

Проведені дослідження та результати їх аналізу засвідчили суттєве зменшення матеріалоємності установки та час ущільнення бетонної суміші. Запропонована конструкція віброустановки є передумовою для створення принципово нового класу ущільнюючих машин із реалізацією змінних режимів та економією енергії на протікання технологічного процесу.

Список використаних джерел

1. Назаренко, І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем. Навчальний посібник (2-е видання). – Київ: Видавничий Дім «Слово», 2010. – 440 с.
2. Иткин А. Ф. Вибрационные машины для формования бетонных изделий. – Київ: «МП Леся», 2009. – 152 с.
3. Назаренко, І.І. Огляд і аналіз вібраційного обладнання для формування плоских плит залізобетонних виробів / І.І. Назаренко, О.П. Дєдов, О.С. Дьяченко, А.Т. Свідерський// Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини, Вип. 90, 2018. – С. 49-58.
4. Назаренко, І.І. Огляд конструкцій існуючих навісних збудників коливань та дослідження ефективності їх використання для покращення ущільнення залізобетонних виробів на вібраційних установках / І.І. Назаренко, О.П. Дєдов, О.С. Дьяченко// Техніка будівництва, Вип.39, 2018. – С.46-55.
5. Патент України на корисну модель №117955, МПК В28В 1/08(2006.01). Вібраційна установка для формування бетонних і залізобетонних виробів / І.І. Назаренко, П.П. Халімон, О.П. Дєдов, О.С. Дьяченко. – № u2017 01755; заявл. 24.02.2017; опубл. 10.07.2017. – Бюл. №13/2017.

УДК 255:29.1

Яцина М.М., к.т.н., Саленко О.Ф., д.т.н.

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

ДО ПИТАННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МЕХАНІЗМУ РЕКУПЕРАЦІЇ ЕНЕРГІЇ З ПНЕВМАТИЧНИМ РУШІЄМ

Анотація. В даній роботі було проаналізовано та детально розглянуто існуючі технології 3D друку, типи та будову 3D принтерів для проектування та виготовлення спеціального обладнання для механізму рекуперації енергії з пневматичним рушієм. Розглянуто основні матеріали для друку, також детально розглянуто карбоновмісні матеріали для FDM друку, їх властивості і характеристики. Проведено кінематичний аналіз механізму принтера для 3D друку типу дельта, визначено погрішності позиціонування для даного типу механізму. Визначено недоліки крокових двигунів та їх наслідки. Проведено вимірювання отриманої деталі та обробку статистичних даних. Проведено порівняння отриманих отворів деталі з заданими номінальними значеннями, розрахована абсолютна похибка для зовнішнього і внутрішнього діаметрів. Здійснено розрахунок на шорсткість штанг дельта робота, проведено розрахунок напруженого стану конструкції під дією прикладних сил.

Ключові слова: рекуперація енергії, 3D-принтер, еструдер, сопло, пневмодвигун, гальмування

В сучасному світі розробники нових концептів в автомобілебудуванні все частіше відходять від використання силового агрегату, а намагаються застосовувати комбіновані силові системи. Транспортні засоби з такими системами отримали назву «Гібридне авто».

Основні причини, що стоять за розробкою гібридної силової установки – зменшення кількості шкідливих викидів в атмосферу, що дуже актуально саме для міського транспорту. Ця система дозволяє знизити викид сажі та вуглеводнів на 90%, оксидів азоту - на 50%. При цьому економія палива досягає 60%, а прискорення під час початку руху збільшилася на 50%. Зокрема пневматична силова установка може встановлюватися на автомобілі, які виконують різні завдання.

В свою чергу, механізм рекуперації енергії стиснутого повітря при гальмуванні представляє собою планетарну передачу, та набір пов'язаних шестерней.

По центру розташована сонячна шестерня, що зчеплена з чотирма сателітами, які знаходяться у фіксованому один щодо одного становищі. Елементом виступає водило, а зуби

самої великої кільцевої шестерні пов'язані з сателітами. Конструкція досить проста механічно, проте її пристрій надає величезні можливості по передачі і підсумовування крутного моменту.

Кожен елемент планетарної передачі з'єднаний з окремим пристроєм: водило з ДВС, сонячна шестерня з компресором, що нагнітає стиснуте повітря в ресивер, а кільцева шестерня – з пневмодвигуном. Саме кільцева шестерня через редуктор пов'язана з колесами. В результаті стає можливим дуже гнучке з'єднання і універсальний поділ між ДВС і пневмодвигуном, при цьому транспортний засіб може виконувати функції як паралельного, так і послідовного гібрида [1].

