УДК 624.072.33

**Першаков В.М.**

*Національний авіаційний університет м. Київ*

**ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ПРОЕКТУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ ТИПІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ РАМНИХ КОНСТРУКЦІЙ З НЕСУЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ЗМІННОГО ПЕРЕРІЗУ**

Проведено **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. Виконано огляд досліджень міцності і стійкості таврових елементів рам зі змінним перерізом.

Аналіз розглянутих конструктивних рішень показав, що рамні залізобетонні конструкції у нашій країні і за кордоном широко застосовують при будівництві промислових, виробничих та громадських споруд. 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 іншими 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. Вдосконалення конструктивних рішень споруд із застосуванням рамних конструкцій слід розглядати і вирішувати як одну з найважливіших задач технічного прогресу в сільськогосподарському будівництві споруд виробничого призначення.

Аналіз розглянутих конструктивних рішень дозволяє сформулювати **мету та основні задачі досліджень**, які спрямовані на розв’язання актуальної науково - технічної проблеми. Наведено теоретичне обґрунтування основних принципів проектування малоенергомістких будівель із ефективними залізобетонними рамними каркасами.

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 нерівно-мірних осідань, їх можна заздалегідь виготовляти з двох частин і монтувати простим з'єднанням в шарнірах. При шарнірному з’єднанні можлива незалежна типізація ригелів та стояків. Проведений вибір і обґрунтування 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.

Проведено дослідження за спеціальною програмою впливу прольоту рам 9,12,15,18,21 і 24м на зусилля М, N, Q при висоті стояка рами 3,6м, куті нахилу ригелів рами 25° (рис.1). Встановлено, що збільшення прольоту рами з 9м до 24м призводять до збільшення моменту в карнизному вузлі в 4,4 рази, нормальної сили в 3,4 рази і в 2,3 рази поперечної сили. Виявлено, що збільшення висоти стояка рам з 3,3 до 6,0м при постійних значеннях прольоту 21м і куті нахилу ригеля 25° призводить до збільшення моменту в 1,36 рази, нормальної сили в 1,17 рази і поперечної сили в 1,09 рази. Встановлено, що збільшення кута нахилу ригеля рам від 0° до 40° при постійних значеннях прольоту 21м і висоти стояка 3,6м призводить до зменшення моменту в 3,45 рази, нормальної сили в 1,52 рази і поперечної сили в 2,06 рази (рис.2). Змінюючи кут нахилу ригелів піврам можна досягти ефективного співвідношення згинальних моментів і нормальних сил.

Таким чином, рамний поперечник з ламаним контуром ригеля є ефективною схемою будівлі, що дозволяє забезпечити необхідний транспорт-

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Рис.1. Вплив прольоту рам на зусилля  M, N, Q (при *H=3.6м; а=25º*) | Рис.2. Вплив нахилу ригеля рам на зусилля  M, N, Q ( при *L=21м;* *H=3.6м* ) |

ний габарит при мінімальній висоті стін, які зменшуються на 19% у порівня-нні з горизонтальним розташуванням нижнього поясу несучих конструкцій покриття. Встановлено, що ефективний кут нахилу ригеля рами знаходиться в діапазоні від 13º…30º і залежить від розмірів та складу об’єму будівлі. Варіюючи параметрами висоти стояків рами, кутами нахилу карнизних елементів, отримано ефективну конструктивну систему будівлі з несучими залізобетонними рамами.

Прийняті величини прольотів каркасів будівель: 12, 18 і 21м підтверд-жуються досвідом масового проектування і будівництва каркасних будівель для сільського господарства. У таких каркасних будівлях може бути використаний один тип покриття. Нахил ригеля піврам прийнятий 0,25 або 1:4, що передбачає просте в улаштуванні і надійне в експлуатації вентильоване покриття з використанням азбестоцементних листів.

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 програмою ПК ЛІРА. Загальний алгоритм розрахунку рамного каркасу містить такі етапи: призначення розрахункової схеми; збір та визначення навантаження (рис.3,4,5); статичний розрахунок рами як пружної системи; виявлення небезпечних комбінацій навантажень; корегування значень зусиль з урахуванням деформованої схеми рами; розрахунок за І і II групами граничних станів.

