

**ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

На правах рукопису

Пустовойтов Володимир Павлович

**СТРІЧКОВЕ СКЛОПЛАСТИКОВЕ АРМУВАННЯ
БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА
КОНСТРУКЦІЙ**

05.23.05 - Будівельні матеріали та вироби

**05.23.01 - Будівельні конструкції, будівлі
та споруди**

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Харків - 1995



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківській державній академії міського господарства

Офіційні опоненти: – доктор технічних наук, професор
Лісенко Вадим Андрійович;
– доктор технічних наук, старший
науковий співробітник
Ольгінський Олександр Георгійович;
– доктор технічних наук, професор
Чихладзе Елгуджа Давідович

Провідна організація – Харківський ПромбундНДІпроект

Захист відбудеться 14.03. 1995 р. о 13⁰⁰ год. на
засіданні спеціалізованої вченої ради Д 088.33.01 Харківського
державного університету будівництва та архітектури (310002,
м.Харків, вул.Сумська,40.).

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського
державного університету будівництва та архітектури (м.Харків,
вул.Сумська,40)

Автореферат розісланий 14.02. 1995 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради доктор технічних наук,
професор

Смельянова І.А.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи і ступінь дослідженості тематики дисертації.

Одним з основних завдань сучасного будівництва є створення ефективних і надійних виробів і конструкцій. Особливо гостро стоять питання удосконалення виробів, які експлуатуються в агресивних середовищах. Нерідко треба створити конструкції, які за своїм функціональним призначенням повинні мати немагнітність, діелектричні та інші спеціальні властивості, тобто коли традиційні матеріали непридатні.

До основного будівельного матеріалу – залізобетону ставляться все більш жорсткі вимоги з міцності, тріщиностійкості і довговічності. Традиційні шляхи підвищення ефективності залізобетонних виробів і конструкцій не дозволяють у повному обсязі розв'язати ці завдання. Надалі удосконалення залізобетонних конструкцій переважно пов'язане із застосуванням нових ефективних арматурних сталей, а також із застосуванням неметалічної, зокрема склопластикової арматури.

Досвід застосування склопластикової арматури поки ще невеликий. Використання внутрішньої стержневої склопластикової арматури недостатньо ефективно бо ступінь її участі у використанні зусиль, які припадають на конструкцію, в цілому мала внаслідок порівняно високої деформативності склопластика. Недостатньо вивчений процес хімічної взаємодії бетону із склопластиковою арматурою. Дослідне виробництво склопластикової арматури обмежене, в основному, дротом, у той час, як виробникам потрібен широкий асортимент такої арматури та арматурних виробів.

Необхідні наступні дослідження властивостей склопластикової арматури, розробка ефективних засобів армування, одержання високотехнологічних виробів і конструкцій, де можна раціонально

використати цінні властивості бетону і склопластику. Застосування склопластикової арматури перспективне у виробках і конструкціях з клеєної деревини, скла, кераміки, сталі та ін., що дозволяє одержувати армовані системи з новими властивостями.

В дисертації відображені результати виконаних автором та опублікованих протягом 1960–1994 р.р. досліджень, спрямованих на розвиток та удосконалення склопластикових виробів і конструкцій. Прі цьому як армуєчий матеріал запропонований новий вид склопластикової арматури – стрічкова склопластикова арматура (ССПА). Маючи позитивні властивості, притаманні іншим видам склопластикової арматури, СПА проста у виготовленні, для її виробництва не потрібні додаткові операції з текстильною переробки скляних ниток (крутіння, плетіння та ін.), які знижують міцність волокна. Можливість застосування некручених первинних ниток дозволяє досягати максимальної міцності при порівняно невисокій деформативності арматури. Використання більш товстих скляних волокон дає можливість знизити вартість виробництва арматури. СПА – ефективний конструктивний композиційний матеріал, придатний для формування принципово нових комплексних будівельних виробів і конструкцій. Можливість управління технологічним процесом безперервного формування (намотування), здійснювати задану орієнтацію стрічкової арматури, дозволяє створювати штучну анізотропію властивостей виробу, яка максимально відповідає силовим і несиловим впливам.

Мета роботи. Створення, дослідження і випробування довговічних корозійно стійких виробів і конструкцій зі зміцнюєчим і захисним склопластиковим армуванням і технології їх виготовлення, що забезпечуть раціональний розподіл армуєчого матеріалу у відповідності з характером експлуатаційного напруженого стану і впливу зовнішнього середовища, а також

розробка методик їх розрахунку. В межах сформульованої мети були поставлені такі основні завдання:

1. Створити технології виготовлення на існуючому в Україні обладнанні склопластикової арматури з раціональним розподіленням первинних некручених ниток, які забезпечуть високу механічну міцність арматури.

2. Провести дослідження по підбору складу полімерного зв'язуючого, який забезпечує корозійну стійкість арматури.

3. Провести дослідження деформативно-міцнісних, діелектричних та інших властивостей склопластикової арматури, одержуваної у відповідності з запропонованих технологією, описати закономірності її короткочасного і тривалого деформування при механічному навантаженні.

4. Розробити раціональні рішення несучих і захисних конструкцій та виробів армованих склопластиком, які мають підвищений запас міцності, корозійної стійкості, довговічності, а також методик їх розрахунку з урахуванням дійсних властивостей склопластикової арматури.

5. Розробити ефективні технологічні засоби формування виробів і конструкцій склопластиковою арматурою, а також експериментальні установки і верстати для дослідження розроблених технологій, створити на їх основі зразки промислового обладнання, випробувати його роботу в промислових умовах.

