

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ РОЗПОДІЛУ ТЕМПЕРАТУР НА ПОВЕРХНІ БЕТОНУ ПІД ВПЛИВОМ ТОЧКОВОГО КОРОТКОТЕРМІНОВОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

© Кархут І.І., Була С.С., 2004

Описано дослідження щодо вивчення форми епюри та швидкості поширення температури на поверхні бетону під впливом точкового короткотермінового температурного навантаження. Розв’язання цієї задачі необхідно для визначення напружено-деформованого стану споруди від дії на нього особливих навантажень від стаціонарного устаткування. Реєстрацію температури проводили за допомогою термокамери та програмного забезпечення “Infrared Solution Snap View 2.1”.

The article is devoted to the investigations connected with the definition the shape and velocity of expending temperature during high-temperature point loading at concrete surface. Due to the decreasing of technological crashes caused by especial temperature loading from equipment to the structures, the problem of definition the internal intentions in building has to be solved. The temperature registration was provided by infrared camera software complex “Infrared Solution Snap View 2.1”.

Вступ. Оцінка напружено-деформованого стану конструкцій під впливом особливих навантажень є важливою в контексті визначення їх вогнестійкості та міцності. До особливих навантажень належать такі, що спричинені різкими порушеннями технологічного процесу, пошкодженням устаткування або футерування конструкцій, місцеве нагрівання при руйнуванні футерування, аварійне підвищення технологічної температури.

Розподіл температури в конструкціях визначається теоретично за допомогою розв’язання задач теплопровідності, або практично – за допомогою експериментальних досліджень.

Метою цього дослідження є вивчення розподілу температур у бетоні експериментально від точкового короткотермінового температурного навантаження.

Методика проведення досліджень. Випробування здійснювали в лабораторії НДЛ-23 кафедри БКМ. Випробування проводили на кубах з ребром 70 мм бетону класу В 10, що виготовлялися у металевій опалубці за заводською технологією. Випробовувалися зразки двох серій – у сухому та водонасиченому стані. У кожній серії по 2 зразки. Висушували зразки у термокамері при температурі 105 °С, до моменту, коли покази останніх двох зважувань кубів не відрізнялися. Водонасичення зразків проводили за нормованою методикою з дня розпалублення до моменту випробувань.

Для виготовлення зразків використовували такі матеріали:

- портландцемент М400 Миколаївського заводу – 200 кг/м³;
- щебінь гранітний фракцій 5–20 мм Рокосовського кар’єру Закарпатської обл. – 1300кг/м³;
- пісок кварцовий річковий Тростянецького кар’єру Львівської обл. – 785кг/м³;
- вода–80 л/м³.

Точкове високотемпературне нагрівання створювали за допомогою променя CO₂ лазера ІЛГН-703, потужністю 30 мВт. Час опромінення становив 3 хв. Відстань від лазера до поверхні зразка становила 20 см. Фіксували температуру на поверхні зразків за допомогою інфрачервоної камери з обробкою результатів за допомогою програмного забезпечення Infrared Solution Snap View 2.1. Знімання поверхні зразка проводилось кожні 15 с, протягом 5 хв (3 хв – нагрівання, 3 хв – охолодження зразка). Результати знімання отримано у зручній для обробки формі – у вигляді

растрових зображень достатньої точності (1 піксель відповідає 6,25 мм²). Отже, можна отримати “сітку” значень температур на поверхні куба, кожна комірка якої фіксує температуру на площі 2.5×2.5 мм. При стороні куба 70 мм розміри такої сітки становитимуть 28×28 комірок (див. рис. 1).

