

ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

УДК 666.982.24: 691.175 -419.8:
678.067.5

На правах рукопису

ЛОБОДА Олег Миколайович
СКЛОПЛАСТИКОВА АРМАТУРА НА ОСНОВІ ВІДХОДІВ
ВИРОБНИЦТВА СКЛОВОЛОКНА

05.23.05 - будівельні матеріали та вироби,

05.23.01 - будівельні конструкції, будови та споруди

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 1996

AB 34.878

Роботу виконано на кафедрі залізобетонних і кам'яних
Харківського державного технічного університету
та архітектури.

ЛНБ України ім. В. Стефаника
00739584 (-)



Ві керівники - доктор технічних наук, професор
Шагін О.Л.,

кандидат технічних наук, доцент
Копейко А.Є.

ні опоненти - доктор технічних наук, професор
Пустовойтов В.П.,

кандидат технічних наук, доцент
Качан А.І.

відна організація - Український зональний науково-
інститут експериментального проектування (КиївЗНДІЕП)

Захист дисертації відбудеться 12 червня 1996 року
о 14 годині на засіданні Спеціалізованої ради Д.02.07.03 при
Харківському державному технічному університеті будівництва та
архітектури за адресою: 310002, м.Харків, вул. Сумська, 40.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці університету.

Відгук на автореферат просимо надсилати на ім'я вченого
секретаря у двох екземплярах, завірених печаткою.

Автореферат розіслано " 7 " лю 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради
доктор технічних наук, професор

І.А. Смельянова
ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми та ступінь дослідженості тематики дисертації. Неметалічне армування все ширше входить у практику вітчизняного і зарубіжного будівництва. Його застосовують в основному у конструкціях, де неможливе використання сталльної арматури за експлуатаційними вимогами: електроізоляції, немагнітності, корозійної тривкості тощо. Хоча є приклади використання і у звичайних випадках, наприклад, у таких відповідальних спорудах, як мости. При цьому використовують переважно склопластикову арматуру на епоксидній основі.

Зараз в Україні обсяг випуску вказанного типу полімерних зв'язуючих малий, що поки обмежує можливість використання склопластикової арматури. Серйозними стримуючими факторами також є дуже висока енергомісткість виробництва скловолокна, неможливість застосування високоміцної склопластикової арматури без значного ускладнення технології виготовлення конструкцій з попереднім напруженням, недостатнє вивчення проблеми.

Це обумовлює необхідність проведення досліджень із створення нових видів склопластикової арматури, в першу чергу невисокої міцності, для конструкцій без попереднього напруження, на полімерних зв'язуючих, що випускає промисловість України, а також обумовлює доцільність пошуку шляхів використання менш дефіцитних волокнистих армуючих елементів, у тому числі на основі відходів виробництва скляного та інших видів волокна.

Метою роботи є створення нового типу склопластикової арматури невисокої міцності на основі відходів виробництва скловолокна, склопластбетонних елементів без попереднього

напруження з її використанням, технологій їхнього виготовлення, а також методики розрахунку з урахуванням фізичної нелінійності.

Об'єкт дослідження - склопластикова арматура на основі відходів виробництва скловолокна, що випускається Мерефянським склозаводом, склопластбетонні згинальні елементи та технології їхнього виготовлення.

Задачі роботи:

1. Створення склопластикової арматури невисокої міцності для бетонних конструкцій без попереднього напруження.

2. Розробка принципів і режимів формування склопластикової арматури на основі полімерного зв'язуючого, що випускається підприємствами України, та відходів виробництва скловолокна.

3. Підбір раціональних співвідношень складаючих армополімерних композицій для виготовлення склопластикової арматури з відходів виробництва скловолокна.

4. Експериментальне дослідження фізико-механічних властивостей розробленої жорсткої арматури, виявлення та описання закономірностей її деформування при короткочасній та тривалій дії навантаження, оцінка впливу масштабного фактора на деформаційно-міцнісні показники.

5. Розробка принципів конструювання бетонних згинальних елементів з жорсткою склопластиковою арматурою, які забезпечують сумісність роботи компонентів перерізів.

6. Експериментальне дослідження закономірностей роботи і руйнування згинальних бетонних елементів з жорсткою склопластиковою арматурою, виявлення ступеню впливу відсотку армування на процеси деформування та вичерпання несучої здатності конструкцій.

7. Розробка методики розрахунку згинальних елементів з жорсткою арматурою за двома групами граничних станів з урахуванням нелінійності деформування бетону і склопластика та змінності епюри напружень за висотою перерізу арматури.

