



Саленко О.Ф., д.т.н., проф., Яцина М.М., к.т.н., ст. викл.

Кременчуцький національний університет імені М. Остроградського, м.
Кременчук, Україна

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ СТАЛОСТІ ПНЕВМОДВИГУНА З КІЛЬЦЕВИМ РОТОРОМ, ВСТАНОВЛЕНОГО НА ТРАНСПОРТНОМУ ЗАСОБІ

Конструктивні особливості двигуна із кільцевим ротором, яким нині є мотором із найбільшим крутним моментом, полягають у тому, що він складається з багатьох прецизійно виготовлених спряжених пар із криволінійними поверхнями 2 порядку, проміжних нежорстких елементів та масивних обертових деталей, що здійснюють складний плоскопаралельний рух із проковзуванням, виникненням значних контактних тисків та тертям сполучених пар. Це призводить до швидкого зношування в місці контакту, падіння к.к.д. двигуна та зростання витрат повітря крізь ущільнення і, відповідно, скорочення часу його функціонування від автономного джерела живлення. Для аналізу динамічних явищ в пневмодвигуні та визначення можливості забезпечення потрібних параметрів руху виконано математичне моделювання його роботи. За розробленою математичною моделлю виконано дослідження впливу радіусу кривизни торця притискного елемента r_p та жорсткості пружини c_n на сталість роботи двигуна, оцінено за тривалістю перехідного процесу T_p та амплітудами коливань кутової швидкості пелюстків A_n та вихідного валу A_ω .

Оскільки радіус кривизни r в місці основного спряження визначає не тільки величину контактного тиску (в момент, коли на систему діють сила притискання пружини та інерційні складові), а і жорсткість контакту c_{2i} між рухомими коливально криволінійними пелюстками та кільцем, що здійснює

обертово-плоскопаралельний рух (i – індекс відповідного пелюстка, притиснутого до кільця), він змінює параметри динамічної системи двигуна і за певних умов може викликати значні зростання амплітуд коливань на критичних частотах. З іншого боку, тривала робота двигуна та зношування у місці основного спряження веде до зміни радіусу в бік його збільшення, тобто $r_p = f(T)$, де T – час напрацювання двигуна. Таким чином, параметри динамічної моделі будуть плинно змінними.

Оцінку ступеня впливу жорсткості пружин c_n , а також жорсткості у місці основного спряження c_{2i} на амплітуду виникаючих при роботі двигуна коливань та на тривалість розгону T_p визначали за результатами отриманих перехідних процесів.

При цьому вважали, що двигун встановлено на транспортному засобі масою 800 кг, тиск стисненого повітря після редукційного клапану становить 1,5 МПа; рух відбувається по горизонтальній дорозі без перешкод.

При цьому нерівномірний рух обертових частин двигуна обумовлює коливальні зміни тиску p_n в камерах нагнітання (рис. 1).

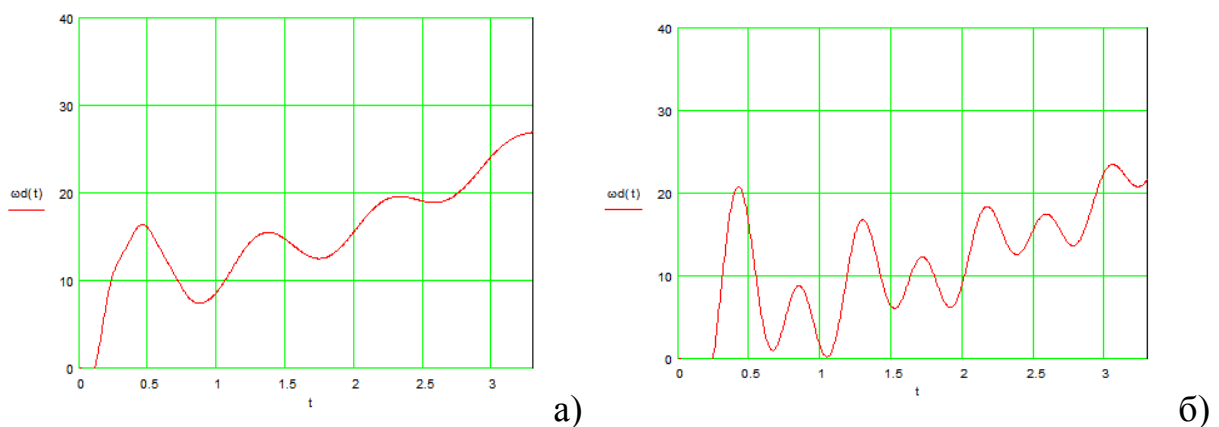


Рис.1 – Розгін ротору двигуна (а) та рух одного із криволінійних пелюстків (б) без впадання у резонансну зону

Встановлено вплив радіуса торця головного спряження на тривалість перехідного процесу та амплітуду коливань при розгоні транспортного засобу. Так, встановлено, що тривалість несталого руху транспортного засобу від початку руху до виходу на встановлену швидкість зворотно пропорційна радіусу, тобто більше заокруглення радіусу сприяє більш сталій роботі приводу та передусе виникненню біля резонансних коливань (рис. 2).

