

2.Черныш И.Г., Бурая И.Д. Исследование процесса окисления графита раствором бихромата калия в серной кислоте // Химия твердого топлива. – 1990. – №1. – С.123-127.

3.Асеева Р.М., Заиков Г.Е. Горение полимерных материалов. – М.: Наука, 1981. – 280 с.

4.Никольская И.В., Фадеева Н.Е., Семененко К.Н. К вопросу об образовании бисульфата графита в системах, содержащих графит, H_2SO_4 и окислитель // Журнал общей химии. – 1989. – Т.54, № 12. – С.2653-2658.

5.Тительман Г.И., Печкин С.В., Гельман В.Н. Термическое расщепление продуктов разложения соединений внедрения графит – кислота в условиях ударного и линейного нагрева // Химия твердого топлива. – 1991. – №4. – С.79-84.

Получено 14.05.2009

УДК 624.014.2 : 621.81 : 620.173.26

В.М.КОНДЕЛЬ, канд. техн. наук, К.Г.КУРМАЗ, Р.В.БАБЕНКО, А.Ю.ШИЛО
Полтавський державний педагогічний університет ім. В.Г.Короленка

РАЦІОНАЛЬНІ ФОРМИ СКЛАДЕНИХ ПЕРЕРІЗІВ ДЛЯ СТАЛЬНИХ СТИСНУТИХ КОНСТРУКЦІЙ

Досліджуються раціональні форми складених перерізів для сталевих стиснутих елементів конструкцій та деталей машин. Проведено аналіз експериментальних даних про роботу конструкцій та теоретичних розробок щодо їх розрахунків на стійкість. За результатами дослідів побудовано графіки та запропоновано нові прості формули для визначення розмірів оптимальних перерізів стиснутих конструкцій.

Исследуются рациональные формы составных сечений стальных сжатых элементов конструкций и деталей машин. Проведен анализ экспериментальных данных о работе конструкций и расчете их на устойчивость. По результатам опытов построены графики и предложены новые простые формулы для определения размеров оптимальных сечений сжатых конструкций.

The authors research the rational composite sections of compressed steel structures and parts of machines. The analysis of experimental and theoretical data of the behaviour of compressed structures and their members is provided. The new approaches to the design of optimal sections are described.

Ключові слова: сталеві стиснуті конструкції, розрахунки на стійкість, коефіцієнт поздовжнього згинання, раціональні форми складених перерізів.

Серед усіх елементів конструкцій і деталей машин будь-якого сучасного підприємства значну частину складають ті, які працюють на стискання: колони, стійки, верхні пояси ферм, гвинти в передачах гвинт-гайка, циліндричні та конічні гвинтові пружини, голки у швейних машинах та ін. Їх розраховують не тільки на міцність, але й на стійкість, оскільки втрата стійкості є дуже небезпечним явищем, внаслідок якого відбувається некерований ріст деформацій і стиснутий стержень руйнується практично миттєво, що виключає будь-яку можливість вжиття дієвих заходів щодо запобігання аваріям і катастрофам.

Саме тому тривалий час проводять дослідження стійкості стиснутих елементів для розробки заходів щодо недопущення подібних надзвичайних ситуацій в майбутньому.

Вагомий внесок для вирішення цієї проблеми внесли видатні вчені XVIII-XX ст. Л.Ейлер, М.Біляев, О.Дарков, Г.Шпіро, Г.Писаренко, О.Квітка, Е.Уманський, О.Яковлев, І.Терегулов [3, 5, 14-16] та ін., які запропонували формули для визначення критичної сили і напруження, що є небезпечними для стиснутого стержня залежно від його гнучкості, матеріалу, способів закріплення кінців, схеми та виду навантаження, а також умов стійкості з коефіцієнтом поздовжнього згинання φ :

$$\sigma = \frac{F}{A} \leq [\sigma]_{st} = \varphi[\sigma], \quad (1)$$

де σ і $[\sigma]$ – робоче й основне допустиме напруження; $[\sigma]_{st}$ – допустиме напруження на стійкість; F – робоча поздовжня сила; A – площа поперечного перерізу стиснутого стержня.

