

балок в умовах різних температурних середовищ. Порівняно теоретичні і отримані експериментальні дані.

Ключові слова: залізобетон, армування, напружено-деформований стан, несуча здатність, термічне навантаження.

Dobryanskyj I., Dobryanska L., Grycevych A., Skrypecz R. Investigation of the deformation character of steel-concrete elements under the influence of elevated temperatures

The study of two beams was conducted in order to study the character of the deformations of reinforced concrete elements under the action of concentrated loads in conditions of elevated temperatures. Theoretical calculations of the stress-strain state of beams in the conditions of different temperature environments are carried out. The comparison of theoretical and experimental data is carried out.

Key words: reinforced concrete, reinforcement, stress-strain state, load-bearing capacity, thermal load.

Добрянский И., Добрянская Л., Грыцевыч А., Скрыпец Р. Исследование характера деформаций сталебетонных элементов при действии повышенных температур

Проведено исследование двух балок с целью изучения характера деформаций железобетонных элементов под действием сосредоточенных нагрузок в условиях повышенных температур. Выполнены теоретические расчеты напряженно-деформированного состояния балок в условиях различных температурных сред. Проведено сравнение теоретических и полученных экспериментальных данных.

Ключевые слова: железобетон, армирование, напряженно-деформированное состояние, несущая способность, термическая нагрузка.

Стаття надійшла 28.08.2017.

УДК 517.598

**ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РОЗРАХУНКОВОЇ СХЕМИ
СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННОЇ БАЛКОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ
ЗА ДІЇ ПЕРІОДИЧНИХ ТЕПЛОВИХ ВПЛИВІВ**

*А. Грицевич, старший викладач
Львівський національний аграрний університет*

Постановка проблеми. Інтенсивний розвиток промислового будівництва з використанням сучасних технологій нерозривно пов'язаний зі застосуванням нових видів матеріалів, переважно композиційної структури, до яких, зокрема, можна віднести сталезалізобетонні інженерні системи. Процес теплових випробувань і експлуатації залізобетонних елементів будівельних конструкцій та інженерних

систем супроводжується зовнішнім впливом різноманітної фізичної природи, однак найважливішими з практичного погляду є неоднорідні теплові дії.

Нерівномірність температурного поля в неоднорідній системі спричинює виникнення температурних напружень, які спроможні зумовити руйнування конструкції, як правило, сумісно з втратою її працездатності.

Сучасні методи оцінки стану бетонних і залізобетонних конструкцій базуються на основі моделі, яка трактує їх як монолітний моногенний континуум з деякими усередненими властивостями [1–3]. Однак така методика оцінки працездатності залізобетонних конструкцій є вельми наближеною і містить низку суттєвих спрощувальних припущень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення температурних полів і зумовлених ними напружень у сталобетонних елементах конструкцій – важлива проблема технологічної термомеханіки і необхідне для вирішення низки технологічних задач різноманітних галузей сучасної техніки, а особливо будівельної індустрії. Попри те, що цемент Portland є складником якісних та універсальних будівельних матеріалів, все ж виникає необхідність поліпшення їх конструктивних властивостей: міцності, щільності, пластичності, витривалості.

Поведінку гетерогенних середовищ вивчають з позицій механіки суцільних середовищ, у рамках якої, однак, дуже важко врахувати всі ефекти, притамані композитам, які містять велику кількість дискретних фаз. Тому використовують ідеалізовані геометричні моделі гетерогенних систем, які дають змогу отримувати аналітичні оцінки макроскопічних властивостей неоднорідних континуумів через геометричні і фізичні характеристики складових їх фаз [4]. Зокрема у працях [5–7] запропоновано підхід до побудови розв’язків крайових задач дифузії домішкової речовини та виконано оцінку концентрації в багатофазних стохастично-неоднорідних тілах.

Треба відзначити, що навіть вивчення температурних полів є важливим самостійним технічним завданням (питання теплової стійкості стін і промерзання основ споруд і будівель) [8].

