

СТВОРЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ТИПІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ РАМНИХ КОНСТРУКЦІЙ З НЕСУЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ЗМІННОГО ПЕРЕРІЗУ

Актуальною проблемою є розробка ефективних рішень і методів розрахунку каркасних будівель з тришарнірних залізобетонних рам для будівництва сільськогосподарських промислових будинків, зальних приміщень сільських громадських будівель і споруд аеродромів сільгоспавіації.

Метою роботи є експериментальне дослідження, теоретичне узагальнення, розвиток теорії розрахунку за міцністю, стійкістю, деформаціями і тріщиностійкістю та конструювання ефективних залізобетонних рамних каркасів маломатеріаломістких будівель змінного перерізу.

Проведен огляд та аналіз досягнень у напрямках розвитку теоретичних методик розрахунку та конструюванню будівель із залізобетонним рамним каркасом. Визначені основні тенденції у використанні залізобетонних каркасів будівель різного призначення, проаналізовано основні підходи щодо їх ефективного проектування, виготовлення та використання.

Усього було розглянуто і проаналізовано 5 закордонних конструкцій рам; 47 конструкцій рам та 15 винаходів країн СНД. Каркасні споруди з тришарнірних рам відрізняються застосовуваними прольотами, поздовжніми кроками рам, висотами стояків, нахилами ригелів, армуванням, класом бетону та інш. показниками, що не відповідає вимогам єдиної модульної системи та уніфікації габаритних схем сільськогосподарських споруд.

Найбільш економічними за витратами бетону та сталі порівняно з конструкціями стояково-балкової системи є залізобетонні тришарнірні рами таврового перерізу прольотом 18 та 21м. Таврова форма поперечного перерізу ригелів і стояків є найбільш економічною за матеріаломісткістю у порівнянні з прямокутним перерізом.

Аналіз статичної схеми рамного каркасу будинку дозволив зробити вибір і обґрунтування переваги тришарнірної рами у порівнянні з безшарнірною, одно і двошарнірною рамами. Тришарнірні рами менш чутливі до нерівномірних осідань. При шарнірному з'єднанні можлива незалежна типізація ригелів та стояків. Тому для подальшого аналізу використано тришарнірну раму. Проведений вибір і обґрунтування об'ємно-планувальних і конструктивних рішень рамних каркасів будинків показує, що найменш матеріаломісткими і найбільш ефективними конструкціями є залізобетонні рами прольотами 18м і 21м із кроком 6м і висотою стояка 3,3 і 3,6м.

Обґрунтування розрахункових схем навантажень і удосконалення методики розрахунку тришарнірних рам для каркасних будинків за міцністю, жорсткістю, тріщиностійкістю з урахуванням деформованої схеми, геометричної і фізичної нелінійності проведено за програмним комплексом ЛРА. При чисельному дослідженні ураховано нелінійні залежності між напруженнями і деформаціями, зумовленими зміною форми конструкції (геометрична нелінійність) і явищами пластичності, повзучості і усадки (фізична нелінійність).

Рами розраховували на всі види навантаження: постійне, тимчасове, тривале, короткочасне снігове і вітрове. При розрахунку тришарнірних залізобетонних рам ураховували фізичну і геометричну нелінійність роботи конструкцій, а саме, вплив прогинів ригелів і стояків під навантаженням.

Відповідність обчислених значень $q_{\text{теор}}$ граничним дослідним $q_{\text{дос}}$ показує, що рами досягли граничного стану за навантаженнями, які відповідають обчисленим, що підтверджує правильність прийнятої методики розрахунку рам. Підтвердженням слугує теоретичне визначення (за нормативним значенням міцності бетону $R_n = 30$ МПа) значення величини $\sigma_s^{\text{дос}}$, при якому коефіцієнт ϵ буде дорівнювати 1,4 (рис.1). Залежність несучої здатності рам таврового перерізу (для рами РЖС-21-1600) від міцності бетону, яка визначена розрахунком при нормативному опорі арматурної сталі $R_s^H = 400$ МПа показує, що руйнування рам може проходити також і внаслідок роздроблення бетону (рис.2).

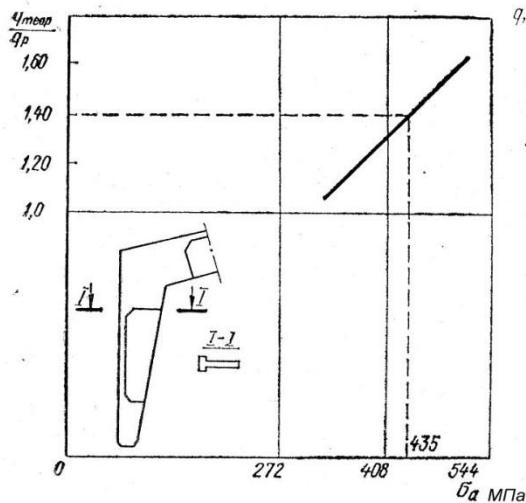


Рис. 1. Залежність несучої здатності рам від величини опору повздовжньої арматури по перерізу 1-1

