

студентів, аспірантів і молодих учених, м. Чернігів, 22 грудня 2020 р. Чернігів, 2020. С. 1081-1084.

3. Hutsul T. Comparative accuracy assessment of global DTM and DTM generated from Soviet topographic maps for the purposes of road planning / T. Hutsul, Y. Smirnov. // *Geodesy and Cartography*. – 2017. – № 43. – p. 173-181.

4. Яковченко С.Г. Создание геоинформационных систем в инженерной гидрологии :дис. д-ра техн. наук : 25.00.33 – Геоинформатика / Яковченко С.Г. – Барнаул, 2007. – 406 с.

5. Беспалько Р.І. Технологічні особливості виділення меж водозбірних басейнів засобами ГІС-технологій (на прикладі р. Брусниця) / Р.І. Беспалько, Т.В. Гуцул. // *Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія»*. – 2021. – №55. – С. 1-14.

6. Гуцул Т. В. Особливості генералізації лінійних гідрографічних об'єктів засобами ГІС-технологій / Т.В. Гуцул, Р.І. Беспалько // *Містобудування та територіальне планування*. – К.: КНУБА, 2021. – № 76. С. 14-23.

УДК 624.074.04

Ємел'янова Т.А., Ворона А.Р.

Херсонський державний аграрно-економічний університет

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЦИЛІНДРИЧНОГО РЕЗЕРВУАРУ З ПЛОСКИМ ГНУЧКИМ ДНИЩЕМ НА ЖОРСТКІЙ ОСНОВІ

Вступ. В різних галузях сучасної техніки знаходять застосування такі просторові конструкції як циліндричні резервуари. Найбільше поширення у вітчизняній практиці проектування отримали ємнісні споруди для систем водопостачання і каналізації, підводні апарати, сосуди високого тиску, котли тощо [1-3]. Цим пояснюється увага, яка приділяється теорії їх розрахунку на міцність і стійкість при статичних і динамічних навантаженнях.

Під циліндричним резервуаром розуміють оболонку обертання, яка утворюється обертанням двох прямокутників навколо вісі, яка лежить в їх площині і не перетинає їх. Відстань між гранями прямокутників утворюють товщину оболонки.

Класичний розрахунок коротких оболонок за методом сил або деформацій із складанням системи канонічних рівнянь будівельної механіки трудомісткий з огляду на різке зростання числа невідомих в порівнянні з розрахунком довгої оболонки; до того ж, вплив сусіднього вузла істотно залежить від граничних умов в цьому вузлу, тобто від того, є він вільним, шарнірно опертим чи защемленим [4].

Доведено, що запропонований метод послідовних наближень на основі поєднання моментної та безмоментної теорій, вживаний при розрахунку нерозрізних балок і рам, істотно спрощує розрахунок коротких циліндричних резервуарів [5, с. 51].

Основна частина. Робота днища наближається до схеми гнучкої плити на жорсткій основі, якщо воно, наприклад, виконане з листової сталі і резервуар покоїться на масивній (наприклад бетонній) основі. Вузловий момент може істотно відрізнитися від моменту затискання стінки і, як правило, має менше значення. Задача може бути вирішена заміною круглої плити короткою балкою на двох опорах, що розраховується засобами елементарної статyki [6].

Під дією гідростатичного тиску на стінку вузол повертається і днище відстає від жорсткої основи; з іншого боку, тиск рідини на дно прагне притиснути його до основи (рис.1).

Невідому довжину ділянки відставання днища, яка замінюється балкою на двох опорах, а також величину вузлового моменту можна знайти з умови, що кут повороту опори В під дією рівномірно розподіленого навантаження p і моменту M у вузлу А рівний нулю. Замінимо жорсткість EI балки циліндричною жорсткістю $D = \frac{E\delta^3}{12(1-\mu^2)}$.

