

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ КОРОТКОГО ЦИЛІНДРИЧНОГО РЕЗЕРВУАРУ З ГНУЧКИМ ДНИЩЕМ НА ЖОРСТКІЙ ОСНОВІ

ВОРОНА А. Р. - здобувач вищої освіти третього року навчання

Херсонського державного аграрно-економічного університету, м. Херсон, Україна

ЄМЕЛ'ЯНОВА Т. А. - канд. тех. наук, доцент, науковий керівник

Херсонського державного аграрно-економічного університету, м. Херсон, Україна

Вступ. Сучасні програмні комплекси розрахунку оболонок обертання, розраховані на вирішення широкого кола завдань, не можуть з достатнім ступенем точності проводити дослідження несучої здатності зазначених оболонок з урахуванням різних граничних умов [1].

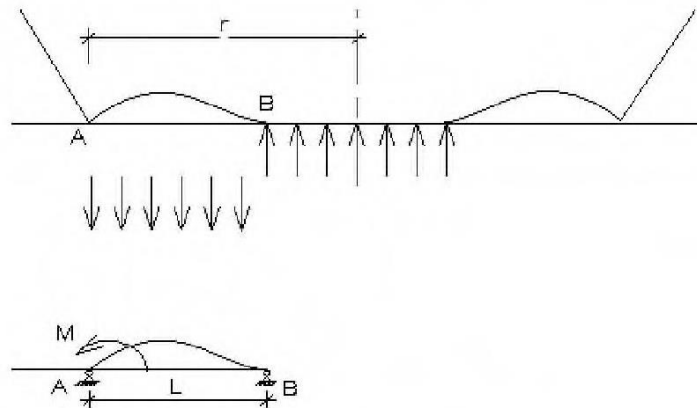
В комп'ютерному середовищі Wolfram Mathematica 11.0 [2] розроблена комп'ютерна програма для розрахунку резервуару з гнучким днищем на жорсткій основі, що містить алгоритм визначення зусиль, що виникають у місті сполучення стіни з днищем, побудований на запропонованій математичній моделі.

Основна частина. На основі отриманої методики розрахунку короткого циліндричного резервуару з гнучким днищем на жорсткій основі, яка побудована на запропонованому методі поєднання моментної та безмоментної теорій, вживаному при розрахунку нерозрізних балок і рам, виконано практичний розрахунок циліндричного сталевого резервуару при гідростатичному навантаженні на масивній бетонній основі [3].

Розрахунок зусиль, що виникають у місті сполучення стіни з днищем, момент M і распор H в нижньому вузлу стінки, визначалися при зазначених вихідних даних: $r = 6$ м; $h = 10$ м; $E = 210000$ кг/см²; $\mu = 0,3$; $\gamma = 1000$ кг/см³ = $1 \cdot 10^{-3}$ кг/см³; $\delta_{ст} = 8$ мм; $\delta_{дн} = 8$ мм.

Програма призначена для дослідження несучої здатності коротких циліндричних резервуарів з плоским гнучким днищем на жорсткій основі, як оболонок обертання з урахуванням крайового ефекту, які працюють під дією гідростатичного або рівномірного навантаження, з урахуванням факторів геометричної і фізичної нелінійності.

Програма для розрахунку резервуара з плоским гнучким дном на жорсткій основі



- Позначено : h - висота циліндричної частини резервуару ;
 x_d - відстань від верхнього краю резервуару до рухомого вузла ; γ - питома вага води ;
 E - модуль пружності І роду сталі ; δ_k - товщина стінки циліндричної частини резервуару ;
 r - радіус циліндричної частини резервуару ; μ - коефіцієнт Пуассона ;
 I - згинальна жорсткість кільцевої частини резервуару ;
 F - приведена площа перерізу кільцевої частини резервуару ;
 δ_y - товщина стінки конусної частини резервуару ; r_y - радіус конусної частини резервуару ;
 θ - кут між радіусом r та дотичною до меридіану в рухомому вузлі ;
 x_y - відстань від вершини конусу резервуару до рухомого вузла ;
 h_b - висота усіченої частини конуса ;
 q - власна вага конусної частини резервуару .