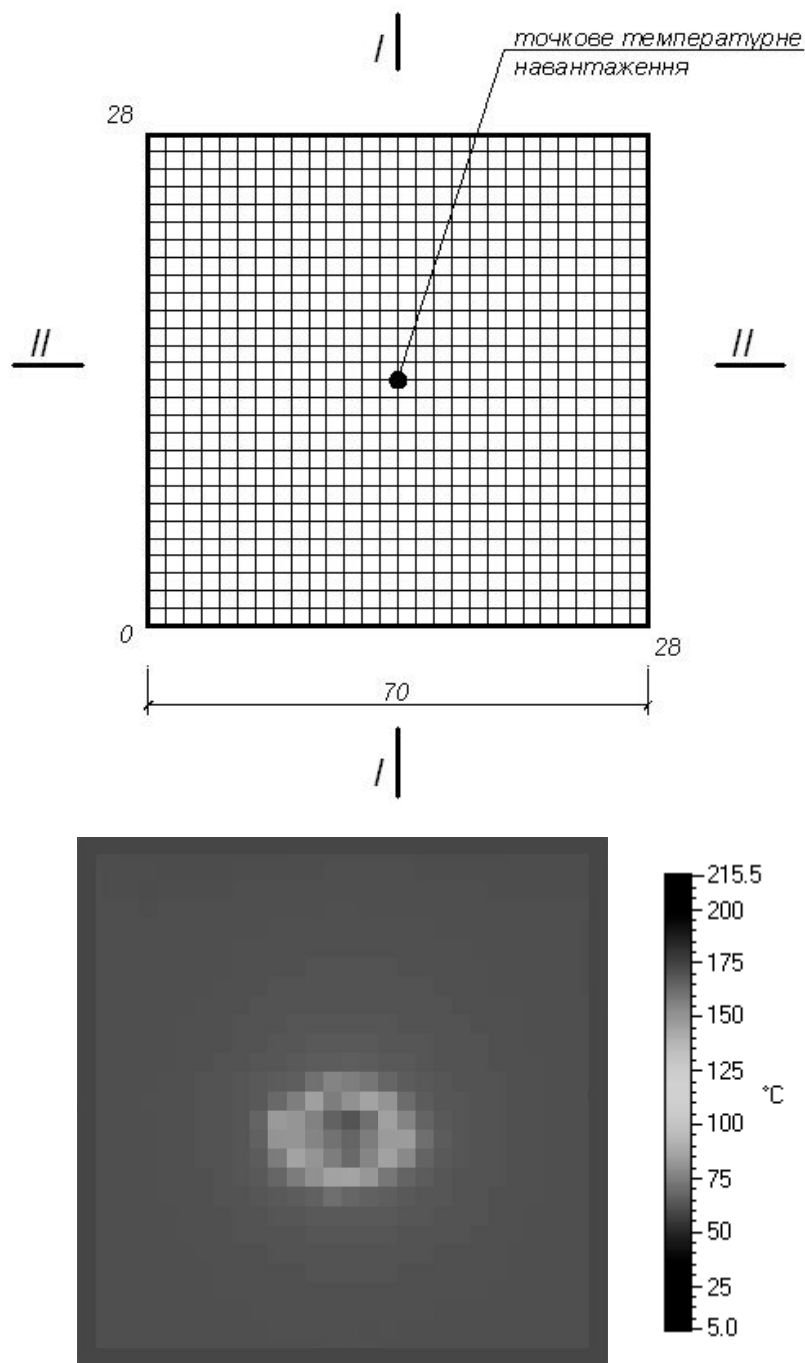


Рис. 1. Поділ куба на пікселі та температурне поле на поверхні зразка на першій хвилині охолодження

На рис. 1 також проілюстровано форму подачі результатів знімання інфрачервоною камерою – кольорове зображення зразка в палітрі кольорів, що відповідають певному діапазону температур.

Програма проведення дослідження передбачала випробування зразків різної вологості для порівняння розповсюдження температурних полів на поверхні зразків і швидкості їх поширення.

Очевидно, що при даній методиці зміну температури в часі можна дослідити в будь-якій точці зразка. Найзручніше це зробити для точки прикладання температури – в місці температурного екстремуму. У табл. 1 вказані максимальні значення температури на поверхні зразка. За їх середньоквадратичними значеннями були складені діаграми зміни температури в часі (рис. 2 та 3).