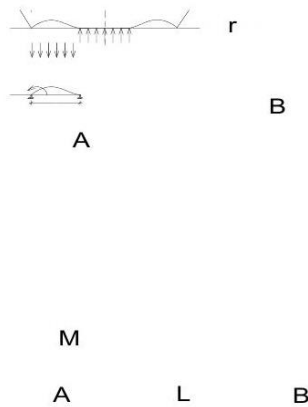


Рис. 1. Розрахункова схема напружено-деформованого стану днища

Визначимо кути повороту балки як ділені на D «реакції» від епюри моментів:

$$"A" = \frac{1}{3}Ml - \frac{pl^3}{24}; \quad "B" = \frac{1}{6}Ml - \frac{pl^3}{24}.$$

З умови «B»=0, отримуємо

$$l = 2\sqrt{\frac{M}{p}}. \quad (1)$$

Кут повороту

$$-\varphi = \frac{"A"}{D} = \frac{1}{D} \left(\frac{Ml}{3} - \frac{pl^3}{24} \right)$$

або, підставивши (1):

$$-\varphi = \frac{1}{3D} \sqrt{\frac{M^3}{p}}. \quad (2)$$

Умови спільності відповідно лінійній і кутовій деформації стінки і днища дозволяють скласти два рівняння для визначення M і N в нижньому вузлі стінки; нехтуючи лінійною деформацією днища, отримуємо:

$$\left. \begin{aligned} \xi_{hCT} H + \xi_{mCT} M + \xi_{pCT} &= 0; \\ \varphi_{hCT} H + \varphi_{mCT} M + \varphi_{pCT} &= \varphi_{дн} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Значення ξ і φ визначені формулами [5, с. 44]:

$$\xi_h = \frac{2\alpha}{\beta}; \quad \varphi_h = \xi_m = \frac{2\alpha^2}{\beta}; \quad \varphi_m = \frac{4\alpha^3}{\beta}; \quad \xi_h = \frac{2\alpha}{\beta}; \quad \varphi_h = \xi_m = \frac{2\alpha^2}{\beta}. \quad (4)$$

Система рівняння (3) вирішується шляхом підбору.

На основі отриманої методики виконано практичний розрахунок циліндричного сталевого резервуару при гідростатичному навантаженні на масивній бетонній основі (рис.2). Визначимо момент M и распор N в нижньому вузлу стінки при зазначених вихідних даних.

Вихідні данні: $r = 6$ м; $h = 10$ м; $E = 210000$ кг/см²; $\mu = 0,3$; $\gamma = 1000$ кг/см³ = $1 \cdot 10^{-3}$ кг/см³; $\delta_{CT} = 8$ мм; $\delta_{дн} = 8$ мм.

Згідно [5, с. 44] коефіцієнт гнучкості

$$\alpha = \frac{1,29}{\sqrt{r \cdot \delta}}.$$

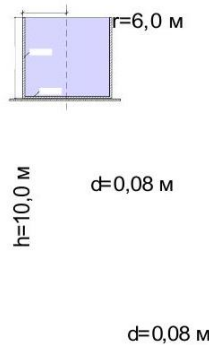


Рис. 2. Схема циліндричного резервуару з гнучким днищем на жорсткій основі.

Для стінки:

$$\alpha = \frac{1,29}{\sqrt{600 \cdot 0,08}} = 5,888 \cdot 10^{-2} \text{ см}^{-1}; \quad \alpha^2 = 34,669 \cdot 10^{-4}; \quad \alpha^4 = 204,128 \cdot 10^{-6}.$$

$$\beta = \frac{E\delta}{r^2} = \frac{210000 \cdot 0,8}{6^2 \cdot 10^4} = 4,667 \text{ кг/см}^3$$

Пружні характеристики визначаємо за формулами (4):

$$\xi_h = \frac{2\alpha}{\beta} = 2,523 \cdot 10^{-2}; \quad \xi_m = \frac{2\alpha^2}{\beta} = 0,149 \cdot 10^{-2}; \quad \xi_p = \frac{\gamma h}{\beta} = 21,429 \cdot 10^{-2};$$

$$\varphi_h = \xi_m = \frac{2\alpha^2}{\beta} = 0,149 \cdot 10^{-2}; \quad \varphi_m = \frac{4\alpha^3}{\beta} = 1,75 \cdot 10^{-4}; \quad \varphi_p = \frac{\gamma}{\beta} = 2,14 \cdot 10^{-4}.$$

Для приблизної оцінки M і H визначимо їх значення для випадку затискання низу стінки [5, с. 44]:

$$\overline{M}_{cm} = \gamma \frac{\alpha h - 1}{2\alpha^3} = 141,8 \approx 142 \text{ кгсм/см}$$

$$\overline{H}_{cm} = -\gamma \frac{2\alpha h - 1}{2\alpha^2} = -16,8 \text{ кгсм/см.}$$

Для днища по формулі (2):

$$-\varphi = \frac{1}{3D} \sqrt{\frac{M_3}{p}} = 0,3385 \cdot 10^{-5} \sqrt{M^3},$$

де $\frac{1}{3D} = \frac{4(1-\mu^2)}{E\delta^3} = \frac{4 \cdot 0,91}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 8^3} = 0,3385 \cdot 10^{-5}$, $p = 10000 \text{ кг/м}^2$.