При чисельному дослідженні ураховано нелінійні залежності між напруженнями і деформаціями, зумовленими зміною форми конструкції (геометрична нелінійність) і явищами пластичності, повзучості і усадки (фізична нелінійність). Розв’язування задач проведено за такими етапами: призначення вузлових точок, в яких визначають вузлові переміщення; розділення системи на скінчені елементи; побудова матриць жорсткості; формування системи канонічних рівнянь; розв’язування системи рівнянь і розрахунок вузлових переміщень; визначення компонентів напружено-деформованого стану даної системи за знайденими значеннями вузлових переміщень.

Рами розраховували на всі види навантаження: постійне, тимчасове, тривале, короткочасне снігове, вітрове.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Рис.3. Розрахункова схема тришарнірної рами | Рис.4. До розрахунку тришарнірної рами | Рис.5. Розрахункова схема прик-  ладання одиничного навантажен-  ня до рами |

Розрахункова довжина ригеля і стояка рам визначається з урахуванням опорних і гребеневих шарнірів, змінною висотою перерізу по довжині елементів рами, наявності сухого стику спряження ригеля зі стояком тощо. До впливу прогину позацентрово стиснутих елементів ураховано ексцент-риситет із коефіцієнтом η відповідно до деформованої схеми конструкції.

При розрахунку тришарнірних залізобетонних рам потрібно урахову-вати фізичну і геометричну нелінійність роботи конструкцій, а саме, вплив прогинів ригелів і стояків під навантаженням, нехтування цим приводить до неточних результатів розрахунку.

Відповідність обчислених значень *qтеор* граничним дослідним *qдос* 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 *Rн* =30МПа) значення величини sдос, при якому коефіцієнт с буде дорівнювати 1,4 (рис. 6).

Залежність несучої здатності рам таврового перерізу (для рами РЖС-21-1600) від міцності бетону, яка визначена розрахунком при нормативному опору арматурної сталі *Rs*н =400МПа показує, що руйнування рам може проходити також і внаслідок роздроблення бетону (рис.7).

|  |  |
| --- | --- |
| 1 | |
| Рис.6. Залежність несучої здатності рам від величини опору повздовжньої арматури по перерізу 1-1 | Рис.7. Залежність несучої здатності рам від міцності бетону конструкції: 1- за пере-різом 1-1; 2- під закладної деталлю |

З метою вибору ефективного варіанту перерізу конструкції рами проведено порівняльний аналіз епюр моментів трьох варіантів рам. Порівняння вартості витрат на виготовлення піврам таврового (складені й суцільні) і прямокутного перерізів показує, що при майже рівній вартості й витратах на їх виготовлення (включаючи укрупнювальне збирання), рами таврового перерізу вигідно відрізняються від прямокутних за масою (62%), вартістю транспортування (48%), а також за пропарюванням (58%) і електроенергію (57%) на їх виготовлення. Порівняння отриманих результатів наведена з відсотковим співвідношенням величини зусиль М, N, Q, що виникають в елементах рам (рис.8). Порівняння максимальних значень моментів, поперечних і поздовжніх сил у тавровому перерізі рами свідчить, що відповідно по My на 25.7%, по Qz на 24.3%, по N на 38.97% менші максимальних зусиль для прямокутного перерізу. Таким чином, найбільш ефективним варіантом є тавровий переріз, усі величини зусиль якого значно відрізняються від максимально отриманих.

Зроблена оцінка впливу осідання фундаментів на напружено деформований стан двопрольотної рами. Наведені порівняльння отриманих результатів з відсотковим співвідношенням величини зусиль, які виникають в елементах рам при осіданнях фундаментів стояків на 10мм (рис.9). Встановлено, що осідання фундаментів стояків двопрольотної рами на 10мм впливає на напружено-деформований стан Му ,N, Qz у межах 3%.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Рис.8. Епюра згинальних моментів | Рис.9. Епюра згинальних моментів Му |

Вплив розміщення по висоті стягля на напружено-деформований стан рами. Для дослідження використовували залізобетонну раму з прольотом 21м та змінним по висоті тавровим перерізом. За напружено-деформованим станом проаналізовано зусилля в тришарнірної та одношарнірної рамах. Розглянуто п’ять варіантів: рама без стягля та чотири варіанти встановлення стягля по висоті, а саме на відмітках +0.000, +1.650, +3.300, та 4.150 (рис.10).



