

УДК 725

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНКІВ СКЛАДНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ РАМ БУДІВЕЛЬ

Г.М. Іванченко¹,
д-р техн. наук, професор

Г.В. Гетун¹,
канд. техн. наук, доцент

І.С. Безклубенко¹,
канд. техн. наук, доцент

А.В. Соломін²,
канд. фіз.-мат. наук, доцент

¹*Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський просп., 31, м. Київ, Україна.03680*

²*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського», проспект Перемоги, 37, м. Київ, Україна.03056*

DOI: 10.32347/2410-2547.2023.110.108-117

У статті розглянуті та систематизовані несучі конструктивні системи будівель із складними об'ємно-планувальними конфігураціями з урахуванням конструктивних рішень, структурування навантажень та напружених станів. Проаналізовані особливості сприйняття навантажень та їх раціональний розподіл між конструктивними елементами каркасних будівель із складними об'ємно-планувальними рішеннями. Наведені основні конструктивні схеми складних рам, схеми їх деформацій та епюри моментів від впливів вертикальних і горизонтальних навантажень. У роботі відтворена сучасна практика попередніх наближених розрахунків орієнтовних розмірів перерізів конструкцій рам каркасних будівель для можливості подальшого збирання навантажень і виконання уточнених розрахунків з використанням сучасних розрахункових програмних комплексів.

Запропонована методика моделювання характеру роботи складних рам каркасних будівель та узгодження їх об'ємно-планувальних, конструктивних і розрахункових систем буде корисною дослідникам, архітекторам та інженерам-конструкторам під час проєктування нових типів будівель з урахуванням їх експлуатації в надзвичайних умовах.

Ключові слова: будівля, об'ємно-планувальне рішення, каркасна система, рама, стояк, ригель, схема деформацій, навантаження, епюра моментів, вузли залізобетонних рам.

Постановка проблеми і аналіз попередніх досліджень.

Проєктування сучасних будівель із складними об'ємно-планувальними рішеннями потребують злагодженої роботи архітекторів та інженерів-конструкторів. На першому етапі проєктування архітектори розробляють об'ємно-планувальні рішення будівель, призначають їх основні габаритні розміри, викреслюють плани і розрізи, узгоджують з інженерами-конструкторами конструктивні системи і схеми, вибирають матеріали основних несучих конструкцій та призначають їх орієнтовні розміри для збирання навантажень і виконання подальших статичних розрахунків.

Несучі системи будівель із складними об'ємно-планувальними конфігураціями з урахуванням конструктивних рішень, структурування навантажень та напружених станів поділяють на види [2, 13]:

- **активні за перерізом основних несучих конструкцій**, системи з жорстких, масивних лінійних елементів або панелей, в яких зміни напрямлень внутрішніх сил відбуваються в результаті мобілізації сил зрізування – це будівлі з несучими стінами, із стовбурами жорсткості, оболонкові «tube», каркасні з рамними конструктивними схемами. Елементи таких систем працюють переважно на згинання, а зовнішні навантаження компенсуються нормальними і дотичними напругами, що виникають в їх поперечних перерізах;

- **активні за вектором**, ґратчасті системи з коротких, жорстких прямолінійних елементів (стрижнів), що працюють на осьові зусилля (стискання або розтягування), в яких зміна і перерозподіл зовнішніх навантажень (перетворення їх у внутрішні напруги) відбувається в результаті векторного розділення на велику кількість елементів розташованих в напрямках сил стискання або розтягування – це каркасні будівлі з рамно-зв'язковими та зв'язковими схемами каркасів;

- **активні за поверхнею**, системи поверхонь деформованих на згинання але жорстких на стискання, розтягування і зрізання, в яких зміна напрямлень сил відбувається завдяки опорам матеріалів поверхонь та їх оптимальних форм, – це пластинчасті, складчасті та оболонкові несучі конструкції;

- **активні за формою**, системи з гнучких або жорстких матеріалів, конструкції яких працюють на одноосьове напруження (стиснуті або розтягнуті), а перерозподіл зовнішніх навантажень у внутрішні напруги відбувається завдяки наданню раціональної форми та її стабілізації (рівноваги), – це будівлі з просторовими розпірними несучими конструкціями покриттів у вигляді жорстких оболонок, висячі (вантові або мембранні), тентові та пневматичні;