6. Провести експериментальне дослідження виробів і конструкцій на основі бетону, азбестоцементу, полімеррозчину, сталі та ін., армованих розробленою склопластиковою арматурою.

7. Створити методику оцінки напружено-деформованого стану виробів і конструкцій з арматурою зі склопластика і співставити одержані результати з розрахунком.

8. Впровадити результати роботи у виробництво.

Методи досліджень. Поставлені задачі визначили методи досліджень, основними серед яких були метод аналізу та наукових узагальнень досягнень науки та практики, метод аналітичних досліджень із залученням сучасного математичного апарату, метод експериментальних досліджень в лабораторних і промислових умовах з використанням різних засобів виміршальної техніки, метод техніко-економічного аналізу.

Обґрунтування теоретичної і практичної цінності досліджень та їх наукової новизни. Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій зумовляється тим, що проведений в експериментальному та теоретичному планах комплекс досліджень дозволив на базі сучасного рівня науки та техніки розробити новий клас будівельних виробів і конструкцій зі стрічковою склопластиковою арматурою, яка виконує одіючасно зміцнюючі і захисні функції і забезпечує підвищення міцності, довговічності, корозійної стійкості, екологічної безпеки, магнітної проникності, діелектричних та інших властивостей при зниженні матеріалоемкості, металоємкості, маси. При цьому одержані такі результати:

- експериментально виявлені та описані закономірності впливу структурно-технологічних показників на міцнісні та деформативні властивості арматури на основі безперервних скляних ниток;

- запропоновані, експериментально відпрацьовані в лабораторних і виробничих умовах принципи формування нетканої стрічкової склопластикової арматури методом протяжки некручених первинних скляних ниток, просочених полімерним зв'язувачем;

- експериментально одержані дані про властивості склопластикової арматури, виготовленої за розробленим технологією на склонишках різних марок і різних зв'язувачих;

- запропоновані технологічні принципи зміцнення і захисту будівельних виробів і конструкцій стрічковою склопластиковою арматурою методом безперервної намотки, які дозволяють варіювати структуру армування виробів (конструкцій) у відповідності з виглядом експлуатаційно напруженого стану і функціональним призначенням;

- експериментально встановлена залежність міцності центрально стиснутих бетонних елементів від потужності склопластикових обойм та інтенсивності їх попереднього напруження, запропонована методика визначення коефіцієнта ефективності склопластикової обойми при різних класах бетону і зростаючих значеннях потужності обойми;

- запропонований новий тип безметалевих і малометалевих попередньо напружених вигнутих балочних конструкцій на основі бетону і стрічкової склопластикової арматури, які виготовляються методом безперервного зовнішнього армування (метод В.В.Михайлова) на установках розробленої автором конструкції;

- запропоновані нові типи неметалічних напірних труб з бетону, азбестоцементу та ін. із зовнішнім попередньо напруженим склопластиковим шаром, які відрізняються корозійною стійкістю, водонепроникністю, зниженою масою;

- запропонований новий тип панелей покриття на основі склопластику і полімерцементного розчину з важливими експлуатаційними властивостями (малов масов, корозійною стійкістю та ін.);

- розроблені і реалізовані в методиках і програмах для ЕОМ принципи розрахунку виробів і конструкцій з урахуванням дійсних властивостей стрічкової склопластикової арматури;

- розроблений і реалізований засіб захисту від корозії, підсилення і відновлення сталевих трубопроводів попередньо напружених склопластиковими покриттями.

Новизна розробок підтверджена 10 авторськими свідоцтвами. Основні розділи дисертації виконані у рамках проведення робіт за Постановою Ради Міністрів УРСР N 272 від 11 липня 1985 р. і Постановою Президію АН УРСР N 493 від 11 листопада 1984 р.

Методичні розробки автора використовуються в учбовому процесі при підготовці інженерів зі спеціальностей – 7.092.101 – Промислове і цивільне будівництво; 7.092.103 – Міське будівництво і господарство; 7.092.112 – Охорона праці і екологія в будівництві.

Особистий внесок дисертанта. У роботі, що реферується, особисто автором розроблен новий тип корозійно-стійкої нетканої стрічкової склопластикової арматури; встановлен взаємозв'язок ряду технологічних факторів з міцністю та іншими властивостями стрічкової склопластикової арматури; запропонован ряд нових намотувальних машин та пристроїв; здійснено дослідження властивостей скляних ниток та стрічкової склопластикової арматури при короткочасному і довгочасному механічному навантаженні (роботи 6-8, 10, 11, 14, 24).

Розроблені основи технології виготовлення будівельних виробів і конструкцій методом намотки стрічкової арматури, принципи спрямованого підбору структур армування на основі оптимізації механічних параметрів одержуваних виробів і конструкцій (роботи 3, 7, 10, 11, 13, 16, 22, 26, 39,).

Розроблені нові типи будівельних виробів і конструкцій зі стрічковим склопластиковим армуванням (роботи 7, 11, 15, 18, 24, 30, 34, 35, 38, 39, 49).

Отримані закономірності роботи бетонних, азбестоцементних, металічних стиснутих, розтягнутих, вигнутих стержньових та інших видів виробів і конструкцій з різного характеру армуванням ССПА при статичних короткочасних і довгочасних навантаженнях, а

також при наперемінних змінах температури, електричних впливах, дозволили накреслити шляхи першочергового використання ССПА в будівельних виробих і конструкціях (роботи 3,10,15,16,18,26,27, 46,48,50).