Досліди [3, 5, 6, 11, 12, 14, 15] показали, що коефіцієнт φ залежить не тільки від гнучкості стержня λ , але й від міцності матеріалу, з якого він виготовлений. Зокрема, для сталі з підвищенням її міцності та зростанням гнучкості коефіцієнт φ зменшується [1, 4, 8, 13], тому для практичних розрахунків отримано формули щодо визначення цього коефіцієнта для звичайних і високоміцних сталей з урахуванням його залежності від вищезгаданих чинників [9].

Одним з основних напрямків запобігання вищезгаданим негативним явищам або зменшення їх впливу на роботу конструкцій в цілому є дослідження та проектування раціональних форм перерізів. З погляду економічності раціональною є така форма поперечного перерізу стійки, при якій найменший радіус інерції i_{\min} при певній площі є найбільшим, тобто чим вище значення питомого радіуса інерції

$$\xi = i_{\min} / \sqrt{A}, \quad (2)$$

тим кращим є переріз. Для коробчастих і трубчастих перерізів $\xi = 1,6...2,3$ (при $d/D=0,8...0,95$; d і D – внутрішній і зовнішній діаметр труби); для кутника – $0,3...0,5$; двотавра – $0,27...0,41$; швелера – $0,29...0,41$; квадрата – $0,289$; круга – $0,293$; прямокутника (при $h = 2b$) – $0,204$.

Аналіз цих даних показує, що раціональними є коробчасті та трубчасті тонкостінні перерізи, але при їх проектуванні слід передбачити розташування діафрагм (ребер жорсткості) на певних відстанях уздовж стержня, які перешкоджають появі місцевих деформацій стінок. Крім

того, слід прагнути до того, щоб перерізи були рівностійкими в усіх напрямках. Цьому критерію відповідають коробчасті і трубчасті, квадратні та круглі перерізи. Нераціонально застосовувати двотаврові та суцільні прямокутні перерізи [14, 15].

Оскільки часто колони, стійки, стержні виготовляють складеними із прокатних профілів: двотаврів, швелерів, кутників (рис.1, 3) [2, 11, 12], дана робота присвячена дослідженню та проектуванню оптимальних форм саме таких перерізів. У цьому випадку раціональним є варіант, коли гнучкість конструкції в двох різних напрямках буде однаковою, тобто

$$\lambda_x = \lambda_y. \quad (3)$$

Тут

$$\lambda_x = \mu_x l / i_x, \quad \lambda_y = \mu_y l / i_y; \quad (4)$$

μ_x, μ_y – коефіцієнти зведення довжини стержня; l – довжина стержня; i_x, i_y – відповідні радіуси інерції

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}, \quad i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}, \quad (5)$$

де I_x, I_y – осеві моменти інерції перерізу.

Якщо прийняти $\mu_x = \mu_y = \mu$, тоді залежність (3) матиме вигляд:

$$I_x = I_y. \quad (6)$$

Використовуючи цю умову, визначимо відстань α між осями двотаврів (рис.1, схема 1)

$$\alpha = 2\sqrt{\frac{I'_x - I'_y}{A}}. \quad (7)$$

Аналогічно визначаємо відстань α між стінками двох швелерів у складених перерізах:

– для схеми 2 (рис.1)

$$\alpha = 2\left(\sqrt{\frac{I'_x - I'_y}{A}} - Z_0\right), \quad (8)$$

– для схеми 3 (рис.1)