- **активні за висотою**, системи, в яких зміни напрямлень зовнішніх сил визначаються висотою, тобто акумуляцією і передачею на ґрунтові основи горизонтальних сил – це висотні будівлі каркасної, стовбурної та оболонкової «tube» конструктивних систем;

- **гібридні** (комбіновані), системи в яких зміна напрямлень зовнішніх сил відбувається завдяки взаємодіям (накладанням або стикуванням) двох або більше конструктивних рішень будівель з різними складними об'ємно-планувальними рішеннями і системами покриттів.

Таким чином, основною функцією несучих конструкцій будівель є сприйняття навантажень та їх раціональний розподіл між елементами. У зв'язку з підпорядкуванням роботи несучих конструкцій законам опору матеріалів і будівельної механіки, в основу їх систематизації (ідентифікації, структуризації та розкриття змісту) у першу чергу закладається принцип роботи, тобто механізм, який чинить опір зовнішнім навантаженням і впливам. Загальна класифікація конструктивних систем каркасних будівель ґрунтується на урахуванні роботи

несучих конструкцій у одному або двох напрямках, а тому їх поділяють на **площинні** та **просторові**.

Площинними є системи будівель, в яких осі всіх елементів (включаючи опорні) та лінії впливів зовнішніх сил лежать в одній площині. З геометричної точки зору площинні системи будівель поділяють на дискретні, що складаються з окремих і по різному скріплених елементів (стрижнів), і континуальні, в яких один розмір суттєво малий у порівнянні з двома іншими (плити, стовбури жорсткості, оболонки «tube»). **Дискретні системи** називають шарнірно-стрижневими, якщо з'єднання всіх елементів здійснюється за допомогою ідеальних шарнірів, або стрижневими – за наявності комбінованих або жорстких з'єднань елементів.

У будівельній практиці плоскі системи каркасних будівель не використовуються в ізольованому вигляді, тоді як **розрахункові схеми** багатьох реальних систем є **плоскими**. Наприклад, кроквяні ферми покриттів, з'єднані між собою прогонами і вітровими в'язями, в дійсності є просторовими системами, хоча розрахунковими схемами в таких випадках є плоскі ферми.

Рамами називають площинні, безрозпірні та розпірні, геометрично незмінні конструкції будівель, складовими елементами яких є вертикальні стояки і горизонтальні ригелі, жорстко з'єднані між собою у вузлах.

Плоскі розпірні рами нежитлових будівель можуть бути однопрогоновими (портальними), які називають простими (рис. 1 (а)), багатопрогоновими (рис. 1 (б)), багатоповерховими (рис. 1 (в)) і складними (рис. 1 (г)) [2, 10]. Матеріалом для рам може бути залізобетон, метал або дерево.

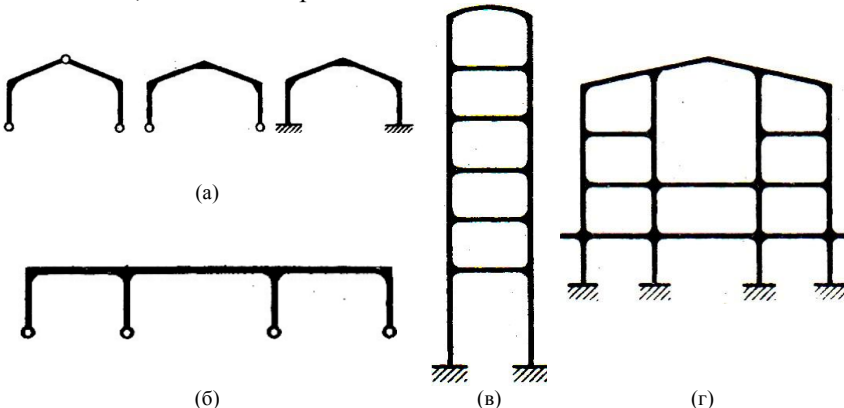


Рис. 1. Схеми рам: (а) – прості (тришарнірна, двошарнірна і безшарнірна); (б) – багатопрогонова; (в) – багатоповерхова; (г) – складна

Поперечні перерізи елементів плоских розпірних рам можуть формуватися із суцільностінчастих елементів або з наскрізних (гратчастих).