а б в г

Рис.10. Розташування стяглів по висоті рами: а - – стягля на рівні +0.000;

б – стягля на рівні +1.650;в - стягля на рівні +3.300; г - стягля на рівні +4.150

Наведені результати співвідношення величин зусиль, що виникають в елементах рам. Найменши зусилля виникають, коли стягель на рівні +3.300 з трьома шарнірами, що на 44.5% менше за N , на 46.5% менше за My та на 41.5% менше за Qz ніж максимально отриманих. Отже, стягель 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 і 5,7м характер іх роботи має особливості, які пов’язані з іх підвищеною деформативністю. При розрахунковому навантажені для прольотів півригеля 10,5 і 9м вертикальні переміщення гребеневого вузла становлять 260-320мм, а переміщення стояка по горизонталі в гребеневому вузлі - 60-90мм. В результаті значних переміщень змінюється розрахункова схема рами і збільшуються діючі зусилля (М, 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. Розрахунок таких рам потрібно проводити за деформованою схемою з урахуванням геометричної та фізичної нелінійності роботи елемента.

В піврамі з економічним тавровим перерізом елементів поличку тавра розташувують по зовнішньому контуру, а ії ширину призначають з урахуванням поперечної жорсткості рамного каркасу та можливості розташування арматурних стержнів (рис.11). Висоту стінок тавра біля вузла стику ригеля зі стояком визначають розрахунком. При цьому тавровий переріз ригелів і стояків армують двома плоскими каркасами, встановленими перпендикулярно один до одного, стінка таврового перерізу - мінімальної ширини, що веде до значного зменшення маси піврами і економії бетону (рис.11). Бетон - не нижче класу В30. Висоту таврового перерізу ригеля і стояка піврами передбачають змінною. Найбільш навантажені перерізи піврами (карнизний, гребеневий, опорні вузли) передбачують прямокутними.

Існуючі схеми армування карнизних вузлів у піврамах передбачають згин арматурних стержнів розтягнутої зони і перепуск арматурних стержнів стиснутої зони (рис.12,а). Випробування показали, що конструкція рами зруйнувалася в карнизному вузлі внаслідок роздроблення бетону під розтягнутою арматурою і наступним проковзуванням (порушення зчеплення) в зоні прямої ділянки. Розтягуючі зусилля передаються на бетон, що є чинником великого розкриття тріщин.

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. Бетон під арматурним стержнем працює в умовах складного напруженого стану (рис.12,а).

Розроблено та дослідженоспосіб 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’єнують між собою електрозварюванням закладної деталі 3 (рис.12,б).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Рис.11. Суцільна піврама таврового перерізу | Рис.12. Армування вузла з'єднання ригеля  зі стояком: а- гнутими арматурними стержнями; б- за допомогою гнутої закла-дної деталі; 1,2- арматурний каркас; 3- гнута закладна деталь |

Гнута сталева пластина 3 передає навантаження на бетон рівномірно по всій поверхні, не викликаючи концентрації напружень, при цьому виключа-ється необхідність встановлення конструктивної арматури, що ускладнює армування вузла (рис.12,б). Вказаний спосіб армування використаний при розробці конструкції суцільних піврам РЖ таврового перерізу прольотом 21м. Результати випробування показали, що карнизні вузли піврам з гнутою закладною деталлю досить надійні.

Роздільний спосіб армування вузла спряження ригеля зі стояком в суцільних піврамах був використаний в складених піврамах. Вузол спряження ригеля зі стояком піврами розрізаний таким чином, щоб гнута закладна деталь залишалася в тілі бетону ригеля (рис.13). 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.14).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Рис.13. Конструкція з’єднання ригеля  зі стояком піврами: 1-стояк; 2- ригель;  3- арматурні випуски; 4-закладна деталь | Рис.14. Схема армування елементів складеної піврами в зоні їх з’єднання з сітками підсилення |

Таким чином, розрізка у вузлі сполучення ригеля зі стояком, зроблена з метою спрощення технології виготовлення і транспортування складених елементів, призвела до додаткової операції з укрупнювального складання. Разом з тим в Україні застосовують обидва типи залізобетонних піврам - суцільні і складені, які мають свої переваги і недоліки.

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.

