

П'єзометричний напір: Графіки наочно демонструють падіння статичного тиску (п'єзометричного напору) у звуженій частині труби (переріз №5), де швидкість потоку досягає максимуму, що повністю відповідає закону Бернуллі.

Ефективність CFD: Застосування методів обчислювальної гідродинаміки (CFD) дозволяє з високою точністю візуалізувати поля тиску та швидкостей, що доповнює традиційні лабораторні дослідження та дає змогу детальніше аналізувати структуру потоку.

Цифрова трансформація освіти: Використання професійного програмного забезпечення готує студентів до роботи в сучасних конструкторських бюро, де комп'ютерне моделювання є стандартом проектування перед створенням фізичних прототипів.

Розвиток аналітичних навичок: Порівняння «живого» експерименту з цифровим двійником вчить студентів критично оцінювати точність моделей, розуміти похибки вимірювань та межі застосування теоретичних припущень.

Література

1. Авершин А. Г. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Гідравліка і гідропневмопривід» / Андрій Геннадійович Авершин. // Харків: ХНАДУ. – 2021. – 40 с.

2. Біловол О. В., Авершин А. Г. Гідравліка, гідро та пневмоприводи: конспект лекцій / О. В. Біловол, А. Г. Авершин. // Харків: ХНАДУ. – 2023. – 129 с.

Науковий консультант: Авершин А.Г. доц. каф. деталей машин та ТММ

Коваленко Станіслав., студент групи А-22-24, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОБОТИ КЛЕПСІДР РІЗНИХ ФОРМ

Клепсидра (грецькою – «викрадач води») – водяний годинник у вигляді посудини переважно циліндричної, конічної або параболоїда четвертого ступіня форми (рис.1), з якої вода витікає через отвір у дні, а її рівень показує час. Відомий з часів ассирійців і вавілонян та Стародавнього Єгипту. Застосовувався до XVII ст. У греків і римлян водяними годинниками простої конструкції вимірювалася тривалість виступів ораторів у суді. Пізніше такі математики, як Галілей, Варіньон, Бернуллі розв'язували задачі стосовно роботи водяних годинників.



Рис. 1

Метою роботи є отримання аналітичних залежностей між рівнем води у клеписдрах вказаних форм і часом, а також проведення їх порівняльного аналізу.

За основу було взято відому з курсу гідравліки формулу для пропускної здатності малого отвору у тонкій стінці:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH},$$

де Q - витрата води через отвір, μ - коефіцієнт витрати, ω - площа отвору, g - прискорення вільного падіння, H - напір води у клеписдрі.

Витікання води з посудини циліндричної форми є класичним прикладом витікання рідини через отвори і насадки при змінному напорі. Зв'язок між часом і напором можна записати у простому вигляді:

$$t = \frac{2V_0}{Q_0} \left(1 - \sqrt{\frac{H}{H_0}} \right),$$

де Q_0 - початкова витрата води через отвір, V_0 - початковий об'єм води у посудині, H_0 - початковий напір води.

Трохи складніше отримати формулу для клеписдри конічної форми, яка має вигляд:

$$t = \frac{2\pi r^2}{\mu \omega \sqrt{2g}} \left[\sqrt{H_0} \left(1 + \frac{2}{3} F_0 + \frac{1}{4} F_0^2 \right) - \sqrt{H} \left(1 + \frac{2}{3} F + \frac{1}{4} F^2 \right) \right],$$

де r - радіус основи клепсидри, α - кут нахилу бокової поверхні до вертикалі, допоміжна функція $F = \operatorname{tg} \alpha \frac{H}{r}$.

