

**Мозговий А.О., Спіранде К.В.**

*Харківський національний університет будівництва та архітектури  
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: [mozgovoyandrey@ukr.net](mailto:mozgovoyandrey@ukr.net);  
[karina5516@ukr.net](mailto:karina5516@ukr.net); [orcid.org/0000-0002-9142-3169](https://orcid.org/0000-0002-9142-3169); [orcid.org/0000-0002-5552-7817](https://orcid.org/0000-0002-5552-7817))*

## ДОСВІД ПРОЕКТУВАННЯ КАРКАСА СЕРІЙНОЇ БУДІВЛІ ЗІ ЗМІНЕНОЮ РОЗРАХУНКОВОЮ СХЕМОЮ

Здійснено аналіз конструктивної схеми одноповерхової трьохпрольотної будівлі із конструкціями збірних залізобетонних напіврам, які використовуються в каркасах однопрольотних сільськогосподарських будівель. Наведено результати оцінки напружено-деформованого стану збірних залізобетонних конструкцій напіврам з урахуванням їх конструктивного рішення, регламентованого матеріалами типової серії. На основі проведених досліджень розроблено рекомендації щодо подальшої експлуатації будівлі.

**Ключові слова:** напіврами, небезпечний переріз, згинальний момент, типова серія, залізобетонний каркас, трьохшарнірна рама.

**Вступ.** Зведення будівель різноманітного призначення із використанням залізобетонних конструкцій часто виконується зі збірних конструкцій заводського виготовлення. Збірні залізобетонні конструкції заводського виробництва, зазвичай, виготовляються за типовими серіями, які регламентують межі застосування конструкцій, умови транспортування, зберігання, навантаження, розрахункові схеми тощо. Тому, змінення технічних параметрів умов використання конструкцій повинно бути технічно обґрунтовано. Таким чином, поставлена і вирішена у даній роботі задача є актуальною.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Дослідженню механічних властивостей бетону, удосконаленню розрахункового апарату оцінки міцності нормальних і похилих перерізів згинальних залізобетонних елементів, позацентрово стиснутих гнучких залізобетонних конструкцій, впливу засобів анкерування на несучу здатність та деформативність легкобетонних плит присвячено роботи [1–7]. Аналіз впливу дефектів та пошкоджень на несучу здатність залізобетонних елементів розглянуто в роботах [8–9]. Загальні питання теорії розрахунку залізобетонних конструкцій, їх чисельне моделювання, застосування нових компонентів у бетонних конструкціях розглянуто в роботах закордонних авторів [10–15].

**Мета і задачі** роботи полягають в оцінці напружено-деформованого стану збірних залізобетонних напіврам, які є

несучими конструктивним елементами збірного залізобетонного каркаса одноповерхової трьох прольотної будівлі, аналізі конструктивної схеми будівлі, розробці рекомендацій щодо подальшого монтажу конструкцій та можливості експлуатації будівлі.

**Предметом дослідження** є напружено-деформований стан збірних залізобетонних напіврам каркаса сільськогосподарської будівлі.

**Об'єктом дослідження** являється міцність, жорсткість та стійкість збірного залізобетонного каркаса одноповерхової трьох прольотної будівлі.

**Матеріали і методи досліджень.** При розробці проекту складської будівлі у м. Дергачі Харківської області були застосовані конструкції залізобетонних напіврам РПС 21-5, призначені для каркасів однопрольотних сільськогосподарських будівель (рис. 1).



*Рис. 1. Загальний вигляд збірного залізобетонного каркаса складської будівлі*

Напіврами за серією 1.822.1-2/82 призначені для улаштування залізобетонних рам сільськогосподарських будівель. При виготовленні напіврам за матеріалами серії використано бетон класу С 20/25. Згідно зі схемою армування

напіврами робоча арматура у верхньому поясі ригеля 2Ø22 A400С (А-III), у нижньому поясі 2Ø20 A400С (А-III).