Таблиця 1

Максимальні значення температури на поверхні зразка, °С

	тривалість температурного навантаження, сек.						
	0,01	60	120	180	240	300	360
Серія I	вологість 0 %						
Зразок № 1	437.50	433.58	438.00	413.80	299.56	131.40	35.30
Зразок № 2	438.68	438.68	438.68	438.68	155.76	108.35	26.40
Серія II	вологість 100 %						
Зразок № 1	438.68	438.68	438.68	438.68	376.03	179.50	22.65
Зразок № 2	438.68	438.68	438.68	433.79	227.66	109.47	20.57

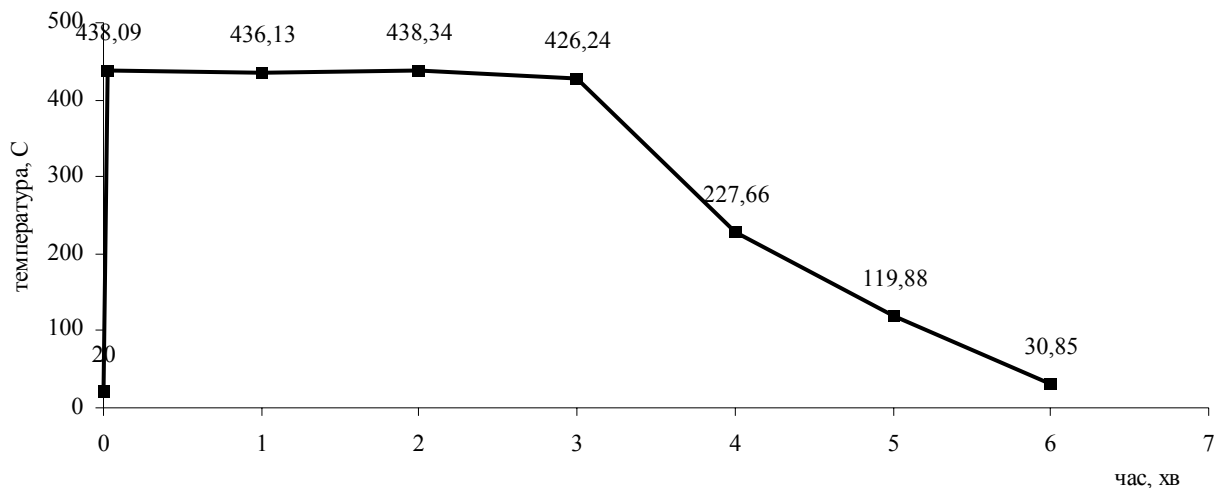


Рис. 2. Зміна температури в часі (серія I)

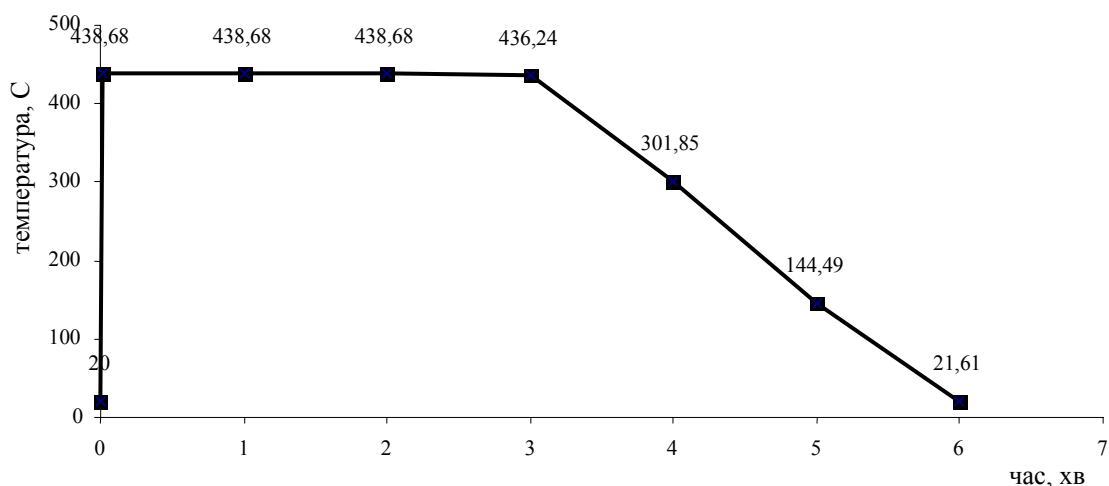


Рис. 3. Зміна температури в часі (серія II)

