидкість ковзання є більшою, ніж у вихідній схемі, що збільшує знос.

Гіпотрохоїдні схеми, навпаки, забезпечують у цьому випадку кращі умови для роботи пластин радіальних ущільнень, так як абсолютна швидкість обертання трохоїди менше, ніж обвідної у вихідній схемі.

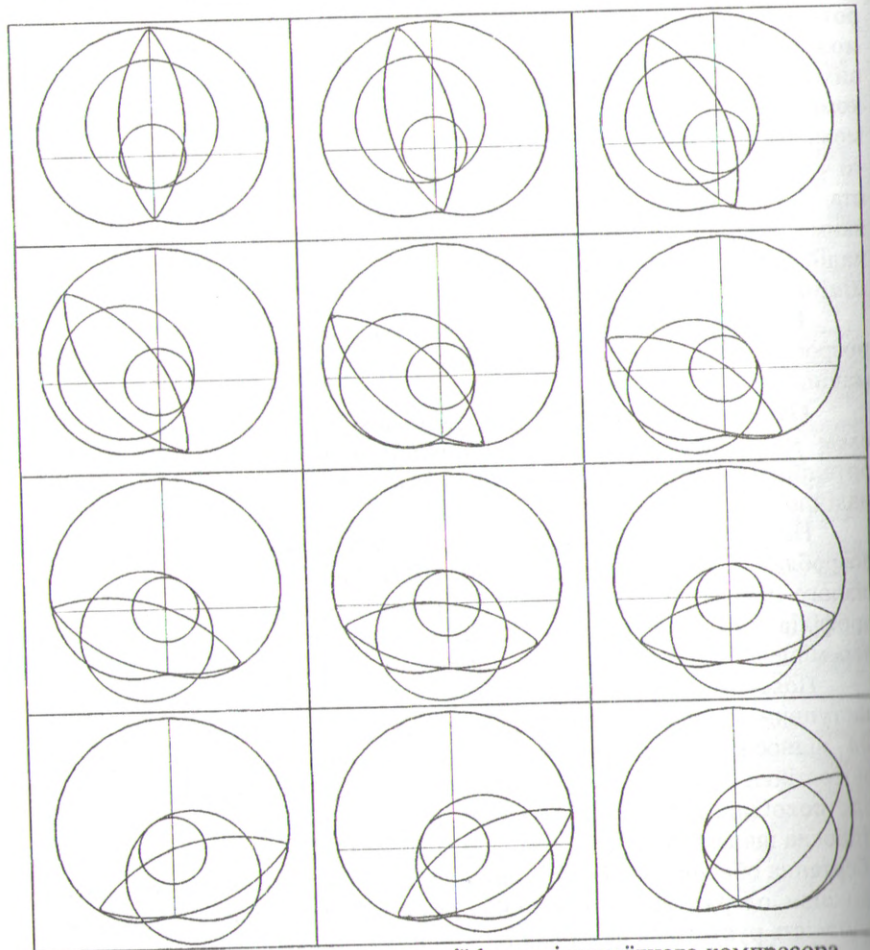


Рис. 1. Анімаційні кадри схеми дії 1-го епітрохоїдного компресора

Деяке розходження в роботі радіальних ущільнень полягає й у тім, що у схемах з нерухомою обвідною ці ущільнення також нерухомі й умови їхньої роботи краще, ніж у ротаційних машин із рухомою обвідною через можливість забезпечення кращого змащення і відсутності інерційних сил.

Довговічність роботи роторних підшипників залежить - у випадку застосування підшипників ковзання - від відносної швидкості ковзання і від величини питомого навантаження; у випадку застосування підшипників кочення - від відносної швидкості обертання ротора і приводного вала, а також від величини сумарного радіального навантаження, що діє на ці підшипники.

Оскільки відносна швидкість ковзання визначається відносною швидкістю обертання ланок, мабуть, кращими є схеми, у яких напрямки абсолютних швидкостей обертання приводного вала і ротора збігаються, завдяки чому відносна швидкість є мінімальною.

За цією ознакою серед планетарних схем з рухомою обвідною перевагу варто віддати епітрохоїдним схемам, оскільки в гіпотрохоїдних у вихідній схемі ексцентриковий вал і обвідна обертаються в протилежних напрямках.