Розроблено методику розрахунку бетонних стиснутих циліндричних елементів у склопластикових обоймах, бетонних та інших труб зі стрічковим склопластиковим армуванням з урахуванням дійсного характеру деформування матеріалу на діш навантажень (роботи 3,9,10,16,27,44,47,48), а також засоби попереднього напруження таких елементів (роботи 2,7,10,13,15,16,27).

Реалізація результатів роботи. Під керівництвом автора і за його безпосередньої участю в ряді міст упроваджен спосіб захисту від корозії та зміцнення металевих труб за допомогою ССПА, що дозволило скоротити число аварій, підвижити надійність та тривалість строку служби трубопроводів у 2-3 рази. Збудовано спеціальні цехи, де встановлено розроблене устаткування, яке дозволяє армувати труби діаметром 100-600 мм та довжиною до 11 метрів.

У 1984 році на Воскресенському заводі азбестоцементних труб організовано упровадження розробленого способу армування стосовно до азбестоцементних труб великого діаметру.

У 1964 році при будівництві експериментального жилого будинку в м.Харькові вперше упроваджені склопластбетонні попередньо напружені балки (44 шт). Багаторічна експлуатація будинку підтвердила їх надійність і доцільність використання.

Розроблено галузеві інструкції щодо вибору параметрів різноманітних будівельних виробів та конструкцій зі стрічковим склопластиковим армуванням.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на 43 всесоюзних, республікансь-

ких і межвузовських конференціях і семінарах, у тому числі на 18 всесоюзних конференціях: "Композиційні полімерні матеріали - властивості, виробництво, застосування" (Москва, 1987); 2-й конференції з композиційних полімерних матеріалів та їх застосування в народному господарстві" (Ташкент, 1983); "Нові композиційні матеріали у будівництві" (Саратов, 1981); "Комплексний захист від підземної корозії магістральних трубопроводів і промислових об'єктів" (Москва, 1981); "Процеси та апарати виробництва полімерних матеріалів, методи та обладнання для переробки їх у вироби" (Москва, 1986); "Підвищення довговічності конструкцій водогосподарського призначення" (Ростов-на-Дону, 1981); "Застосування полімерних матеріалів у сільському будівництві" (Челябінськ, 1988); "Використання склопластиків для армування бетонних конструкцій" (Мінськ, 1964); "Застосування пластмас у будівництві" (Ленінград, 1963); та ін.: 1, 2, 3 конференціях "Застосування пластмас у будівництві і міському господарстві" (Харків, 1982, 1987, 1991); "Підвищення ефективності сільськогосподарського будівництва" (Полтава, 1985) та ін.

Результати роботи 18 раз експонувались на всесоюзних і республіканських виставках і відзначені Дипломом 1-го ступеня ВДНГ УРСР і двома бронзовими медалями ВДНГ СРСР.

Публікації. По матеріалах виконаних досліджень опублікована монографія, п'ять брошур, 80 статей, одержано 10 авторських свідоцтв.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, 9 розділів, висновків, списку використаної літератури зі 266 бібліографічних найменувань, додатків, 123 рисунків, 14 таблиць, машинописного тексту на 252 стор., усього 345 стор.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

1. СТАН ПИТАННЯ

У 1941 р. А.К.Буров запропонував та експериментально підтвердив доцільність використання скляного волокна для армування бетону. Пізніше ця ідея була підтверджена Р.Фрейсіне, Ф.Леонгардтом, А.А.Гвоздьовим, К.В.Михайловим та іншими вченими.

Основні види сировини для виготовлення скляного волокна є в Україні майже повсюди, а технологія його виробництва досить нескладна й освоєна на ряді заводів (м.м. Мерефа, Бердянськ, Северодонецьк та ін.).

За величиною тимчасового опору розриву елементарне скляне волокно технічного призначення діаметром 7 ... 15 мкм відповідає високовуглицевій холоднотягнутій дротині ($\sigma_B = 1800 \dots 2200$ МПа), а за щільністю воно в 3,5 рази легше неї. Скловолокно має задовільну релаксаційну стійкість і при вірно обраному хімічному складі скла стійке в агресивних середовищах.

Більшість існуючих методик армування бетону скляною арматурою передбачає об'єднання скляних волокон у збільшені арматурні елементи з використанням для цієї мети полімерних зв'язуючих, що дає якісно новий вид матеріалу - склопластик.

Зараз не викликає сумніву, що перехід від залізобетону до склопластбетону неможливо здійснити простим копіюванням залізобетону. Це завдання більш складне, потребує розглядання специфічних особливостей як склопластикової арматури, так і армованої конструкції (виробу) в цілому. Широке впровадження таких конструкцій потребує проведення більшої кількості досліджень закономірностей їх роботи при різних силових і несилових впливах, розробки принципів конструювання і відповідного технологічного обладнання.

Впровадження склопластбетонних виробів і конструкцій неможливе без розробки методів розрахунку, які враховують дійсний характер їх деформування і роботи складових матеріалів. Основов для таких розробок повинні служити фундаментальні дослідження в області механіки композиційних матеріалів С.С.Амбарцумяна, С.Г.Лехницького, А.К.Малмейстера, В.М.Тарнопольського, та ін. і в області теорії залізобетону О.Я.Берга, В.М.Бондаренко, А.А.Гвоздьова, І.М.Грушко, Н.І.Карпенка, В.І.Мурашова, В.В.Михайлова, К.В.Михайлова, Е.Д.Чихладзе та ін.