8. Впровадження результатів роботи.

Методика досліджень. Розробка технології, спрямоване формування властивостей склопластикової арматури базуються на результатах проведених випробувань зразків отриманого матеріалу та арматури. Теоретичні дослідження, методика розрахунку тріщиностійкості і здатності згинальних елементів нести навантаження базуються на основі використання нелінійної теорії залізобетону, використання числових методів та ЕОМ.

Експериментальні дослідження згинальних елементів, співставлення їхніх результатів з даними розрахунку за розробленою методикою виконані з використанням універсального випробувального обладнання, спеціального устаткування та приладів.

Наукова новизна роботи полягає у наступному:

- створено новий тип склопластикової арматури невисокої міцності і технологія її виготовлення на основі відходів виробництва скловолокна та полімерного зв'язуючого, що випускається підприємствами України, для конструкцій без попереднього напруження;
- підібрано та досліджено раціональні співвідношення складаючих армополімерних композицій і температурні режими їхнього твердіння;
- експериментально встановлено закономірності деформування запропонованого виду склопластикової арматури;
- експериментально вивчено роботу бетонних згинальних

елементів з розробленими видами жорсткого склопластикового армування, досліджено вплив відсотку армування на їхню здатність нести навантаження, жорсткість та тріщиностійкість;

- розроблено методику розрахунку бетонних згинальних елементів з жорсткою склопластиковою арматурою з урахуванням нелінійності деформування бетону і запропонованого типу склопластику, змінності епюри напружень за висотою перерізу жорсткої арматури, яка дозволяє в єдиному процесі оцінювати тріщиностійкість, жорсткість та міцність елементів.

Практична цінність та впровадження результатів роботи.

Запропоновані принципи і технологія отримання нового виду склопластикової арматури, розроблені конструкції і методика їхнього розрахунку розкривають широкі можливості раціонального проектування, виготовлення і впровадження в будівлях і спорудах несучих елементів, які відрізняються немагнітністю, корозійною тривкістю, високими діелектричними показниками тощо. Результати впроваджено у Харківському проектному (науково-дослідному) інституті Міністерства Оборони України, на Мерефянському склозаводі.

Достовірність результатів визначається коректністю методики експериментальних досліджень властивостей склопластикової арматури і склопластбетонних конструкцій, сучасним рівнем використаної вимірювальної техніки, пресового обладнання і спеціальних установок, використанням класичних положень нелінійної теорії залізобетону, задовільною відповідністю експериментальних даних результатам розрахунку.

Особистий внесок дисертанта у отримання наукових результатів такий:

- розроблено жорстку склопластикову арматуру з відходів виробництва скловолокна для згинальних елементів без попереднього напруження, виявлено її конфігурацію, яка забезпечує надійну анкерування у бетоні, підібрано складові армополімерної композиції, розроблено технологію формування арматури, експериментально отримано раціональні температурні режими твердіння;

- розроблено методику розрахунку бетонних елементів з жорсткою склопластиковою арматурою, алгоритм і програму для ПЕОМ;

- експериментально виявлено закономірності деформування склопластикової арматури при розтягуванні вздовж осі;

- експериментально оцінено деформації арматури при тривалій дії навантаження;

- виконано 3 експериментальні дослідження бетонних згинальних елементів із склопластиковою жорсткою арматурою, виявлено характер їхнього деформування і руйнування при різних відсотках армування.

Апробація роботи. Основні результати досліджень обговорені на УІ Всесоюзній конференції ЗИИС-91 (Суми, 1991), республіканській конференції "Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве" (Харків, 1991), на регіональних конференціях "Ресурсосберегающие технологии и материалы в строительстве и строительной индустрии" (Харків, квітень 1992), "Повышение эффективности строительства" (Харків, 1993), на міжнародній конференції "Ресурсосберегающие технологии строительных материалов, изделий и конструкций" (Белгород, 1993).

Публікації. Основні положення дисертації опубліковані у 7

друкованих працях.

Обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти глав, заключення, списку літератури, додатку. До неї входять 157 сторінок машинописного тексту, 43 рис., 7 табл., бібліографія із 122 найменувань.

У першій главі подано аналіз досліджень видів склопластикової арматури, що використовуються, існуючих технологій їхнього виготовлення, конструкцій з використанням різноманітних видів армування та методик їхнього розрахунку.