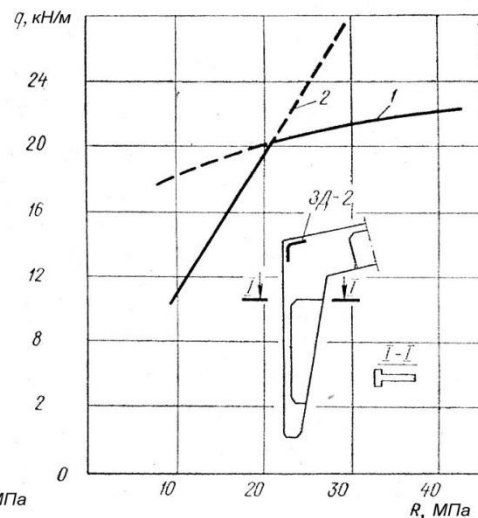


Рис. 2. Залежність несучої здатності рам від міцності бетону конструкції: 1- за перерізом 1-1; 2- під закладної деталлю

Зроблена оцінка впливу осідання фундаментів на напружено деформований стан двопрольотної рами. Встановлено, що осідання фундаментів стояків двопрольотної рами на 10мм впливає на напружено-деформований стан M_y , N , Q_z у межах 3 % (рис. 3).

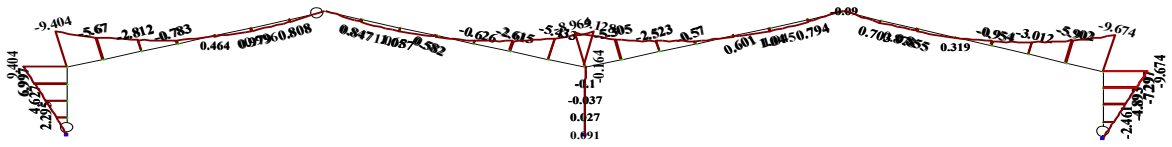


Рис. 3. Епюра згинальних моментів M_y

Вплив розміщення по висоті стягтя на напружено-деформований стан рами. Для дослідження використовували залізобетонну раму з прольотом 21 м та змінним по висоті тавровим перерізом. За напружено-деформованим станом проаналізовано зусилля в тришарнірної та одношарнірної рамах. Розглянуто п'ять варіантів: рама без стягтя та чотири варіанти встановлення стягтя по висоті, а саме на відмітках +0.000, +1.650, +3.300, та 4.150 (рис. 4).

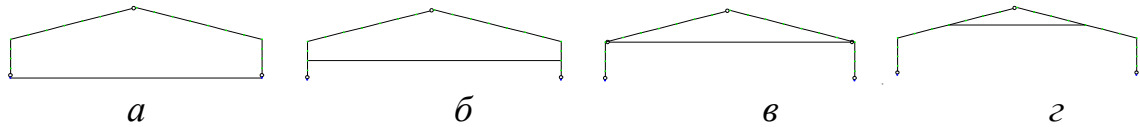


Рис.4. Розташування стягтів по висоті рами:

a – стягтя на рівні +0.000; *б* – на рівні +1.650; *в* – на рівні +3.300; *г* – на рівні +4.150

Найменши зусилля виникають, коли стягелі на рівні +3.300 з трьома шарнірами, що на 44.5 % менше за N , на 46.5 % менше за M_y та на 41.5 % менше за Q_z ніж максимально отриманих. Отже, стягелі на рівні +3.300 в рамах з трьома шарнірами найменше впливає на напружено-деформований стан рами.

Встановлено, що при випробуванні рам з висотою стояків 5,1 м і 5,7 м характер їх роботи має особливості, які пов'язані з їх підвищеною деформативністю. В результаті значних переміщень змінюється розрахункова схема рами і збільшуються діючі зусилля (M , N , Q), особливо згинальний момент, який зростає від 5 до 30 % по довжині ригеля і стояка. Таким чином, переміщення рам із збільшеною висотою стояків впливає на несучу здатність конструкцій.

Аналіз напружено-деформованого стану рами показав, що у вузлі спряження ригеля зі стояком сумісно діють максимальний згинаючий момент, поздовжня і поперечна сили, а сам вузол працює як позацентрово стиснутий елемент з великим ексцентриситетом. Міцність вузла характеризується досягненням розрахункового опору розтягнутої арматури. Виходячи з цього, в зоні перегину арматурних стержнів зусилля розтягу в арматурі досягають великих значень, рівнодіючу яких сприймає бетон. (рис. 5, б,а).

Розроблено та досліджено спосіб виготовлення арматурних каркасів непрямолінійних залізобетонних конструкцій піврам за а.с. № 681168. Для утворення арматурних каркасів спочатку виготовляють поздовжні та поперечні арматурні стержні, які збирають в прямолінійні секції 1 і 2, а потім з'єднують між собою за допомогою електрозварювання закладної деталі 3 (рис. 6,б).

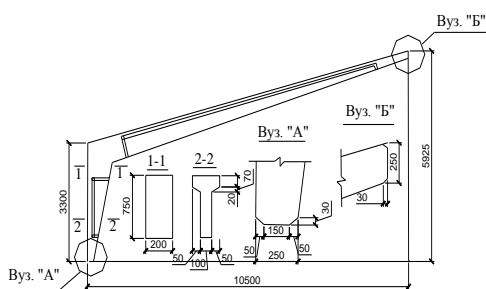


Рис. 5. Суцільна піврама таврового перерізу

Гнута сталева пластина 3 передає навантаження на бетон рівномірно по всій поверхні, не викликаючи концентрації напружень, при цьому виключається необхідність встановлення конструктивної арматури, що ускладнює армування вузла (рис. 6,б). Результати випробування показали, що карнизні вузли піврам з гнутою закладною деталлю досить надійні.