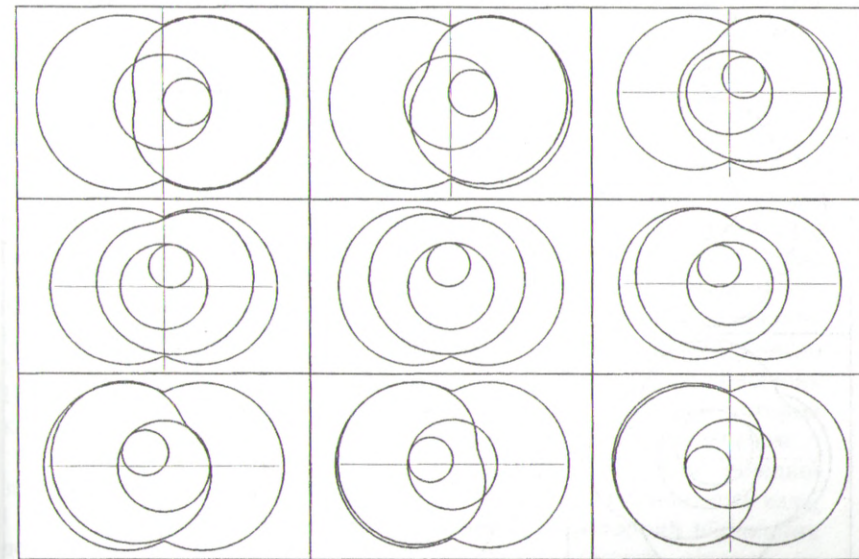


Рис. 2. Анімаційні кадри схеми дії 2-го епітрохоїдного компресора

У планетарних схемах з рухомою трохоїдою, навпаки, гіпотрохоїдні схеми мають меншу відносну швидкість, ніж епітрохоїдні. Рівень надійності і довговічності роботи компресора значною мірою обумовлений типом застосованої системи газорозподілу. Так, наявність самодіючих клапанів накладає визначені обмеження на швидкохідність компресора, оскільки збільшення швидкохідності різко знижує довговічність клапанів. Відомо, що клапани є найбільш недовговічною деталлю компресора, тому надійність і безвідмовність роботи компресора істотно збільшуються при зменшенні кількості клапанів [4].

У силу геометричних і кінематичних особливостей можливості різних схем у цьому відношенні неоднакові. Для всіх обертальних машин у принципі можливий газорозподіл за допомогою вікон, керованих безпосередньо ротором (або ротором і корпусом).