Розробці неметалічної арматури, технологій її виготовлення і використання у бетонних елементах, що несуть навантаження, присвячені дослідження Алексєєнко Л.Г., Барашикова А.Я., Давидова С.С., Колякова М.Й., Михайлова К.В., Пецольда Т.М., Пустовойтова В.П., Соломатова В.І., Фролова М.П., Шагіна О.Л. та ін. Найбільш поширеним є армування скляними, базальтовими, вуглецевими та іншими типами фібр. В основному, його використовують у тонкостінних бетонних елементах. У балках, плитах, колонах використовують зовнішнє суцільне і внутрішнє стержньове та сітчасте неметалічне армування. Балкові згинальні елементи армують переважно високоміцною стержньовою неметалічною арматурою, яку отримують методом протягування через фільтри, або двохгілковою склопластиковою арматурою, яку виготовляють методом намотування. Внаслідок того, що при високій міцності арматура має порівняно велику здатність до деформації, її використовують з попереднім напруженням, здійснення якого суттєво ускладнює процес виготовлення виробів, потребує складних приладів, обладнання, оснастки, спеціальних анкерних пристроїв. Тому в останні роки роблять спроби створення неметалічної

арматури невисокої міцності для елементів без попереднього напруження.

Проте, висока вартість компонентів, відсутність в Україні ефективних полімерних зв'язуючих ускладнюють вирішення цієї проблеми.

Розробці методів розрахунку елементів з неметалічним армуванням присвячені роботи Бондаренка В.М., Красовської Т.А., Селяєва В.П., Потапова Ю.Б., Швидка Я.І., Шагіна О.Л. тощо. Вони базуються на основних положеннях нелінійної теорії залізобетону, але кожен вид арматури потребує врахування особливостей її роботи у складі конструкції.

У результаті проведеного аналізу сформульовано задачі даних досліджень.

Друга глава присвячена розробці нового типу склопластикової арматури і технології її виготовлення. Внаслідок того, що ця арматура призначена для армування згинальних елементів без попереднього напруження, вона не повинна мати високої міцності і тому може виготовлятися із звичайних, волокон невисокої міцності. Порівняно невелика міцність арматури обумовлює збільшення її вмісту у виробач.

У свою чергу, збільшення перерізу арматури (порівняно з високоміцною) при суттєво меншій різниці у значеннях модулів деформацій веде до зменшення деформаційної здатності елемента, котра і є основним лімітуючим фактором при використанні неметалічної арматури у конструкціях без попереднього напруження. Ширина розкриття тріщин грає меншу роль, внаслідок того, що неметалічна арматура має підвищену, порівняно з металічною, тривкість до впливу навколишнього середовища.

Враховуючи викладене, вбачається за доцільне розробити арматуру на основі використання відходів виробництва скловолокна. В Україні розташовані Сєверодонецький, Мерефянський, Бердянський заводи, де накопичуються відходи скловолокна. Крім того, є відходи і на підприємствах з виробництва базальтового та інших типів волокон. Використання цих відходів дозволить отримати неметалічну арматуру порівняно невисокої вартості та водночас вирішити проблему їхньої утилізації.

У цій роботі використовують відходи виробництва алюмоборосилікатного скловолокна Мерефянського склозаводу, що утворюються у вигляді пучків волокон при різного роду відривах, зрізах з бобин, шпуль, конусів. За хімічним складом вони мають: окисів кремнію - 54%, алюмінію - 15,2%, кальцію - 17,2%, магнію - 4,7%, натрію - 0,6%, калію - 8%. Межа міцності при розтягуванні складає 3448 МПа, модуль пружності - 72,4 ГПа.

Вибір полімерного зв'язуючого визначають необхідною міцністю арматури, що отримується. Максимальних деформаційно-міцнісних показників досягають при використанні епоксидних композицій, але в Україні їх практично не випускають. Тому у цій роботі технологія формування неметалічної арматури базується на використанні карбамідної смоли КФ-МТ по ГОСТ 14231-88, вміст формальдегіду в якій не більше 0,3%, внаслідок чого вона віднесена до малотоксичних і може бути використана у будівництві. Цей тип смоли виробляють в Україні, він має низьку вартість і дозволяє отримати склопластикову арматуру невисокої міцності, яка відповідає задачам роботи.

Таким чином, компонентами арматури були відходи у вигляді пучків скловолокна довжиною 300-500 мм марки БС-7х36х3 (ГОСТ 8325-88) та карбамідна смола КФ-МТ.

Внаслідок того, що довжина відходів скловолокна значно менша за довжину арматури, що формується, пучки розпушують і з'єднують у безперервний відрізок, що відповідає довжині бетонної конструкції. Вказаний відрізок із розпушеного волокна насичують полімерним зв'язуючим і укладають у металічну опалубку, внутрішні розміри якої повторюють зовнішні розміри арматури, що в них формується.