Вузол спряження ригеля зі стояком піврами розрізаний таким чином, щоб гнута закладна деталь залишалася в тілі бетону ригеля (рис. 7). Розрізка елементів рами, виконана під кутом, що забезпечує зведення дотичних напружень, які виникають у місцях розрізки, до таких мінімальних значень, при яких не потрібно додаткових конструктивних заходів для їх сприйняття (рис. 13). Рішення вузла сполучення ригеля зі стояком без вута веде до подальшого спрощення ригеля і стояка (рис. 8).

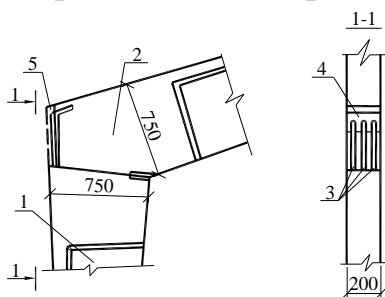


Рис. 7. Конструкція з'єднання ригеля зі стояком піврами:
1 – стояк; 2 – ригель; 3 – арматурні випуски;
4 – закладна деталь

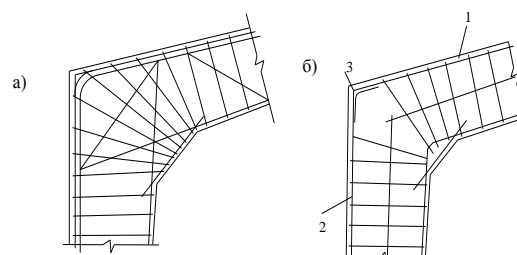


Рис. 6. Армування вузла з'єднання ригеля зі стояком:

а – гнутими арматурними стержнями;
б – за допомогою гнутої закладної деталі; 1, 2 – арматурний каркас; 3 – гнута закладна деталь

Рис. 8. Схема армування елементів складеної піврами в зоні їх з'єднання з сітками підсилення

Проведено вибір і обґрунтування складеної і суцільної піврам, класу бетону, форми перерізів ригелів і стояків піврам таврового перерізу, спрощеного армування піврам з урахуванням виготовлення їх у касетних формах.

Розроблені та досліджені **нові конструкції карнизного вузла рами:**

1. Ригелі і стояки, з'єднані в карнизному вузлі з уступом сухим стиком і об'єднані в розтягнутій зоні накладкою, яка приварена до арматурних стержнів, а в стиснутій – зварюванням закладних деталей (а.с. № 1028811) (рис. 9). При цьому досягають мінімальної металомісткості.

2. Вузол спряження ригеля зі стояком вирішений сухим стиком без вута, за допомогою арматурних випусків стояка у вигляді пучка високоміцного дроту, який проходить у виїмці ригеля по зовнішньому контурі, що працює на розтяг, і закладних деталей, які передають стискаючі зусилля по внутрішньому контуру (а.с. № 815182) (рис. 10).

3. Укрупнювальне складання ригеля зі стояком здійснюють за допомогою беззварного стику, шляхом зчеплення між собою шипів, приварених до арматурних стержнів ригеля і стояка таким чином, що зусилля з одного елемента на іншій передаються через торці шипів. Надійність беззварного з'єднання забезпечується за допомогою накладки і болтів.

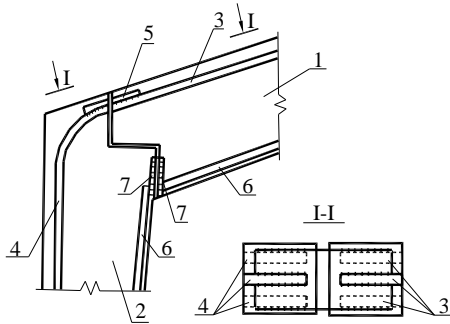


Рис. 9. Вузол з'єднання ригеля зі стояком піврами:

1 – ригель; 2 – стояк; 3, 4 – арматура розтягнутої зони; 5 – металева накладка; 6 – арматура стиснутої зони; 7 – закладні деталі

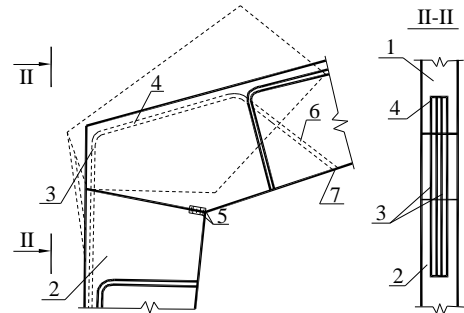


Рис. 10. Вузол з'єднання ригеля зі стояком:

1 – ригель; 2 – стояк; 3 – арматурні випуски стояка; 4 – виїмка по зовнішньому контуру; 5 – закладні деталі; 6 – отвір ригеля; 7 – анкер

Розроблено новий спосіб виготовлення арматурних каркасів рамних залізобетонних конструкцій за а.с. № 1813860. Поперечне армування арматурних каркасів ригелів і стояків рами виконано у вигляді плоскої спіралі. Після навивання необхідних розмірів плоску спіраль натягають на каркас ригеля і стояка і фіксують в окремих місцях в'язальним дротом. За такого способу виготовлення арматурних каркасів знижується трудомісткість, виключається електрозварювання, підвищується жорсткість і тріщиностійкість ригелів і стояків.