В процесі рекуперації енергії - енергія від моховика, встановленого на ведучому колесі, в режимі гальмування призводить до подовження часу зарядки енергозберігаючого елемента додаткового силового агрегату. Зокрема, при використанні в якості додаткового двигуна в гібридному транспортному засобі, енергія стиснутого повітря використовується робочій камері пневмодвигуна для перетворення в крутний момент $M_{кр}$, що передається на ведуче колесо через шарнір рівних кутових швидкостей (ШРКШ).

В свою чергу гальмівний процес призводить до введення в дію рекупераційного механізму [2], в результаті чого виникає енергія рекуперації $E_{рк}$ (Рис. 1).

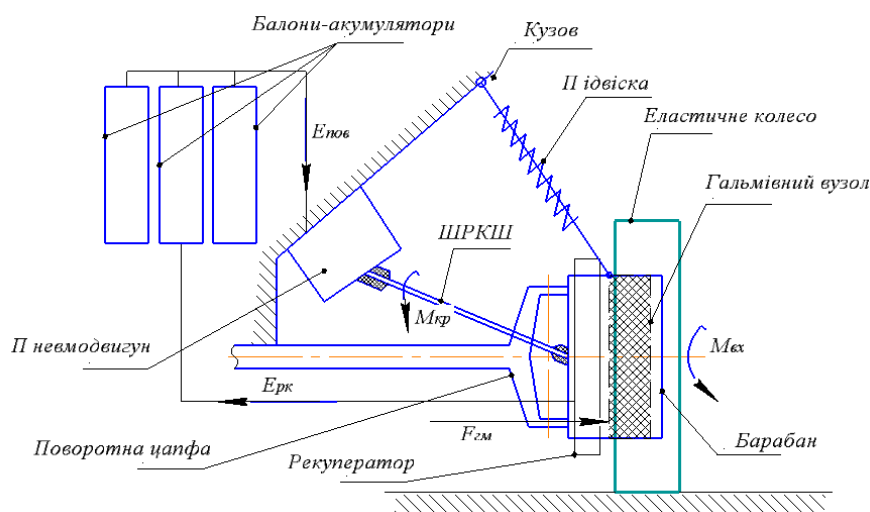


Рис. 1 – Схематичне зображення конструкції ведучого керованого колеса гібридного транспортного засобу з рекупераційним гальмуванням

Необхідно зазначити, що на Рис. 1 зображено схематичне розташування додаткового силового агрегату на ведучі керовані колеса без приводу від основного рушія. Така конструкція обумовлена тим, що почерговий підвід крутного моменту від основного та додаткового рушія призводить до ускладнення конструкції трансмісії та шкворневого вузла ведучого керованого колеса, яка, в свою чергу, ускладнена встановленим на барабан колеса рекуператора енергії стиснутого повітря.

Однак, виготовлення спеціального обладнання для механізму рекуперації енергії з пневматичним рушієм потребує нових технологій та методів контролю якості, що обумовлено умовами експлуатації даного механізму та особливостями процесу відбору використаної енергії та її перерозподілення в системі компресор-гальма.

При виготовленні елементів конструкції рекуператора існують різні технології тривимірного друку. Різниця між ними полягає в способі накладення шарів виробу. Найбільш поширеними є SLS (селективне лазерне сплетіння), HPМ (накладення шарів розплавлених матеріалів) і SLA (стереолітографія). Найбільш широке поширення завдяки високій швидкості побудови об'єктів набула технологія стереолітографії або SLA.

Друк моделі з одного матеріалу з печаткою опор з іншого, легкорозчинного матеріалу, що дозволяє з легкістю видаляти підтримувачі структури планетарного механізму після завершення процесу друку.

Пластикова нитка розмотується з котушки і подається в екструдер, оснащений механічним приводом для подачі нитки, нагрівальним елементом для плавки матеріалу і соплом, через яке здійснюється безпосередньо екструзія. Нагрівальний елемент служить для нагрівання сопла, яке в свою чергу плавить пластикову нитку і подає розплавлений матеріал на нерухомість, що будується модель. Як правило, верхня частина сопла навпаки охолоджується за допомогою вентилятора для створення різкого градієнта температур, необхідного для забезпечення плавної подачі матеріалу.