Зв'язуюче готують змішуванням сечово-формальдегідної смоли з каталізатором твердіння - 20%-м розчином хлорчастого амонію NH_4Cl у кількості 7% від ваги смоли.

Насичені відрізки при укладанні в опалубку додатково поширово насичували зв'язуючим до повного змочування волокон.

З метою забезпечення сумісності роботи зв'язуючого та скловолокна з їхньої поверхні шляхом випалення видаляють шар парафінового замащувача, яким вони покриті.

Підбір раціонального співвідношення скловолокна і полімерного зв'язуючого здійснювали експериментально. За критерій приймали міцність зразків довжиною 160 мм, перерізом 20х40 мм на згин. Вибір даного критерію обумовлений тим, що розроблена арматура невисокої міцності у конструкціях працює на розтягування зі згином, тобто, на відміну від традиційної стержньової арматури, напруження в ній за висотою перерізу суттєво змінюються. Випробування проводили в машині Р-5, прикладаючи зосереджене навантаження в середині прольоту, до зруйнування. Швидкість навантаження - 50 Н/с, ціна мітки шкали динамометра - 20Н. У

результаті досліджень встановлено, що кращі показники міцності відповідають співвідношенню: 47 в.ч. скловолокна і 53 в.ч. сечово-формальдегідної смоли.

Властивості отриманої склопластикової арматури суттєво залежать від температурного режиму твердіння полімерного зв'язуючого. Експериментальні випробування, що були проведені, дали змогу отримати раціональний температурний режим, до якого входять: нагрівання арматури, що формується, в закритих формах до температури 100°C на протязі 2 годин, охолодження до 20°C . Після цього арматуру, що затверділа на першій стадії, видаляють з опалубочної форми і знову нагрівають вже до температури 120°C , при якій витримують на протязі 2 годин з наступним охолодженням до 20°C .

Критерієм оцінки режимів були результати випробувань зразків-"вісьмонок" на осьове розтягування. При цьому вміст волокна і зв'язуючого був прийнятий таким, що був підібраний за результатами описаних раніше експериментів. Переріз зразків - 20×40 мм, довжина - 520 мм, на кінцях - плавне поширення до 80 мм. Місця захвату зразків посилювали двома шарами склотканини, насиченої епоксидною композицією.

Випробування проводили в машині УИМ-50. Фіксацію деформацій та центрування зразків здійснювали за допомогою індикаторів годинникового типу з ціною мітки 0,01 мм. Руйнування зразків сталося внаслідок розриву у середній частині.

Величина тимчасового опору склала $\sigma_{\text{ср}} = 50$ МПа, модуль деформацій $E_{\text{ср}} = 1,2 \times 10^4$ МПа.

Дослідження деформаційно-міцностних властивостей розробленої склопластикової арматури проводили на зразках, які

були виготовлені з додержанням виявлених раніше оптимальних співвідношень між компонентами і температурного режиму формування. Випробовували зразки довжиною 1100 мм з анкерними поширеннями на кінцях. Внаслідок того, що на показники скловолокна має вплив масштабний фактор, випробовували зразки з різними розмірами перерізів: 30x10 мм, 25x18 мм, 30x18 мм. Випробування проводили в машині УИМ-50 на осьове розтягування до розриву, який стався у середній частині зразка. Отримані діаграми деформування приведені на рис.1. Значення тимчасових опорів у серіях склали відповідно 62,2; 56,7; 52,8 МПа, модулів деформацій - $1,2 \times 10^4$; $1,1 \times 10^4$; $0,9 \times 10^4$ МПа. Таким чином, із зростанням площі поперечного перерізу арматури її деформаційно-міцнісні показники дещо погіршуються.

Як видно з рис.1, розроблена арматура деформується нелінійно з рівня напружень, що відповідають приблизно 0,3 від руйнуючих.

Внаслідок того, що склопластики мають специфічні реологічні властивості, були проведені випробування арматури на тривалу дію навантаження. Їх виконували за допомогою спеціального пружинного устаткування. Рівень розтягуючих напружень становив 0,46 від руйнуючих при короткочасній дії навантаження, що відповідає експлуатаційному.

Повзучість мала затухаючий характер, стабілізація настала приблизно через 25 діб після навантаження. Величина деформацій повзучості склали приблизно третю частину значення короткочасних деформацій у мить прикладання навантаження. Таким чином, за своїми показниками арматура, що пропонується, може бути використана у несучих конструкціях.