$$\alpha = 2\left(\sqrt{\frac{I'_x - I'_y}{A}} + Z_0\right). \quad (9)$$

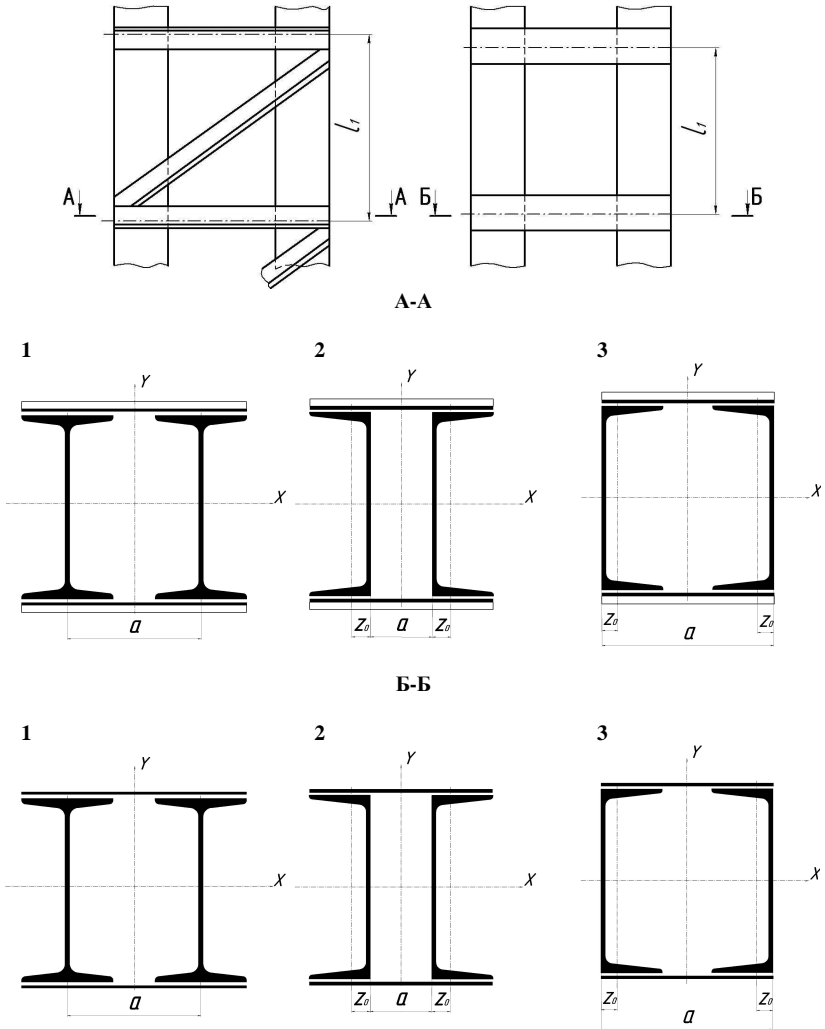


Рис.1 – Варіанти складених перерізів стиснутих конструкцій із двотаврів і швелерів, з'єднаних кутниками або планками

За формулами (7)-(9) можна визначити відстань α для всіх двотаврів (№ 10...60) і швелерів (№ 8...40), причому

$$\alpha = f(N), \quad (10)$$

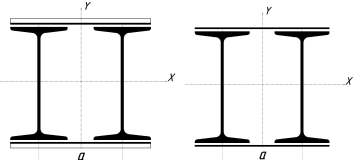
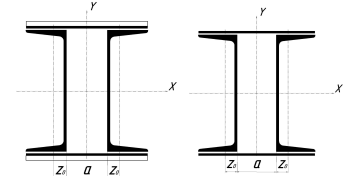
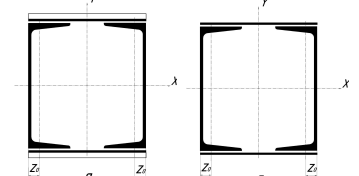
де N – номер швелера або двотавра.

Дослідження показали, що функція (10) має вигляд, який для практичних розрахунків можна прийняти за пряму лінію (рис.2), тобто

$$\alpha = CN + D, \quad (11)$$

де C, D – параметри (в см), визначені за методом найменших квадратів.

Результати всіх розрахунків, подані в наступній таблиці, мало чим відрізняються від експериментальних даних, про що свідчать відповідні невеликі середні арифметичні та квадратичні похибки [7, 10, 17].

№ п/п	Схема	Параметри, см		Середня похибка	
		C	D	арифметична $ \delta _m$	квадратична σ_m
1		0,781	0,362	1,42	1,94
2		0,686	-2,304	0,65	0,82
3		0,876	1,883	1,61	2,03

Аналогічно можна провести розрахунки для проектування перерізів стиснутих елементів, складених із кутників (рис.3).

