

УДК 624.012.25:539.386

ВИПАДКИ ТА РІВНІ МАЛОЦИКЛОВОГО ЗНАКОЗМІННОГО НАВАНТАЖЕННЯ В ПРАКТИЦІ БУДІВНИЦТВА

В. Караван, к.т.н.

Національний університет водного господарства та природокористування

Постановка проблеми. В інженерній практиці трапляються випадки, коли необхідно під час проектування враховувати вплив знакозмінного навантаження на роботу залізобетонних конструкцій. Відповідно до прийнятої класифікації знакозмінні навантаження поділяють на одноциклові, малоциклові та багатоциклові (1×10^6 циклів).

У попередньо напружених залізобетонних конструкціях під дією експлуатаційного навантаження відбувається зміна знаку напружень у бетоні, спричинена попереднім напруженням арматури, що є найпоширенішим випадком одноциклового знакозмінного навантаження [1; 2]. Малоциклові знакозмінні навантаження різного рівня виникають за експлуатації будівель та інженерних споруд в елементах конструкцій силосів, бункерів, підземних резервуарів, естакад, а також будівель в аварійних ситуаціях, у нерозрізних багатопрілітних балках монолітних залізобетонних перекриттів тощо. Випадок одноциклового тривалого знакозмінного навантаження може виникнути за реконструкції наявних будівель і споруд, коли конструкції та їх елементи змінюють схему роботи внаслідок зміни конструктивної схеми будівлі загалом.

Нормативні документи, зокрема ДБН В.1.1.-12 2006 «Навантаження та впливи» [3], зовсім не враховують знакозмінного навантаження, його природу, характеристики та передісторію виникнення. Залежно від передісторії, рівня навантаження та величини асиметрії циклу вплив знакозмінного навантаження на роботу конструкцій та будівлі загалом може суттєво відрізнитися.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню роботи бетонних та залізобетонних елементів за дії знакозмінних навантажень присвятили свої праці Макаренко Л.П., Барашиков А.Я., Бабич С.М., Масюк Г.Х., Погореляк А.П., Борисюк О.П., Войцеховський А.В., Гергель А.В., Кокарев А.М., Григорчук А.Б., Немировський В.Я., Фенко Г.А., Караван В.В., Рубель Н.В. та інші [4].

Численні експериментально-теоретичні дослідження науковців довели, що знакозмінне навантаження різного рівня змінює фізико-механічні та деформаційні характеристики важкого бетону, зменшує несучу здатність, жорсткість та тріщиностійкість згинальних елементів тощо [4].

Завдання нашого дослідження – виявити вплив знакозмінного навантаження різного рівня на фізико-механічні та деформаційні характеристики важкого бетону.

Постановка завдання. Як зазначалося вище, впливу знакозмінного навантаження можуть зазнавати конструкції інженерних споруд та промислових і цивільних будівель, воно може бути в межах експлуатаційного рівня або перевищувати його, бути врахованим у проектуванні будівель або виникати

непередбачено за їх реконструкції чи настанні аварійного або надзвичайного стану тощо. І найважливішими параметрами під час розрахунку конструкцій є рівень знакозмінного навантаження (η) та асиметрія його циклу.

Виклад основного матеріалу. У проектуванні каркасів залізобетонних будівель необхідно враховувати можливі випадки появи знакозмінного малоциклового навантаження в їх конструктивних елементах. Це найімовірніше у випадку заглиблених будівель з можливістю виїзду на перекриття великовагових автомобілів: пожежних, будівельної техніки, інших транспортних засобів.

Розглянемо, наприклад, проект будівництва підземного паркінгу з можливістю виїзду на перекриття пожежного автомобіля (рис. 1).



Рис. 1. Житловий комплекс із підземним паркінгом у м. Києві.

Вага спорядженого пожежного автомобіля становить 35 т за площі 20 м^2 , що утворює $17,5 \text{ кН/м}^2$. Усереднена вага конструкції покриття та перекриття з урахуванням ґрунту засипки, утеплювачів та конструкції мощення становить 12 кН/м^2 . Власна вага конструкцій каркасу – $4,8 \text{ кН/м}^2$. Отже, постійні навантаження становлять $16,8 \text{ кН/м}^2$, змінні – $17,5 \text{ кН/м}^2$.

Під час розрахунку поперечної рами паркінгу розглядали дві комбінації: перша – стадія експлуатації, друга – аварійна. У стадії експлуатації враховували характеристичні навантаження від власної ваги конструкцій та корисне навантаження на перекриття. В аварійній стадії додатково враховували навантаження від ваги пожежного автомобіля.

Під час розрахунку за другою комбінацією навантаження в прольотах рам приймали із завантаженням у кожному прольоті та через проліт (рис. 2). Згідно з матеріалами статичного розрахунку саме у другому варіанті завантаження в

ригелях сусідніх прольотів з'явилися знакозмінні зусилля. Значення зусиль (згинальні моменти) наведені на рис. 3.