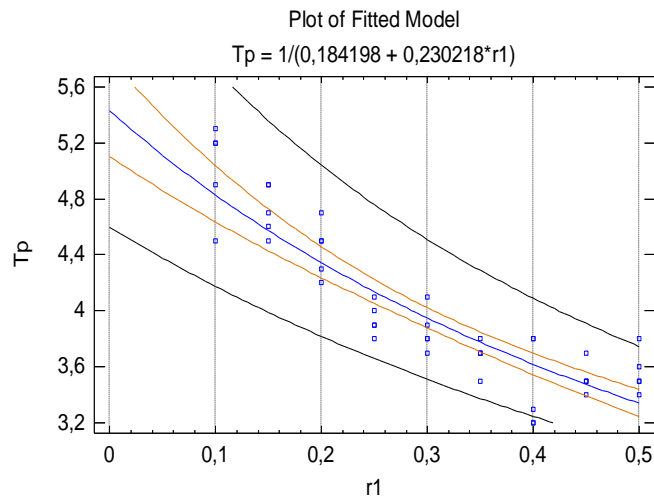


Рис. 2 – Вплив радіуса заокруглення в головному спряженні на час несталі роботи приводу під навантаженням T_p

Таким чином, очікуваний перехідний процес буде більш сталим, навіть при значному зростанні робочого навантаження. При цьому не очікуються вібрації і в місцях контакту пелюсткових ущільнень із кільцем, тобто можна вважати, що істотних перетікань повітря між напірною та вихлопною порожнинами не відбуватиметься. З наведених графіків очевидним є використання у місці головного спряження пелюстків із радіусами при вершині $r_p=0,24 - 0,32$ мм.

Встановлено, що жорсткість використовуваних пружин має бути не меншою за 8 Н/мм, однак підвищення жорсткості до 24 Н/мм викликатиме не тільки сповільнення затухаючих коливань, а і стрімке підвищення контактних

тисків у головному спряженні до 22-27 МПа, внаслідок чого відбуватиметься активізація процесів зношування.

Істотний вплив на динаміку розгону двигуна та, відповідно, на розгін транспортного засобу, має також і довжина магістралі L_{tr} підведення повітря в порожнини двигуна (рис. 3).

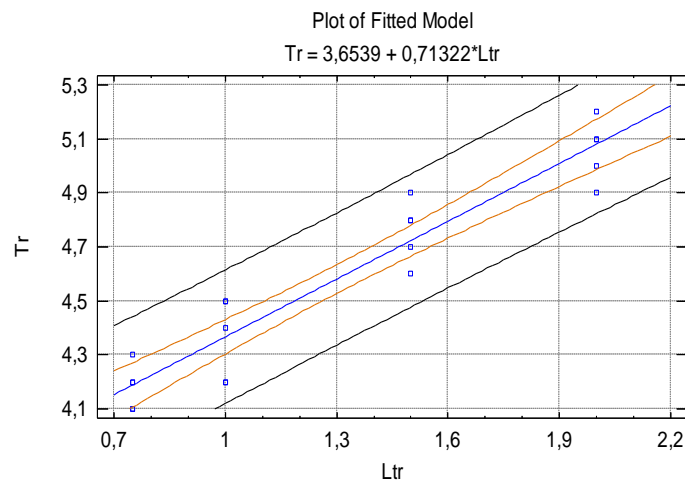


Рис.3 - Збільшення часу розгону та затримки до початку руху при збільшенні довжини трубопроводу для підведення стиснутого повітря

Проведене моделювання показало, що збільшення довжини магістралі, особливо при малому прохідному діаметрі, має істотний вплив на динаміку розгону. Так, якщо зростанням часом затримки початку руху з 0,12 до 0,25-0,5 с можна нехтувати, оскільки для транспортного засобу час такої затримки порівняний із часом натиснення на педаль акселератора, то час розгону до швидкості 15 км/год зростає практично лінійно, і при використанні магістралей із умовним проходом $D_u=15$ мм довжиною до 5 м може зрости на 1,5 - 3с. Це обумовлює необхідність встановлення балонів зі стиснутим повітрям, редуктору та крану педалі акселератора у безпосередній близькості до споживача стиснутого повітря – пневмодвигуна.



Міжнародна науково-технічна конференція "Гідроаеромеханіка в інженерній практиці"
Секція 3
"Гідравлічні та пневматичні машини, гідروпередачі"

Отримані результати дають підставу стверджувати, що компоновання транспортного засобу, оснащеного автономним джерелом живлення, має бути таким, щоб передбачати монтування блоку керування із редуційним клапаном, краном відкриття в одному корпусі, сполученим із пневмодвигуном максимально коротким трубопроводом, довжиною $L < 1,2$ м.

Отримана вибірка показала розсіювання часу розгону транспортного засобу та довела, що цей час може становити від $t_p = 4,2$ с до $t_p = 12,85$ с, при русі в найважливіших умовах.

Збільшення маси транспортного засобу до 1000 кг (при здійсненні перевезення корисного навантаження) значно знижує динаміку розгону – до 12–18 с, що потребує пошуку дієвих засобів для підтримання динаміки розгону транспортного засобу.

Аналіз впливу величини тиску налагодження джерела живлення на розгінну характеристику пневмотранспорту довів, що зменшення рівня тиску веде до значного зростання часу розгону, прояву коливальних явищ, порушення, особливо протягом початкового часу (0,9 – 1,2 с), сталого набору швидкості; при цьому динамічні навантаження елементів привода можуть перевищувати статичні в 1,4-1,8 разів. Отже, очевидним є прийом зміни налагодження редуційного клапана для відповідного підвищення тиску в магістралях при збільшенні маси транспортного засобу. Така компенсація може бути досягнута введенням регулятора редуційного клапана, сполученого з підресореною масою – наприклад, заднім мостом пневмокара. При цьому більше навантаження кара веде до просідання несучих пружин мостів і відповідного зростання тиску в магістралі живлення двигуна.