Основною конструктивною особливістю рам є наявність вузлів, в яких сходяться під кутами ригелі та стояки, а тому в системі силових впливів на рами відчутну роль відіграють згинальні моменти. Для створення розрахункових схем складних рам їх ригелі (прямі, ламані, криволінійні) можна уявити у вигляді балок, які пружно затиснуті кінцями в стояках. Ступінь такого затиснення може бути різною – від повного затиснення до вільного спірання. Вона визначається співвідношенням так званих погонних жорсткостей елементів рам:

$$k = I_p / l_p : I_c / l_c, \quad (1)$$

де індекси «р» і «с» означають відповідно ригель і стояк рами.

Параметр k в усіх випадках є визначаючим фактором для знаходження вузлових моментів. Наприклад, при $k \rightarrow 0$ ригель можна розглядати як балку, повністю затиснуту кінцями; при $k \rightarrow \infty$ – як балку, що вільно сперта. Звідси можна зробити висновок, що при завантаженні ригеля момент в карнизному вузлі простої рами ніколи не може бути більшим від величини опорного моменту повністю затиснутої балки $q l^2/12$, а момент у прогоні – величини моменту балки, яка вільно спирається на опори $q l^2/8$.

Основне дослідження. Основою сучасних багатоповерхових будівель в Україні є залізобетонні багатоповерхові, багатопрогонові та складні рами (рис. 1 (б), (в), (г)) [1, 10]. Такі рами складаються з ряду стояків, жорстко з'єднаних у вузлах з ригелями. Складні рами можуть бути плоскими із збірного залізобетону – тоді поздовжня стійкість будівлі забезпечується системою в'язів, або просторовими з монолітного залізобетону – тоді ригелі розташовуються в двох напрямках (рис. 2).

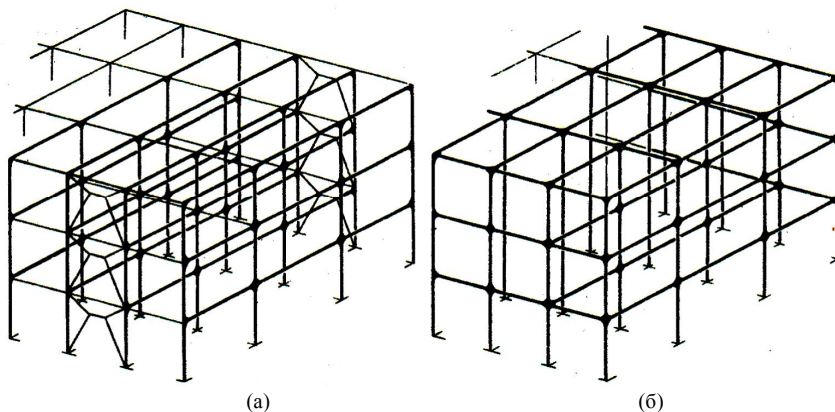


Рис. 2. Конструктивні схеми багатоповерхових, багатопрогонових рам:
(а) – плоска з в'язями; (б) – просторова

Під впливом навантажень елементів складних рам вузлові моменти передаються всім ригелям і стоякам будівлі, які сходяться у вузлах, а від них – сусіднім прогонам та поступово загувають. Це відбувається тому, що вузли рам жорсткі, а їх повороти, під впливом вузлових моментів на деякий кут φ ,

викликають відповідні повороти всіх елементів складних рам (стояків і ригелів), які сходяться в таких вузлах (рис. 3) [5, 9].

