

частотою з тиском середовища. Фаза коливань у стику відстає від фази коливань тиску середовища на величину $\text{arc tg} \left[\frac{i(N_{im}-N_{-im})}{(N_{im}+N_{-im})} \right]$.

При практичних розрахунках значення коефіцієнта Фур'є C_n та D_n приймається відповідно до форми коливань тиску середовища.

Величина витоку середовища розраховується за формулою

$$Q = \frac{2\pi RH}{\tau} \int_0^{\tau} V_R dt. \quad (11)$$

Значення швидкості витікання при $r=R$ згідно закону Дарсі визначається за залежністю

$$V_R = -\frac{k}{\mu} \cdot \frac{\partial P}{\partial r}. \quad (12)$$

Для квазістаціонарного процесу $r=R$

$$\begin{aligned} \frac{\partial P}{\partial r} = & -\frac{1}{R} \frac{C_0 - 2P_0}{2 \ln(R/r_b)} + \sum_{n=1}^{\infty} (N'_{im} \cdot N'_{-im})^{1/2} \times \\ & \times \cos \left[\omega_n t - \text{arc tg} \left(i \frac{N'_{im} - N'_{-im}}{N'_{im} + N'_{-im}} \right) \right]. \end{aligned} \quad (13)$$

Параметри поруватого стику k та H заходяться з характеристик контактних повернь.

Умовні позначення: R – зовнішній радіус; r_b – внутрішній радіус; r – поточне значення радіуса; P_0 – тиск навколишнього середовища; $P_c(t)$ – тиск у порожнині; k – коефіцієнт проникності; μ, β – коефіцієнти динамічної в'язкості та стисливості середовища відповідно; t – час; ω_n – колова частота; H – висота поруватого стику; m – поруватість стику; τ – період коливань тиску.

Список посилань

1. Бойко, В.С. Підземна гідрогазодинаміка: Підручник / В.С. Бойко, Р.В. Бойко – Львів: Априорі, 2007. – 452 с.

УДК 621.225

Аврунін Г.А., канд. техн. наук
Подригало М.А., докт. техн. наук
Подригало Н.М., докт. техн. наук
Мороз І.І., старший викладач

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, griavgunin@ukr.net

АНАЛІЗ НАВАНТАЖЕНЬ НА ГІДРОПРИВОДИ БУРИЛЬНО-КРАНОВОЇ МАШИНИ

Бурильно-кранові машини створені на базі тракторів і призначені для буріння шурфів під різні опори в ґрунтах і широко застосовуються при виконанні будівельно-дорожніх робіт [1]. До складу машини входять бурова установка і кранове обладнання. Сучасною тенденцією є застосування об'ємного гідропривода не тільки для підйому-опускання стріли, а також для обертання бурового обладнання. Об'ємний гідропривод дає багато переваг над механічним, зокрема здійснення режимів безступеневої зміни швидкості технологічного обладнання, спрощення щодо розташування гідроприводів відносно робочих органів за допомогою рукавів високого тиску, і безумовно, надійний захист від перевантажень за тиском. В той же час ведуться науково-дослідницькі і конструкторські роботи щодо підвищення ККД гідропривода, енергозбереження і автоматизації його роботи.

За результатами огляду інформаційних джерел було встановлено, що на даний час відсутні роботи, пов'язані з комплексним дослідженням роботи бурильного обладнання щодо динамічних навантажень на стрілу підйому-опускання бурового шнеку на різних етапах технологічного процесу буріння. Тому прийнято рішення щодо вдосконалення гідропривода стріли з метою підвищення енергозбереження та розробки методик статичного та динамічних розрахунків. Поставлена задача моделювання роботи гідропривода з використанням пакету прикладних VisSim на режимах зі змінним за часом навантаженням стріли з боку бурильного шнекового обладнання.

На рис. 1 приведена розрахункова схема гідропривода переміщення гідроциліндрів стріли Ц1 і Ц2 бурильно-кранового обладнання машини БКМ. Робочий режим крану при підйомі вантажу приведений на рис. 1,а, де на гідроциліндри Ц1 і Ц2 діє зовнішнє навантаження $F_{Ц}$, яке треба подолати шляхом підведення РР в порожнини А1 і А2 під тиском p_A і для створення необхідної швидкості гідроциліндра v для подолання переміщення значенням y за час t треба підвести витрату $Q_{ЦА}$. В гідроциліндрі діють сили тертя $\Delta F_{Ц}$ в поршневому і штоковому ущільненнях, а також втрати тиску при течії РР. Ці сили тертя є гідромеханічними втратами і визначають гідромеханічний ККД гідроциліндра. Силу зовнішнього навантаження $F_{Ц}$ і сили тертя $\Delta F_{Ц}$ треба подолати за допомогою тиску p_A . олива зливається зі штокових порожнини В1 і В2 гідроциліндрів під тиском $p_{зл}$. Характеристикою ділянки підводу оливи є її стисливість (визначається модулем пружності E) і початковий об'єм поршневої порожнини $V_{пш}$.

На рис. 1,б приведена схема роботи гідропривода при опусканні стріли для здійснення навантаження на буровий шнек. оливи під тиском p_B і витратою $Q_{ЦВ}$ підводиться в штокові порожнини В1 і В2 гідроциліндрів Ц1 і Ц2 для подолання зовнішнього навантаження $F_{Ц}$. Одночасно олива зливається з поршневих порожнини А1 і А2 гідроциліндрів під тиском $p_{зл}$.