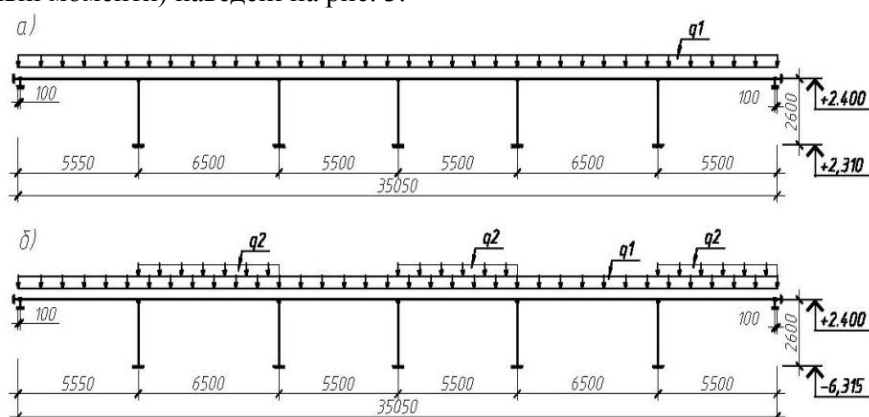
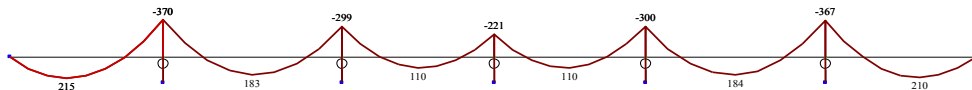


Рис. 2. Розрахункова схема рами:
а) стадія експлуатації; б) аварійна комбінація.

а)



б)

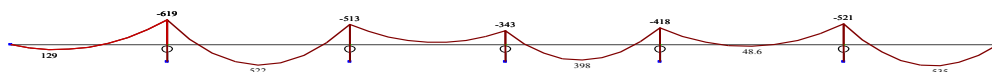


Рис. 3. Результати статичного розрахунку нерозрізного ригеля перекриття паркінгу: а) згинальні моменти M (кНм) від впливу експлуатаційного навантаження; б) зусилля M від впливу аварійного сполучення навантаження.

Як видно з рис. 3, в стадії експлуатації значення згинального моменту в третьому елементі рами (ригелі) становило 110 кНм. За впливу аварійної комбінації згинальний момент у цьому ж елементі змінив свій знак, і його значення становило 57 кНм. Отож, асиметрія циклу знакозмінних зусиль становила $\rho = 0,52$ за практично рівних значень постійного та змінного навантажень на раму.

Під час проектування монолітного залізобетонного прямокутного підземного резервуару для промивної води ПАТ «Рівнеазот» ємністю 10000 м^3 і розміром у плані $48 \times 48 \text{ м}$ (рис. 4) виникла потреба у встановленні рівнів малоциклового знакозмінного навантаження, що виникають у стінці товщиною 200 мм та висотою 4,8 м.

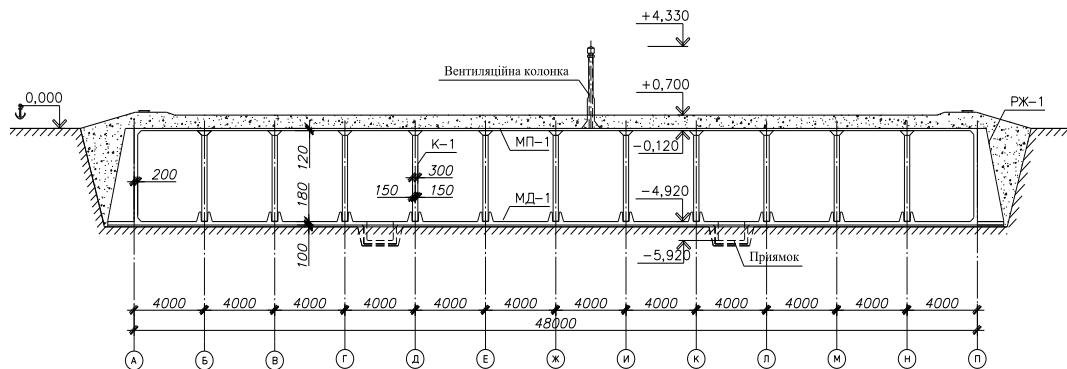


Рис. 4. Резервуар промивної води ПАТ «Рівнеазот».

Оскільки згідно з конструктивними вимогами за висотою монолітного резервуару понад 4 м необхідно влаштовувати контрфорси, то прийнявши їх крок 6 м (у межах $0,5H \leq c \leq 2H$) стінку розраховували як плиту, опертую по контуру на два випадки: випробувальний – наявний тиск рідини на стінку, але відсутній тиск ґрунту; ремонтний – діє тиск ґрунту за відсутнього тиску рідини в резервуарі.