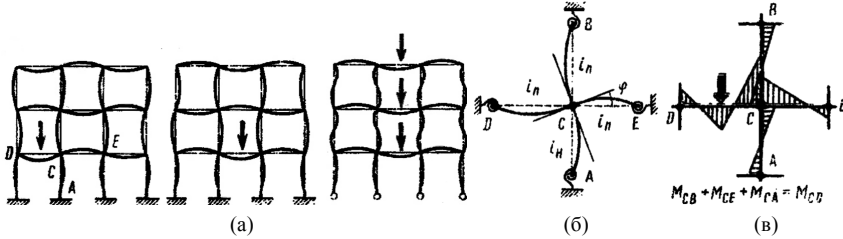


Рис. 3. Схеми деформацій та епора моментів складних рам від вертикальних сил: (а) – загальні схеми деформацій; (б) – деформації елементів, які сходяться в кутах; (в) – епора згинальних моментів

Статичні розрахунки складних рам на впливи вертикальних і горизонтальних навантажень виконуються з урахування найнесприятливіших сполучень навантажень і впливів [6, 7, 8]. Для збирання навантажень від власної ваги конструкцій будівель необхідно спочатку вибрати матеріали основних несучих конструкцій і призначити попередні розміри поперечних перерізів їх елементів. А тому в реальному проектуванні будівель перед виконанням уточнених розрахунків конструкцій будівель з використанням комп'ютерних програм «ЛІРА», «SCAD», «Revit» спочатку здійснюють наближені розрахунки, основне призначення яких полягає в попередньому визначенні перерізів елементів рам, і складають загальне уявлення про характер роботи рам в залежності від їх об'ємно-планувального та конструктивного рішення в цілому.

Розрахунок складних рам на вертикальні навантаження. Ригелі розраховують як нерозрізні балки без урахування з'єднання із стояками. Орієнтовні величини моментів ригеля при рівномірному розподіленні навантаження q : біля опор – $ql^2/16$, в середніх прогонах – $ql^2/16$, в крайніх прогонах – $ql^2/12$.

Моменти в стояках приймають рівними:

- для середніх стояків

$$M_{\text{ср}} = \beta_1 M_{\text{оп}}; \quad (2)$$

- для крайніх стояків

$$M_{\text{кр}} = \beta_2 M_{\text{оп}}^0; \quad (3)$$

де $M_{\text{оп}}$ – момент в ригелі над стояком; $M_{\text{оп}}^0$ – опорний момент в балці із затиснутими кінцями; β_1 і β_2 – коефіцієнти, які залежать від співвідношення погонних жорсткостей ригеля (i_p) і стояка (i_c); $\beta_1 = 0,1$ і $\beta_2 = 0,2$ при $i_p/i_c = 4$; $\beta_1 = 0,2$ і $\beta_2 = 0,33$ при $i_p/i_c = 1$.

Для попереднього призначення величин погонних жорсткостей (1) елементів багатопверхових рам використовують наступні наближені формули:

висота залізобетонного ригеля $h = 1,8(M/bR_b)^{1/2}$, де $M = (0,6 \dots 0,7) M_6$ (M_6 – «балочний» момент згинання ригеля); момент інерції залізобетонного ригеля $I = 0,5 b (M/bR_b)^{3/2}$, де b – розрахункова ширина ригеля);

момент інерції сталевого ригеля $I = M l / (32 R)$ при розрахунках на міцність або $I = M l / [8000 (f/l) R]$ при розрахунках на згинання.;

площа перерізу залізобетонного стояка $A \approx (1,2 \dots 1,5) N / R_b$, де N – максимальна повздовжня сила.

Розрахунок складних рам на горизонтальні навантаження (рис. 4). Найхарактернішими горизонтальними навантаженнями для рам є вітрові впливи. Вони складаються з активного тиску з навітрених боків будівель і пасивного (відсмоктування) – з підвітрених боків. Ці вітрові впливи сумуються і зосереджуються у вузлах навітрених боків рам (рис. 4 (а)). Місцевим згинанням стояків зазвичай нехтують через їх невеликі величини.

В основі наближених розрахунків складних рам на горизонтальні навантаження лежить припущення, що нульові точки згинання стояків всіх поверхів (крім нижніх і верхніх) розташовуються в середині їх висот (рис. 4 (б)). Горизонтальні сили, які діють у рівнях ригелів, розподіляють між стояками пропорційно до їх погонних жорсткостей. Тоді поперечна сила Q_n , яка прикладається до будь-якого стояка, буде дорівнювати

$$Q_n = i_n \sum W / \sum i, \quad (4)$$

де $\sum W$ – сума всіх горизонтальних сил, прикладених до рам вище рівня, який розглядається; i_n – погонна жорсткість n -ого стояка, який розглядається; $\sum i$ – сума погонних жорсткостей стояків поверху будівлі.