Для того, щоб уникнути руйнування вузла сполучення ригеля зі стояком, останній повинний мати розміри гнутої закладної деталі, що задовольняють умові:

*Rb  Aq  > Rs As*  Cos *α/2*, (1)

де: *Aq* - площа проекції закладної деталі на площину, що проходить через її кінці; *Rb* - розрахунковий опір бетону; *Rs* - розрахунковий опір арматури, привареної до гнутої закладної деталі; *As* - площа поперечного перерізу всіх стержнів, приварених до гнутої закладної деталі; *α* - кут згину гнутої закладної деталі.

Розроблена та дослідженановаконструкція рами каркаса будинку за а.с. №1028811, яка містить ригелі і стояки, з'єднані в карнизному вузлі - з уступом сухим стиком і об'єднані в розтягнутій зоні накладкою, а в стиснутій - зварюванням закладних деталей. При цьому арматурні стержні ригеля і стояка в розтягнутій зоні карнизного вузла оголені, а накладка приварена до арматурних стержнів (рис.15). При цьому досягають мінімальної метало-місткості, простоти у виготовленні і монтажі піврам.

Розроблена та досліджена новаконструкція рами каркаса будинку за а.с. №815182. При цьому стояк і ригель спряжені сухим стиком за допомогою випусків робочої арматури стояка у вигляді пучка високоміцного дроту, пропущеного у виїмки стояка і ригеля, що проходить у похилому отворі ригеля і замкнутого анкером, розташованим із внутрішньої сторони ригеля (рис.16). Вузол спряження ригеля зі стояком вирішений 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.

Розроблена та дослідженанова конструкція рами каркаса будинку. Укрупнювальне складання ригеля зі стояком здійснюють за допомогою беззварного стику, шляхом зчеплення між собою шипів, приварених до

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Рис.15. 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.16. 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 |

арматурних стрижнів ригеля і стояка таким чином, що зусилля з одного елемента на іншій передається через торці шипів. Надійність беззварного з’єднання забезпечується за допомогою накладки і болтів (рис.17). У стиснутій зоні карнизного вузла стик утворюють за допомогою зварювання закладних деталей ригеля і стояка та прокладки між ними. При цьому досягається зниження трудомісткості зварювальних робіт.

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 (рис.18).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Рис.17. Беззварний вузол з’єднання ригеля зі стояком: 1-ригель; 2-стояк; 3-робоча арматура ригеля; 4- робоча арматура стояка; 5,6- шипи; 7- два болта з гайкою та шайбою; 8- накладка; 9- закладні деталі; 10- прокладка | Рис.18. Армування складеної піврами:  1-ригель; 2-стояк; 3-продольні робочі арматурні стержні; 4- плоска спіраль |

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 тріщино-стійкість ригелів і стояків.

Розроблена та досліджена нова конструкція рами каркаса будинку за а.с. №1028811. Ригелі рам у гребеневому вузлі спряжені з ексцентриситетом за допомогою прокладок, що центрують, для сприйняття поздовжніх зусиль, а шарнірне з'єднання утворюють за допомогою труб, об'єднаних стержнем (рис.19). Розроблена також нова конструкція гребеневого вузла. Спряження двох торців ригелів піврам виконують за допомогою трьох гнутих елементів – півтруб і відрізка стержня, установлюваного між трьома елементами півтруб (рис.20).

Розроблені робочі креслення і номенклатура 24 марок суцільних і складених піврам РЖ і РЖС таврового перерізу для каркасних будинків шириною 18 і 21м з висотою стійки 3,3 і 3,6м під навантаження ригеля 7,5; 13,5; I6,0 кН/м (рис.21). Піврами типу РЖ і РЖС є найбільш економічними за витратами бетону і сталі при найменшій масі (рис.21).

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Рис.19. Конструкція гребеневого шарніру:1- ригель; 2- стояк; 3- центруючі проклад-ки; 4- відрізки труб; 5– стержень | Рис.20. Гребеневий шарнір залізобетонної рами:1 - півтруби; 2 - відрізок стержня; 3,4- торцеві закладні деталі |

****

Рис.21. Опалубні розміри піврам таврового перерізу

При розробленні номенклатури піврам враховані результати випробувань складених та суцільних рамних каркасів і досвід їх виготовлення. Обидва варіанти рішення залізобетонних конструкцій піврам прийняті для впровадження в сільськогосподарському виробничому будівництві.