Наукові дослідження, присвячені питанням констрування, розрахунку, технології виготовлення будівельних виробів і конструкцій із застосуванням склопластиків одержали подальший розвиток у роботах А.Я.Барашкіова, В.М.Вильдавського, А.І.Волка, В.А.Воробьова, А.В.Губенко, А.М.Іванова, Н.П.Фролова, В.М.Хрульова, К.А.Чапского, А.А.Шагіна та ін.

Дослідне виробництво склопластикової арматури для заосередженого армування бетону вперше організоване в м.Харкові (ПВДНДІ, ПромбудНДІпроект, ХІБІ, ХІІКГ). На основі розробок харківських учених виробництво склопластикової дротяної і стержньової арматури здійснюється в ІБІА Білорусі (м.Мінськ). До об'єктів, де застосовані конструкції зі склопластиковим формуванням, належать склади мінеральних добрив в Білорусі, опори ЛЕП у Ставропольському краї і деякі інші. Проте багато питань, пов'язаних з розробкою склопластикової арматури, технологією її виготовлення і застосування ще не знайшли остаточного розв'язання, що зумовлює необхідність проведення подальших досліджень.

2. ЗАПРОПОНОВАНА СТРІЧКОВА СКЛОПЛАСТИКОВА АРМАТУРА (ССПА) – СТРУКТУРА, ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА, ХАРАКТЕРИСТИКИ

Одна з основних вимог до склопластикової арматури – висока міцність при розтягуванні. Проте, як показав аналіз існуючих технологій виробництва такої арматури, висока міцність первинних скляних ниток (волокон) використовується далеко не повністю. Пов'язане це, головним чином з тим, що волокна після витягання зі склоплавильної печі проходять ряд стадій складної текстильної переробки, яка полягає в багаторазовій перемотці, скручуванні, переплетінні та ін., що веде до значного зниження їх міцності. Дослідами встановлено, що в результаті кручення скляної нитки в одне складання міцність її по відношенню до первинного волокна знижується на 17-18%, а в два складання – на 22-23%. Межа міцності кручення арматурних канатів зі складдугтів при короткочасних випробуваннях складає лише 30% від міцності елементарних волокон і 15% при довгочасному зануренні.

Дослідження показали, що ефективним конструктивним розв'язанням арматури, яке дозволяє максимально використати високу початкову механічну міцність скляних волокон, є стрічкова структура, в якій некручені первинні скляні нитки вкладаються в одній площині, паралельно один одному, вздовж діючого розтягуючого зусилля. Використовуючи цей принцип запропонований новий тип арматури – стрічкова склопластиковая арматура (ССПА).

Усунення текстильних процесів переробки крихких і нестійких до стирання скляних волокон дозволило здійснити одержання арматури, в якій у значній мірі використовується висока міцність вихідних волокон. В цьому розумінні стрічкова склопластиковая арматура за своїми фізико-механічними характеристиками наближається до високоміцних склопластикових структур типу СВАН, "Скотчплай", "Хай-мод" та ін., які мають міцність до 1800 МПа.

Технологія одержання ССПА проста і піддається повній механізації. Заздалегідь виготовлені первинні некручені скляні нитки розмотуються зі шпуль і протягуються через ванну з полімерним зв'язувчим. Ширина стрічки визначається кількістю шпуль, з яких одночасно розмотуються склонитки. Процес розмотування та орієнтації ниток підібраний так (до 18 м/хв), що дозволяє видаляти летючі продукти і просувати стрічку безпосередньо в процесі її виготовлення (протяжки). Невелика товщина ССПА (до 0,2 мм) дозволяє рівномірно просочити скляні нитки зв'язувчим, що забезпечує стабільні властивості арматури.

Виробництво ССПА спочатку було організоване на лабораторних установках, створених автором в ХІІМГ та НДІЗБ, а потім на промисловій установці ХІІМГа на Мерефянському склозаводі (Харківська область).

Установка по виробництву ССПА складається з таких частин: бобінотримача (шпулярника), формувачої частини, просочувального вузла, сушильної камери, приймального пристрою (рис.1). Установка допускає одночасну виробку трьох стрічок шириною 20 мм або однієї стрічки шириною 60 мм при максимальній швидкості протяжки 1000 м/год. За останні 10 років на установці виготовлено більш 40 тис. кілометрів стрічки.

Скляне волокно виготовляли за прийомом на Мерефянському заводі технологією. Одержували волокно в цеху електропечей двостадійним методом зі скляних кульок алюмоборосилікатного безлужного скла відповідно ТУ-6-11-76-72. Як замасливач використовують парафінову емульсію.

Як просочувальний і зв'язувчий матеріал доцільно використовувати бутваро-фенольне зв'язувче БФ-4 (1-й тип стрічки), епоксидну смолу ЕД-20 (2-й тип), кубовий залишок ректифікації стиролу КОРС (3-й тип), поліефірно-епоксид

PE-933 (4-й тип), ненасичену поліефірну смолу ПН-1 (5-й тип), фурано-епоксидне зв'язуюче ФАЕД (6-й тип) та ін. Масову долю зв'язуючого у стрічці визначали за ГОСТ 20437-75, вона не перевищувала 25%. Масова доля вологи і летючих речовин рівнялась 2%.