Напіврами за серією 1.822.1-2/82 використовуються для створення трьохшарнірних статично визначуваних рам шарнірно з'єднаних у гребеневому вузлі, а також – із шарнірним обпиранням на фундаменти. З метою зниження матеріаломісткості стояки та ригелі напіврам виконані змінного перерізу зі збільшенням у зоні дії максимального моменту [16]. Напіврами РПС 21-5 за серією розраховані на рівномірно розподілене навантаження від покриття без урахування ваги ригеля – 400 кгс/м<sup>2</sup> (у тому числі снігове навантаження 140 кгс/м<sup>2</sup>).

У запроєктованій складській будівлі стояки напіврам обпираються на трапецієподібні фундаменти, що забезпечує створення шарнірно-нерухомих опор, а верхні кінці ригелів шарнірно-нерухомо закріплені до торців ґратчастих балок середніх прольотів (рис. 2).



Рис. 2. Конструктивне рішення вузла сполучення ригеля напіврами і ґратчастої балки середнього прольоту

В ході дослідження напружено-деформованого стану напіврами отримано такі результати. Найбільш небезпечний переріз із робочою арматурою у верхньому поясі 2Ø22 A400С, у нижньому поясі 2Ø20 A400С при розрахунку за методом граничної рівноваги на основі деформаційного методу [17] відповідно до вимог чинних нормативних документів з урахуванням інженерної нелінійності, здатний сприйняти згинальний момент 70,5 кН·м (площа розтягнутої арматури 6,28 см<sup>2</sup>, відсоток армування 0,983 %).

Розрахунок трьохшарнірної рами, яка складається із двох напіврам, по схемі, що рекомендована серією 1.822.1-2/82 на розрахункове навантаження 4 кН/м<sup>2</sup>×6 м + 3,5 кН/м (власна вага) = 24 кН/м+3,5 кН/м = 27,5 кН/м, дозволив визначити значення

згинального моменту 91,5 кН·м у найбільш небезпечному перерізі (рис. 3).

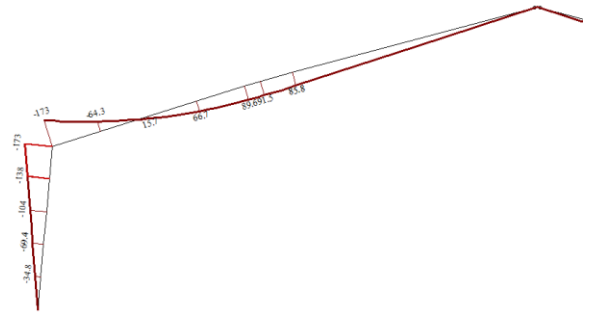


Рис. 3. Епюра згинальних моментів  $M_z$ , кН·м, які виникають при шарнірному з'єднанні вільних кінців ригелів напіврам і можливості їх вертикального переміщення

Розрахунок напіврами, за схемою, представленою на рис. 4 на розрахункове навантаження 27,5 кН/м, дозволив визначити значення згинального моменту 147 кН·м у найбільш небезпечному перерізі, що у два рази перевищує несучу здатність небезпечного перерізу. При цьому вертикальні переміщення у небезпечному перерізі при розрахунку напіврами у пружній стадії склали 33,7 мм.

Під час дослідження напружено-деформованого стану каркаса будівлі встановлено, що застосування напіврами не за своїм функціональним призначенням призвело до зміни її розрахункової схеми. Напіврама зі статично визначуваної, у складі трьохшарнірної рами по серії, перейшла в розряд статично невизначуваної – у результаті обмеження переміщення кінця ригеля у вертикальному напрямку. Вплив початкових параметрів розрахункової схеми на напружено-деформований стан поперечної рами досліджувався авторами в роботах [18-19] для сталевих каркасів. Визначено вплив на значення зусиль і деформацій елементів рами величини згинальних жорсткостей ригеля та ступені жорсткості з'єднання елементів.

Виконано розрахунок напіврами, у якому шарнірно нерухома опора у ригелі була замінена шарнірно рухомою опорою, яка дозволяє вертикальні переміщення кінця ригеля напіврами (змодельована напіврама по схемі на рис. 4). Значення згинального моменту у небезпечному перерізі склало 91,5 кН·м, а

переміщення шарнірно рухомої опори у вертикальному напрямі після прикладання навантаження 27,5 кН/м склало 85 мм. Це призвело до збільшення згинального моменту в прольоті ригеля напіврами приблизно у два рази.

