

**І. В. Ночніченко, к.т.н., старший викладач,
Д. В. Костюк, ас.**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

СТЕНД ДЛЯ ВІЗУАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТОКУ РІДИНИ В ШЕСТЕРЕННОМУ НАСОСІ

Шестеренні машини з евольвентним зачепленням є широко розповсюдженими елементами гідравлічних систем. За рядом технічних параметрів вони не поступаються іншим типам машин, проте мають перевагу у вартості та надійності [1].

Відомо, що при роботі шестеренних насосів в робочій рідині, яка знаходиться в його внутрішніх каналах, може відбуватися її компресія та виникати кавітаційні явища [2]. Кавітація здатна впливати на характеристики робочої рідини через порушення суцільності потоку, локальне підвищення тиску та температури в місцях схлопування бульбашок та на деталі насоса. Одним з можливих методів вивчення кавітації є візуальне спостереження.

Також викликає зацікавленість вивчення впливу реологічних характеристик рідини на роботу насоса та гідравлічної системи. Стенд дозволяє проводити швидку зміну робочої рідини, в невеликих об'ємах порядку одного літру та змогу виявити закономірності гідродинамічних процесів в залежності від типу робочої рідини, в'язкості та інших показників. Для вивчення гідродинамічних процесів в камерах шестеренного насоса був створений стенд, який включає в себе насос Rexroth, в якому кришка та втулки шестерен були виконані з органічного скла, що дає змогу спостерігати потоки рідини в його камерах. Гідравлічна принципова схема стенду приведена на рисунку 1.

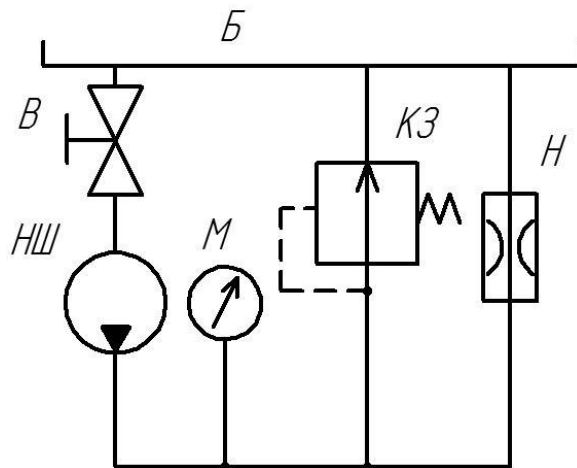


Рисунок 1 – Гідравлічна принципова схема стенду

Робоча рідина подається в досліджуваний насос (НШ) з баку (Б). Насос обладнаний запобіжним клапаном (КЗ). Тиск в лінії нагнітання системи фіксується манометром (М). Потік рідини регулюється вентилем (В). Тиск на виході насоса визначається опором навантажувальної ділянки трубопроводу (Н).

Зовнішній вигляд стенда показаний на рисунку 2, де 1 – бак з гідравлічною рідиною, 2 – манометр, 3 – вентиль, 4 – досліджуваний насос, 5 – запобіжний клапан.

Обертання валу насоса здійснюється за допомогою колекторного електродвигуна в якому передбачено плавне регулювання частоти обертів та крутного моменту.

Фіксація результатів експерименту виконувалася за допомогою фотокамери Casio EX-ZR300, яка здатна робити до 1000 кадрів на секунду.