Після виготовлення кожної дослідної партії стрічки проводили випробування її фізико-механічних характеристик. Дослідження показали, що при навантаженні ССПА вздовж волокон величина руйнувчої напруги залежить від міцності самих волокон та U_x вмісту в матеріалі, фізико-механічних властивостей полімерного зв'язуючого, міцності адгезійного зчеплення смоли з волокном, сумісної роботи обох компонентів армованої системи при її деформації, а також від технологічних параметрів. Основні характеристики розробленої стрічкової склопластикової арматури наведені в таблиці, де вони співставлені з аналогічними характеристиками деяких відомих видів стрічкових матеріалів.

На рис.2 показані діаграми $\sigma_p - \epsilon$ для ССПА (тип 2) та інших односпрямованих склопластиків.

Для оцінки тимчасової залежності міцності ССПА визначали так званий коефіцієнт тривалої міцності, який виявився рівним

$$K_t = 0,64.$$

Дослідження повзучості ССПА проводили на установці ІП-2 конструкції ЦНДІМашу. Якщо дімчі навантаження не перевищують 50% від межі міцності матеріалу, то швидкість повзучості склопластика зменшується до нуля.

Проведені дослідження, а також порівняльний аналіз існуючих видів склопластикової арматури показав істотні переваги стрічкової склопластикової арматури перед іншими видами склопластикової арматури і скловолокнистих виробів.

Завдяки малій товщині (0,2 мм) та еластичності, ССПА застосована у високотехнологічному методі безперервного армування

Таблиця

Характеристика стрічкової склопластикової арматури та інших стрічкових матеріалів (для алюмоборосилікатного скловолокна)

Тип стрічки	Розроблені типи ССПА						Існуючі типи стрічок		
	тип 1	тип 2	тип 3	тип 4	тип 5	тип 6	АГ-4С	ЛСБ-Ф	склошпон (типу СВМ)
Діаметр волокна мкм	7...9	7...9	9...11	9...11	10	9...11	7...9	9...11	13,2... 13,8
Полімер не зв'язує	БФ-4	ЕД-20	КОРС	ПЕ-933	ПН-1	ФАЕД	Р-2	ПЕ-933	БФ-4
Ширина стрічки мм	15... .20	20	20	20	20	20	за ви могою	20 +2	за ви могою
Товщина стрічки мм	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	за ви могою	0,2	0,25... .0,4
Склад зв'язуючого, % за вагою	15	20	20	23	22... .25	22... .25	30	22... .25	22
Руйнуюча напруження розтягу МПа	1300- 1400	1100- 1200	1000- 1100	900	800- 900	900- 1000	600	800- 900	900
Модуль пружності, х 10 МПа	4,7	4,5	4,1	4,0	3,9	4,1	3,5	4,0	3,8

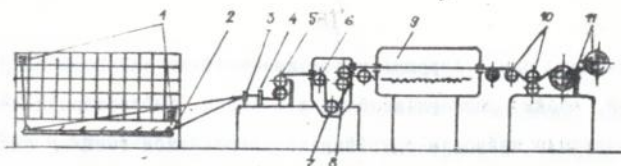


Рис. 1. Схема установки для виготовлення безперервної склопластикової стрічки: 1 - бобіни зі склониткою; 2 - збірна планка; 3 - ниткозбірне кільце; 4 - розподільний прилад або розсікач потоку ниток; 5 - натяжна виделка; 6 - направляючий валик; 7 - просочувальний валик; 8 - віджимний прилад; 9 - сушильна камера; 10 - валики приймального пристрою; 11 - приймальні касети намотуючого пристрою.

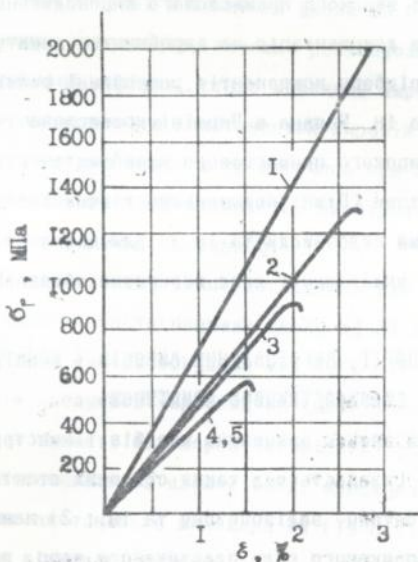


Рис. 2. Діаграми σ_r - ϵ скляного волокна та односпрямованих склопластиків: 1 - скляне волокно алюмоборосилікатного складу; 2 - стрічкова склопластикові арматура (тип 2); 3 - склопластикові стрічка ССВ-Ф; 4 і 5 - склопластики АГ-4С і 27-63С.

(намотування) при створенні корозійно стійких захисних покриттів, оболонки, об'ємні, прошарків, бандажів і т.п. Багатошарова намотка ССПА дозволила набирати потрібну за розрахунком товщину склопластикового армувального шару з одночасною оптимальною орієнтацією укладених стрічок у відповідності з діючими в конструкції зусиллями та одночасним захистом від середовища. У сполученні з попередньою напругою такий підхід дозволив створювати оптимально армовані, об'ємно напружені, корозійно стійкі вироби і конструкції невеликої маси при порівняно невисоких витратах.

Розробка і дослідження стрічкової склопластикової арматури доведені до стадії широкого промислового впровадження. Створена необхідна технічна документація на виробництво арматури, складені рекомендації з підбору компонентів, розроблені режими полімеризації зв'язувачих та ін. наявна в Україні промислова і сировинна база, придатні для широкого промислового виробництва стрічкової склопластикової арматури (Північнодонецький хімкомбінат, Меренський і Бердянський склозаводи та ін.). Для цього не потрібні додаткові капітальні вкладення і нове верстатне обладнання.