Слід зазначити, що необхідною умовою безпечної роботи складених конструкцій є наявність достатньо міцного кріплення (решітки з кутників або планок) для забезпечення сумісної роботи всіх несучих елементів перерізу (рис.1). Якщо два швелера або двотавра з'єднати недостатньо міцною решіткою, то кожний елемент складеного стержня

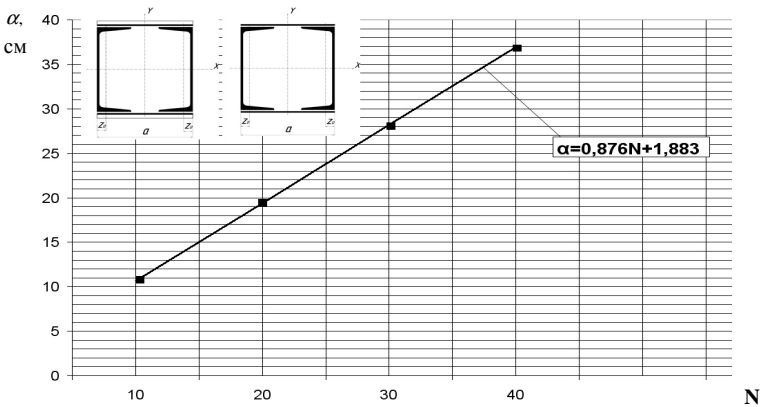
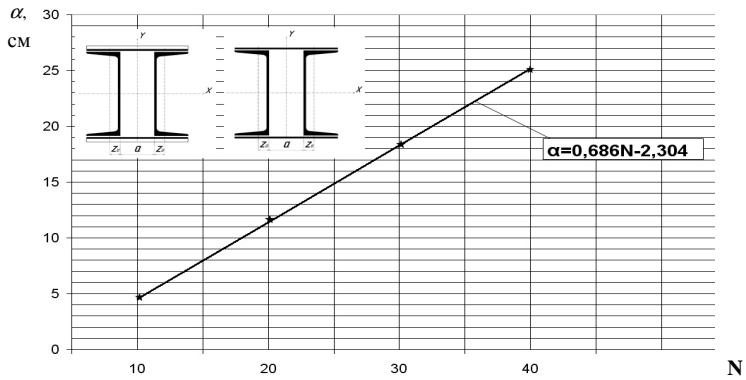
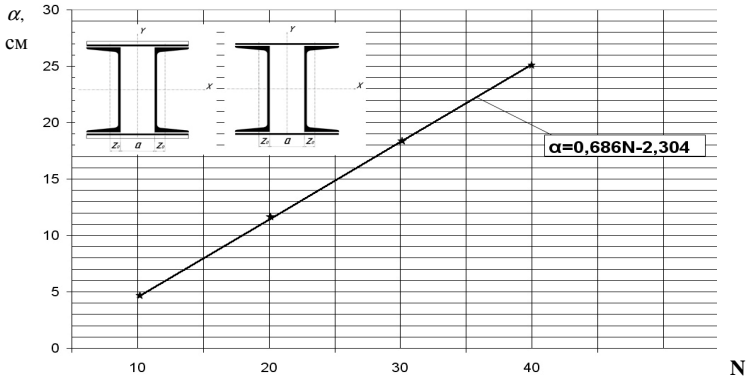


Рис.2 – Залежності $\alpha = f(N)$ для складених перерізів із двотаврів і швелерів

буде працювати самостійно і стійкість його виявиться набагато менше стійкості стержня, в якому обидві половини є одним цілим. Саме недостатня увага до проектування надійних з'єднань частин стиснутого стержня складеного перерізу призводила до значних аварій і катастроф, особливо при будівництві великих мостів [3].

