

Дрокін А.О., ст. гр. А-21т1

toxa-drokin@mail.ru

Рожок П.О., ст. гр. А-21т1

МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ТВЕРДОЇ ЧАСТИНКИ У ВИХРОВІЙ КАМЕРІ

У галузях промисловості, таких як вугільна, хімічна, теплоенергетична, сільське господарство, транспорт гетерогенні середовища з великим вмістом твердих часток перекачуються динамічними насосами, що найчастіше призводить до швидкого абразивного зносу їх механічних рухливих частин й ущільнень. Кінцевим чином це негативно відзначається на показниках ефективності виробництва і собівартості продукції [1].

Можливим шляхом вирішення проблеми частого зносу динамічних насосів може бути застосування струминних насосів для перекачування середовищ, що містять велику кількість твердих абразивних часток. Струминна техніка і струминні насоси, зокрема, мають високі показники надійності і довговічності, значення яких у багато разів перевищують надійність і довговічність насосів з механічними рухливими робочими органами. Вони конструктивно прості і можуть працювати на сумішах різного складу і концентрації фаз. До недоліків існуючих струминних насосів можна віднести низький ККД, що не перевищує 30 %, велику витрату несучого середовища, і обмеження при роботі на газі, пов'язані з особливостями надзвукових потоків [2, 3]. Удосконалювання енергетичних характеристик струминних нагнітачів є актуальною задачею, одним з напрямків рішення якої є пошук і розробка нових пристроїв, заснованих на більш ефективних принципах передачі енергії, що дозволяють знизити зазначені недоліки. До таких машин можна

віднести вихорокамерні насоси (ВКН) [4]. Засновані на відцентровому принципі дії, вони мають більший ККД ніж у відомих струминних нагнітачів, але характеризуються значними втратами середовища, що перекачується, у дренажний канал [5].

Результати досліджень роботи струминно-вихрових насосів, наведені в роботах [6-9], показали, що розглядалося тільки одне положення насоса у просторі, при якому сипуче середовище потрапляє у робочу камеру через отвір у верхній кришці. У цьому випадку середовище, що перекачується, надходить у вихрову камеру під дією сили тяжіння і частина твердих часток, не встигнувши придбати кінетичну енергію від потоку, що несе, разом з його частиною надходить у дренажний канал, що призводить до втрат середовища, які складають до 15 %.

Втрати в нагнітачі збільшуються з ростом діаметра твердих часток, що обумовлюється більшою інерційністю великих за розміром часток, що, потрапляючи у вихрову камеру насоса, не встигають придбати кінетичну енергію потоку, що несе, і потрапляють у дренажний канал.

Для перевірки особливостей зношування стінок вихрової камери в процесі перекачування сипких абразивних середовищ було проведено математичне моделювання зносу на основі розрахунку ерозійного зношування за моделлю Фінні [10]. Загалом кажучи, відомо, що струминна техніка має показники надійності, довговічності, ремонтпридатності, термінів зберігання, що в багато разів перевищує такі показники для гідравлічних й пневматичних машин із рухомими механічними елементами [2, 11]. Це обумовлене значно меншим зношуванням елементів, що не рухаються, у порівнянні з іншими. Крім того, наявність в потоці твердих часток, часто призводить до заклинювання рухомих елементів та, в остаточному підсумку, до зменшення термінів служби нагнітачів.

Підвищенні термінів служби нагнітачів на основі струминної техніки у порівнянні з нагнітачами з механічними рухомими органами залежить від багатьох факторів таких як: концентрація твердих часток, вид матеріалів стінок та часток, швидкостей потоку, товщини стінок. Але, при достатній товщині стінок надійність струминних нагнітачів безумовно вище. Для виявлення зон максимального зношування було проведено моделювання руху часток піску різного розміру від $50 \cdot 10^{-6}$ до $500 \cdot 10^{-6}$ м. Модель Фінні, що використана для дослідження величини ерозії або маси матеріалу, що уноситься абразивними частинками визначається залежністю:

$$E = kV_p^2 f(\gamma),$$

де V_p – швидкість руху твердих частинок; γ – кут зіткнення в радіанах між траєкторією частинки та стінки