3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ, ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБІВ І КОНСТРУКЦІЙ ЗІ СТРІЧКОВОЮ СКЛОПЛАСТИКОВОЮ АРМАТУРОЮ

Технологічний процес армування виробів і конструкцій стрічковою арматурою складається з таких основних етапів: 1) виготовлення осердя з бетону, залізобетону та ін.; 2) нанесення на осердя попередньо напруженого скло-пластикового шару, покриття, з'язування та ін. методом намотування; 3) отвердіння полімерного зв'язувачого.

Роботи автора присвячені розробці принципів схем, верстатів, головним чином токарного типу і роторних установок, а також проблемам, що стосуються теорії намотування ССПА, розробці

і дослідженню систем попереднього напруження арматури, її розкладці, швидкості подання і змочування зв'язувчим. Для серійного виробництва намотувальних конструкцій створені спеціальні напівавтоматичні верстати. Величина натягу стрічкової арматури створюється і регулюється гальмувальними барабанами.

Технологічні параметри намотки, до яких належать швидкість намотки, крок навивки, зусилля натягу стрічкової арматури, закріплення кінців стрічкової арматури, режим полімеризації зв'язувчого обирали у процесі експериментальних досліджень на натуральних зразках і моделях, в результаті чого складені технологічні і технічні умови на виготовлення виробів. Так, змінюючи орієнтацію, взаємне розташування і натяг склопластикової стрічки, стало можливим широко і цілеспрямовано управляти анізотропією властивостей виробів і конструкцій. Змінюючи склад полімерного зв'язувчого при намотці ССПА, забезпечували корозійну стійкість, електролізуючі властивості, водо-, газонепроникність виробу.

На початковому етапі досліджень для склеювання витків ССПА при намотці застосовували смолу ЕД-20 і композиції на її основі. Надалі використовували лак КОРС (ТУ 38-103-118-78), який є стороннім продуктом виробництва синтетичного каучуку. При зміцненні і захисті від корозії сталевих трубопроводів теплових мереж застосовували зв'язувче ФАЕД, одержуване суміщенням фурфурольно-ацетонового мономера ФА (ТУ-6-05-1618-73) з епоксидною діановою смолою.

Застосовували також лак ПЕ-933, який є блок-сополімер на основі поліефірів полігліколь-гліцеротерефталата, полігліцерадіпіната та епоксидної смоли зі затверднувачем бутоксікрезолноформальдегідною смолою РБ. Розчинник лаку - суміш етилцелозольва і ксилола у співвідношенні 1:1. Стрічка,

виготовлена на цьому зв'язуєчому, певний час зберігає клейові властивості, оскільки лак ПЕ-933 знаходиться у в'ялотекучому стані. Застосування ССПА на такому зв'язуєчому дозволяє повністю виключити "мокрі" процеси при армуванні осередь, так як змочування стрічки зв'язуєчим при намотці не потрібне.

При армуванні виробів конструкцій перехресне намотування ССПА проводили під певними кутами за розробленими програмами. Складений алгоритм розрахунку, який реалізований на ЕОМ. Побудовані графіки, складені таблиці оптимальних значень кута намотки стрічки. Натяг стрічки, за яким всі шари одночасно вклячені в роботу, визначали за формулов (1), одержанов шляхом коректування формул Г.Ламе та Н.Ф.Дроздова.

$$\bar{\pi} = 0,45 \sigma_{sp} \left(1 + \frac{2\rho_1}{\rho_2^2 - \rho_1} \lg \frac{r_2}{r_1} \right) - 12 \rho_2 \frac{r_1^2 r_2^2}{\rho_2^2 - \rho_1}, \quad (1)$$

де σ_{sp} - попередня напруга в стрічковій склопластиковій армуванні;

$$\rho_1 = r_2^2 \left[2r_1^2 + r_2^2 - \frac{E_\delta}{E_{сп}} (r_2^2 - r_1^2) \right];$$

$$\rho_2 = 2r_1^2 + r_2^2 + 2 \frac{E_\delta}{E_{сп}} (r_2^2 - r_1^2);$$

r_1 - внутрішній радіус трубчатого осередь; r_2 - зовнішній радіус осередь; r_i - радіус проміжного шару склоармуванні; r_3 - радіус зовнішнього шару склоармуванні; E_δ - модуль пружності матеріалу осередь; $E_{сп}$ - модуль пружності стрічкової склопластикової армуванні; ρ_2 - гідравлічний тиск у трубі.

4. ЦЕНТРАЛЬНО СТИСНУТІ БЕТОННІ КОЛОНИ В СКЛОПЛАСТИКОВІЙ СТРІЧКОВІЙ ОБОЙМІ

Проведені дослідження роботи бетонних елементів, замкнутих в склопластикову обойму, під дією центрально прикладеного стискаючого навантаження. Армування бетонних зразків (циліндрів)

здійснювали шляхом їх обмотки стрічковою склопластиковою арматурою (ССПА) на намотувальному верстаті розробленої конструкції з шаровим склеюванням витків арматури полімерним зв'язувчим (смола ЕД-20).