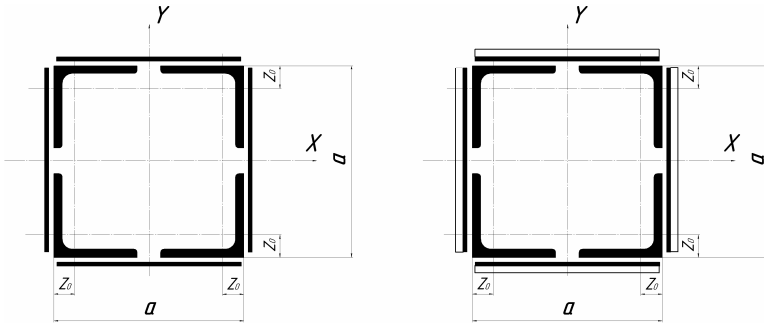


Рис.3 – Варіанти складених перерізів стиснутих конструкцій з кутників

Для складених стиснутих конструкцій стійкість відносно матеріальної X і вільної Y осей (рис.1) перевіряємо різними способами. Перевірку стійкості елемента відносно осі X , яка перетинає переріз, виконуємо як для стінок із суцільними поперечними перерізами. При перевірці стійкості конструкції відносно осі Y , яка не перетинає переріз, коефіцієнт φ знаходимо не як функцію гнучкості λ_y , а як функцію зведеної гнучкості λ_{ef} , яка для випадку решітки з планок (рис.1, переріз Б-Б)

$$\lambda_{ef} = \sqrt{\lambda_y^2 + \lambda_1^2}. \quad (12)$$

При розрахунку гнучкості λ_y вважаємо вісь Y матеріальною вісю. Гнучкість однієї вітки на довжині l_1 (рис.1) $\lambda_1 = l_1 / i_{\min}$.

Планки розташовуємо таким чином, щоб гнучкість окремих віток була менше гнучкості, визначеної відносно матеріальної осі X (рис.1), але не більше 40, тобто $\lambda_1 \leq 40$ [11, 12].

Аналогічно розраховуємо решітку із кутників (рис.1, переріз А-А).

Таким чином, знаючи лише номер двотавра або швелера (без таблиць з їх геометричними характеристиками), можна за формулою (10) визначити відстань α між осями або стінками профілів залежно від

схеми їх розташування і достатній міцності з'єднань стиснутих елементів так, щоб запроєктований переріз був раціональним. Аналогічні дослідження слід провести для стержнів суцільного сталого та змінного поперечних перерізів при різних способах закріплення їх кінців з урахуванням жорсткості опор. Ці розробки дозволять отримати значний економічний ефект, підвищити надійність та довговічність елементів конструкцій і деталей машин, запобігти багатьом аваріям і катастрофам у майбутньому.

1.Бабенко Р.В. Про історію досліджень роботи стиснутих конструкцій та їх елементів // Наукові розвідки студентської молоді в умовах єдиного освітнього простору (присвячені пам'яті академіка Д.О.Тхоржевського): Перші науково-педагогічні читання. – Полтава: ПДПУ, 2008. – С.73-76.

2.Беленя Е.И., Стрелецкий Н.Н., Ведеников Г.С. и др. Металлические конструкции: Специальный курс / Под ред. Е.И.Беленя. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1991. – 687 с.

3.Беляев Н.М. Сопротивление материалов. – 15-е изд., перераб. – М.: Наука, 1976. – 608 с.

4.Кондель В.М., Курмаз К.Г. Нові пропозиції щодо визначення коефіцієнтів позовжнього згинання для стиснутих стійок // Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. «Фізика, технічні науки: стан, досягнення і перспективи». – Полтава: ФОП Рибалка, 2008. – С.67-71.

5.Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1989. – 624 с.

6.Кинасошвили Р.С., Сопротивление материалов / Под ред. А.С.Вольмира. – 11-е изд. – М.: Наука, 1975. – 384 с.

7.Кондель В.М., Максименко Ю.Г. Удосконалення проектування стиснутих конструкцій – один із напрямків попередження надзвичайних ситуацій // 36. наук. праць регіональної наук.-практ. конф. «Аспекти безпеки праці, життя та довкілля людини». Вип.1. – Полтава: Полтавська державна аграрна академія, 2008. – С.67-71.

8.Курмаз К.Г. Детальний аналіз коефіцієнтів позовжнього згинання для стійок, виготовлених з різних матеріалів // Наукові розвідки студентської молоді в умовах єдиного освітнього простору (присвячені пам'яті академіка Д.О.Тхоржевського): Перші науково-педагогічні читання. – Полтава: ПДПУ, 2008. – С.78-83.