Аналіз результатів. Для проведення аналізу доцільним буде розділити нагрівання на два етапи: процес безпосередньої дії температурного навантаження (3 хв) та охолодження зразка (3 хв). Як бачимо з графіків температура в точці нагрівання була стабільною на зразках обох серій

протягом 3 хв, що є очевидним, оскільки камера фактично фіксувала температуру лазерного променя. Однак етап охолодження зразків вже має певні відмінності між собою в температурному режимі. Проаналізувавши швидкість охолодження зразків різних серій, помічаємо, що за першу хвилину вистигання зміна температури в висушеному зразку відбулася на 198,7 °C (46,6 %), а у вологому на 134,39 °C (30,8 %). Проте за другу і третю хвилини зміна температури у вологих зразках становила 157,5 °C (36,1 %) та 122,8 °C (28,2 %), а у висушених 107,8 °C (25,3 %) та 89,03 °C (20,9 %) відповідно. Очевидно, що швидкість як нагрівання, так і охолодження зразків пов'язана з такими чинниками, як хімічний склад бетону, вологість, інтенсивність та тривалість нагрівання тощо. У даному випадку за аналогічності (достатньої для лабораторних випробувань) всіх вищезазначених чинників, окрім вологості, необхідним є визначити її вплив на розподіл температури на поверхні зразка.

Більшу швидкість охолодження висушений зразок досяг на першій хвилині, а водонасичений – на другій, це можна пояснити тим, що водонасичений бетон є більше “інерційним” ніж висушений. Це зумовлено тим, що в перші секунди охолодження в порах водонасиченого бетону ще знаходиться порова пара високої температури, конденсація якої і сповільнює охолодження. Крім того, повітря в порах висушеного кубика має меншу теплопровідність, ніж вода чи пара, отже, прогрівся кубик менше, відповідно і швидшим було охолодження. Подальшу зміну в охолодженні можна пояснити тим, що почав встановлюватися тепловий баланс, між об'ємом прогрітого бетону (точка прикладання температурного навантаження) та цілим об'ємом бетону зразка.

Нагрівання зразків різної вологості та відмінності у теплообміні будуть наочнішими, якщо його розглянути по всій поверхні зразка.

На рис. 4, 5 зображено розподіл температури по поверхні висушеного та водонасиченого зразка по осі I-I та II-II (верхнє та нижнє зображення відповідно) на третій хвилині нагрівання. З діаграм видно, що розподіл температури по двох взаємно перпендикулярних осях є різний. Це можна пояснити двома причинами: неоднорідністю складу бетону і овальною формою плями контакту лазерного променя з бетоном.

Таблиця 2

Зони розподілу температури по осі II-II

Діапазон температур, °C	Діаметр зони розподілу температури, мм	
	W = 100 %	W = 0 %
>100	22,5	27,5
>200	20	17,5
>300	15	10
>400	10	---

Таблиця 3

Зони розподілу температури по осі I-I

Діапазон температур, °C	Діаметр зони розподілу, мм	
	W = 100 %	W = 0 %
>100	17,5	20
>200	15	15
>300	12,5	10
>400	10	---