Створені та досліджені **нові конструкції гребеневого вузла рами:**

1. Ригелі рам у гребеному вузлі спряжені з ексцентриситетом за допомогою прокладок, що центрують, для сприйняття поздовжніх зусиль, а шарнірне з'єднання утворюють за допомогою труб, об'єднаних стержнем (а.с. № 1028811) (рис. 11).

2. Спряження двох торців ригелів піврам виконують за допомогою трьох гнутих елементів – півтруб і відрізка стержня, установлюваного між трьома елементами півтруб (рис. 12).

Розроблені робочі креслення і номенклатура 24 марок суцільних і складених піврам РЖ і РЖС таврового перерізу для каркасних будинків шириною 18 і 21 м з висотою стійки 3,3 м і 3,6 м під навантаження ригеля 7,5; 13,5; 16,0 кН/м (рис. 13). Піврами типу РЖ і РЖС є найбільш економічними за витратами бетону і сталі при найменшій масі. При розробленні

номенклатури піврам враховані результати випробувань складених та суцільних рамних каркасів і досвід їх виготовлення.

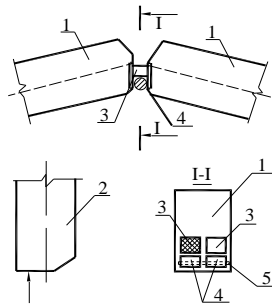


Рис. 11. Конструкція гребеневого шарніру:
 1 – ригель; 2 – стояк; 3 – центруючі прокладки; 4 – відрізки труб; 5 – стержень

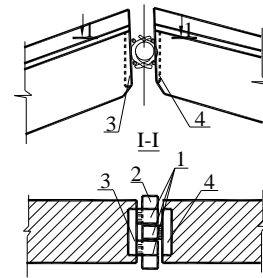


Рис. 12. Гребневий шарнір залізо-бетонної рами:
 1 – півтруби; 2 – відрізок стержня; 3, 4 – торцеві закладні деталі

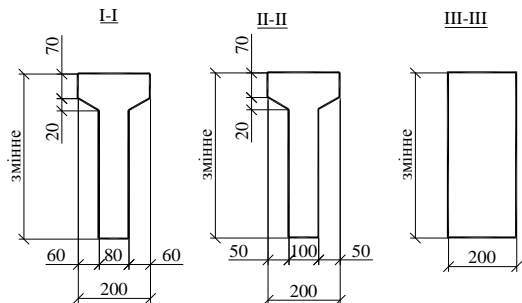
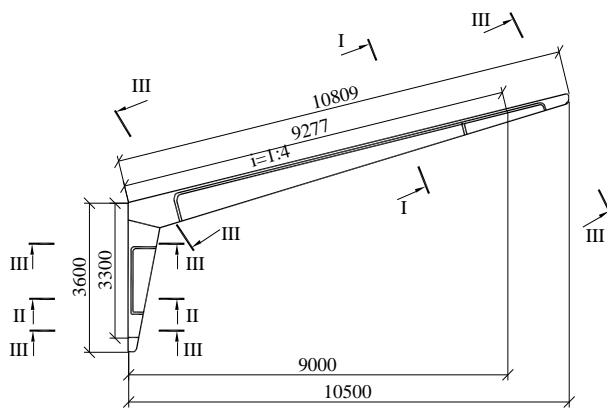


Рис. 13. Опалубні розміри піврам таврового перерізу

Розроблена нова методика та стенди випробування натурних тришарнірних залізобетонних рам прольотом 21 м, 18 м, 12 м за допомогою важілевої системи з навантаженнями штучними вантажами (рис.14); за допомогою підвішених до ригеля рами баків з водою (рис.15).



Рис. 14. Випробування рами завантаженням штучними вантажами

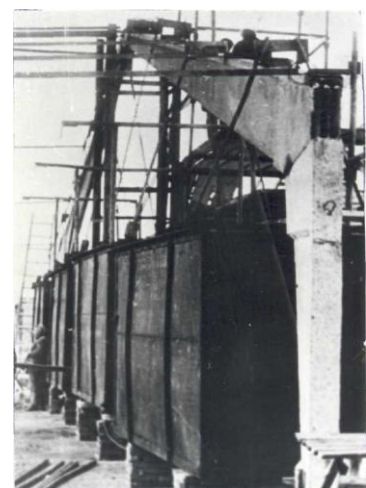


Рис. 15. Випробування рами з завантаженням бачками з водою

Нижче розглянуто результати випробувань 42 тришарнірних залізобетонних рам, які проводили у 13 лабораторіях заводів ЗБК та ЗБВ

України Руйнування рамних конструкцій відбувалося в ригелі (21 рама), стояку (12рам) поблизу карнизного вузла, в ригелі в зоні позитивного моменту (брам), в карнизному вузлі (3 рами) з досягненням або текучості сталі в розтягнутій арматурі в нормальному перерізі до початку роздроблення стиснутої зони, або роздроблення бетону стиснутої зони в нормальному перерізі до початку текучості сталі, або розрив поздовжньої розтягнутої арматури (рис.16,17). Різні схеми завантаження рам не впливають на результатів їх випробування.