Моменти згинання в стояках складних рам дорівнюють

$$M_n = Q_n a, \quad (5)$$

де a – віддалення вузла від уявленого шарніра (для стояків всіх поверхів, крім першого, $a = 0,5 h$; для верхніх вузлів затиснутих стояків перших поверхів $a = 0,4 h$; для нижніх – $a = 0,6 h$; для верхніх вузлів шарнірно спертих стояків $a = h$).

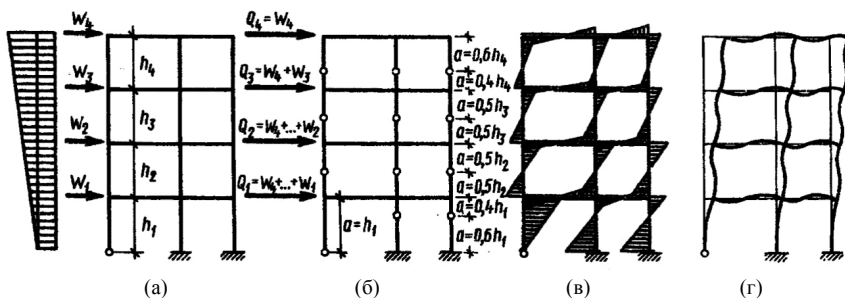


Рис. 4. Горизонтальні сили, прикладені до складних рам (вітровий тиск): (а) – епюра вітрового тиску та вузлові навантаження; (б) – вітрові навантаження, які нарастають; (в) – епюра згинальних моментів M ; (г) – схема деформацій рами

Моменти на кінцях ригелів складних рам знаходять, виходячи з припущення рівноваги вузлів. В крайніх вузлах вони дорівнюють сумі моментів стояків, в середніх – розподіляються пропорційно до погонних жорсткостей лівих і правих ригелів. В багатоповерхових будівлях з технічними поверхами, несучими конструкціями яких є безрозкісні ферми, останні можна розглядати як ригелі складних рам (рис. 5) [2, 5, 9].

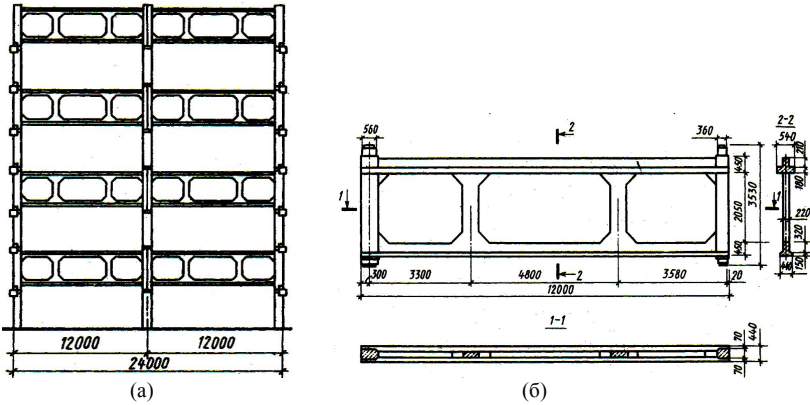


Рис. 5. Багатоповерхова будівля з технічними поверхами: (а) – схема розрізу; (б) – креслення збірної залізобетонної безрозкісної ферми

Приклади вузлів стикування ригелів із стоякамискладних рам каркасних будівель з монолітного і збірного залізобетону показані на рис. 6.