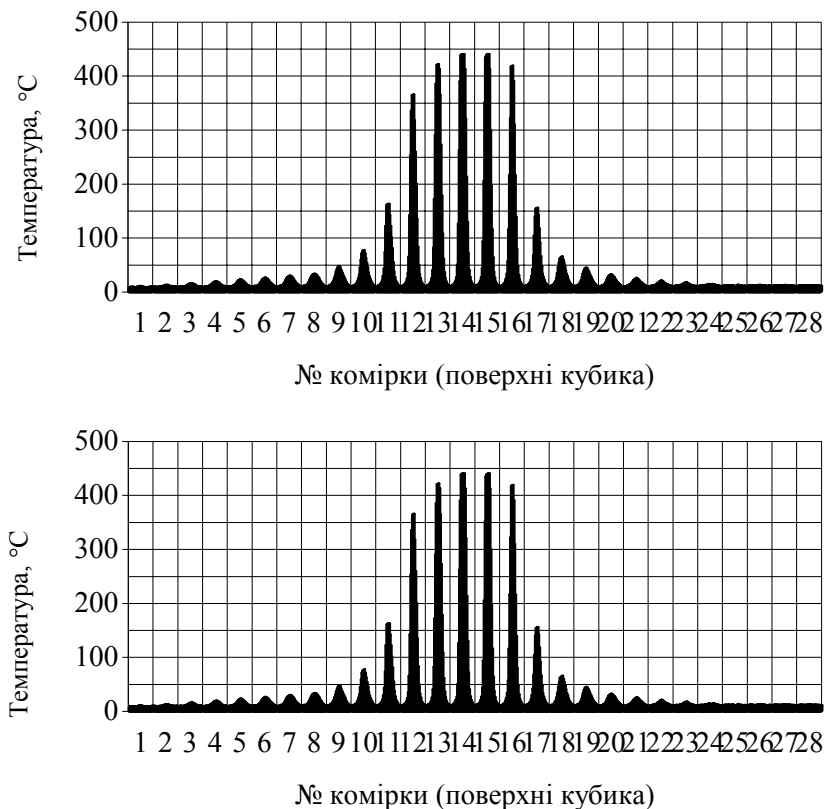


Рис. 4. Розподіл температури по поверхні зразка (II серія)

Якщо порівнювати форму розподілу температури водонасиченого та висушеного зразка, відзначимо відмінності між розподілом температур по поверхні зразка. Однією з них є різний діаметр зон прогрівання висушеного та водонасиченого зразків до контрольних температур. Як видно з таблиці висушений зразок на третій хвилині досяг меншого значення максимальної температури, ніж водонасичений, що ми спостерігали при визначенні швидкості розподілу температури в точці нагрівання. Цікавою є форма розповсюдження температури у водонасиченому зразку по осі I-I (рис. 4): чітко видно наявність зони дії температури $>350^{\circ}\text{C}$ в межах діаметра 12,5 мм, і різку зміну (200°C) в межах 5 мм. У висушеному зразку спостерігається плавніший розподіл температури по поверхні. Причинами таких відмінностей, без сумніву, є вологість бетону. Процеси випаровування вільної та хімічно зв'язаної води, міграція пари та перепад тисків в замкнених порах, тривимірне поширення температури в об'ємі бетону, що проходять під час дії температурних навантажень, особливо точкових, важко описати математично, тому остаточно для визначення якісної картини розподілу температур, необхідна більша кількість досліджень для встановлення певних залежностей. Відмінністю даних випробувань є те, що в них застосовувалась нова методика проведення досліджень, а саме: вимірювання температури на поверхні інфрачервоною камерою, а не за допомогою термопар, що є технологічніше та зручніше.

Метою дослідження було визначення епюри розподілу температури на поверхні, за допомогою нового способу, який є сучаснішим та має хорошу базу з програмного забезпечення та обробки результатів.

Подібні випробування вже проводилися за методикою [1, 2], лише з тою відмінністю, що потужність температурного навантаження була значно вищою (100 Вт), тому пряме порівняння результатів буде некоректним, хоча всі процеси, що відбувалися, є подібними.