За випробувального випадку стінка резервуару зазнає таких рівнів навантаження: резервуар, заповнений на $1/4H$ – $\eta = 0,13$; на $1/2H$ – $\eta = 0,26$; на $3/4H$ – $\eta = 0,38$; резервуар, заповнений повністю, – $\eta = 0,51$ (рис. 5, а). За ремонтного випадку зусилля в стінці змінюють свій знак і рівень навантаження становить $\eta = 0,32$ (рис. 5, б).

В експлуатаційному випадку тиски ґрунту та рідини в резервуарі взаємно врівноважуються залежно від рівня рідини. За заповнення резервуара на $1/4H$ зусилля від тиску ґрунту в стінці переважають відповідні зусилля від тиску рідини, рівень навантаження становить $\eta = 0,19$. У разі заповнення резервуара на $3/4H$ і більше, зусилля від тиску рідини в стінці вже будуть переважати відповідні зусилля від тиску ґрунту.

Впливу малоциклового знакозмінного навантаження зазнають також стінки силосних банок корпусів за їх попереминого завантаження і розвантаження сипучим, внаслідок чого в горизонтальному напрямі виникають відповідно кільцеві розтягувальні та стискальні напруження. Наприклад, за проектування силосного корпусу для зберігання цементу ПАТ «Волинь-цемент» зі шести банок діаметром 12 м і висотою 30 м встановили рівні знакозмінного навантаження в стінці, що становили: за повного завантаження банки сипучим – $\eta = 0,66$; за заповнення $3/4H$ банки – $\eta = 0,55$; за завантаження $1/2$ об'єму банки – $\eta = 0,4$; за заповнення $1/4$ банки – $\eta = 0,23$.

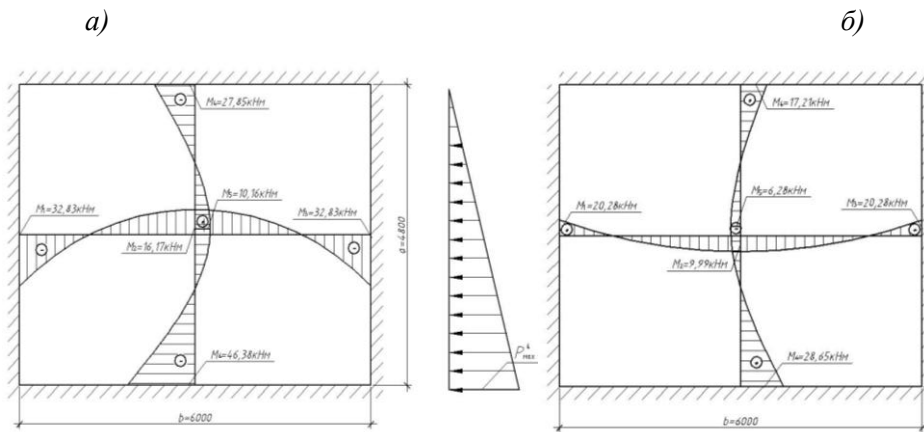


Рис. 5. Зусилля в стінці резервуара:
а) випробувальний випадок; б) ремонтний випадок.

Висновки. Поява малоциклових знакозмінних зусиль можлива не лише в конструктивних елементах інженерних споруд, на які вони і проектуються, а й у нерозрізних конструкціях каркасних будівель, за проектування яких не завжди передбачено їх виникнення. Визначальний вплив на напружено-деформований стан при цьому матимуть кількість та величини прольотів нерозрізних конструкцій, співвідношення величин постійного і змінного навантаження (тривалої та короткочасної складових).

Бібліографічний список

1. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – С. 99.
2. ДСТУ Б.В.2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – С. 118.
3. ДБН В.1.2.2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. – К. : Мінбуд України, 2006. – С. 79.
4. Работа згинальних залізобетонних елементів при дії малоциклових знакозмінних навантажень : монографія / Масюк Г. Х., Караван В. В., Григорчук А. Б. – Рівне : О. Зень, 2015. – 168 с.

Караван В. Випадки та рівні малоциклового знакозмінного навантаження в практиці будівництва

Подано відомості про можливі випадки виникнення малоциклового знакозмінного навантаження за експлуатації будівель і споруд.

Ключові слова: залізобетон, конструкція, навантаження, рама, резервуар, силосний корпус.

Karavan V. Cases and levels low-cycle alternating loading in construction

The data about possible cases of low-cycle alternating loading during the operation of buildings and structures.

Key words: reinforced concrete, construction, load, frame, tank, silage, silo building.

Караван В. Случаи и уровни малоцикловой знакопеременной нагрузки в практике строительства

Представлены сведения о возможных случаях возникновения малоцикловой знакопеременной нагрузки при эксплуатации зданий и сооружений.

Ключевые слова: железобетон, конструкция, нагрузка, рама, резервуар, силосный корпус.