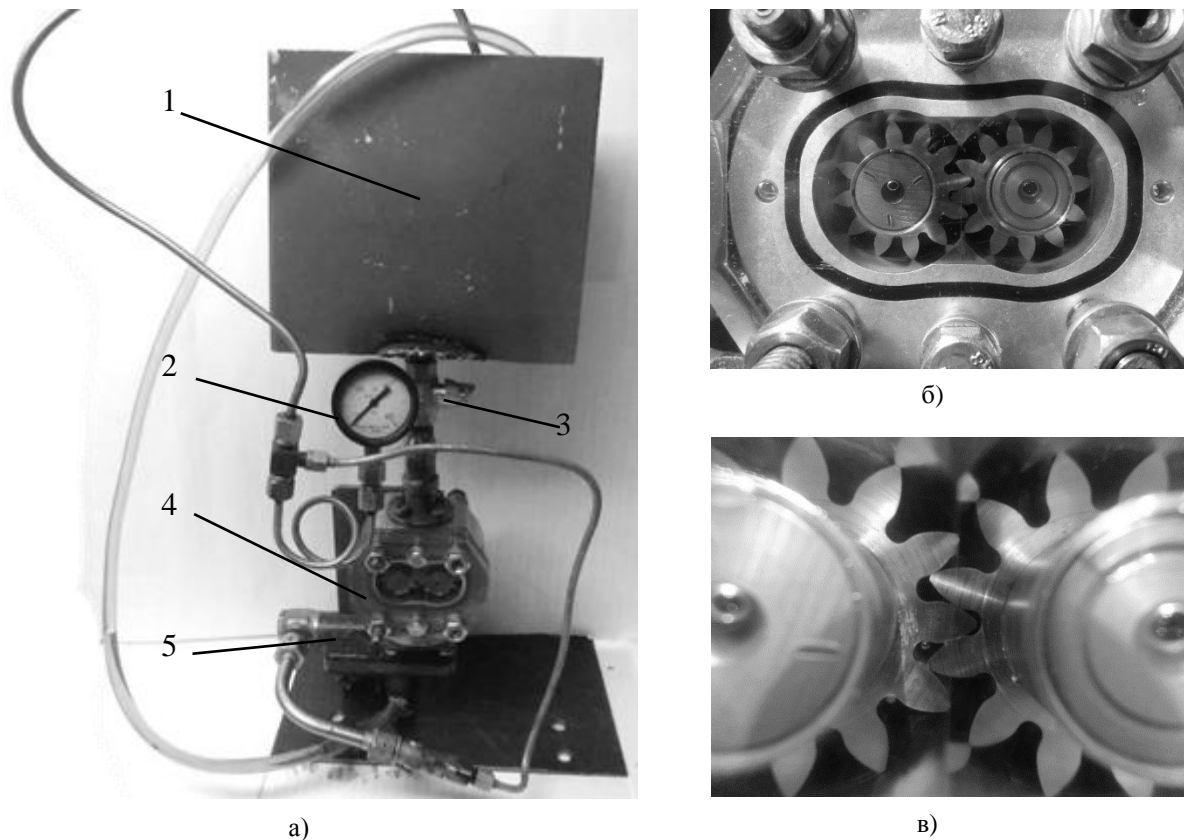


Рисунок 2 – Загальний вигляд експериментального стенду (а) та досліджуваного насоса (б) і області спостережень (в) (1 – гідробак, 2 – манометр, 3 – вентиль, 4 – насос, 5 – запобіжний клапан)

Встановлені на ділянках системи прозорі трубопроводи дають можливість спостерігати структуру потоку в них. Фото кадр потоку робочої рідини, що спостерігався в нагнітальній лінії трубопроводу приведено на рисунку 3.



Рисунок 3 – Структура потоку в прозорому трубопроводі. Спостерігається наявність бульбашок повітря, які переносяться з камери нагнітання

Фото, отримане в результаті експериментів приведено на рисунку 4. Даний кадр зроблено за умов закриття вентилля на 80 % на вході в насос. При цьому спостерігається розрідження в робочій рідині, та, як наслідок, заповнення бульбашками повітря всього об'єму насоса.

Після зупинки валу насоса спостерігалось накопичення бульбашок в камері нагнітання насоса рисунок. 4 та у баку.