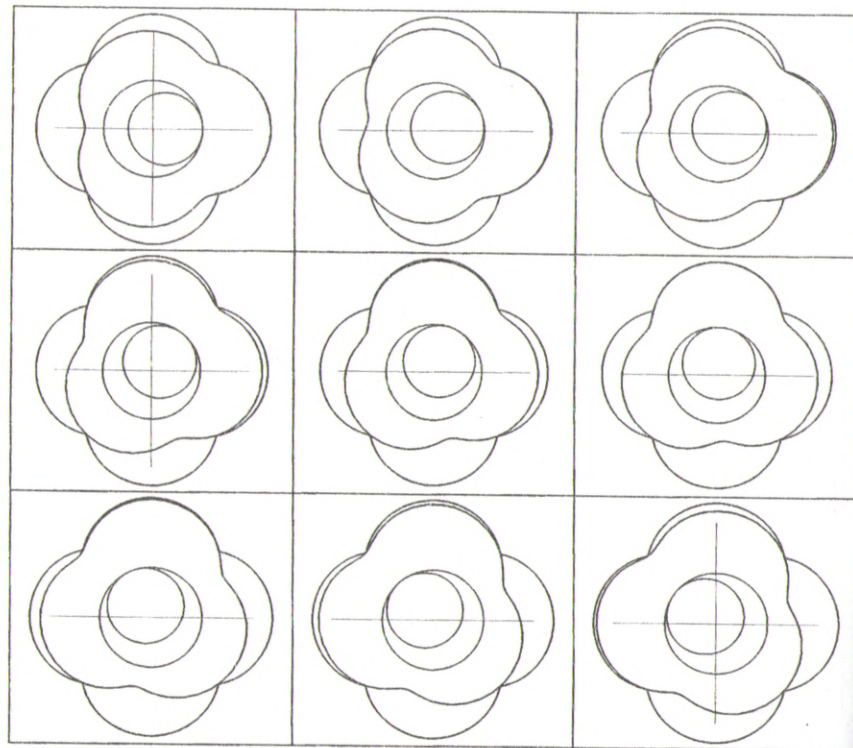


Рис. 3. Анімаційні кадри схеми дії 3-го епітрохоїдного компресора

Таким чином, дані схеми можуть бути виконані безклапанними. Для інших схем це не вдається, тому що при безклапанному розподілі в них нагнітальний канал у деякі моменти сполучається через робочу камеру з усмоктувальною, що неприпустимо через безпосередній витік стиснутого повітря з нагнітальної магістралі.

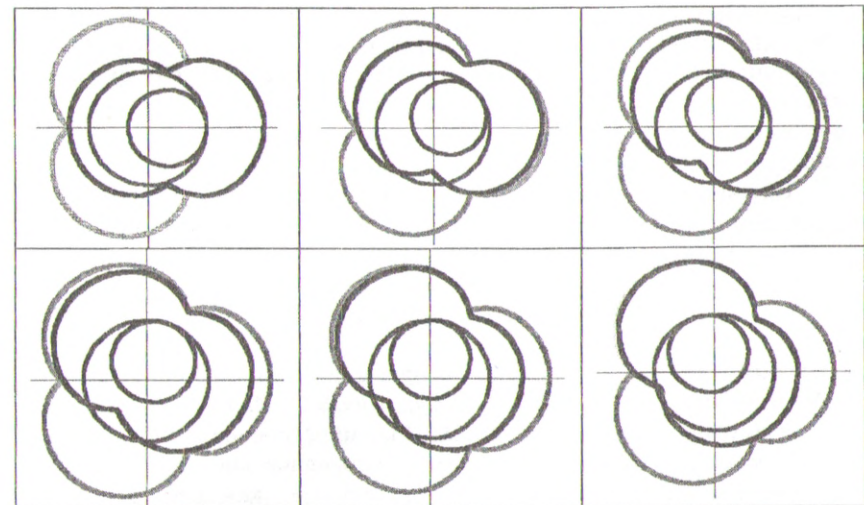


Рис. 4. Анімаційні кадри схеми дії 1-го гіпотрохоїдного компресора

Так, для планетарних схем з рухомою обвідною половина клапанів може бути замінена вікнами, розташованими на периферії трохоїди і керовані ротором. Для планетарних схем з рухомою трохоїдою можливість такої заміни клапанів вікнами представляється конструктивно складною, тому, наприклад, у епітрохоїдних планетарних схемах з нерухомою зовнішньою обвідною, число клапанів більше, ніж в аналогічних схемах із внутрішньою обвідною. Наприклад, схема, що на рис. 2, повинна виконуватися з чотирма клапанами. Тоді як схема, що на рис. 1, може бути з одним клапаном.

Лише епітрохоїдні машини з планетарним рухом обвідної забезпечують найменшу відносну швидкість ротора і приводного вала, і дозволяють знизити сумарне навантаження на роторний підшипник до половини робочої і замінити половину клапанів вікнами на периферії. Тому такі схеми найбільш повно задовольняють вимогам по довговічності і надійності. Оскільки число клапанів пропорційно відношенню радіусів, то кращою для впроваджень слід вважати схему

з двохвершинною обвідною (рис. 1). У той же час варто враховувати, що два різновиди обертальних схем – епітрохідні з зовнішньою обвідною і гіпотрохідні з внутрішньою обвідною дозволяють обійтися без синхронізуючої передачі (унаслідок samozачеплення ротора і корпусу). Це є технологічною перевагою, особливо при розробці машин малої продуктивності. Однак, з огляду на переваги по вирішальному показнику (найменша кількість необхідних/клапанів), найбільш технологічними є планетарні схеми з обертанням внутрішньої обвідної. З цих схем найбільш перспективні схеми з найменшим числом вершин обвідної. Тобто із цих позицій схема, що зображена на рис. 1, є переважаючою для впровадження у вигляді конструкторської розробки.

Висновок. Розроблені геометричні моделі схем дії роторно-планетарних машин допомагають здійснювати на якісному рівні аналіз їх переваг і недоліків.