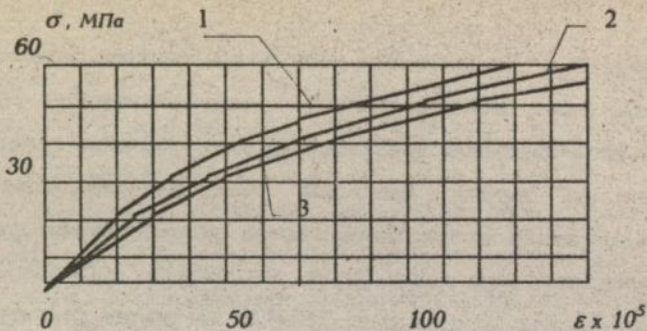


Рис.1. Графіки деформацій склопластикової арматури
перерізом: 1 - 30x10 мм;
2 - 25x18 мм;
3 - 30x18 мм.

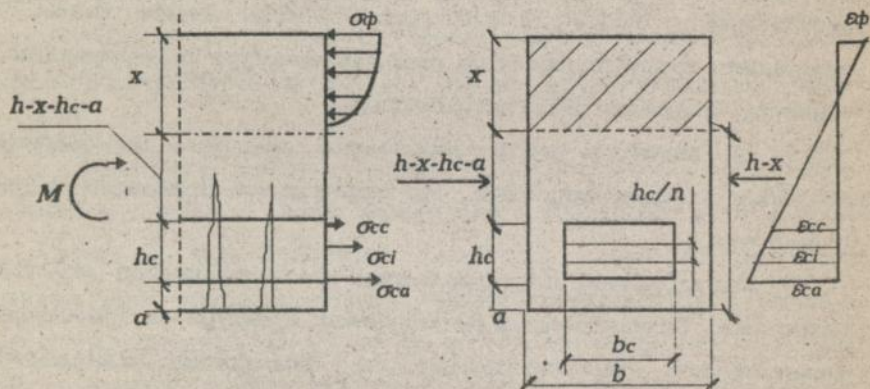


Рис.2. Напружено-деформований стан у згинальному елементі після появи тріщини.
 $P, \text{кН}$

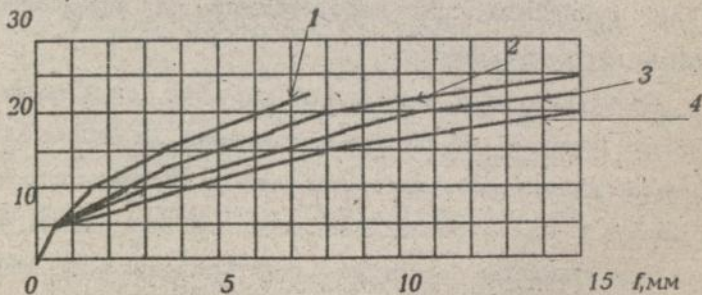


Рис.3. Графіки прогинів балок з жорсткою склопластиковою арматурою
перерізом: 1 - 45x25 мм (БС-3);
2 - 35x25 мм (БС-2);
3 - 25x25 мм (БС-1);
4 - 2x12x25 мм (з двохгілковою арматурою- БДВ-4).

Третя глава розкриває суть розробленої методики розрахунку бетонних згинальних елементів з жорсткою склопластиковою арматурою. Внаслідок того, що вона деформується нелінійно, а її переріз дуже розвинений за висотою, значення модуля деформацій суттєво змінюється з висотою перерізу арматури і вказаний фактор має бути враховуваний у методиці розрахунку. При розробці методики оцінки напружено-деформованого стану елементів до і після появи тріщин у розтягнутій зоні бетону були прийняті передумови і припущення: розглядають випадок одноразового статичного навантаження; вважають вірною гіпотезу плоских перерізів; до появи тріщин бетон і арматура деформуються сумісно.

За аналогією із СНиП 2.03.01-84 вважають, що після появи тріщин робота розтягнутого бетону в розрахунку до уваги не приймають, розтягуюче зусилля сприймає склопластикова арматура. Нелінійність деформування бетону, закономірність розподілу напружень по висоті перерізу у стиснутій та розтягнутій зонах бетону описують за Бондаренком В.М.

Закономірність нелінійного деформування арматури подається у табличній формі. Зміну значень напружень і відповідно модулів деформацій арматури за висотою її перерізу враховують розбивкою на n шарів, у межах котрих величини напружень приймають постійними і такими, що дорівнюють середнім арифметичним значенням на вищій і нижчій межах i -того шару.