Було проведено 10 зразків випробувань, в яких варіювались клас бетону (від В20 до В50), товщина склопластикової обойми (процент армування $\mu = (A_{sp}^{ст} / A) \cdot 100$), $\delta_{ст} = 1,0; 2,0; 3,0; 4,0$ мм, діаметри бетонних осердь $d = 80; 120$ мм, попередній натяг арматури $T = 0; 500$ Н; 1000 Н, довжина зразків $l = 130; 140; 1200$ мм.

Осьове стискаюче навантаження прикладали ступенчато по 50Н на гідравлічному пресі. Більшість зразків були доведені до руйнування. Поздовжні та поперечні деформації вимірювали індикаторами годинникового типу і тензодатчиками опору. Причиною вичерпування несучої здатності коротких елементів в склопластиковій обоймі був розрив склопластика в кільцевому спрямуванні.

На рис.3 показані діаграми $\sigma_k - \epsilon$, побудовані за результатами випробувань. Як видно з графіків, несуча здатність колон залежить від потужності обойми. Коефіцієнт збільшення міцності при короткочасному стискуванні $k = (F_k - F_u) / F_u$ (F_k - руйнуюче навантаження для комплексного елемента, F_u - для бетонного осердя) досяг 13, що значно вище, ніж в сталетрубобетонних елементах. Пояснюється це такими причинами: наявністю попередньої напруги стрічкової арматури та ущільнення полімерного зв'язувчого, низькою величиною коефіцієнта поперечної деформації склопластика, яка вдвічі менша, ніж у бетону, а також тим, що склопластикова обойма майже до руйнування комплексного елемента (розрив обойми) деформується пружно.

Дослідження структури бетону за допомогою ультразвуку і

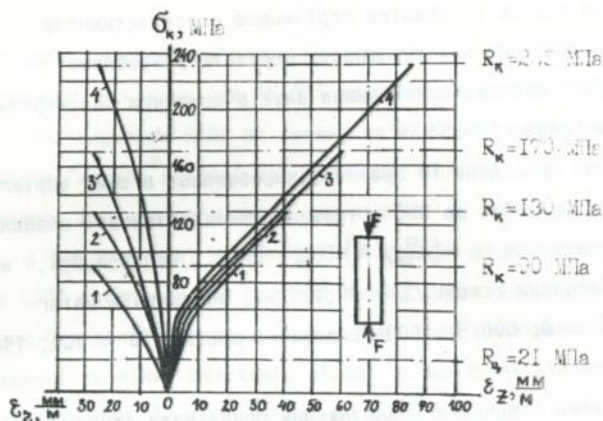


Рис. 3. Графіки поздовжніх ϵ_z і поперечних ϵ_z деформацій центрально стиснутих бетонних циліндричних елементів в обіймах зі склопластику. 1 - 5 шарів ССПА; 2 - 10 шарів; 3 - 15 шарів; 4 - 20 шарів.

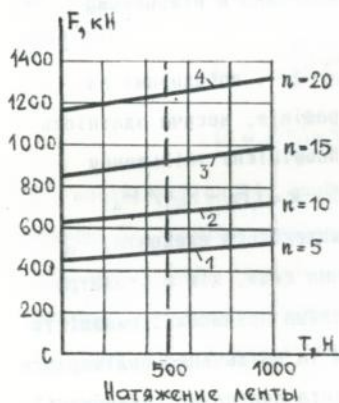


Рис. 4. Залежність несучої здатності зразків від ступеня попереднього напруження ССПА. Кількість шарів стрічки: 1 - $n = 5$; 2 - $n = 10$; 3 - $n = 15$; 4 - $n = 20$.

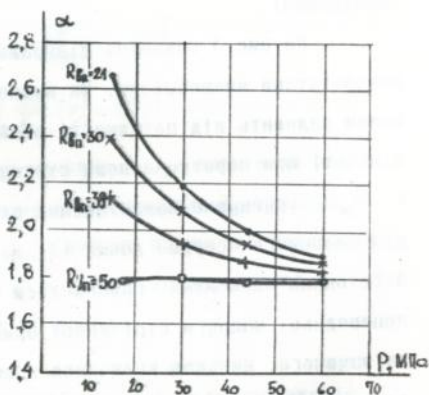


Рис. 5. Залежність коефіцієнта ефективності склопластикової обійми α від бічного тиску P .

мікрофотографування показали, що бетон в обоймі при навантаженні зазнає значних структурних змін, відмінних від неармованого бетону. Мікροцілини розвиваються помітно пізніше, ніж в неармованому бетоні. Незважаючи на утворені незворотні щілини, зразок продовжує працювати, як єдиний елемент, стримуваний від руйнування склопластиковою обоймою.

Стадію роботи, яка характеризується першою частиною графіка, розглядали як стадію пружної роботи бетонного елемента. Ця частина графіка близька до прямої лінії, вона співпадає з діаграмою для бетону без обойми, але протяжність її більше приблизно в 2 рази. Граничне значення деформацій зразків у кільцевому напрямку досягали 2...2,7%, тобто приблизно відповідали граничній розтягності склопластика. У той же час поздовжні деформації досягали до 15% (рис.3). Несуча здатність бетонного ядра підвищується при попередній напрузі ССПА (рис.4). Початок руйнування бетону в зразках віддаляється в міру збільшення попередньої напруги обойми. Руйнування відбувається також від розриву склопластикової обойми, але вже при більшому навантаженні.

Зі збільшенням класу бетону при однаковому проценті армування відносний ріст міцності комплексних елементів дещо падає, а абсолютна величина зростає, але недосить.