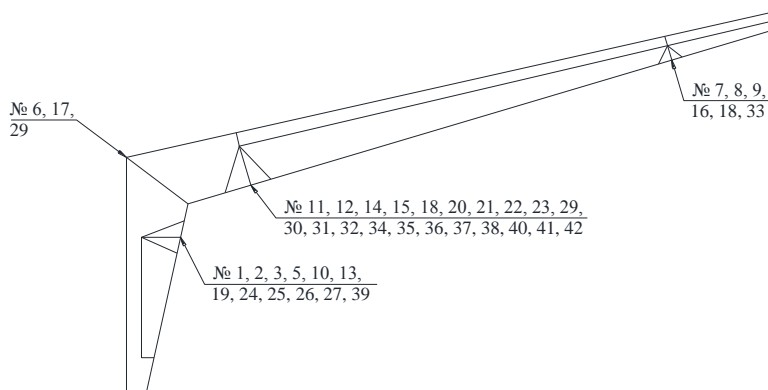


Рис. 16. Узагальнена схема місць руйнування 42-х піврам



Рис. 17. Тавровий стояк піврами після випробувань

Випробування рам за **міцністю** показало, що 34 рами відповідають ДСТУ: за текучістю арматури ($c > 1,25$) – 26 рам; за роздробленням бетону стиснутої зони ($c > 1,6$) – 8 рам. Вісім рам не відповідають вимогам норм за різних чинників: передчасного руйнування карнизного вузла внаслідок зниженої міцності бетону; сколювання бетону в зоні гребеневого вузла; руйнування піврами поблизу гребеневого вузла за похилим перерізом; роздроблення бетону стиснутої зони у місці переходу прямокутного перерізу ригеля в тавровий (у вуті), крихкого характеру зі втратою стійкості поздовжньої стиснутої арматури в стінці ригеля; розриву робочої арматури ригеля в стикі ригеля зі стояком.

Випробування рам за **жорсткістю (деформаціями)** показало, що 38 рам відповідають СНиП, відносні прогини гребеневого шарніра менше $1/300$ прольоту рам. Дві рами не в повній мірі відповідають вимогам норм, тому що відносні прогини складають $1/150; 1/178 > 1/300$ прольоту рам.

Випробування рам за **тріщиностійкістю** показало, що 20 рам відповідають ДСТУ, ширина розкриття яких менше нормованих $0,15$ мм. Одинадцять рам умовно відповідають вимогам норм. В відповідності до норм допускається перевищення контрольної ширини розкриття тріщин $0,15$ мм на 50% , тобто до $0,225$ мм. Тому тріщиностійкість цих рам на рівні розтягнутої арматури та у вуті можна вважати задовільною. Тринадцять рам не відповідають вимогам норм в карнизному вузлі (вуті), ширина розкриття яких складає від $0,3$ до $0,5$ мм. Причини розкиду даних за шириною розкриття тріщин проаналізовано в дисертації. Запропоновані рекомендації з покращення конструкцій піврам і технології виготовлення: встановлення додаткових поздовжніх стержнів по висоті перерізу ригеля і стояка рами,

зменшення кроку поперечної арматури, встановлення поперечних сіток і стержнів в карнизному вузлі, що призвели до зменшення ширини розкриття тріщин до нормованих величин.

Таким чином, підтверджена доцільність методики розрахунку і принципів конструювання, а також відповідність якості виготовлення піврам вимогам проекту і чинним нормам, що дає можливість рекомендувати тришарнірні залізобетонні рами до впровадження в будівництві.

Усього було отримано результати випробувань 42 рам, в тому числі 18 суцільних і 24 складених. Тому важливим є дослідження напруженого стану карнизного вузла складених рам та їх деформованість.

В складених рамах типу РЖС розрізання здійснювали в карнизному вузлі ближче до стояка, а в РЖУ – ближче до ригеля. В стиснутій зоні ригель і стояк об'єднуються за допомогою зварювання закладних деталей через центрову прокладку. В розтягнутій зоні – за допомогою зварювання випусків робочої арматури стояка в РЖС і ригеля в РЖУ до закладних деталей відповідно ригеля або стояка. Звідси в карнизному вузлі утворився сухий стик з штучною тріщиною, зусилля в якому в розтягнутій зоні сприймала робоча арматура, а в стиснутій – за допомогою закладних деталей ригеля і стояка. Бетон в роботі самого напруженого вузла спряження ригеля зі стояком рами не бере участі.

Зіставлення результатів випробування складених і суцільних піврам показало, що розрізка у вузлі спряження ригеля зі стояком не дає суттєвого впливу на міцність, жорсткість (деформованість) і тріщиностійкість піврам.

Аналіз впливу жорсткості карнизного вузла виконується зіставленням випробування суцільних і складених піврам. Переміщення гребеневого шарніру суцільних і складених піврам при нормативному навантаженні майже однакові. Отже, наявність сухого стику в вузлі спряження ригеля зі стояком не має суттєвого впливу на деформативність рам.

Розкріплення ригеля рами проводили кутниками на зварюванні по довжині через 1,5 м в 14 рамах, через 1,8 м в 2 рамах, через 3,0 м в 11 рамах, усього в 27 рамах. Втрати місцевої або загальної стійкості елементів рами не спостерігалось.

Проведено аналіз порівняння результатів теоретичних досліджень на ПК ЛІРА з даними експерименту. У КНУБА проведено спеціальні дослідження з уточнення напружено-деформованого стану з'єднання ригеля зі стояком. Отримані експериментальні графіки напруження в арматурі сухого стику зі збільшенням навантаження, яке зіставлялось з теоретичним, обчисленим з рівняння моментів зовнішніх і внутрішніх сил відносно центра закладної деталі ригеля, розташованого в стиснутій зоні. Встановлено, що дослідні і розрахункові значення напруження в арматурі близькі між собою, що підтверджує правильність розрахункових положень.