За критерій виникнення тріщин приймали досягнення у крайній розтягнутій фібрі бетону межі міцності бетону на розтягування R_m . Вигляд напружено-деформованого стану в перетині після появи тріщин приведено на рис.2. Рівняння рівноваги мають вигляд

$$b \int_0^x \sigma_{\phi} (z/x)^{n_{\sigma}} dz - (b_c h_c / n) \sum_{i=1}^{i=n} (\sigma_{c,i-1} + \sigma_{ci}) / 2 = 0, \quad (1)$$

$$b \int_0^x \sigma_{\phi} (z/x)^{n_{\sigma}} z dz - (b_c h_c / n) \sum_{i=1}^{i=n} \{ (\sigma_{c,i-1} + \sigma_{ci}) (h - x - h_c - a + ih_c / n + h_c / 2n) / 2 \} - M = 0. \quad (2)$$

Як випливає з (1), з урахуванням гіпотези плоских перерізів і нелінійного фізичного закону, рівняння для вирахунку висоти стиснутої зони бетону x має вигляд

$$Ax^2 + Bx + C = 0, \quad (3)$$

де

$$A = b E_{\phi} / (1 + n_{\sigma});$$

$$B = (b_c h_c / 2n) \sum_{i=1}^{i=n} (E_{c,i-1} + E_{ci});$$

$$C = -(b_c h_c / 2n) \sum_{i=1}^{i=n} \{ E_{c,i-1} [h - h_c - a + (i-1)h_c / n] + E_{ci} (h - h_c - a + ih_c / n) \}. \quad (4)$$

Значення напружень у крайній стиснутій фібрі бетону, як випливає з (2), визначають по залежності

$$\sigma_{\phi} = M/W, \quad (5)$$

де

$$W = bx^2/(2+n_{\sigma}) + (b_c h_c / 2n_x E_{\phi}) \sum_{i=1}^{i=n} \{ E_{c,i-1} [h-x-h_c-a + (i-1)h_c/n] + E_{c1}(h-x-h_c-a + ih_c/n) \} (h-x-h_c-a + ih_c/n + h_c/2n). \quad (6)$$

Внаслідок того, що значення модулів деформацій у бетоні E_{ϕ} і шарах склопластикової арматури E_{c1} та параметра нелінійності n_{σ} є функціями напружень, що визначаються, задачу вирішують послідовними наближеннями, у процесі яких уточнюються величини висоти стиснутої зони, напружень і модулів деформацій, що їм відповідають. Складено алгоритм і програму розрахунку на ПЕОМ.

Настання граничних станів I і II груп фіксують у процесі послідовного перебору навантажень, тобто кроковим методом.

У четвертій главі приведені результати експериментальних досліджень роботи бетонних згинальних елементів із склопластиковою арматурою невисокої міцності. Випробовували 4 серії зразків-балок. Кожна серія складалась із 3 зразків-близнюків.

Перші три серії відрізнялись між собою різними перерізами склопластикової арматури: балки БС-1 армували стержнями прямокутного перерізу 25x25 мм, БС-2 - 35x35 мм, БС-3 - 45x25 мм. Балки серії БС-4 мали двохгілкову арматуру з перерізом кожної гілки 16x25 мм, відстань між гілками становила 20 мм.

Арматуру виготовляли з відходів скловолокна БС-7х36х3, що випускає Мерефянський склозавод, і карбамідної смоли КФ-МТ у

ЛІБ ім. В. Стефаника
АН України

співвідношенні відповідно 47 і 53 вагових часток, у горизонтальних сталених формах. Необхідну ширину перерізу досягали встановленням поздовж бокових граней дерев'яних прокладок. Для кожної серії балок виготовляли 5 однакових арматурних стержнів: 3 - для армування балок, 2 - для визначення деформаційно-міцнісних характеристик. Температурний режим відповідав оптимальному, що був встановлений у дослідженнях, які наведені у главі 2.

Зразки-балки виготовляли у інвентарних сталених формах з бетону одного замісу у співвідношенні компонентів 1:2,11:3,68, цемент марки 400 Балаклейського цементного заводу, В/Ц=0,51. Ущільнення робили вібратором ИВ 117-2.

Одночасно з того ж бетону виготовляли кубики 10x10x10 см і призми 10x10x40 см.

Видалення зразків із опалубкових форм проводилось через 10 діб. Переріз балок - 80x140 мм, довжина - 1200 мм, товщина захисного шару - 20 мм.

Зразки випробували на згин за схемою балки прольотом 100 см, що навантажена двома зосередженими силами у третій частині прольоту.