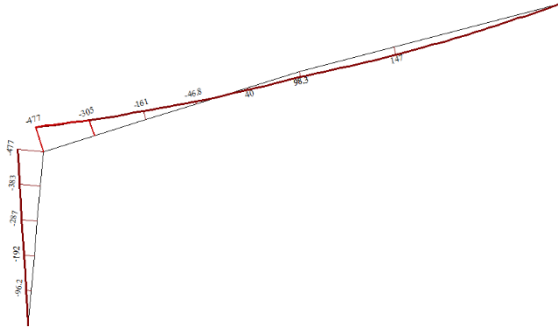


Рис. 4. Елюра згинальних моментів  $M_y$ , кНм, які виникають при обмеженні вертикального переміщення вільного кінця ригеля напіврами

**Результати дослідження.** Конструкції напіврам застосовані не за своїм функціональним призначенням. Зміна розрахункової схеми з трьохшарнірної статично визначуваної рами в статично невизначувану раму з обмеженням переміщення кінця ригеля у вертикальному напрямку призвело до збільшення згинального моменту в прольоті ригеля в два рази. Несуча здатність небезпечного перерізу ригеля в прольоті при армуванні його за серією не забезпечена, це унеможливило використання даного конструктивного рішення без внесення в нього відповідного коригування.

**Обговорення результатів.** Не дивлячись на те, що елементи трьохшарнірних рам є більш економічними за витратами матеріалів у порівнянні з конструкціями стояково-балкової системи, їх застосування повинно враховувати характер роботи та розрахункові схеми, під які вони проектувалися і розраховувалися за серією. Залишається не вивченим питання впливу конструктивного рішення каркаса будівлі на його напружено-деформований стан і забезпечення його просторової жорсткості.

**Висновки.** Забезпечення несучої здатності напіврами може бути досягнуто: улаштуванням шарнірно рухомої опори, що дозволить кінцю ригеля переміщуватися у вертикальному напрямку;

зменшенням розрахункового навантаження на напіврами за рахунок зміни конструкції покриття; підсиленням ригеля напіврами. Остаточне рішення щодо вибору варіантів і їх технічної реалізації залишається за генеральним проектувальником.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Кочкаръов Д. В. Дослідження опору високоміцних бетонів та фібробетонів пробиванню. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. 2018. Вип. 34. С. 71-85.
2. Кочкаръов Д. В., Бабич В. І. Розрахунок міцності нормальних і похилих перерізів залізобетонних згинальних елементів у контексті з теорією класичного опору матеріалів. *Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського*. 2016. Вип. 18. С. 119-131.
3. Бамбура А. М., Сазонова І. Р., Дорогова О. В., Богдан В. М. Розрахунок позациентрово стиснутих гнучких залізобетонних залізобетонних елементів за методом «реальної» кривизни. *Наука та будівництво*. Київ: ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій». 2018. № 3. С. 10-20.
4. Cherednikov V. M., Voskoboinyk O. P., Cherednikova O.V. Evaluation of the warping model for analysis of polystyrene concrete slabs with profiled steel sheeting. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 2017. № 61 (3). P. 483-490.
5. Воскобійник О. П., Череднікова О. В. Експериментальні дослідження впливу засобів анкерування на несучу здатність та деформативність комбінованих легкобетонних плит. *Будівництво, матеріалознавство, машинобудування: зб. наук. праць*. Дніпро: ПДАБА, 2017. Вип. 100. С. 56-63.
6. Орешкович М., Задревич В., Кос Ж., Клименко Є.В. Structural reliability and evaluation of current state of construction. *Tehnički glasnik. Technical journal. Znanstveno-stručni časopis Sveučilišta Sreber. Scientific professional journal of University Nort. Varaždin*. 2015. № 4. P. 426-431.
7. Клименко Є. В., Карпюк В. М., Агаєва О. А. Розрахунок надійності прогинних залізобетонних елементів за міцністю нормальних перерізів. *Наука та будівництво*. Київ: ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій». 2018. № 1 (15). С. 50-57.
8. Турчин Б. Р., Бліхарський З. З., Вегера П. І., Шналь Т. М. Методика досліджень залізобетонних балок з пошкодженнями, отриманими за дії навантаження. *Вісник національного університету «Львівська політехніка»*. Серія: Теорія і практика будівництва. 2018. Вип. 877. С. 212-217.
9. Лободанов М. М., Вегера П. І., Бліхарський З. Я. Аналіз впливу основних видів