Порівняння результатів руйнуючих зусиль у тришарнірних залізобетонних рамах з високими стояками 5,1 і 5,7 м, розрахованих за деформованою і недеформованою схемами, встановило, що руйнуюче зусилля, обчислене за

недеформованою схемою, від 12 до 27 %, а за деформованою схемою лише на 6% більше дослідного. Отже, урахування деформованої схеми рамного каркасу при розрахунку його міцності, жорсткості і тріщиностійкості більш точно відображає його дійсний напружено-деформований стан. Зі збільшенням висоти стояка до 5,1-5,7 м зростає деформативність рам, що дає суттєвий вплив на величину і розподілення зусиль в елементах рами. Підвищену деформованість урахували при конструюванні гребеневого вузла, вузлів кріплення плит покриття, стінових панелей.

Утворення штучного ексцентрициту, тобто зміщення шарнірного з'єднання від центру гребеневого вузла униз на відстань ексцентрициту $e = 20-40$ мм, дає зменшення величини згинаючого моменту в ригелях рами до 26-27 %, порівняно з конструкцією центрально стиснутого гребеневого вузла рами. Наявність ексцентрициту дозволяє мінімізувати виникаючі згинальні моменти у ригелях і стояках рам та зменшити зусилля від дії експлуатаційних навантажень, які виникають у вузлах стику ригеля зі стояком.

Отримані результати розрахунку 42 рам на ПК ЛПА та співставлення їх з експериментальними даними показують, що розбіжності між експериментальними та розрахунковими даними за міцністю та деформаціями знаходяться у межах 10 %.

В результаті розрахунку просторового каркасу будівлі з тришарнірних залізобетонних рам на ПК ЛПА отримали максимальні і мінімальні моменти M , нормальні сили N і поперечні сили Q , а також ізополя напружень по осях X, Y, Z при різних комбінаціях навантажень (рис. 18, 19, 20).

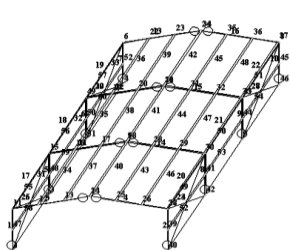


Рис. 18. Просторова розрахункова модель будинку. Каркас з рам і плит

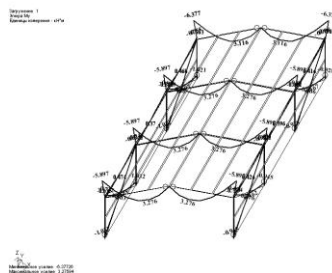


Рис. 19. Результати розрахунку: Епюра M_y . Навантаження 1. $M_{y \text{ мін}} = -6,38 \text{ кНм}$, $M_{y \text{ макс}} = 3,28 \text{ кНм}$

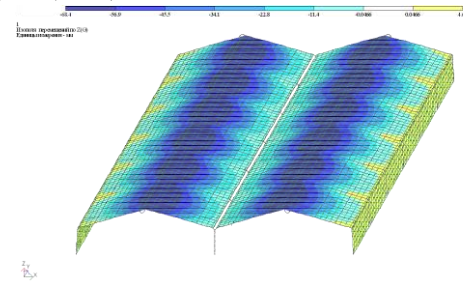


Рис. 20. Переміщення рамного каркасу відповідно до осі Z

Проаналізовано досвід 15-ти розробок та застосування багатопрольотних та блокованих рамних каркасів. Застосований також принцип блокування однопрольотних каркасів із тришарнірних залізобетонних рам впритул або зі вставками.

Аналіз розрахункових і конструктивних схем багатопрольотного рамного каркаса показав, що однієї з можливих ефективних схем є схема із шарнірним з'єднанням у гребнях і п'ятах крайніх стояків замикаючих піврам і середніх стояків із защемленням у фундаменті. Такій розрахунковій схемі відповідає багатопрольотний рамний каркас, що може складатися з

двох піврам типу РЖС, розташованих у крайніх прольотах, середніх стояків індивідуальної розробки і проміжних ригелів за типом використовуваних у піврамах РЖС.

Проведені розрахунки 3-, 4- і 5- прольотних схем на дію рівномірно-розподіленого навантаження при завантаженні їх по всій довжині каркаса і по черзі на кожному з півпрольотів каркасів. Аналізуючи епюри зусиль 3-, 4- і 5- прольотних рамних каркасів, слід відзначити приблизно однакові їх значення. Так, наприклад, моменти в карнизному вузлі крайнього стояка коливається від 30,0 до 31,0 тм, а у вузлі сполучення двох ригелів і середнього стояка - від 25,3 до 28,0 тм.

Розроблено варіант вузла сполучення ригелів із середнім стояком за а.с. № 781287. Ригелі з'єднують зі стояком по типу піврам РЖС без зміни опалубних розмірів ригелів (рис. 21). З'єднання ригелів із середнім стояком здійснюються за допомогою зварювання закладних деталей ригелів з кінцем металевого двотавру № 10, заанкереного в залізобетонний стояк. Вузол з'єднання ригелів із середнім стояком залізобетонної рами містить у собі чільник (оголовок) стояка з виступом між кінцями опертих на нього ригелів, закладні деталі і сполучний елемент. З'єднання прямолінійних залізобетонних елементів виконують за допомогою зварювання закладних деталей ригелів і середнього стояка. Використання стикового з'єднання дозволяє зменшити матеріаломісткість середнього стояка за рахунок зменшення проміжку між стикованими ригелями, знизити вартість на 15 %, витрату бетону на 25 % і витрату сталі на 5 %.