Постановка завдання. На сьогодні актуальна проблема вивчення поведінки елементів будівельних конструкцій в умовах нестационарного вимушено-конвективного теплообміну за періодичної зміни в часі зовнішньої температури. Тож наше завдання – узагальнення відомих методик для опису процесів теплоперенесення у двофазних тілах випадково-неоднорідної структури зі суттєво різними характеристиками фаз.

Виклад основного матеріалу. Розробимо підхід до вивчення процесів розповсюдження тепла в гетерогенному середовищі, що має вигляд n –компонентної системи частинок, які у великій кількості є складовими цієї системи і рівномірно розподілені в ній. Розміри цих частинок малі порівняно з об’ємом досліджуваної системи, однак видаються чималими порівняно з молекулярними розмірами. Отож, до частинок кожної з компонент можна застосовувати закон розповсюдження тепла Фур’є. Отже, маємо тіло, складене з двох різних за густиною фаз – матриці і кульових включень (див. рис.), причому теплофізичні параметри цих фаз суттєво різняться. Також вважатимемо, що точна геометрична

конфігурація фаз у ділянці тіла наперед невідома. Типовим прикладом такого гетерогенного середовища можуть слугувати ґрунт, а також будівельні розчини і бетони.

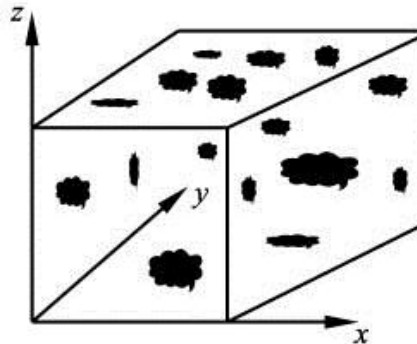


Рис. Реалізація гетерогенної структури тіла

Стан розглядуваної стохастично-неоднорідної системи будемо описувати змінними Ейлера (x, y, z) у часі t . Нехай \mathfrak{V} – певна ділянка тривимірного простору, заповнена n -компонентним середовищем. Згідно зі загальним підходом теорії багатокомпонентних середовищ [9–12], припустимо:

– розповсюдження тепла всередині частинок кожної компоненти слідує законам теплопровідності Фур'є; якщо серед компонент середовища частина перебуває в одній із двох можливих фаз, рідкій або газоподібній, то можливими процесами конвективного або радіаційного типів знехтуємо;

– кількість частинок кожної з компонент вельми велике, а їх розмір дуже малий порівняно з об'ємом \mathfrak{V} ;

– частинки всіх компонент розподілені всередині об'єму \mathfrak{V} хаотично.

За вказаних умов всередині об'єму \mathfrak{V} є необмежено велика кількість поверхонь, які відділяють частинки різних компонент. Оскільки всі вони мають різні термічні характеристики, то кожна з цих поверхонь є поверхнею розриву градієнтів температури за просторовими координатами. Невизначеність форми, положення і числа таких поверхонь розриву ставить дослідження процесу теплопровідності в умови неможливості безпосереднього застосування класичної теорії тепломасопровідності [13–16]. Тому належить застосувати статистичне трактування явища, використовуючи гомогенізацію введеної в розгляд гетерогенної системи.

Нехай $\Delta\varpi$ – елементарний об'єм всередині виділеної ділянки \mathfrak{V} ; \mathcal{G}_i^* – середня за виділеним континуумом температура частинок компоненти i , яка міститься в середовищі $\Delta\varpi$, а величина p_i^* – відношення об'єму частинок компонент i до всього виділеного нами елементарного об'єму. Будемо розглядати всеможливі випадкові розподіли частинок середовища згідно зі висловленими