Внаслідок того, що балки не мали поперечної арматури, з метою запобігання руйнування за похилим перерізом до бокових поверхонь бетону у припорних зонах прифермовували зовнішнє склопластикове армування у вигляді склотканини, що була насичена епоксидним зв'язуючим.

Випробування проводились в машині УИМ-50, швидкість навантаження - 40...50 Н/с, витримка на етапах - до 2 хвилин. Деформації вимірювали індикаторами годинникового типу з ціною

мітки 0,01 мм, прогини - прогиномірами Аістова з ціною мітки також 0,01 мм.

У результаті випробувань отримані такі величини:

$R_b = 16,2$ МПа, $E_{b0} = 28,8 \times 10^3$ МПа, тимчасовий опір склопластикової арматури $\sigma_{cu} = 59$ МПа при перерізі 25x25 мм і $\sigma_{cu} = 54$ МПа при перерізі 45x25 мм.

Графіки прогинів балок, що були випробувані, наведені на рис.3. Характер деформування, тріщиноутворення і руйнування зразків I, II, і IV серій був аналогічний тим, що мають місце у випробуваннях залізобетонних згинальних елементів. Руйнування мало плавний характер і супроводжувалось роздрібненням стиснутої зони бетону. В III серії збільшення відсотку армування привело до суттєвого росту навантаження тріщиноутворення. Однак, руйнування було крихким при менших навантаженнях, ніж для балок з меншим відсотком армування.

При цьому мало місце розтискування захисного шару бетону в розтягнутій зоні, розшарування балки та поділ на частки. Отриманий результат свідчить про необхідність введення обмеження на відсотковий вміст у згинальних балках жорсткої склопластикової арматури і на конфігурацію її поперечного перерізу.

Співставлення результатів розрахунку балок, що були випробувані, з експериментальними даними показало задовільне співпадання. Відхилення у значеннях руйнуючих навантажень становили від 4,8 до 9,1%.

У п'ятій главі наведені рекомендації з конструювання елементів з розробленою склопластиковою арматурою, яка може бути одинарною у вигляді стержня прямокутного перерізу з анкерними поширеннями на кінцях або двохгілковою з загальними

анкерними поширеннями. Можливе формування арматури з великою кількістю гілок. У нерозрізних балках під час їхнього виготовлення укладання арматури пропонується виконувати за епурою згинальних моментів.

Встановлено раціональні області впровадження результатів даної роботи і наведено приклад їх реалізації у проєкті житлового будинку для Мерефянського склозаводу. Результати роботи впроваджені також у ХП(НДІ) Міністерства Оборони України.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Запропоновано новий вид склопластикової невисокоміцної арматури на основі відходів виробництва скляних та інших типів волокон для конструкцій без попереднього напруження. Встановлено раціональні області застосування і типи склопластбетонних конструкцій із запропонованою арматурою, які мають корозійну тривкість, немагнітність, високі діелектричні показники.

2. Розроблено технологію виготовлення жорсткої склопластикової арматури на основі відходів виробництва скловолокна, одержано експериментальні температурні режими твердіння армованої полімерної композиції.

3. Виконані експериментальні дослідження дозволили встановити раціональні співвідношення армуючого матеріалу у вигляді відходів виробництва скловолокна та полімерної матриці на основі карбамідної смоли.

4. Експериментально встановлені закономірності деформування і показники міцності запропонованої склопластикової арматури. Значення тимчасового опору і початкового модуля

деформації склали відповідно $\sigma_{cu} = 60$ МПа та $E_{cu} = 8600$ МПа. Виявлено закономірності деформування розробленої склопластикової арматури при тривалій дії навантаження.

5. Запропоновано конструктивно-технологічні рішення анкерування склопластикової арматури на основі відходів виробництва скловолокна.

6. Розроблено методику розрахунку з утворення тріщин згинальних елементів з жорсткою склопластиковою арматурою, яка враховує нелінійність деформування розтягнутого, стиснутого бетону та склопластикової арматури.

7. Розроблено методику оцінки напружено-деформованого стану та несучої здатності згинальних елементів з урахуванням нелінійності деформування стиснутого бетону і змінності модуля деформації розтягнутої жорсткої склопластикової арматури за висотою її перерізу.

8. Експериментально досліджено роботу згинальних елементів з різними відсотками армування склопластиковою арматурою на всіх стадіях навантаження, виявлено особливості тріщиноутворення, деформування та вичерпання здатності нести навантаження.