$$f(\gamma) = \frac{1}{3} \cos^2 \gamma, \text{ якщо } \operatorname{tg} \gamma > 1/3$$

$$f(\gamma) = \sin(2\gamma) - 3 \sin^2 \gamma, \text{ якщо } \operatorname{tg} \gamma \leq 1/3$$

$$k = 2,87 \cdot 10^{-6} \text{ с}^2/\text{м}^2 - \text{для сталі}$$

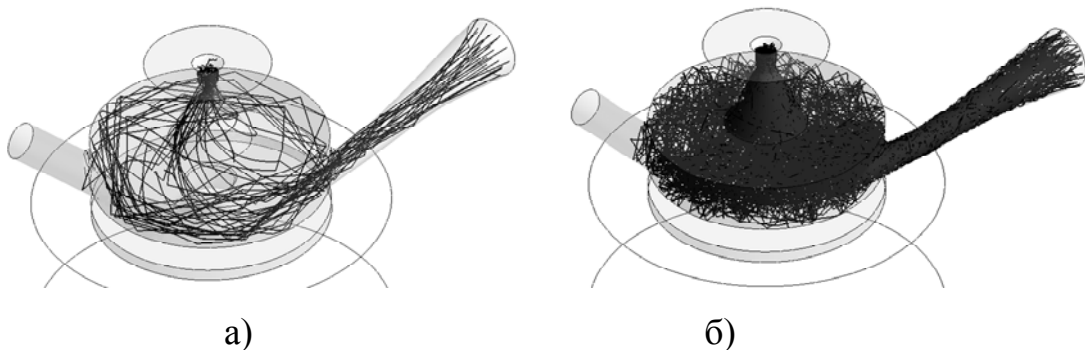
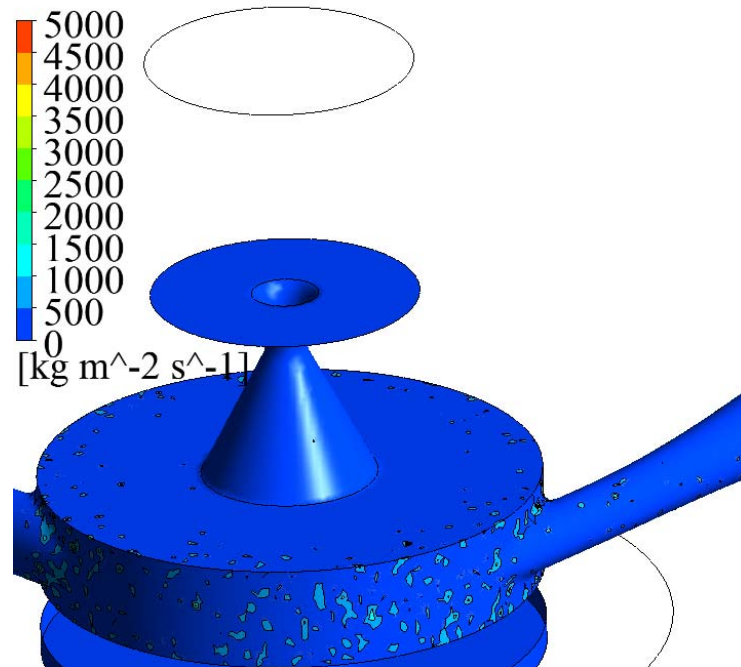
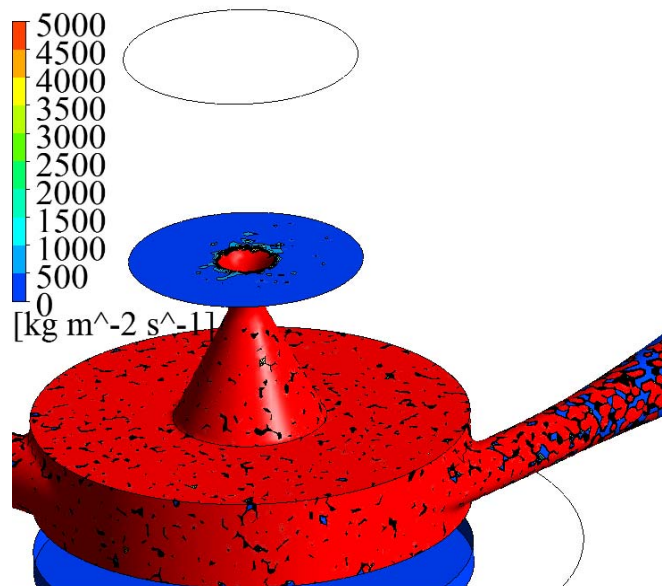