припущеннями; тоді \mathcal{G}_i , p_i – математичні сподівання величин \mathcal{G}_i^* , p_i^* , які відповідають вказаним випадковим розподілам відповідно до наведеного трактування величини $\mathcal{G}_i(M, t) \equiv \mathcal{G}_i(x, y, z, t)$, $p_i(M, t) \equiv p_i(x, y, z, t)$ згідно з термінологією [10-12], мають назву температура і концентрація в довільній точці $M(x, y, z)$ у поточний момент часу t . Із фізичних міркувань зрозуміло, що: $\mathcal{G}_i(x, y, z, t)$ – неперервна в часі і двічі неперервно диференційована за просторовими координатами всюди в ділянці \mathfrak{V} ; концентрація у фіксованій точці є сталою, хоча цю вимогу можна послабити, припустивши неперервність і достатню її гладкість, причому концентрації p_i вважаємо заданими.

Далі у виділеній ділянці \mathfrak{V} розглянемо елементарну поверхню $\Delta\sigma$, положення якої цілком визначається точкою $M(x, y, z)$, а орієнтація – нормаллю \vec{n} . У реальному гетерогенному середовищі ділянка $\Delta\sigma$ перетне частинки компоненти i за деякою множиною точок двовимірної міри $\mu_i^* \Delta\sigma$. Нехай величина μ_i – математичне сподівання величин μ_i^* , які відповідають усім розглянутим випадковим розподілам частинок середовища. Припускаємо, що μ_i не залежить від положення і орієнтації виділеної нами плоскої ділянки $\Delta\sigma$, однак залежить від концентрації p_i , тому внаслідок сталості значення p_i , також буде $\mu_i = \text{const}$.

Знову розглянемо в ділянці \mathfrak{V} виділений елементарний об'єм $\Delta\omega$. Оскільки термічні константи, які характеризують різні компоненти, відрізняються між собою, то середні значення температури \mathcal{G}_i^* частинок компоненти i на $\Delta\omega$ взагалі будуть різні. Отже, у процесі тепломасообміну в середовищі \mathfrak{V} матиме місце обмін тепла не лише між окремими елементарними частинками, а й у середовищі кожного елементарного об'єму між частинками різних компонент. Однак за умови відсутності теплової рівноваги в усій ділянці \mathfrak{V} можна припустити локальну термічну рівновагу окремо всередині виділеного елементарного об'єму, коли середні температури в ньому такі, що між частинками всіх компонент у середньому реалізується тепла рівновага (за умови відсутності дії певних внутрішніх джерел різної фізичної природи або агресивних вкраплених середовищ). Тому можна ввести в розгляд рівноважну температуру $\bar{\mathcal{G}}_i^* = \bar{\mathcal{G}}_i$ відповідної компоненти.

Поряд із рівноважною температурою $\bar{\mathcal{G}}_i$ компоненти i доцільно розглянути температуру \mathcal{G}_j іншої компоненти j , рівноважну з температурою компоненти i . Саме в умовах випадкового розподілу частинок середовища можливий такий його стан, що частинки компоненти i мають у виділеному об'ємі $\Delta\omega$ середню

температуру \mathcal{G}_i^* , відмінну від рівноважної, але частинки іншої компоненти j неоднорідного середовища прийматимуть при цьому середню температуру \mathcal{G}_{ij}^* , яка відповідає тепловій рівновазі (в середньому) між вказаними компонентами розглядуваного середовища. Математичне сподівання величини \mathcal{G}_{ij}^* буде майже тотожним значенню \mathcal{G}_j частинок компоненти j , рівноважної з температурою \mathcal{G}_i компоненти i .

Внаслідок періодичності коливань температури зовнішнього середовища її зміну можна подати у вигляді залежності

$$T(M, t) = T_0 + \Delta T_0 e^{i\omega t},$$

де M – гранична точка поверхні з фіксованими координатами; ω – частота коливань; T_0 – середня за період коливань температура; ΔT_0 – амплітуда коливань на вході конструктивного елемента.