Відзначимо, що час перебування пластика в розплавленому стані теж слід мінімізувати, бо багато термопластиків втрачають пластичність після тривалого перебування при високих температурах, а утворені тверді частинки можуть забити сопло.

Контрольні вимірювання та аналіз якості готової надрукованої деталі проводили за допомогою електронного штангенциркуля. Точність вимірювання штангенциркулем складає 0,01 мм (Рис.2).

При порівнянні отриманих отворів на деталі з заданими (номінальними) значеннями, проведено розрахунок абсолютних та відносних похибок друку. Абсолютна похибка розраховується як різниця між отриманим значенням вимірюваної величини та номінально заданим (істинним) значенням, обчислена по модулю, вимірюється у міліметрах (мм).

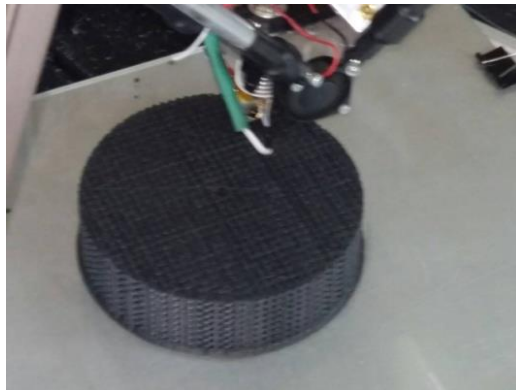


Рис. 2 – Надрукована деталь

$$\Delta = | \text{хотримане} - \text{хномінальне} |$$

Відносна похибка чисельно дорівнює відношенню абсолютної похибки вимірювання Δ до істинного значення вимірюваної величини, вимірюється у відсотках (%). Розраховується відносна похибка за формулою:

$$\delta = | \text{хотримане} - \text{хномінальне} | \cdot \text{хномінальне}^{-1} \cdot 100\% \text{ або } \delta = \Delta \cdot \text{хномінальне}^{-1} \cdot 100\%$$

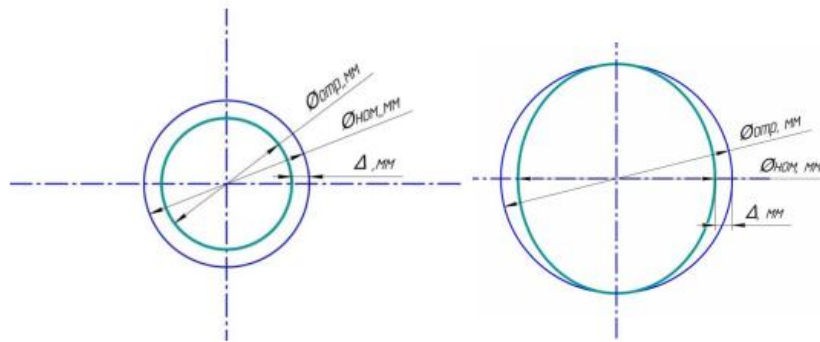


Рис. 3 – Схематичне зображення абсолютної похибки

Проводитися вимірювання зовнішнього діаметру, отвору і товщини деталі в залежності від кута.

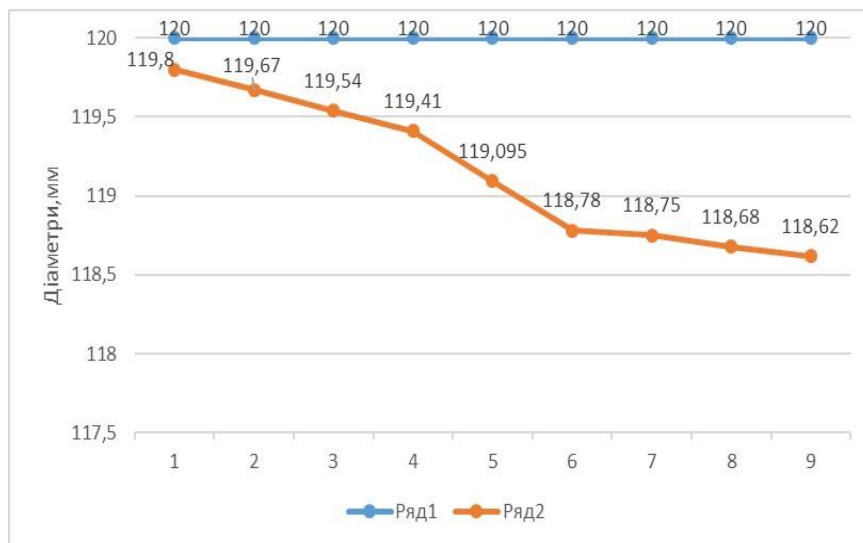


Рис. 4 – Отриманні відхилення зовнішніх діаметрів

Знайдемо середнє арифметичне між отриманими розмірами для внутрішнього діаметру бмм:

$$5,92 + 5,83 = 5,87$$

$$5,83 + 5,51 = 5,67$$

Статичний аналіз дозволив здійснювати розрахунок напруженого стану конструкцій під дією прикладених до системи постійних в часі сил, що дає можливість оцінити міцність розробленої ним конструкції по напрузі, що допускається та визначити найбільш слабкі місця конструкції і внести необхідні зміни (оптимізувати) виріб. При цьому між тривимірної моделлю виробу та розрахункової кінцево-елементної моделі підтримується асоціативний зв'язок. Параметричні зміни вихідної твердотільної моделі автоматично переносяться на сітковий кінцево-елементну модель.

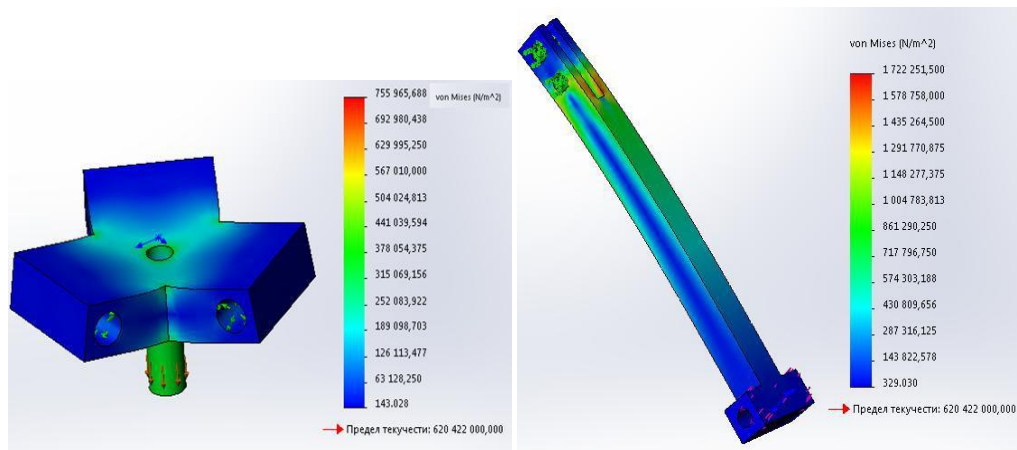


Рис. 5 – Епюра напружень

Таким чином, проаналізовано та детально розглянуто існуючі технології 3D друку, типи та будову 3D принтерів для проектування та виготовлення спеціального обладнання для механізму рекуперації енергії з пневматичним рушієм. Розглянуто основні матеріали для друку, також детально розглянуто карбоновмісні матеріали для FDM друку, їх властивості і характеристики. Проведено кінематичний аналіз механізму принтера для 3D друку типу дельта, визначено погрішності позиціонування для даного типу механізму. Визначено недоліки крокових двигунів та їх наслідки. Проведено вимірювання отриманої деталі та обробку статистичних даних. Проведено порівняння отриманих отворів деталі з заданими номінальними значеннями, розрахована абсолютна похибка для зовнішнього і внутрішнього діаметрів.

Список використаних джерел

1. Яцина, М. М. Підвищення енергоефективності пневматичного двигуна на основі геометричних параметрів елементів робочої камери / М. М. Яцина // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2013. – Вип. 5/2013 (82). – С. 93–97.
2. Саленко, О. Ф. О возможности использования приводов на мобильных транспортных средствах с автономным источником питания / О. Ф. Саленко, М. М. Яцина // International Scientific Conference 20–21 November 2012, Gabrovo (Болгарія, Габрово), 2012. – С. 313–317.
3. Герц, Е. В. Динамический расчет дискретных пневматических приводов / Е. В. Герц // Пневматика и гидравлика. М. : Машиностроение, 1973. – С 17–33.