

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.

Розглянута модель і отриманий розв'язок дозволяють ефективно розраховувати характеристики усталеного потоку неньютонівської рідини у каналах кільцевої форми; при прийнятті відповідних спрощуючих гіпотез модель дозволяє узагальнення на випадки каналів із складнішою формою поперечного перерізу.

**Список посилань**

1. Balmforth N.J., Frigaard I.A., Ovarlez G. Yielding to Stress: Recent Developments in Viscoplastic Fluid Mechanics. Annual Review of Fluid Mechanics, 2014. 46:121– 46.
2. Bingham E.C. Fluidity and plasticity. McGraw-Hill, NY, 1922, 440p.