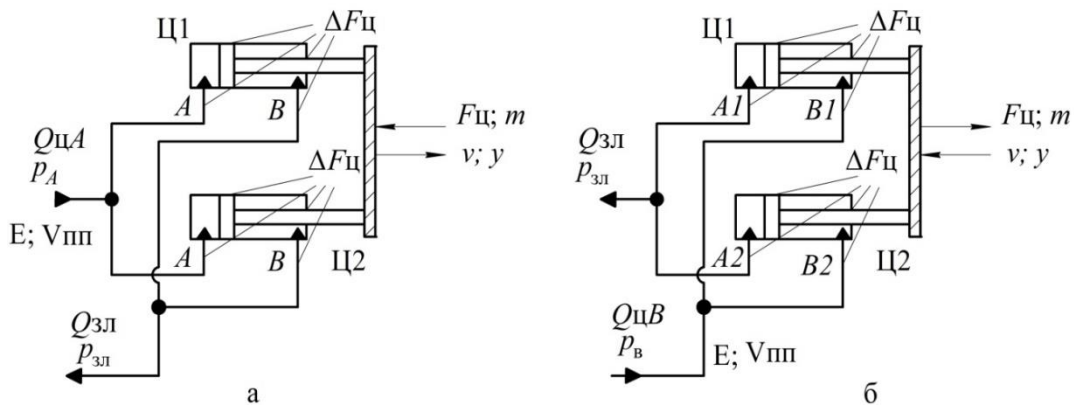


Рис. 1 – Розрахункові схеми гідропривода бурової стріли

Математична модель гідропривода побудована на основі використання законів Ньютона і Паскаля, і рівняння нерозривності для робочої рідини. За результатами розрахунків виявлені досить суттєві коливання тиску в гідроприводі бурильної стріли залежно від швидкодії зростання зовнішнього навантаження в порівнянні зі статичним режимом, де перепад тисків не перевершує 19 МПа, а коливальний процес дає підвищення тиску до 32 МПа;

Виявлені також коливання тиску в гідроприводі при зменшенні модуля пружності робочої рідини при її насиченості нерозчиненим повітрям. Максимальне значення тиску досягає 36 МПа. Коливання є короткочасними з частотою 150 Гц.

Список посилань

1. Бурильно-кранова машина БКМ-2М. Паспорт: БКМ-2М.00.00.000ПСТОВ. ТУ У 29.5-42283450-001:2020. ТОВ «МК БУДАГРОМАШ». 2024. 12 с.

УДК 532.5, 622.3

Харченко Є.В., докт. техн. наук, професор
yevhen.v.kharchenko@lpnu.ua

Бутринський Д.І., аспірант
dmytro.butrynskyy@gmail.com

Бутринський І.З., канд. техн. наук, доцент
Національний університет «Львівська політехніка», ihor.z.butrynskyi@lpnu.ua

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІННЯ НЕНЬЮТОНІВСЬКОЇ РІДИНИ У КАНАЛІ КІЛЬЦЕВОЇ ФОРМИ З РУХОМИМИ СТІНКАМИ

Аналітичний розв'язок задачі про течіння ньеньютонівської рідини у кільцевому каналі пов'язаний із істотними математичними труднощами побудови розв'язку крайової задачі для системи нелінійних рівнянь з частковими похідними; в силу цього для подібних задач протягом останніх десятиліть проведено різнопланові експериментальні дослідження; отримано результати із використанням чисельних розв'язків, побудованих на основі істотно обчислювально-затратних варіаційно-різницевих методів динаміки потоків рідин (CFD), зокрема, методів сіток, скінченних об'ємів та інших числових методів.

З іншої сторони задача течіння ньеньютонівської рідини через поперечний переріз у вигляді кільцевої області має широке практичне застосування у різних галузях техніки, зокрема, для опису поведінки і течіння суспензій, бурових промивальних розчинів, біологічних рідин, розплавів полімерів і багатьох інших випадках [1].

Метою роботи є розроблення і дослідження наближеної аналітико-числової моделі цієї задачі на основі розгляду стану граничної рівноваги в'язко-пластичної рідини.

Розглядається усталена течія ньеньютонівської в'язко-пластичної рідини у каналі між концентрично розташованими стінками (циліндричними поверхнями); стінки каналу рухаються із деякими лінійними швидкостями у напрямку вздовж осі каналу. Розглядається ламінарний режим руху рідини, лінії потоку рідини паралельні осі каналу, потік зумовлений градієнтом тиску вздовж каналу та швидкостями руху зовнішньої та внутрішньої стінок каналу. Рідина описується в'язко-пластичною моделлю Бінгама [2]; на стінках виконуються умови «прилипання» на внутрішній та зовнішній границях області рідини її швидкості співпадають із заданими швидкостями руху стінок, взаємодія рідини із стінками каналу здійснюється через сили тертя.

Приймається, що течіння рідини реалізується при досягненні в'язко-пластичною рідиною граничної рівноваги при зсуві та із утворенням у області потоку квазітвердого ядра; у межах квазітвердого ядра дотичні напруження не досягають границі текучості при зсуві і швидкість є постійною. З урахуванням рівнянь рівноваги, реологічної залежності, крайових умов та умов неперервності отримано систему рівнянь для обчислення сил тертя об стінки каналу та швидкостей у точках поперечного перерізу потоку в залежності від градієнта тиску, швидкостей стінок каналу, реологічних параметрів рідини, геометрії.

Проаналізовано числові результати для рідини Бінгама для випадків реологічної залежності із багатозначною початковою гілкою (при дотичних напруженнях менших початкової границі текучості) та наближеною згладженою залежністю.