

ХАРАКТЕРИСТИКИ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ РАЙЗЕРА ПРИ КОРОЗИЙНОМУ ЗНОСІ

Розглянутий клас задач відноситься до нелінійної механіки довгомірних стержневих конструкцій, що взаємодіють з потоками рідини. Аналіз напружено-деформованого стану та характеристик тривалої міцності райзера проведено з урахуванням його взаємодії з внутрішнім і зовнішнім потоками навколишнього потоку рідини, що призводить до необхідності дослідження і розв'язування нелінійних крайових задач, в загальному випадку з недиференційованими правими частинами.

Особливі труднощі їх розв'язування викликані тим, що задачі нелінійної механіки глибоководних трубопроводів є сингулярно збуреними. Застосування до них відомих підходів зазвичай виявляється малоефективним через наявність вузьких зон різкої зміни окремих компонентів прогнозованого рішення.

При визначенні екстремальних характеристик напружено-деформованого стану райзера використовувалися нелінійні моделі корозійного зносу металоконструкцій для зовнішнього і внутрішнього діаметрів кільцевого поперечного перерізу відповідно:

$$\Theta_1(x, t^*) \approx 1 - (1 - \rho_0) t^* (\beta_0 + \beta_1^+ \cdot \sigma_i) \quad (1)$$

$$\Theta_2(x, t^*) \approx 1 - t^* (\beta_0 + \beta_1^- \cdot \sigma_i) + t^* (\beta_0 + \beta_1^- \cdot \sigma_i) \cdot \rho_0^{-1} \quad (2)$$

Тут σ_i – характеристика напруженого стану в небезпечному перетині; $\beta_0, \beta_1^+, \beta_1^-$ – числові (емпіричні) параметри, що враховують вплив досягнутого рівня напруженого стану на величину корозійного зносу стінки райзера; $\rho_0 = d_0/D_0$, d_0 – внутрішній діаметр трубопровода; D_0 – його зовнішній діаметр.

В якості критерію закінчення розрахунку, тобто визначення моменту часу $t = t^*$, що передує руйнуванню райзера, використана умова досягнення граничного розрахункового напруження $\sigma_R = 200 \text{ МПа}$ в критерії $\max_x \sigma_i(x, t^*) = \sigma_i^* = \sigma_R$.

Варійованими параметрами моделі являлись значення тягового зусилля на платформі Т1: $1,1 \leq T_1 \leq 1,3$ та максимальне значення швидкості підводних течій $\alpha = \max_{0 \leq x \leq 1} |v_c(x)|$, $0,5 \leq \alpha \leq 2,0$. Розглядалися чотири профілі підводних течій, що найбільш часто зустрічаються:

$$v_c(x) = \alpha x \quad (3)$$

$$v_c(x) = \{\beta x, 0 \leq x \leq x_0; \beta + (\alpha - \beta) \cdot (x - x_0)/(1 - x_0), x_0 < x \leq 1\}, x_0 = 0,8 \quad (4)$$

$$v_c(x) = \{\alpha x, 0 \leq x \leq x_0; \alpha(x_0 - (1 + x_0)(x - x_0)/(1 - x_0)), x_0 < x \leq 1\}, x_0 = 0,8 \quad (5)$$

$$v_c(x) = \{\alpha x, 0 \leq x \leq x_0; -\alpha x, x_0 < x \leq 1\}, x_0 = 0,8 \quad (6)$$

Отримано чисельні і графічні результати визначення граничного часу експлуатації райзера для кожного профілю швидкості підводних течій для різних значень параметра β_1^+ ($\beta_0 = 0.03$, $\beta_1^- = 0.122$).

Як і слід було очікувати, величина цього параметра відіграє визначальне значення при визначенні часу "життя" райзера в умовах його тривалої експлуатації в агресивних середовищах. При цьому поведінка характеристик тривалої міцності райзера – максимальних горизонтальних переміщень (u^*), кутів повороту (φ^*), а також максимальних згинних (σ_b^*) та повних нормальних напружень (σ_1^*) – за період його експлуатації може якісно змінюватися в залежності від значень параметрів і характеристик навколишнього потоку рідини.

Один і той же рівень повних напружень в небезпечному перерізі райзера досягався при різних значеннях параметра t і виявився істотно залежним як від форми профілю підводних течій, так і від прийнятого закону зміни товщини його стінки, і у всіх випадках - від максимальних значень швидкості підводних течій, тобто від параметра α : $0,5 \leq \alpha \leq 2,0$ м/с.

Результати досліджень показують, зокрема, що при розрахунку характеристик напружено-деформованого стану та тривалої міцності глибоководного райзера необхідно максимально повно використовувати інформацію про реальну структуру підводних течій, особливо щодо величин їх максимальної швидкості.

Численні тестові приклади свідчать про широкі можливості розробленого програмного комплексу чисельного вирішення різноманітних завдань статички глибоководних нафтопідійомників, включаючи і актуальні завдання визначення граничного терміну їх тривалої експлуатації в агресивних середовищах.

За потреби без будь-яких змін принципового характеру можуть бути розглянуті аналогічні задачі розрахунку нафтопідійомників і в тривимірному сталому потоці підводних течій.