9. Співставлення експериментальних даних з результатами розрахунку за розробленою методикою показало їх достатню для інженерних розрахунків відповідність; відхилення не перевищує 4,8...9,1%.

10. Результати роботи впроваджені у проєкті житлового будинку для робітників Мерефянського склозаводу та у ХП(НД) МО України.

Основні положення дисертації опубліковані у працях:

1. Лобода О.Н. Стеклопластиковая арматура для конструкций без предварительного напряжения. -Тез. докл. "Повышение эффективности строительства". -Харьков, 1993, с.64.

2. Лобода О.Н. (соавтор Копейко А.Е.). Неразрезные балочные конструкции со стеклопластиковым армированием. -Тез. докл. "Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве". -Харьков, 1991, с.86-88.

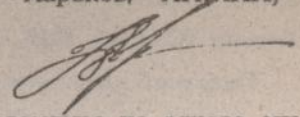
3. Лобода О.Н., Шагин А.Л., Мольский М.М. Особенности методики кратковременных и длительных механических испытаний стеклопластиковой арматуры. -Экспериментальные исследования инженерных сооружений. -Тез. докл. УП Всесоюзной конференции ЭИИС-91. -Сумы, 1991, с.90-92.

4. Лобода О.Н., Олифиренко А.М., Мольский М.М. Новый вид стеклопластиковой арматуры для строительных конструкций. Научно-практич. конф. "Ресурсосберегающие технологии и материалы в строительстве и строительной индустрии". -Тез. докл.-сообщений. -Харьков, апрель 1992, с.7.

5. Лобода О.Н., Копейко А.Е., Грицай Н.В. Экспериментальные исследования изгибаемых элементов с жесткой неметаллической арматурой малой прочности. -Тез. докл. "Повышение эффективности строительства". -Харьков, 1993, с.61.

6. Лобода О.Н., Шагин А.Л., Копейко А.Е. Жесткая стеклопластиковая арматура для конструкций без предварительного напряжения. -Тез. докл. междунар. конф. "Ресурсосберегающие технологии строительных материалов, изделий и конструкций", часть 6. -Эффективные конструкции, методы расчета и возведения зданий и сооружений. -Белгород, "Везелица", 1993, с.98-99.

7. Лобода О.Н., Копейко А.Е., Салия Г.Ш., Стародуб Т.К. Длительные испытания жесткой стеклопластиковой арматуры. - Бюллетень технической информации. - Харьков, ХП(НИИ) МО Украины, №2, 1995, с.14-16.



Лобода О.Н. Стеклопластиковая арматура на основе отходов производства стекловолокна. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальности 05.23.05 - строительные материалы и изделия и 05.23.01 - строительные конструкции, здания и сооружения. Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры. Харьков, 1996.

Разработаны новый вид стеклопластиковой арматуры для конструкций без предварительного напряжения, технология ее изготовления на основе использования отходов стекловолокна, принципы конструирования изгибаемых элементов с ее применением. Исследованы закономерности работы полученной стеклопластиковой арматуры и указанных элементов, разработана методика их расчета с учетом реальных диаграмм деформирования бетона и арматуры.

Предлагаемая стеклопластиковая арматура внедрена в проекте жилого дома и для создания специальных сооружений.

Ключевые слова: стекловолокно, полимерное связующее, режим отверждения, стеклопластиковая арматура, бетон, изгибаемый элемент, трещиностойкость, прочность, деформативность.

Loboda O.N. Glass-plastic Armature from Waste Products of a Fiberglass. The thesis for a competition of the scientific degree of the

Candidate of Technical Sciences. Specialities 05.23.05 - Building Materials & Makes and 05.23.01 - Building Structures, Buildings & Structures. Kharkov State Technical University of Construction and Architecture. Kharkov, 1996.

They were made new kind of glass-plastic armature for structures without a prestress, the technology of its making from waste products of a fiberglass, principles of the designing of bent elements in which new armature uses. It was investigated appropriateness of glass-plastic armature's and indicated elements' work, it was devised the methodic of their calculation with the taking into account real diagrams of concrete's and armature's deformations.

New glass-plastic armature was applied in the project of living house and for the making of special structures.

Key words: fiberglass, polymeric astrigent, glass-plastic armature, concrete, bent element, crack stability, durability, deformation parameters.

Подписано в печать 18.04.96. Формат 60x84 1/16.
Бумага типографская № 2. Печать офсет.
Усл печ.л. 1, 39. Физ.печ.л 1, 5
Заказ 1069. Тираж 100.
Киев, ул Суворова, 4/6.

446266

AB 34878
AB 34.878