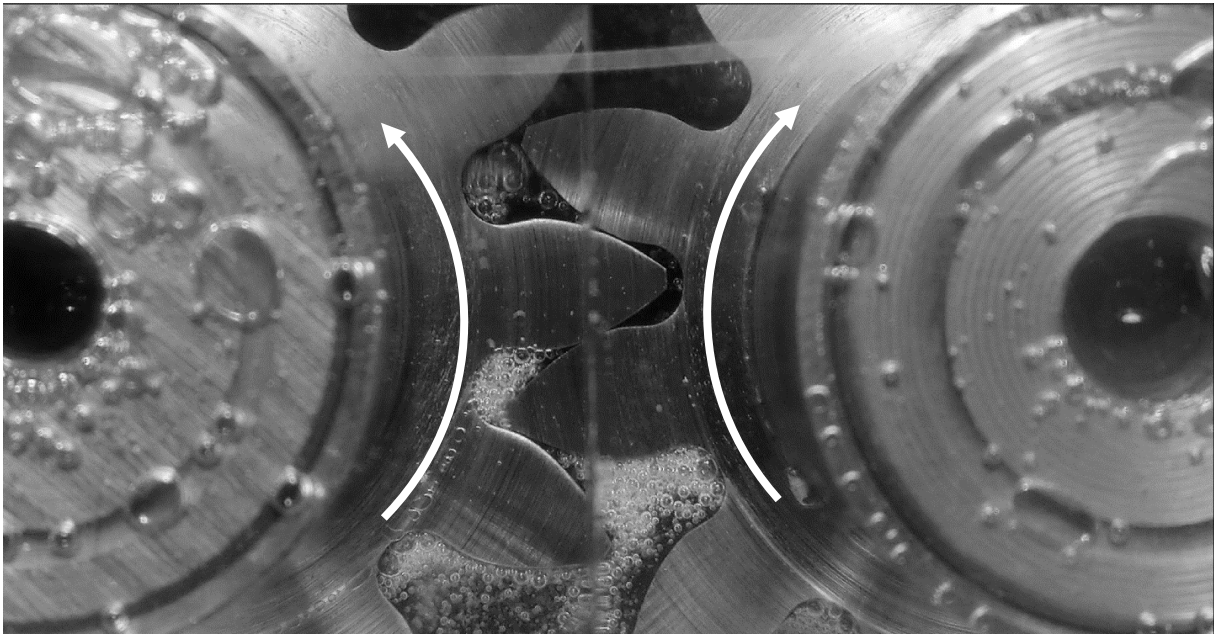


Рисунок 4 – Візуальні результати експерименту: спостерігається поява бульбашок повітря в камерах насоса при перекритті подачі рідини на вході (умови експерименту: $n \sim 100$ об/хв, масло ВМГЗ, температура масла – 18°C , кінематична в'язкість $6 \text{ мм}^2/\text{с}$)

Тиск рідини в навколишньому середовищі, де формується бульбашка, може бути визначений за формулою [3]:

$$p_{\text{навк}} = p_0 \frac{R_0^3}{R^3} + p_n \left(1 - \frac{R_0^3}{R^3} \right) + 2\sigma \left(\frac{R_0^2}{R^3} - \frac{1}{R} \right),$$

де R – радіус бульбашки, p_n – тиск насиченої пари. Індекс 0 стоїть при величинах, відповідних до початкового значення розвитку бульбашки; σ – коефіцієнт поверхневого натягу.

На підставі наведеної формули можна знайти значення критичного радіуса бульбашки, тиск навколишнього середовища:

$$R_{\text{кр}} = \sqrt{3} R_0 \sqrt{\frac{R_0}{2\sigma} \cdot \left(p_0 - p_n + \frac{2\sigma}{R_0} \right)} = \sqrt{3} R_0 \sqrt{\frac{R_0}{2\sigma} p_{r0}} = \frac{4\sigma}{3(p_{\text{кр}} - p_n)}$$

$$(p_{\text{навк}})_{\text{кр}} = -\frac{2}{3\sqrt{3}} \left(\frac{2\sigma}{R_0} \right) \sqrt{\frac{2\sigma}{R_0} \frac{1}{p_{r0}}} = p_n \frac{2}{3} \frac{2\sigma}{R_{\text{кр}}}$$

Як видно з наведених формул, істотну роль відіграють сили поверхневого натягу σ .