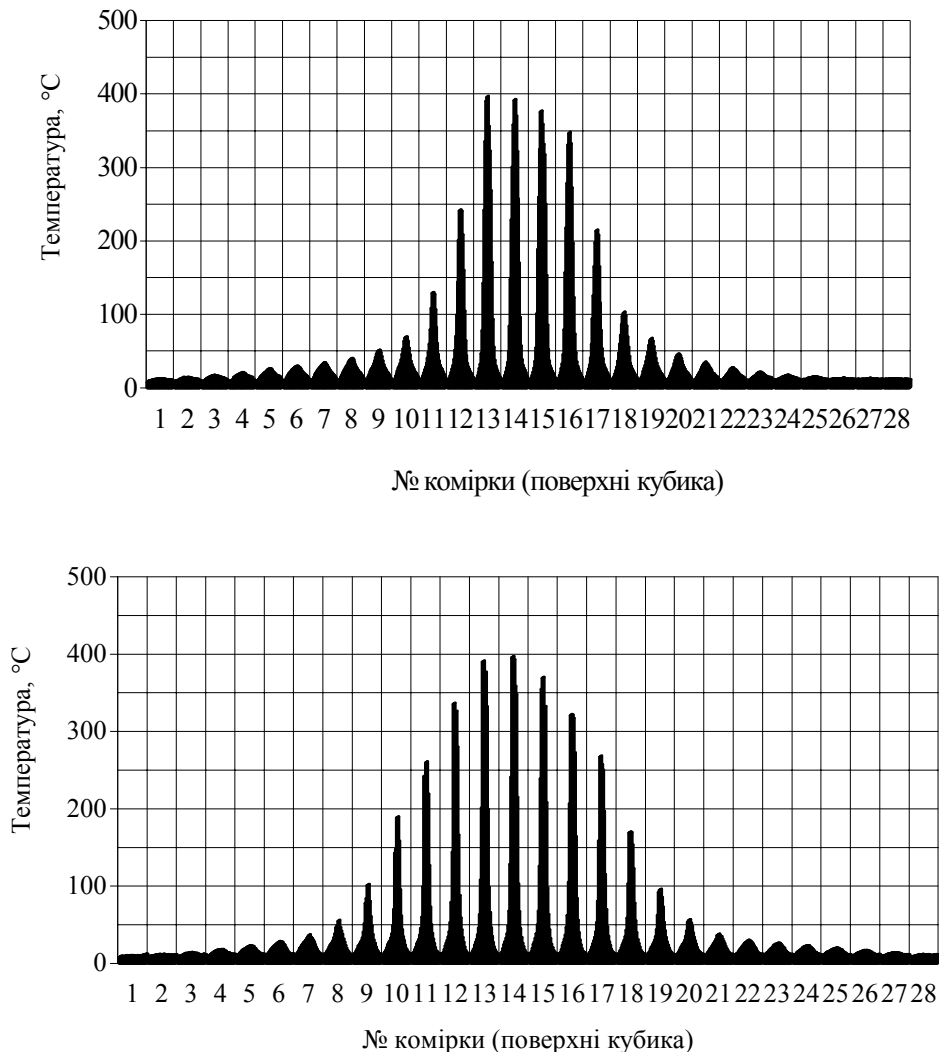


Рис. 5. Розподіл температури по поверхні зразка (I серія)

Висновки. Висновком даних досліджень є те, що вологість бетону є достатньо вагомим чинником, що впливає на перерозподіли температур на поверхні та всередині зразка. Це розглядали у великій кількості наукових досліджень [3]. При взаємодії точкового температурного навантаження при високих температурах (200–800 °C) відбуваються реакції виділення вільної і хімічно зв’язаної води, що може призвести до руйнування бетону. Ці процеси також впливають на міцність та тріщиностійкість бетону, оскільки при температурах більше 100 °C проходить випаровування вільної води і міграція пари в порах, що може призвести до розтріскування бетону. У цьому випадку визначальним є інтенсивність дії температури, вологість та структура бетону, відношення об’єму нагрітого бетону до об’єму всієї конструкції. Структура бетону має безпосередній вплив на його властивості, тому вивчення цього питання є важливим. Пористість матеріалу є величина змінна (зсідання, набухання), тому використання високоефективних пластифікаторів, що зменшують водопотребу бетону, а відповідно і пористість бетону, є актуальним.