**Висновки.** Вирішена актуальна науково - технічна проблема щодо вдосконалення розрахунку та конструювання ефективних залізобетонних рамних каркасів маломатеріаломістких будівель з використанням таврових елементів змінного перерізу.

**1**. Удосконалено методику розрахунку ефективних залізобетонних рамних каркасів прольотом 18 і 21м за міцністю, стійкістю, жорсткістю та тріщиностійкістю з урахуванням деформованої схеми, геометричної та фізичної нелінійності за програмою ПК ЛІРА. Виявлено найбільш економічну таврову форму перерізу ригелів і стояків піврам, спрощено армування піврам та іх 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 маломатеріаломістких будівель економічними за витратами бетону та сталі, за енерговитратами, технологічними у виготовленні.

**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 ригелів в гребеневому вузлі, що підтверджено а.с. на винахід, розробленою робочою документацією 24 марок суцільних і складених піврам РЖ і РЖС таврового перерізу для каркасних будинків прольотом 18 й 21м із кроком 6м і висотою стояка 3,3 й 3,6м 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 гнутої 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.

**Список використаних джерел**

1. Першаков В.М. Каркасні будинки з тришарнірних залізобетонних рам: Монографія / В. М. Першаков –К.: Книжкове видавництво НАУ. –2007. - 301с.

Розроблені та досліджені нові конструктивні рішення ефективних залізобетонних рам змінного перерізу та іх вузлів на рівні винаходів, удосконалений і впроваджений комплекс методик з експериментально - теоретичного дослідження, розрахунку міцності, стійкості, жорсткості та тріщиностійкості, визначення ефективних розмірів рам таврового змінного перерізу, що дозволяє проектувати залізобетонні конструкції маломатеріаломістких будівель, знизити витрати бетону, металу та експлуатаційні витрати. Ключеві слова: ефективні конструкції, залізобетонні рами, каркаси, стояки, ригелі, маломатеріаломісткість будівлі, міцність, стійкість, жорсткість, тріщиностійкість, тавровий змінний переріз.

Разработаны и исследованы новые конструктивные решения эффективных железобетонных рам переменного сечения и их узлов на уровне изобретений, уточнено и внедрено комплекс методик по экспериментально – теоретическому исследованию, расчету прочности, устойчивости, жесткости и трещиностойкости, нахождения эффективных размеров рам таврового переменного сечения, что позволяет проектировать железобетонные конструкции маломатериалоёмных зданий, снизить росходи бетона, металла и эксплуатационные затрати. Ключевые слова: эффективные конструкции, железобетонные рамы, каркасы, стойки, ригели, малоенергоёмные здания, прочность, устойчивость, жосткость, трещиностойкость, тавровое переменное сечение.

New constructive solutions of effective reinforced concrete frames of variable section and their units have been developed as inventions. There have been improved and introduced a variety of techniques of experimental and theoretical research, calculation for durability, stability, rigidity and crack resistance as well as determining effective sizes of I-section frames, which allows for designing reinforced concrete structures of low power-intensive buildings, reducing concrete and metal consumption as well as operational costs. Key words: effective structures, reinforced concrete frames, skeletons, bars, girders, low power-intensive buildings, durability, stability, rigidity, crack resistance, I-section.

**Відомості про автора**

**Першаков Валерій Миколайович** (1943) закінчив Казахський політехнічний інститут (1966). Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри реконструкції аеропортів та автошляхів Інституту аеропортів Національного авіаційного університету. Напрям наукової діяльності – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Тел. роб. 406-72-89, дом. 270-09-51, моб. 068-352-19-43

E-mail: [pershakov@nau.edu.ua](mailto:pershakov@nau.edu.ua)

**Першаков Валерий Николаевич** (1943) окончил Казахский политехнический институт (1966). Кандидат технических наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры реконструкции аэропортов и автодорог Института аэропортов Национального авиационного университета . Направление научной деятельности – строительные конструкции, здания и сооружения.

**Pershakov Valery N.** (1943) graduate from the Kazakhstan Polytechnic Institute (1966). Candidate of Sciens (Engineering), senior scientific officer, professor of the department of reconstruction airports and headway Institute of airports at the National Aviation University. Direction of scientific activity – building constructions, buildings and constructions.