Список літератури

1. Сухомлинов Р.М. Трохоидные роторные компрессоры. — Харьков: ХГУ- Вища школа, 1975, 152 с. 2. Бениович В.С., Апазиди Г.Д., Бойко А.М. Роторно-поршневые двигатели. М.: Машиностроение, 1968. 152 с. 3. Бирюков Б. Н. Роторно-поршневые гидравлические машины. М.: Машиностроение. 1972. 152 с. 4. Ротационные компрессоры. М.: Машиностроение, 1964. 312 с. Авт.: А.Г.Головинцов, В.А.Румянцев, В.И. Ардашев и др. 5. Сухомлинов Р.М., Зимин М.С., Нехорошев Б. Г. Трохоидный роторно-поршневой компрессор / Транспортное машиностроение//, 1971, № 4, с.30—35. 6. Рева В.Г., Куценко Л.М. Геометричне моделювання взаємоспряжених профілів роторів і корпусів як обвідних сім'ї трохоїд. - Київ: Чорнобильінтерінформ, 2003.-150 с. 7. Куценко Л.Н., Росоха С.В., Суліма В.В. Геометрическое моделирование и некоторые приложения обкатки треугольником Релло // Проблемы машиностроения. – 2001.– Т. 4.– № 3–4.– С. 85–94. 8. Куценко Л.М. Опис спряжених контурів деталей ротаційних машин епітрохідного типу // Геометричне та комп'ютерне моделювання. – Харків: ХДУХТ, 2003.-Вип. 3. - С. 18–23. 9. Куценко Л.М., Росоха С.В. Геометричне моделювання профілів корпусу і ротора мікродвигуна Ванкеля // Геометричне та комп'ютерне моделювання. – Харків: ХДУХТ, 2007.– Вип.17.–С.67–74.

Отримано 12.03.2011, ХДУХТ, м. Харків.

© І.В.Маловик, Д.Л.Соколов, 2011.

УДК 514.182.7

А.В. Золотова, О.І. Ахматшина

Київський національний університет будівництва та архітектури

ФОРМУВАННЯ ДИСКРЕТНОГО КАРКАСУ СКЛАДЕНОЇ ПОВЕРХНІ ПРИ РІВНОМІРНОМУ РОЗПОДІЛЕННІ ЗОВНІШНЬОГО ФОРМОУТВОРЮЮЧОГО НАВАНТАЖЕННЯ.

В статті розглянуто складену поверхню з двох порцій, дискретні каркаси яких відповідають рівномірному розподілу зовнішнього формуючого навантаження. Визначено навантаження на лінії стику цієї поверхні. Виведено скінченно-різницеve рівняння, що описує у дискретному вигляді умову стикування двох порцій з першим порядком гладкості.

Постановка проблеми. Використання складених поверхонь в архітектурному проектуванні дозволяє створювати унікальні архітектурні споруди з гармонійним сучасним дизайном. На сучасному етапі проектування та розрахунки криволінійних поверхонь ведуться із застосуванням обчислювальної техніки, тому в задачах геометричного моделювання поверхонь найбільш зручно використовувати дискретні моделі цих об'єктів, оскільки інформація у дискретному вигляді найбільш сприятлива для роботи ЕОМ. При формуванні дискретного каркасу складеної поверхні статико-геометричним методом під дією рівномірного навантаження, яке має перепад на лінії стику виникає розбіжність між координатами вузлів складеної поверхні та її неперервним аналогом. З цього виникає задача забезпечення гладкого стикування таких поверхонь.

Аналіз останніх досліджень. Статико-геометричний спосіб моделювання неперервних поверхонь викладено в [1]. Залежність форми поверхні від характеру зовнішнього навантаження досліджено у роботах [2], [3] і [4]. Виявлено поверхні, дискретні каркаси яких точно відповідають рівномірному і лінійному розподілу зовнішнього навантаження, а також розподілу по гіпару. Формування складеної поверхні з окремих порцій розглядалося в роботі [5]. Було запропоновано методику стикування елементарних відсіків, представлених у вигляді масивів точок, що у дискретній формі інтерпретують поверхні за допомогою апарата матричного числення.

Постановка задачі. Визначити умови гладкого стикування