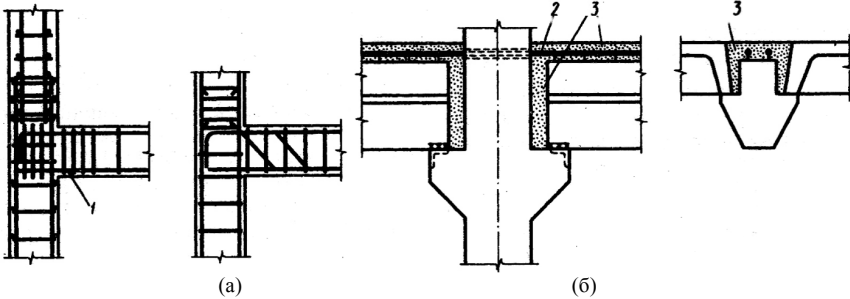


Рис. 6. Вузли стикування ригелів із стояками складних залізобетонних рам каркасних будівель: (а) – монолітний; (б) – збірний;
1 – арматурний каркас; 2 – опорний стояк; 3 – зона бетонування

Проектування, будівництво і експлуатація каркасних будівель із складними об'ємно-планувальними рішеннями в Україні пов'язані з необхідністю врахування додаткових особливих навантажень і впливів, а саме: сейсмічних, у складних інженерно-геологічних умовах, впливів від ракетних і артилерійських обстрілів, бомбардувань, вибухів, вибухових хвиль (в умовах війни з Росією), які треба враховувати при попередніх наближених розрахунках складних рам на горизонтальні навантаження [3, 4, 11].

Висновки і перспективи подальших досліджень

Висновки. В статті розглянуті можливі варіанти конструктивних і розрахункових схем каркасних будівель із складними об'ємно-планувальними рішеннями та моделювання їх розрахункових схем. Запропонована методика наближених розрахунків поперечних перерізів елементів складних залізобетонних рам каркасних будівель на

сприйняття вертикальних і горизонтальних навантажень для забезпечення злагодженої роботи архітекторів та інженерів-конструкторів, можливості подальшого збирання навантажень для виконання уточнених розрахунків з використанням сучасних розрахункових програмних комплексів. Використання вказаної методики дозволить покращити характеристики надійності багатопверхових будівель із складними об'ємно-планувальними рішеннями та сприймати додаткові навантаження в умовах їх експлуатації в надзвичайних ситуаціях без руйнування основних несучих конструкцій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гетун Г.В., Криштоп Б.Г. Багатопверхові каркасно-монолітні житлові будинки: Навчальний посібник / Гетун Г. В., Криштоп Б. Г. – К.: КОНДОР, 2005. – 220 с.
2. Гетун Г.В., Куліков П.М., Плоский В.О., Чернишев Д.О. Конструкції будівель і споруд. Книга 2. Нежитлові будівлі. Підручник для вищих навчальних закладів / Гетун Г.В., Куліков П.М., Плоский В.О., Чернишев Д.О. – Кам'янець-Подільський: Друкарня «Рута», 2023 р. – 900 с.
3. Гетун Г.В., Буценко Ю.П., Баліна О.І., Безклубенко І.С., Соломін А.В. Дифузійні процеси з накопичувальними характеристиками при експлуатації будівель // Опір матеріалів і теорія споруд. – КНУБА, 2019. – Вип. 102. - С. 243-251.
4. Getun G., Butsenko Y., Labzhinsky V., Balina O., Bezklubenko I., Solomin A. Situation forecasting and decision-making optimization based on using markov finite chains for areas with industrial pollutions // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles. – К.: KNUBA, 2020. – Issue 104. – P. 166-176.
5. Голосов В. Н., Ермолов В. В., Лебедев Н. В. и др. Инженерные конструкции: Учебник для вузов / Голосов В. Н., Ермолов В. В., Лебедев Н. В. И др. под общ. ред. Ермолова В. В. – М.: Высшая школа, 1991. – 408 с.: ил.
6. ДБН В.1.2-2:2006. Технічні норми, правила і стандарти. Загальнотехнічні вимоги до життєвого середовища та продукції будівельного призначення. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. *Навантаження і впливи. Норми проектування.* – К.: Мінбуд України, 2007. – 60 с.
7. ДБН В.2.6-98:2009. Технічні норми, правила і стандарти. Об'єкти будівництва та промислової продукції будівельного призначення. Конструкції будинків і споруд. *Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення.* – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
8. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Технічні норми, правила і стандарти. Об'єкти будівництва та промислової продукції будівельного призначення. Конструкції будинків і споруд. *Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування.* – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с.
9. Куліков П.М., Плоский В.О., Гетун Г.В. Архітектура будівель та споруд Книга 5. Промислові будівлі: Підручник для вищих навчальних закладів / Куліков П. М., Плоский В. О., Гетун Г. В. – Кам'янець-Подільський: Видавництво «Ліра-К», Друкарня «Рута», 2020 р. – 820 с.: іл.
10. Куліков П.М., Плоский В.О., Гетун Г.В. Конструкції будівель і споруд Книга 1: Підручник для вищих навчальних закладів / Куліков П. М., Плоский В. О., Гетун Г. В. – Кам'янець-Подільський: Видавництво «Ліра-К», Друкарня «Рута», 2021 р. – 880 с.: іл.
11. Lizunov P.P., Nedin V.O. The stability of rotating rods under the action of vibro-impact load // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-&Technical collected articles. – Kyiv: KNUBA, 2021. – Issue 106. – P. 113-121.
12. Пономарев В.А. Архитектурное конструирование: Учебник / Пономарев В. А. – М.; Архитектура-С, 2008. – 736 с.
13. Энгель Х. Несущие системы: учебное издание / ХайноЭнгель. – М.: АСТ Астрель, 2007. – 344 с.