1. Кархут І.І., Лопатинський І.Є., Дольніков В.О., Стахіра П.Й., Футало О.Б. Експериментальні дослідження взаємодії лазерного випромінювання з конструкційним бетоном // Вісн. Держ. ун-ту “Львівська політехніка”. – 1998. – № 360. – С. 78–81. 2. Кархут І.І. Методика дослідження

фізико-механічних характеристик бетону при дії місцевого імпульсного температурного навантаження // *Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій*. – Львів, 1998. – Вип. 3. – С. 279. 3. Чихладзе Е.Д., Жакін. А.И. та ін. *Огнестойкость бетонных и сталебетонных конструкций* // *Зб. наук. пр.* – Харків, 2000. – Вип. 40.

УДК 624.012.35

Р.І. Кінаш, Д.Г. Гладішев

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра архітектурних конструкцій

ДО ВИЗНАЧЕННЯ РОЗПІРНИХ ЗУСИЛЬ У РИГЕЛІ В МЕЖАХ РАМИ

© Кінаш Р.І., Гладішев Д.Г., 2004

Розроблена розрахункова схема однопрогонової одноповерхової двохшарнірної рами з П-подібною розрахунковою моделлю ригеля в ній для визначення пружних горизонтальних переміщень опор та відповідних їм значень розпірних зусиль з урахуванням міцності бетону замонолічування між опорними торцями ригеля та колонами.

The settlement circuit of a one-storeyed frame with one flight with П-similar settlement model of a beam in it for definition of elastic horizontal movings of support and strutting efforts in view of durability of concrete between end faces of beams and columns.

Вступ. У будівництві застосування залізобетонних однопрогонових балкових конструкції, які працюють у складі рамних систем, становить більше ніж 30 % від загального обсягу несучих конструкцій. У найближчій перспективі основними напрямками структурної реорганізації промислового будівництва є розширення і реконструкція існуючих промислових об'єктів, що вимагає визначення фактичних резервів несучої здатності залізобетонних балкових елементів, що працюють у межах рамних систем, за рахунок виникнення на їх опорах розпірних зусиль [1, 2, 3].

Постановка завдання. При розрахунку рам [4] за деформованою схемою, який можна виконувати будь-яким методом статички пружних систем (методом сил, методом переміщень тощо) геометрична нелінійність враховується знаходженням переміщень від одиничних зусиль або реакцій від одиничних переміщень, в основній системі відповідного методу статички, за формулами поздовжньо-поперечного згину, тобто з урахуванням прогинів у стрижнях на моменти в них. Згідно з [4], у розрахунковій схемі рами осі стрижнів збігаються з геометричними осями елементів рами. Розраховуючи рамну систему з шарнірним поєднанням ригеля на консолі колон, взаємне переміщення шарнірних опор ригелів Δ та горизонтальні зусилля N в них у розрахунках ригелів не враховують. За цим підходом до розрахунку рам з шарнірним поєднанням ригелів з колонами неможливо виявити резерви фактичної несучої здатності ригелів (з урахуванням у них розпору) на фактичні експлуатаційні навантаження як під час проектування, так і під час реконструкції будинків та споруд з рамними каркасами.

Статичний розрахунок рам необхідно виконувати на сумісну дію усіх навантажень за деформованою схемою як нелінійно деформованих систем з урахуванням безпосереднього впливу поздовжнього згину колон, а також тріщин та непружних деформацій бетону на кривину і відповідно жорсткість елементів рам. Проте такий розрахунок достатньо складний і здебільшого розрахунки рам виконують за спрощеними методами.

Результати досліджень. Запропонована [1] уточнена розрахункова модель роботи залізобетонної балки в рамі (рис. 1), яка пов'язана з поданням балки у вигляді П-подібною рами з