Частина І. Наближений розрахунок моментів защемлення та згинальних жорсткостей :

$$N[J = \{h \rightarrow 1000, \gamma \rightarrow 1 \times 10^{-3}, E \rightarrow 2.1 \times 10^6, \delta_c \rightarrow 8 \times 10^{-1}, \delta_k \rightarrow 8 \times 10^{-1}, r \rightarrow 600, \mu \rightarrow 0.3, p \rightarrow 1\}];$$

$$B = \text{ReplaceAll} \left[\left\{ \beta \rightarrow \frac{E \delta_c}{r^2}, \alpha \rightarrow \frac{1.29}{\sqrt{r \delta_c}} \right\}, J \right]; B = \text{ReplaceAll} \left[\{\alpha^2, \alpha^3, \alpha^4\}, B \right];$$

$$W = \text{ReplaceAll} \left[\left\{ \xi_n \rightarrow \frac{2 \alpha}{\beta}, \xi_m \rightarrow \frac{2 \alpha^2}{\beta}, \xi_p \rightarrow \frac{\gamma h}{\beta} \right\}, J \right]; z = \text{ReplaceAll}[W, B];$$

$$Z = \text{ReplaceAll} \left[\left\{ \phi_n \rightarrow \frac{2 \alpha^2}{\beta}, \phi_m \rightarrow \frac{4 \alpha^3}{\beta}, \phi_p \rightarrow \frac{\gamma}{\beta} \right\}, B \right]; u = \text{ReplaceAll}[Z, J];$$

$$U = \text{ReplaceAll} \left[\left\{ \bar{M}_{CT} \rightarrow \gamma \times \frac{(\alpha h - 1)}{2 \alpha^3}, \bar{N}_{CT} \rightarrow -\gamma \times \frac{(2 \alpha h - 1)}{2 \alpha^2} \right\}, J \right]; G = \text{ReplaceAll}[U, B];$$

$$\Gamma = \text{ReplaceAll} \left[d \rightarrow \frac{4 (1 - \mu^2)}{E \delta_k^3}, J \right]; \Gamma = \text{ReplaceAll} \left[\theta \rightarrow d \sqrt{\frac{M^3}{p}}, \Gamma \right];$$

```

B = ReplaceAll[ $\xi_n H + \xi_n M + \xi_p = 0$ , z]; b = Solve[B, H]; W = Simplify[b];
y = ReplaceAll[ $\phi_n H + \phi_n M + \phi_p + \theta = 0$ , u]; V = ReplaceAll[y, r]; Y = ReplaceAll[V, J];
w = ReplaceAll[Y, W]; f = Simplify[w]; {G, f, b}

```

```

{ {MCT → 141.773, HCT → -16.8394},
  {25.8415 M + 1.  $\sqrt{M^3}$  = 3663.62}, {{H → 39.6285 (-0.214286 - 0.0014858 M)}}}

```

Частина II. Визначення моменту M методом підбору

```

Do[Print[25.84153822523533` M + 0.9999999999999999`  $\sqrt{M^3}$  - 3663.6242594197674`, M],
  {M, 101.942, 101.943, 0.0001}]

```

-0.015198101.942

Частина III. Визначення моментів M і H та невідомої довжини отставання днища

```

H[J = {M → 101.942, h → 1000,  $\gamma \rightarrow 1 \times 10^{-3}$ , E → 2.1 × 106,  $\delta_c \rightarrow 8 \times 10^{-1}$ ,  $\delta_n \rightarrow 8 \times 10^{-1}$ ,
  r → 600,  $\mu \rightarrow 0.3$ , p → 1}];

```

Ч =

```

ReplaceAll[H → 39.62850545257016` (-0.21428571428571427` - 0.0014858035714285713` M),

```

```

J]; ч = ReplaceAll[ $1 \rightarrow 2 \sqrt{\frac{M}{p}}$ , J]; i = ReplaceAll[M → M, J]; {i, ч, ч}

```

```
{M → 101.942, H → -14.4942, 1 → 20.1933}
```

Висновки. Комп'ютерна програма містить мінімальний обсяг вихідної інформації, необхідний для вирішення задачі, що дозволяє активно використовувати розроблену програму в практиці проектування оболонок.

Список літератури

1. Смел'янова Т.А. Розробка комп'ютерної програми для дослідження напруженого стану в точці тіла. Будівельні матеріали, конструкції та споруди третього тисячоліття: зб.наук. пр. –Херсон: ХДАЕУ, Вип. 2.2020. С. 30-34
2. Дьяконов В. П. Mathematica 5.1/5.2/6. Программирование и математические вычисления. Москва: ДМК- Пресс, 2008. 576 с.
3. Смел'янова Т.А., Ворона А.Р. Методика розрахунку циліндричного резервуару з плоским гнучким днищем на жорсткій основі.