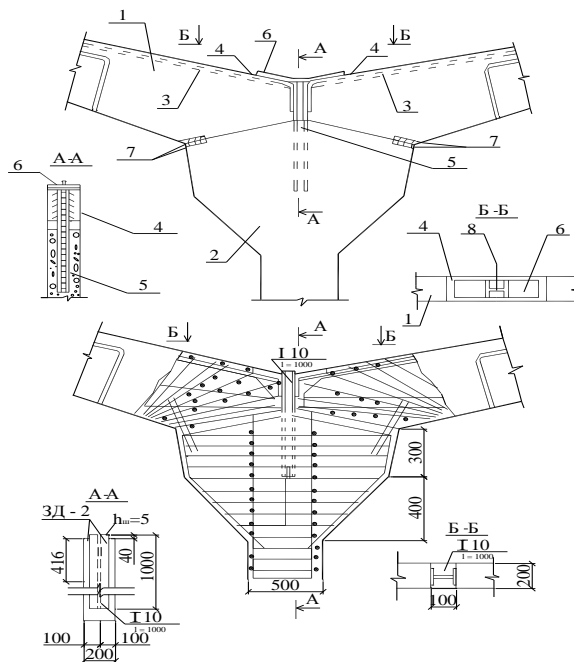


Рис. 21. Варіант конструкції вузла з'єднання ригелів з середнім стояком:
a – опалубні розміри; *б* – армування; 1 – ригель; 2 – середий стояк; 3 – розтягнута робоча арматура; 4 – гнута закладна деталь; 5 – двотавр

Ефективним типом каркасів одноповерхової багатопрольотної будівлі є конструкція залізобетонного рамного каркасу зі складених прямолінійних елементів по типу РЖС. Теоретично підтверджена можливість використання армування ригелів і крайнього стояка піврам РЖС для багатопрольотного рамного каркасу. Оснащення піврам РЖС-21 і РЖС-18 можна застосовувати у будівництві багатопрольотних каркасних будівель із прольотами 18 і 21 м.

Аналіз результатів експериментально-теоретичних досліджень показує, що рами типу РЖС можна використовувати в блокованих рамних каркасах із вставкою. Спосіб використання вставки до карнизного вузла рами впливає на напружено-деформований стан і несучу здатність блокованого рамного каркасу. Шарнірно-нерухомий стан рам із вставкою знижує несучу здатність блокованого рамного каркасу на 13 %, а шарнірно рухомий не впливає на її несучу здатність у порівнянні з окремо плоскою рамою. Отже, необхідно забезпечити вільне опирання і переміщення одного з кінців вставки.

ВИСНОВКИ

1. Удосконалено методику розрахунку ефективних залізобетонних рамних каркасів прольотом 18 і 21 м за міцністю, стійкістю, жорсткістю та тріщиностійкістю з урахуванням деформованої схеми, геометричної та фізичної нелінійності за програмним комплексом ЛІРА. Виявлено найбільш економічну таврову форму перерізу ригелів і стояків піврам, спрощено армування піврам та їх вузлів з урахуванням виготовлення їх у касетних формах. Визначено ефективні геометричні розміри залізобетонних рам таврового змінного перерізу, запропоновано рекомендації щодо удосконалення конструкцій піврам і технології їх виготовлення, що дають можливість проектувати ефективні залізобетонні конструкції мало-матеріаломістких будівель економічними за витратами бетону та сталі, за енерговитратами, технологічними у виготовленні. Розроблена нова методика з проектування економічних залізобетонних конструкцій змінного перерізу, що забезпечують найменшу вартість.

2. Розроблено новий спосіб виготовлення арматурного каркасу рам; нове обладнання для монтажу рамних каркасів; нове конструктивне рішення рами залізобетонного каркаса будівлі; нові стикові з'єднання ригеля зі стояком в карнизному вузлі; нове з'єднання ригелей в гребеневому вузлі, що підтверджено 17 а.с. на винахід, розробленою робочою документацією 24 марок суцільних і складених піврам РЖ і РЖС таврового перерізу для каркасних будинків прольотом 18 й 21 м із кроком 6м і висотою стояка 3,3 й 3,6 м під уніфіковані навантаження 7,5, 13,5, 16,0 кН/м ригеля з урахуванням різних варіантів покриття.

3. На основі аналізу статичних схем рамних каркасів будинків зроблено вибір й обґрунтування переваги варіанта тришарнірної рами у порівнянні з безшарнірною, одно і двошарнірною рамою. Показано, що на вибір розрахункового перерізу рами та значення згинального моменту впливають конструктивні рішення і розміри карнизного та гребеневого вузлів.

Проведено вибір й обґрунтування ефективності складеної й суцільної піврам, класу бетону, таврової форми перерізу ригелів і стояків піврам,

спрощення армування піврам з урахуванням виготовлення їх у касетних формах. Армування вузла сполучення ригеля зі стояком суцільних і складених піврам значно спрощується при застосуванні роздільного способу армування з використанням гнutoї закладної деталі за а.с. № 681168. Розрізання піврам у вузлі сполучення ригеля зі стояком зроблено з метою спрощення технології виготовлення й транспортування складених елементів, призводить до додаткової операції з укрупнювального складання. Разом з тим в Україні застосовують обидва типи залізобетонних піврам – суцільні й складені, які мають свої переваги й недоліки.