REFERENCES

1. *Getun G.V., Kryshptov B.G.* Multi-story frame-monolithic residential buildings: Study guide / Getun G.V., Kryshptov B.G.– K.: KONDOR, 2005. – 220 p.
2. *Getun G. V., Kulikov P. M., Plosky V. O., Chernyshev D. O.* Structures of buildings and structures. Book 2. Non-residential buildings. Textbook for higher educational institutions / Getun G. V., Kulikov P. M., Plosky V. O., Chernyshev D. O. –Kamianets-Podilskyi: «Ruta», 2023 – 900 p.
3. *Getun G.V., Butsenko Y., Balina O., Bezklubenko I., Solomin A.* Дифузійні процеси з накопичувальними характеристиками при експлуатації будівель // Strength of materials and theory of structures. – 2019. – Issue 102, p. 243-251.
4. *Getun G.V., Butsenko Y., Labzhinsky V., Balina O., Bezklubenko I., Solomin A.* Situations forecasting and decision-making optimization based on markovs finite chains in areas with industrial pollutios. // Strength of materials and theory of structures. – 2020. – Issue 104, p. 164-174.
5. *Golosov V.N., Ermolov V.V., Lebedev N.V. and others.* Engineering constructions: Textbook for universities / Golosov V.N., Ermolov V.V., Lebedev N.V. and others. community ed. Ermolova V. V. –M.: Higher School, 1991. – 408 p.
6. *DBN V.1.2-2:2006.* Technical regulations, rules and standards. General technical requirements for the living environment and construction products. The system for ensuring the reliability and safety of construction objects. Loads and influences. Design standards. – K.: Ministry of Construction of Ukraine, 2007. – 60 p.
7. *DBN V.2.6-98:2009.* Technical regulations, rules and standards. Construction objects and industrial products for construction purposes. Structures of buildings and structures. Concrete and reinforced concrete structures. Substantive provisions. – K.: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2011. –71 p.
8. *DSTU B V.2.6-156:2010.* Technical regulations, rules and standards. Construction objects and industrial products for construction purposes. Structures of buildings and structures. Concrete and reinforced concrete structures made of heavy concrete. Design rules. – K.: Ministry of Regional Construction of Ukraine, 2011. – 118 p.
9. *Kulikov P. M., Plosky V. O., Getun G. V.* Architecture of buildings and structures Book 5. Industrial buildings: Textbook for higher educational institutions / Kulikov P. M., Plosky V. O., Getun G. V. –Kamianets-Podilskyi: «Lira-K», «Ruta», 2020 – 820 pp.: il.
10. *Kulikov P. M., Plosky V. O., Getun G. V.* Constructions of buildings and structures Book 1: Textbook for higher educational institutions / Kulikov P. M., Plosky V. O., Getun G. V. – Kamianets-Podilskyi: «Lira-K», «Ruta», 2021 – 880 pp.: il.
11. *Lizunov P., Nedin V.* The stability of rotating rods under the action of vibro-impact load. – 2021. – Issue 106, p. 113-121.
12. *Ponomarev V. A.* Architectural design: Textbook / Ponomarev V. A. – M.; Architecture-S, 2008. – 736 p.
13. *Engel H.* Bearing systems: educational edition / Haino Engel. – M.: AST Astrel, 2007. – 344 p.

