



İZOTROP NAZİK DİVARLI ELASTİKİ DAİRƏVİ SİLİNDRİK BORUDA ÖZLÜ MAYENİN PULSASIYALI AXINI

GÜLNAR MUSA QIZI SALMANOVA , ALI BAKİR OĞLU ƏLİYEV,
TƏHMİNƏ MAHMUSAĞA QIZI MAHMUDZADƏ

Bakı Dövlət Universiteti
alialiev.b@gmail.com, tehminemahmudzade1996@gmail.com

Çoxfazlı sistem dinamikasının tədqiqi elm, texnika, canlı orqanizmlər və başqa fundamental məsələləri əhatə edir. Ona görə də elastiki borularda hərəkət edən mayelərdə dalğaların yayılma proseslərinin daha ümumi qanunauyğunluqlarının öyrənilməsi nəzəri cəhətdən maraqlı, praktiki cəhətdən isə aktualdır.

Hidroelastiklik məsələlərinin xüsusiyyətləri ondan ibarətdir ki, qarşılıqlı əlaqəli iki məsələni həll etmək lazım gəlir. Digər tərəfdən, maye və örtük sərhədində klassik hidrodinamik kontakt şərtləri əvəzinə sürət komponentlərinin kəsilməzlik şərti ödənilməlidir.

Sonsuz uzun elastik, dairəvi silindrik nazikdivarlı izotrop qalınlığı h olan, R radiuslu örtükdə hərəkət edən özlü qabarcıqlı mayenin pulsasiyalı axınına baxılır. Özlü qabarcıqlı mayenin hərəkətini xarakterizə edən xəttləşdirilmiş Navye-Stoks tənliyini, örtüyün hərəkətinin təsviri üçün tənlikləri Timoşenko modeli əsasında yazılaraq araşdırılır.

Nazik divarlı izotrop elastiki sonsuz uzun dairəvi silindirik boru daxilində özlü qabarcıqlı mayenin pulsasiyalı axını məsələsinə baxaq. Hesab edək ki, axın oxa simmetrikdir.

Boruda qabarcıqlı özlü mayenin hərəkətini təsvir etmək üçün xəttləşdirilmiş Navye-Stoks tənliyini yazırıq və kütlə qüvvələrini də nəzərdən atsaq, aşağıdakı ifadəni alırıq [1,2,3]

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = -\frac{1}{\rho_f} \text{grad } p + \frac{1}{3} \nu \text{grad div } \vec{v} + \nu \nabla^2 \vec{v}$$

buraya maye-qaz mühitin kəsilməzlik və

$$\frac{\partial \rho_f}{\partial t} = \frac{\partial \rho_f}{\partial p} \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{1}{a_f^2} \frac{\partial p}{\partial t}.$$

Hal tənliyini də əlavə etsək, riyazi çevrilmələrdən sonra maye mühitin hərəkətinin diferensial tənliyi aşağıdakı şəkildə düşər;

$$\rho_f \frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -\text{grad } p + \frac{1}{3\rho_f a_f^2} \text{grad} \left(\frac{\partial p}{\partial t} \right) + \mu \nabla^2 \vec{v}$$

Burada a_f^2 - ikifazlı mühidə səs dalğalarının yayılma sürətinin kvadratıdır.

$$a_f^2 = \frac{1}{\alpha_{20}(1-\alpha_{20})} \left(\frac{\rho_{10}}{\rho_{10}-\rho_{20}} \right)^2 \frac{p'}{\rho_{10}}; \quad \rho_f = (1-\alpha_{20})\rho_{10} + \alpha_{20}\rho_{20}.$$

p' -lə mayenin hidrostatik təzyiqi işarə edilmişdir. ρ_{10} və ρ_{20} uyğun olaraq, daşıyıcı fazanın və qazın sıxlığı (sıfır indeksi) parametrlərin müvazinət haldakı mənasını

göstərir. Sadəlik üçün qazın sıxlığının maye fazanın sıxlığının çox kiçik olduğunu nəzərə alsaq : $\rho_{20} \ll \rho_{10}$;

$$a_f^2 = \frac{1}{\alpha_{20}(1-\alpha_{20})} \frac{p'}{\rho_{10}}; \quad \rho_f = (1-\alpha_{20})\rho_{10}$$

Deyilənləri nəzərə alsaq, bəzi riyazi çevrilmələrdən sonra özlü qabarcıqlı maye üçün dalğa tənliyini aşağıdakı şəkildə yazı bilərik :

$$\frac{1}{a_f^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = \nabla^2 \left(p + \frac{4\mu}{3\rho_f a_f^2} \frac{\partial p}{\partial t} \right)$$

Özlüyün hərəkət tənlikləri : Nazik divarlı düz , qalınlığı h , radiusu R olan dairəvi silindirik örtüyün daxilində özlü mayenin hərəkəti zamanı örtüyün daxili səthinə normal qüvvə ilə yanaşı , toxunan qüvvədə təsir edir. Örtüyün hərəkətini təsvir edən tənlikləri Timoshenko modeli əsasında yazırıq.

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\mu}{R} \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{1-\mu^2}{Eh} q_t - \rho_* \frac{1-\mu^2}{E} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= 0 \\ \frac{1-\mu}{2} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial \psi_x}{\partial x} \right) + \frac{\mu}{R} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{w}{R^2} + \frac{1-\mu^2}{Eh} q - \rho_* \frac{1-\mu^2}{E} \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} &= 0 \\ \frac{\partial \psi_x}{\partial x} - 6 \frac{1-\mu}{h^2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \psi_x \right) - \rho_* \frac{1-\mu^2}{E} \frac{\partial^2 \psi_x}{\partial t^2} &= 0 \end{aligned}$$

Beləliklə, örtük və mayenin hərəkətini təsvir edən tənliklər sistemin birqiymətli həllini təyin etmək üçün onlara uyğun sərhəd və kontakt şərtlər qoşulmalıdır.

Bu şərtlərə əsasən, ikifazlı qarışıqın normal σ_{rr} və toxunan σ_{rx} gərginliklərinin təsiri örtüyün daxili səthində xarici qüvvənin q_t və toxunan q toplananları ilə müvazinətləşdirilməlidir.

$$q_t = \sigma_{rr} \Big|_{r=R-h/2}; \quad q = -\sigma_{rx} \Big|_{r=R-h/2}$$

Həmçinin hesab etsək ki, borunun $x=0$ kəsiyinə yerləşdirilmiş mənbə hesabına həyəcanlanma baş verir:

$$\nu_r \Big|_{x=0} = 0; \quad (u=w)_{x=0} = 0;$$

Borunun daxili səthində :

$$\nu_x \Big|_{r=R-h/2} = \frac{\partial u}{\partial t}; \quad \nu_r \Big|_{r=R-h/2} = \frac{\partial w}{\partial t}.$$

Beləliklə, yazılmış tənliklər sisteminə kontakt şərtləridə əlavə olunaraq, məsələnin qoyuluşu tamamlanır.

Ədəbiyyat

1. Вольмир А.С. Оболочки в потоке жидкости и газа. Задачи аэроупругости/ М.Наука, 1979, стр.320
2. Точное решение задач о пульсирующем течении жидкости в деформируемой трубке / SCIENCE AND WORLD. International scientific journal. №12 (52), 2017, Vol.1, Volgograd, стр. s.12-13
3. Özlü elastiki boruda özlü mayenin hərəkəti / BDU Azərbaycan xalqının ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-cı ildönümünə həsr olunmuş “Riyaziyyat və mexanikanın aktual problemləri” adlı Respublika elmi konfransının materialları 2019-cu il, s. 48-51.