Наступним етапом має стати формулювання рівнянь розповсюдження тепла в описаному гетерогенному середовищі, яке адекватне реальному експлуатаційному континууму.

Висновки. Числова обробка результатів, отриманих на основі сформульованої моделі, можлива лише за наявності комплексу експериментального матеріалу для визначення відповідних параметрів, що супроводжують розглядуваний фізичний процес перенесення тепла, а також властивості гетерогенних структур. Відповідно поставлені крайові задачі здебільшого зводяться до виконуваних квадратур, тому наявність даних спеціально поставлених експериментів дає змогу оцінити ці величини з достатньою надійністю, а відтак – з'ясувати питання про вплив періодичної в часі зміни температури на експлуатаційну здатність сталезалізобетонних будівельних конструкцій.

Бібліографічний список

1. Добрянський І. Вплив перепаду температур на несучу здатність та експлуатаційну надійність сталобетонних балок / І. Добрянський, А. Грицевич // Вісник Львівського державного аграрного університету : архітектура і сільськогосподарське будівництво. – 2003. – № 4. – С. 15–18.
2. Добрянський І. М. Врахування конвективного теплообміну при дослідженні процесів термічного розтріскування в бетонних зразках за дії лазерного опромінення на основі моделі крихкого руйнування / І. М. Добрянський // Машинознавство. – 2012. – № 1 (175). – С. 32–35.
3. Євтушенко О. О. Температура і термонапруження масивних тіл під дією імпульсного лазерного проміння / О. О. Євтушенко, І. М. Добрянський, Є. Г. Іваник // Фіз.-хім. механіка матеріалів. – 2003. – № 6. – С. 37–44.
4. Кристенсен Р. Введение в механику композитов / Р. Кристенсен. – М. : Мир, 1982. – 334 с.
5. Чернуха О. Ю. Про вертикальну дифузію домішки в багатофазному стохастично-неоднорідному шарі / О. Ю. Чернуха // Мат. методи і фіз.-мех. Поля. – 2000. – Вип. 43, № 3. – С. 140–145.

6. Chernucha O. On diffusion processes in two-phase random nonhomogeneous stratified semispace / O. Chernucha // *Int. J. of Heat and Mass Transfer*. – 2001. – Vol. 44. – P. 2535–2539.
7. Lydzba D. Homogenisation theories applied to porous media mechanics / D. Lydzba // *J. Theor. And Appl. Mechanics*. – 1998. – Vol. 36, N 3. – P. 657–679.
8. Коренев Б. Г. Задачи теории теплопроводности и термоупругости. Решения в бесселевых функциях / Б. Г. Коренев. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 400 с.
9. Био М. А. Теория упругости и консолидации анизотропной пористой среды / М. А. Био // *Механика*. – 1956. – № 1. – С. 182–185.
10. Ben-Amoz M. Continuum model of heat conduction in laminated composites / M. Ben-Amoz // *Int. J. Eng. Sci.* – 1971. – Vol. 9, N 11. – P. 1075–1085.
11. Ben-Amoz M. On heat conduction in laminated composites / M. Ben-Amoz // *Int. J. Eng. Sci.* – 1974. – Vol. 12, № 7. – P. 633–643.
12. Laws N. On the thermostatic of composite materials / N. Laws // *J. Mech. And Phys. Sol.* – 1973. – Vol. 21, N 1. – P. 9–17.
13. Лыков А. В. Теория теплопроводности / А. В. Лыков. – М. : Высшая школа, 1967. – 598 с.
14. Лыков А. В. Тепломассообмен / А. В. Лыков. – М. : Энергия, 1978. – 480 с.
15. Hoffman C.A. Effect of thermal loading of foil and sheet composites with constituents of differing thermal expansivities / C. A. Hoffman // *Trans. ASME*. – 1973. – Vol. 95, № 1. – P. 47–54.
16. Jekot T. Nonlinear thermoelastic problems of homogeneous and isotropic media under great temperature gradients / T. Jekot // *Arch. Mech.* – 1978. – Vol. 36, № 1. – P. 33–47.