Підставимо знайдені значення в (3)

$$2,523 \cdot 10^{-2} H + 0,149 \cdot 10^{-2} M + 21,429 \cdot 10^{-2} = 0.$$

Звідси $H = -0,059 M - 8,493$.

Підставимо в друге рівняння

$$-0,879 \cdot 10^{-4} M - 126,54 \cdot 10^{-4} + 1,75 \cdot 10^{-4} M + 0,03385 \cdot 10^{-4} \sqrt{M^3} + 2,14 \cdot 10^{-4} = 0$$

або $0,871M + 0,03385\sqrt{M^3} = 124,4$.

Визначаємо M шляхом підбору. Відомо, що $M < 142$. Почнемо підбір із значення $M = 100 \text{ кгсм/см}$.

$$M = 100 \quad 87,1 + 33,9 = 121;$$

$$M = 102 \quad 88,8 + 34,9 = 123,7;$$

$$M = 103 \quad 89,7 + 35,4 = 125,1;$$

$$M = 102,5 \quad 89,3 + 35,1 = 124,4.$$

Звідси витікає, що $M = 102,5 \text{ кгсм/см}$.

$$H = -0,059 \cdot 102,5 - 8,49 = -14,54 \text{ кг/см.}$$

Згідно виразу (1)

$$l = 2 \sqrt{\frac{M}{p}} = 2 \sqrt{\frac{102,5}{1}} = 20,5 \text{ см.}$$

Висновки. З отриманих результатів можна зробити наступні висновки:

Із зростанням гнучкості днища момент зменшуватиметься, якщо задатися товщиною днища $\delta = 6 \text{ мм}$, залишаючи без зміни решту даних, то отримаємо $M = 78,6 \text{ кгсм/см}$, що на 45% менше, ніж при затисканні стінки при одночасному зростанні згинального напруження в днищі на 36%.

Урахування гнучкості днища при жорсткій основі призводить до більш раціональному проектуванню.

Зменшення товщини днища хоча і приводить до зменшення вузлового моменту, але викликає збільшення згинального напруження.

Список використаної літератури

1. Бессонов В. С. Вертикальный резервуар большой емкости. Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. 1983. №2. С. 5 – 8.
2. Кондаков Г. П. Проблемы отечественного резервуаростроения и возможные пути их решения. Промышленное и гражданское строительство. 1988. №5. С. 24–26.
3. Кулахметьев Р. Р. Предельные состояния и срок службы резервуаров. Промышленное и гражданское строительство. 2003. №6. С. 28–30.
4. Нехаев Г. А. К вопросу о расчете сопряжения стенки с дном вертикального цилиндрического резервуара. Известия Тульского государственного университета. Серия «Технология, механика и долговечность строительных материалов, конструкций и сооружений». 2002. № 3. С. 127–131.
5. Ємел'янова Т.А., Лобанова Т.Ю. Експериментальне дослідження параметрів напруженого стану коротких циліндричних залізобетонних резервуарів. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2021. Вип. 1. С.42-53.
6. Никиреев В.М., Шадурский В.Л. Практические методы расчета оболочек. Москва: Издательство литературы по строительству. 1966. 270 с.

УДК 556

Запорожченко В.Ю., Ткачук А.В., Прошкіна Д.В.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ГІДРОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РІЧОК БАСЕЙНУ ДНІПРА

Вступ. Поверхневі води є сукупною функцією геолого-геоморфологічної будови та кліматичних умов території. Серед усіх водних об'єктів найважливішими для людини вважаються річки, в яких протягом останніх десятиліть все більш помітними стають зміни водного режиму, спричинені відповідними змінами кліматичних характеристик території. Зміни клімату безпосередньо впливають на кількісні характеристики річкового стоку. Саме тому дослідження динаміки гідрологічних показників є актуальним питанням.

За умовами річного стоку води річка Вовча є притокою другого порядку головної водної артерії р. Дніпро, притокою першого порядку р. Самара і відповідно до схеми гідрографічного районування території України, відповідно до вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу та наказу Міністерства екології та природних ресурсів України від 26.01.2017 № 25, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 14.02.2017 р. за № 208/30076, є суббасейном Середнього та Нижнього Дніпра [1].