Стаття надійшла 12.03.2023

Ivanchenko G.M., Getun G.V., Bezklubenko I.S., Solomin A.V.

FEATURES OF DESIGN AND CALCULATIONS OF COMPLEX REINFORCED CONCRETE FRAMES OF BUILDINGS

The article considers and systematizes the load-bearing structural systems of buildings with complex space-planning configurations, taking into account design solutions, structural loading and stress states. The features of the perception of loads and their rational distribution between the structural elements of frame buildings with complex space-planning solutions are analyzed. The main structural schemes of complex frames, schemes of their deformations and plots of moments under the influence of vertical and horizontal loads are introduced. The paper reflects the modern practice of preliminary approximate calculations of the approximate dimensions of the sections of frame structures of frame buildings for the possibility of further collecting loads and performing refined calculations using modern calculation software systems.

The proposed method for modeling the nature of the work of complex frames of frame buildings and coordinating their space-planning, design and calculation systems will be useful for researchers, architects and design engineers during the design of new types of buildings, taking into account their operation under emergency conditions.

Keywords: building, space-planning solutions, frame system, frame, riser, crossbar, deformation scheme, load, moment diagram, reinforced concrete frame units.

УДК 725

Ivanchenko G.M., Getun G.V., Bezklubenko I.S., Solomin A.V. Особливості конструювання та розрахунків складних залізобетонних рам будівель // Опір матеріалів і теорія споруд: наук.-тех. збірн. – К.: КНУБА, 2023. – Вип. 110. – С. 108-117.

Табл. 0. Іл. 6. Бібліогр. 13 назв.

UDC 725

Ivanchenko G.M., Getun G.V., Bezklubenko I.S., Solomin A.V. Features of design and calculations of complex reinforced concrete frames of buildings // Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-&-Technical collected articles. – Kyiv: KNUBA, 2023. – Issue 110. – P. 108-117.

Tabl. 0. Fig. 6. Ref. 13.

Автор (вчена ступінь, вчене звання, посада): доктор технічних наук, професор кафедри будівельної механіки КНУБА, ІВАНЧЕНКО Григорій Михайлович

Адреса робоча: 03680 Україна, м. Київ, Повітрофлотський проспект 31, Київський національний університет будівництва і архітектури, Іванченко Григорію Михайловичу

Робочий телефон+38(044)245-44-32

E-mail: ivgm61@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1172-2845>

Автор (вчена ступінь, вчене звання, посада): кандидат технічних наук, професор кафедри архітектурних конструкцій КНУБА, ГЕТУН Галина В'ячеславівна

Адреса робоча: 03680 Україна, м. Київ, Повітрофлотський проспект 31, Київський національний університет будівництва і архітектури, ГЕТУН Галині В'ячеславівні

Робочий телефон+38(044)245-44-32

E-mail: GalinaGetun@ukr.net

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3317-3456>

Автор (вчена ступінь, вчене звання, посада): кандидат технічних наук, доцент кафедри ПППМ КНУБА, БЕЗКЛУБЕНКО Ірина Сергіївна

Адреса робоча: 03680 Україна, м. Київ, Повітрофлотський проспект 31, Київський національний університет будівництва і архітектури, БЕЗКЛУБЕНКО Ірині Сергіївні

Робочий телефон+38(044)245-04-02

Мобільний телефон. +38(066)794-01-84

E-mail: i.bezklubenko@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9149-4178>

Автор (вчена ступінь, вчене звання, посада): кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри біобезпеки і здоров'я людини НТТУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського, СОЛОМІН Андрій Вячеславович

Адреса робоча: 03056 Україна, м. Київ, проспект Перемоги 37, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», СОЛОМІНУ Андрію Вячеславовичу

Робочий телефон+38(044)236-79-89

Мобільний телефон+38(050)927-10-63

E-mail: andr-sol@i.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5226-8813>