Безумовно найдосконалішою формою клепсидри є така, що забезпечує пропорційність між часом і напором. Легко показати, що це параболоїд обертання четвертого ступеню, який має рівняння

$$H = \frac{\pi v^2}{2\mu^2 \omega^2 g} r^4,$$

де r - радіальна координата, v - швидкість зменшення напору. У цьому випадку залежність між часом і напором найпростіша:

$$t = \frac{1}{v}(H_0 - H).$$

Для спрощення аналізу формул перейдемо до безрозмірних змінних

$$t' = \frac{Q_0}{2V_0} t, H' = \frac{H}{H_0}$$

і скористаємося співвідношенням:

$$\operatorname{tg} \alpha \frac{H_0}{r} = 1.$$

У випадку циліндричної, конічної і параболічної четвертого ступеня клепсидр маємо відповідно:

$$t' = 1 - \sqrt{H'}, t' = 1 - \frac{12}{23} \sqrt{H' \left(1 + \frac{2}{3} H' + \frac{1}{4} H'^2 \right)}, t' = 1 - H'.$$

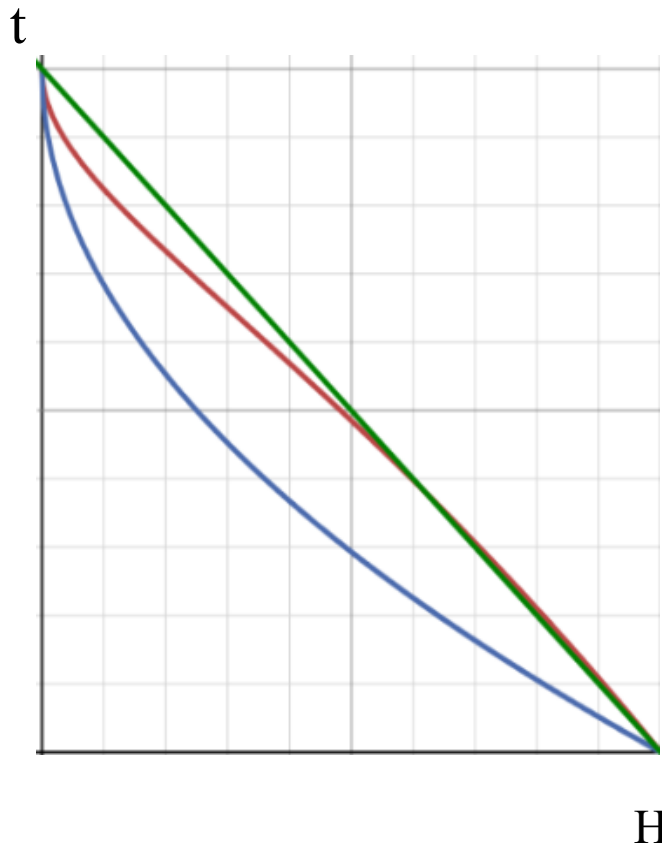


Рис. 2

Порівняння кривих дозволяє зробити висновок, що конічна клеписдра (червона крива) краще відповідає пропорційності між напором і часом, яка характерна для параболічної четвертого ступеня клеписдри (зелена крива), ніж циліндрична (блакитна крива).

Змінення радіусу основи і кута нахилу бокової поверхні конічної клеписдри дає можливість її вдосконалювати. Історично це робилося на експериментальній основі.

Науковий консультант: Біловол О.В., доц. каф. деталей машин та теорії механізмів і машин.

Коржов Дмитро, студент групи М-32-23

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЗМЕНШЕННЯ ПРОЯВУ ДЕФЕКТУ «ПАВУТИННЯ» НА ПРОТОТИПАХ, ВИГОТОВЛЕНИХ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ FDM

Технології швидкого прототипування дозволяють у відносно короткі строки отримувати перші прототипи майбутніх виробів та відтворювати їх в обсягах характерних для дрібносерійного виробництва. Найбільш поширеною технологією швидкого прототипування є 3D-друк методом пошарового наплавлення матеріалу (FDM). В ідеальному випадку результатом друку є фізичний об'єкт, що у визначеній мірі відповідає тривимірній електронній