Відомо, що нерозчинене повітря впливає на модуль пружності рідини. Зміна об'ємного модуля пружності при наявності нерозчиненого повітря при зміні тиску в робочій рідині може бути визначена з виразу [2]:

$$E' = E \frac{(V_f/V_a) + (p_0/p)}{(V_f/V_a) + (p_0/p^2)},$$

де E – об'ємний модуль пружності чистої рідини (не містить нерозчиненого повітря); V_f – об'єм рідини в рідинно-повітряній суміші при тиску p ; V_a – об'єм повітря в суміші з рідиною при атмосферному тиску p_0 .

Це необхідно враховувати при розрахунках гідросистеми.

Подальше вдосконалення стенду передбачає встановлення електронних датчиків тиску, витрати та температури робочої рідини. Для фіксації даних в процесі роботи стенду планується його обладнання системою автоматичної фіксації на базі мікроконтролера типу Arduino.

Таким чином, дана конструкція працеспроможна та дозволяє проводити спостереження потоків робочої рідини в шестеренному насосі, які виникають в процесі роботи. Для подальших досліджень можлива зміна конструктивних параметрів, для дослідження їх впливу на характеристики машини.

Література

1. Шестеренные насосы с асимметричной линией зацепления шестерен. (теория, конструкция и расчет) : монография / Ю. В. Кулешков [и др.] ; Мин-во образования и науки Украины, Кировоградский нац. техн. ун-т. – Кировоград : КОД, 2009. – 257 с.
2. Объёмные гидравлические приводы / Т. М. Башта, И. З. Зайченко, В. В. Ермаков, Е. М. Хаймович. – М. : «Машиностроение», 1969. – 628 с.
3. Кавитация в переработке нефти / О. М. Яхно, А. Д. Коваль, Л. И. Пищенко, В. П. Паскалов, Н. Н. Яске. – К. : Світ, 1999. – 264 с. – Библиогр. : 90 назв. – рус.

УДК 622.24.05

О. Д. Манжілевський, к.т.н., доцент

Вінницький національний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ВІБРАЦІЙНОГО СТЕНДУ ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ НА НАДІЙНІСТЬ ВІДПОВІДАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

На даний час не втрачає актуальності задача по вібраційному випробуванню надійності відповідального обладнання в умовах сильного вібраційного навантаження.

Корисні вібрації, які широко використовуються при проведенні механічних випробувань деталей і вузлів машин, імітації реальних і граничних умов їх експлуатації. Необхідність в таких випробуваннях обумовлена зростаючими вимогами до надійності приладів і механізмів. На основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень виникло науково обґрунтоване уявлення про механізм виникнення у випробовуваних об'єктах пошкоджень і про методи їх кількісного оцінювання [1-3].

Випробовувані об'єкти містять значну кількість конструктивних елементів різного призначення і складності, які неоднаково сприймають вплив механічних вібрацій (в тому числі ударних, випадкових і інших періодичних навантажень) при зміні умов експлуатації.

Для зменшення часу випробувань автором запропоновано стенд, що дозволяє реалізувати зміну частотного режиму в межах від 4 Гц до 100 Гц, під час випробувань (для досягнення умов дорезонансного, резонансного та зарезонансного вібраційного навантаження обладнання, що випробовується) з амплітудою від 0,5 мм до 5 мм в трьох ортогональних напрямках.

Спрощена трюктурна схема стенду показана на рисунку 1. Для спрощення візуалізації процесу моделювання платформа 1 представлена у вигляді сфери.

Виконаємо MatLab моделювання (за допомогою пакету SimMechanics) вібраційного стенду для створення просторового вібронавантаження.

SimMechanics дозволяє створювати моделі механічних систем подібно іншим Simulink-моделям у вигляді блок-схем. Вбудовані додаткові інструменти візуалізації Simulink дозволяють отримати спрощені зображення тривимірних механізмів, як у статистиці, так і в динаміці.