Рисунок 1 – Розрахунок траєкторій твердих частинок з масовою витратою: а) 0,01 кг/с; б) 0,1 кг/с

На рис. 1 наведено траєкторії твердих частинок піску, розраховані при різних масових витратах сипучого середовища, що обумовлює й різну концентрацію твердих частинок у вихровій камері ВКН.



а)



б)

Рисунок 2 – Розрахунок ерозійного зношування стінок вихрової камери при масовій витраті твердих частинок: а) 0,01 кг/с; б) 0,1 кг/с

Як йде з рисунку 2, зношування стінок вихрової камери ВКН залежить від масової витрати піску, що потрапляє у камеру. При всіх значеннях витрати та відповідно й концентрації твердих частинок спостерігається рівномірне зношування. Це говорить про те, що для підвищення надійності та довговічності пристроїв з вихровою камерою, та ВКН зокрема, достатньо збільшувати товщину стінок вихрової камери.

Висновки

Зношування стінок вихрової камери ВКН залежить від масової витрати твердих частинок, що потрапляють у камеру. При всіх значеннях витрати та відповідно й концентрації твердих частинок спостерігається рівномірне зношування усіх стінок. Це говорить про те, що для підвищення надійності та довговічності пристроїв з вихровою камерою, та ВКН зокрема, достатньо збільшувати товщину стінок вихрової камери.

Література

1. Євтушенко А.О. Гідродинамічні машини і передачі: Навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / Сумський держ. ун-т. — Суми : Видавництво СумДУ, 2005. — 256с.

1. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.

2. Халатов А.А., Авраменко А.А., Шевчук И.В. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных сил: в 4-х т.- Киев: Ин-т техн. теплофизики НАН Украины, 2000 - т.3: Закрученные потоки. – 477с.

3. Роговой А.С. Концепція створення вихорокамерних нагнітачів та принципи побудови систем на їх основі/ А.С. Роговий А.С. // Вісник СНУ ім. В.Даля. – Сєверодонецьк: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля. - №3 (233). – 2017. – С. 168-173.

4. Сємин Д.А. Экспериментальные исследования рабочих характеристик вихрекамерных нагнетателей с двухсторонним

всасыванием / Д.А. Сёмин, А.Н. Левашов, Я.Н. Левашов, А.С. Роговой // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2016. – Вип. 16, т.2. – С. 65-74.

5. Rogovyi A.S. Verification of Fluid Flow Calculation in Vortex Chamber Superchargers/ A.S. Rogovyi // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. / МОН України, ХНАДУ. – Харьков, 2016. – Вып. 39. – С. 39-46.

6. Роговой А.С. Применение вихрекамерных нагнетателей в гидро- и пневмотранспортных системах / Роговой А.С. // Вісник НТУУ "КПІ". Серія Машинобудування, 2016. – № 3(78). – С.65-70.

7. Сёмин Д.А. Влияние типа и размера расчетных сеток на точность расчеа течений в вихрекамерных нагнетателях / Д.А. Сёмин, А.С. Роговой // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 41 (1213) – С. 70-77.

8. Сьомін Д.О. Вплив умов входу середовища, що перекачується, на енергетичні характеристики вихрекамерних насосів / Д.О. Сьомін, А.С. Роговий. // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Гідравлічні машини та гідроагрегати. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2015. – № 3 (1112) – С. 130-136.

9. OpenCFD. Openfoam, May 2011. <http://www.openfoam.com>.

10. Сполучення вихрових виконавчих пристроїв із сучасними системами управління / Сьомін Д.О., Павлюченко В.О., Ремень В.І., Мальцев Я.І. Монографія. - Луганськ: Вид-во Східно-укр. нац. ун-ту ім. В.Даля, 2002. – 174 с.

Науковий консультант: Роговий А.С., доц. каф. теоретичної механіки.