Грицевич А. Обґрунтування вибору розрахункової схеми сталезалізобетонної балкової конструкції за дії періодичних теплових впливів

Обґрунтовано вибір розрахункової схеми опису процесу теплопровідності в полікомпонентній системі з метою вивчення негативного впливу змінної в часі за періодичним законом температури на несучу здатність та експлуатаційну надійність сталезалізобетонних конструктивних елементів інженерних систем.

Ключові слова: теплопровідність, гетерогенне середовище, сталезалізобетонна будівельна конструкція, періодична зміна в часі, температура зовнішнього середовища, гомогенізація, експлуатаційна надійність конструктивних елементів.

Grycevych A. Substantiation of the choice of the calculation scheme of the steel reinforced concrete structure for the effects of periodic thermal influences

The choice of the design scheme for describing the process of heat conductivity in a multicomponent system is grounded in order to study the negative influence of the variable in time on the periodic law of temperature on the bearing capacity and operational reliability of steel reinforced concrete structural elements of engineering systems.

Key words: thermal conductivity, heterogeneous environment, steel reinforced concrete structure, periode change in time, external temperature environment temperature, homogenization, operational reliability of structural elements.

Грыщевыч А. Обоснование выбора расчетной схемы сталежелезобетонной балочной конструкции при действии периодических тепловых воздействий

Обоснован выбор расчетной схемы описания процесса теплопроводности в поликомпонентной системе с целью изучения негативного влияния переменной во времени с периодическим законом температуры на несущую способность и эксплуатационную надежность сталежелезобетонных конструктивных элементов инженерных систем.

Ключевые слова: теплопроводность, гетерогенная среда, сталежелезобетонная строительная конструкция, периодичное изменение во времени, температура наружного средовища, гомогенизация, эксплуатационная надежность конструктивных элементов.

Стаття надійшла 30.08.2017.

УДК 691.328

ОЦІНКА РІЗНОПЛАНОВОСТІ ПІДХОДІВ ДО РОЗРАХУНКУ ВИСОТНОЇ КОНСТРУКЦІЇ З УРАХУВАННЯМ РЕАЛЬНОГО ПРОФІЛЮ ВІТРОВОГО ТИСКУ ВІДПОВІДНО ДО НОРМ РІЗНИХ КРАЇН

С. Лопатка, к. т. н.

Львівський національний аграрний університет

Постановка проблеми. Дослідження присвячене одному питанню з-поміж широкого спектра проблем, що стоять перед сучасною будівельною наукою всього світу – встановленню обґрунтованих показників для вітрового навантаження на будівельні конструкції великої висоти, без чого розрахунки таких конструкцій можуть вестися хіба що на інтуїтивному рівні зі значними необґрунтованими запасами. Із введенням у дію ДБН В. 1. 2-2: 2006 «Навантаження і впливи» виникає багато питань про відповідність закордонним нормам розрахунку вітрових навантажень для висотних будівель. Підставою для проведення досліджень стали три основні чинники – поява практичних задач, пов'язаних із встановленням обладнання на не розрахованих для нього наявних висотних конструкцій з великим ступенем зношення; необхідність перегляду положень чинних будівельних норм через появу нової інформації; наявність доступу до стратегічного обладнання для вивчення атмосфери, яке раніше використовували лише для забезпечення потреб авіації та міжнародних оперативних обмінів даними з метою глобального прогнозу погоди на різні терміни, і не пристосоване для проблем будівництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема дослідження впливу вітру на висотні будівельні конструкції стала предметом дослідження багатьох вчених (праці Кінаша Р.І., Коваленко В.А., Перельмутера А.В., Прусова В.А., Пістуна Є.П., Бурнаєва О., Пічугіна С.Ф.), проте питання про вертикальні профілі параметрів атмосфери для вивчення швидкісного напору вітру на висотні будівлі та