4. Результати проведених експериментально-теоретичних досліджень свідчать, що запропоновані конструкції тришарнірних залізобетонних рам РЖ і РЖС відповідають нормативним вимогам за міцністю, жорсткістю й тріщиностійкістю. Зіставлення результатів розрахунку з експериментальними даними показало задовільну їхню збіжність з відхиленням до 10% за міцністю, жорсткістю. Експериментальне дослідження рам показало надійність армування вузла сполучення ригеля зі стояком з використанням гнutoї закладної деталі. Випробування натурних рам показало, що карнизний вузол у складених піврамах з сухим зварним стиком не впливає на деформованість рам. Зі збільшенням висоти стояка до 5,1-5,7 м зростає деформованість рам, що впливає на величину і розподіл зусиль в елементах рами.

Оцінена достовірність методики розрахунку і принципів конструювання, а також відповідність якості виготовлених піврам вимогам проекту й діючих норм. Все це дає можливість рекомендувати тришарнірні залізобетонні рами РЖ і РЖС до впровадження в будівництво в Україні.

5. Встановлено, що найбільш економічним рішенням залізобетонного одноповерхового багатопрольотного каркасу будинку виробничого призначення є рамний каркас, що складається з лінійних елементів типу РЖС із беззварними з'єднаннями у вузлових стиках і ефективними покриттями на основі азбестоцементних полегшених плит. Теоретично підтверджена можливість використання армування ригелів і крайнього стояка піврам РЖС-21 для багатопрольотного рамного каркасу з прольотами 18 і 21 м.

Аналіз результатів експериментально-теоретичних досліджень свідчить, що рами типу РЖС можна використати в блокованих рамних каркасах із вставкою. Спосіб кріплення вставки до карнизного вузла рам впливає на напружено-деформований стан і несучу здатність блокованого рамного каркасу. Шарнірно-нерухомий вузол рам із вставкою знижує несучу здатність блокованого рамного каркасу на 13 %, а шарнірно-рухомий не впливає на її несучу здатність у порівнянні з окремою рамою. Необхідно забезпечити вільне опирання і переміщення одного з кінців вставки.

6. Результати випробувань залізобетонних прогонів ПЖТ ефективного таврового перерізу відповідають нормативним вимогам. Прогони впроваджені в будівництві сільських виробничих будинків із кроком рам 6м з полегшеним покриттям із плит та азбестоцементних хвилястих листів.

Проведені дослідження дозволили встановити, що ефективними фундаментами для несучих каркасов із тришарнірних рам у ґрунтових умовах І типу за просадністю ϵ : буронабивна похила паля з ущільненим ядром, асиметричний фундамент у витрамбуваному котловані, клиноподібна паля з консоллю, забивний блок ЗБР, блок-паля змінного таврового перерізу СВД. Вибір найбільш економічних рішень фундаментів необхідно приймати з урахуванням виду, характеру і властивостей ґрунтів, гідрогеологічних умов, рельєфу будівельного майданчика, стану виробничої бази, механо-озбройності будівельної організації та інших факторів. При цьому перевагу варто віддавати пальовим фундаментам.

7. Проведений аналіз типових проектів сільських громадських будівель свідчить, що конструкція піврам з високими стояками для будівництва зальних приміщень клубів, будинків культури, кінотеатрів, спортивних залів у сільській місцевості повинні бути представлені порівняно невеликою кількістю типорозмірів. Існуюча в кожній групі залів різниця висот компенсується введення додаткового елемента фундаменту з високим ростверком.

Виконаний розрахунковий аналіз типових проектів будинків і споруд аеродромів сільгоспавіації свідчить, що залізобетонні рами для каркасів прольотом 12, 18 й 21 м можна застосовувати в 34 типових проектах будинків і споруд аеродромів сільгоспавіації. Досягається ефект з матеріалоемкості (цементу до 26 %, збірного залізобетону до 11 %, лісоматеріалів до 55 %, вартості до 10 % і трудовитратам до 16 %).

8. В останні роки залізобетонні рамні конструкції прольотом 18 і 21 м використанні в таких об'єктах. В 2008–2010 р.р. інститутами об'єднання «УкрНДІагропроект» розроблені проекти будівництва і реконструкції існуючих ферм для створення молочних товарних ферм, корівників, доїльно-молочних блоків, птахоферм і окремих пташників в Київській (с. Великий Крупіль), Полтавській (с. Штомпелівка), Рівненській (с. Береги), Дніпропетровській (с. Єкатеринівка), Харківській (с. Комунарське), Донецькій (с. Волноваха) областях. В 1990–2000 роках підприємством «УкрНДІпроцивільсільбуд» запроектовано та побудовано три громадських будівлі з зальними приміщеннями в Дніпропетровської, Житомирської та Київської областях (спортзал, басейн, кінотеатр). В 2011 році запроектовано та побудовано вісім будівель з виробничими приміщеннями в с. Шпитьки Київської області. В проектах інституту «Украеропроект» передбачені будівництво та реконструкція виробничих будинків (ангари ділової авіації, бази спецтранспорту, майстерні та склади різного призначення) в аеропортах «Львів», «Дніпропетровськ» та «Одеса».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Першаков В. М. Створення ефективних типів залізобетонних рамних конструкцій з несучими елементами змінного перерізу. /

Першаков В. М. Автореферат дисертації на здобуття наук. ступ. докт. техн. наук. -К.: НАУ. – 2012. – 40 с.