9.Курмаз К.Г., Бабенко Р.В., Шило А.Ю. Визначення коефіцієнтів позовжнього згинання для сталених стиснутих деталей // Матеріали II Всеукр. студ. наук.-техн. конф. «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання». В 2-х т. Т.1. – Тернопіль: Тернопільський держ. техн. ун-т ім. Івана Пулюя, 2009. – С.205.

10.Максименко Ю. Нові пропозиції щодо проектування стиснутих складених конструкцій // Наукові розвідки студентської молоді в умовах єдиного освітнього простору (присвячені пам'яті академіка Д.О.Тхоржевського): Перші науково-педагогічні читання. – Полтава: ПДПУ, 2008. – С.7-11.

11.Лихтарников Я.М., Ладженский Д.В., Клыков В.М. Расчет стальных конструкций: Справочное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Будівельник, 1984. – 368 с.

12.Николаев Г.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование: Учебник для вузов / Под ред. Г.А.Николаева. – М.: Высш. шк., 1990. – 446 с.

13.Новікова К. Оптимальний суцільний переріз стержня за умовою його стійкості // Наукові розвідки студентської молоді в умовах єдиного освітнього простору (присвя-

чені пам'яті академіка Д.О.Тхоржевського): Перші науково-педагогічні читання. – Полтава: ПДПУ, 2008. – С.88-91.

14.Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів / За ред. Г.С.Писаренка. – К.: Вища школа, 1993. – 655 с.

15.Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов / Отв. ред. Г.С.Писаренко. – К.: Наукова думка, 1988. – 736 с.

16.Терегулов И.Г. Сопротивление материалов и основы теории упругости и пластичности. – М.: Высш. шк., 1984. – 472 с.

17.Шило А.Ю. Загальні принципи добору матеріалу і раціональних форм перерізів для стиснутих стержнів // Наукові розвідки студентської молоді в умовах єдиного освітнього простору (присвячені пам'яті академіка Д.О.Тхоржевського): Перші науково-педагогічні читання. – Полтава: ПДПУ, 2008. – С.83-88.

Отримано 28.07.2009

УДК 544.344.015.3

В.К.МОКРИЦКАЯ

Харьковская национальная академия городского хозяйства

Г.Н.ШАБАНОВА, д-р техн. наук,

Н.С.ЦАПКО, Е.М.ПРОСКУРНЯ, канд. техн. наук

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

КОРРЕКТИРОВКА СУБСОЛИДУСНОГО СТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ BaO – Al₂O₃ – ZrO₂ В ВЫСОКОБАРИЕВОЙ ОБЛАСТИ

В статье приведено субсолидусное строение системы BaO – Al₂O₃ – ZrO₂, скорректированное с учетом установленного наличия коннод BaZrO₃ – Ba₄Al₂O₇ и BaZrO₃ – Ba₈Al₂O₁₁. Представлены результаты термодинамических расчетов твердофазных реакций в системе BaO – Al₂O₃ – ZrO₂. Такой вариант субсолидусного строения имеет информационную ценность для прогнозирования высокотемпературных процессов.

В статті наведена субсолідусна будова системи BaO – Al₂O₃ – ZrO₂, скорегована з урахуванням встановленої наявності коннод BaZrO₃ – Ba₄Al₂O₇ і BaZrO₃ – Ba₈Al₂O₁₁. Представлені результати термодинамічних розрахунків твердофазних реакцій в системі BaO – Al₂O₃ – ZrO₂. Такий варіант триангуляції має інформаційну цінність для прогнозування високотемпературних процесів.

The article cited subsoliduse structure of the system BaO – Al₂O₃ – ZrO₂, adjusted establish konnod BaZrO₃ – Ba₄Al₂O₇ and BaZrO₃ – Ba₈Al₂O₁₁. The results of thermodynamic calculations of solid state reactions in the system BaO – Al₂O₃ – ZrO₂. Such variant of triangulation has an informative value for prognostication of high temperature processes.

Ключевые слова: субсолидусное строение, коннода, огнеупоры, вязущие, комбинация фаз, термодинамический расчет, система, моноалюминат бария, цирконат бария, соединение, цемент.

В последнее время все большее значение в технике высоких температур приобретают неформованные огнеупоры и огнеупорные бетоны. Основное внимание ученых в этой области направлено на совер-