- дефектів та пошкоджень на несучу здатність залізобетонних елементів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Серія: Теорія і практика будівництва. 2018. Вип. 888. С. 93-100.
10. Lu X., Lin K., Li C., & Li Y. New analytical calculation models for compressive arch action in reinforced concrete structures. *Engineering Structures*. 2018. № 168. P. 721–735.
  11. May S., Michler H., Schladitz F., & Curbach M. Lightweight ceiling system made of carbon reinforced concrete. *Structural Concrete*. 2018. № 19 (6). P. 1862-1872.
  12. Hegger J., Curbach M., Stark A., Wilhelm S., & Farwig K. Innovative design concepts: Application of textile reinforced concrete to shell structures. *Structural Concrete*. 2018. № 19 (3). P. 637-646.
  13. Droogné D., Botte W., & Caspeepele R. A multi-level calculation scheme for risk-based robustness quantification of reinforced concrete frames. *Engineering Structures*. 2018. №160. P. 56-70.
  14. Schumann A., Michler H., Schladitz F., & Curbach M. (2018). Parking slabs made of carbon reinforced concrete. *Structural Concrete*. 2018. № 19 (3). P. 647-655.
  15. Yang S. T., Li K. F., & Li C. Q. Numerical determination of concrete crack width for corrosion-affected concrete structures. *Computers & Structures*. 2018. № 207. P. 75–82.
  16. Першаков В. М. Ефективні типи залізобетонних рамних конструкцій. *Містобудування та територіальне планування*. 2013. Вип. 48. С. 329-335.
  17. Павліков А. М., Кочкаръов Д. В. *Залізобетонні конструкції: практичні методи розрахунків та конструювання*: навч. посіб. Полтава: ТОВ «АСМІ», 2019. 238 с.
  18. Перетяцько Ю. Г., Агеенко С. Б., Ляшенко И. Ю., Мирадов Б., Мирадов М., Танриверди Э. Исследование влияния исходных параметров расчетной схемы на напряженно-деформированное состояние поперечной рамы стального каркаса одноэтажного производственного здания. *Науковий вісник будівництва*. 2016. № 2. С. 154-160.
  19. Izbash Y. M. Advantages in structural response due to semi rigid joints. *Науковий вісник будівництва*. 2014. № 3. С. 58-60.

**Мозговой А.А., Спиранде К.В. ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАРКАСА СЕРИЙНОГО ЗДАНИЯ С ИЗМЕНЕННОЙ РАСЧЕТНОЙ СХЕМОЙ.**

Осуществлен анализ конструктивной схемы одноэтажного трех пролетного здания с применением конструкций сборных железобетонных полурам, которые используются в каркасах однопролетных сельскохозяйственных зданий. Приведены результаты оценки напряженно-деформированного состояния сборных железобетонных конструкций полурам с учетом их конструктивного решения, регламентированного материалами типовой серии. На основе проведенных исследований разработаны рекомендации по дальнейшей эксплуатации здания.

**Ключевые слова:** полурамы, опасное сечение, изгибающий момент, типовая серия, железобетонный каркас, трехшарнирная рама.

**Mozgovuy A.O., Spirande K.V. EXPERIENCE IN DESIGNING A SERIAL BUILDING'S FRAMEWORK WITH A MODIFIED LOADING DIAGRAM.**

An analysis of the design diagram of a one-storey three-span building, which uses precast reinforced concrete half-frames intended for frameworks of single-span agricultural buildings. Assessment results of the stress-strain state of precast reinforced concrete structures of the half-frames are given, taking into account their structural solution restricted by the materials of a standard series. Recommendations for a further possibility of building operation on the basis of the conducted research were developed.

**Key words:** half-frames, critical section, bending moment, standard series, reinforced concrete framework, three-hinged frame.