Ефективність сталевих обойм звичайно оцінюють коефіцієнтом ефективності α . Залежність коефіцієнта α від бічного тиску склопластикової обойми визначали за результатами випробувань зразків діаметром 80 мм при товщині склопластикової обойми (5;10;15;20 шарів ССПА відповідно). Одержані дослідні дані дозволили зробити важливий висновок про те, що коефіцієнт ефективності склопластикової обойми суттєво залежить від класу бетону лише при порівняно невеликих значеннях бічного тиску, що видно на графіках $\alpha - p$ (рис.5).

Використовуючи дані дослідів, в результаті їх математичної обробки за допомогою ЕОМ одержали формулу, яка дозволяє визначити коефіцієнт ефективності склопластикової обійми для будь-яких класів бетону і параметрів обійм:

$$\alpha = 8,91 \rho^{-0,358} - \frac{F_0}{A_T \sigma_T} \quad (2)$$

Коефіцієнт ефективності бічного тиску для бетонних зразків в металічній обіймі різні автори рекомендують приймати рівними: Консідер - 4,8; А.А.Гвоздьов - 4; П.П.Передерій - 4,8; Річарт і Браун - 4,1; В.І.Карпінський - 0,93...4,85; Л.К.Лукша - 3...6; Н.І.Карпенко - 2...10. За результатами наших досліджень коефіцієнт $C = 2\alpha = 3,5...5,4$.

Розрахунок центрально стиснутих склопластбетонних елементів суцільного зрізу аналогічно БНІП 2.03.01-84 проводили за формулою

$$R_{b,red} = R_b + \alpha \frac{A_{s,ciz}^{CT}}{A} R_{s,ciz}^{CT} \quad (3)$$

де α - коефіцієнт ефективності склопластикової обійми;
 $A_{s,ciz}$ - площа поперечного зрізу склопластикової обійми, см² ;
 A_{CT} - площа поперечного зрізу бетонного елемента, см² ;
 $R_{s,ciz}^{CT}$ - розрахунковий опір ССПА, МПа.

Значення коефіцієнта α можна одержати за формулою (2) або користувачись графіками (рис.5).

В роботі під навантаженням і в самій конструкції у бетонних колон багато спільних рис з бетоном у обіймі зі сталевого дроту або в сталевій трубі, але є і свої істотні особливості. Регулюючи ступінь натягу ССПА при намотці одержували конструкції, які мали кращі властивості спіралі Консідера і трубобетону. Змінюючи кут намотки ССПА, одержували елементи з різним ступенем поперечного і поздовжнього обтиску бетонного ядра.

Таким чином, є можливість створювати бетонні колони (стояки) порівняно невеликої маси для будівництва сильно навантажених споруд (шахтне кріплення, стиснуті стержні ферм, палі та ін.). Такі конструкції ефективні в спорудах, до яких надаються підвищені вимоги з точки зору високої несучої здатності, малої маси, корозійної стійкості та ін.

5. ВИГНУТІ ЕЛЕМЕНТИ З БЕЗПЕРЕРВНИМ СКЛОПЛАСТИКОВИМ АРМУВАННЯМ

За аналогією з високопродуктивним засобом безперервного армування залізобетонних конструкцій відомим як засіб В.В. Михайлова, процес виготовлення склопластбетонних конструкцій і виробів розбивається на два самостійних етапи. Спочатку звичайним шляхом формуються бетонні елементи (балки) з пазом в розтягнутій зоні, потім у паз методом силової намотки шар за шаром укладається попередньо напружена стрічкова склопластикової арматура. В результаті виключається контакт СПА з середовищем свіжовикладеного бетону, при цьому арматура не піддається дії пари (пропарювання конструкцій в камерах).

Було виготовлено і досліджено чотири серії балок, в яких варіювались процент армування (від 0,35 до 1,1%), величина попереднього напруження арматури (від 0 до 80% тимчасового опору), форма поперечного зрізу балок (прямокутна, таврова) і довжина ($l = 160, 298$ см). Кубикова міцність бетону до моменту випробувань була від 31 до 38 МПа, а в момент передачі попереднього напруження на бетон 70% цієї величини.

За аналогією зі СНІП 2-03.01-84 момент при утворенні перших щілин у балках знаходили за формулою

$$M_{cr} = R_{bt,ser} W_{pe} \pm M_{cp}$$

(4)

При підрахунку $M_{сзс}$ враховували такі втрати попередньої напруги у склопластиковій арматурі: 1) від усадки і повзучості бетону - 17,5 МПа; 2) від релаксації напруг $-0,07\sigma_{sp}$ (за даними НДІЗБу).

Розрахунок балок прямокутного зрізу за міцністю (рис. 6) виконували таким чином. Визначали граничне значення відносної висоти стиснутої зони бетону за формулою

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{SR}^{ct}}{\sigma_{sc,u}} \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)}, \quad (5)$$

де ω - характеристика стиснутої зони бетону, яка визначається за формулою $\omega = \alpha - 0,008 R_B$, тут $\alpha^{(w)}$ - коефіцієнт, що приймається для важкого бетону рівним 0,85 (СНіП 2.03.01-84);

σ_{SR}^{ct} - напруга в склопластиковій арматурі, МПа; $\sigma_{sc,u}$ - гранична напруга в сталевій арматурі стиснутої зони.

Висоту стиснутої зони бетону прямокутних зрізів визначали за формулою

$$x = \frac{R_S^{ct} A_S^{ct} - R_{sc} A'_S}{R_B \cdot b}. \quad (6)$$

Тут R_S^{ct} - розрахунковий опір склопластикової арматури розтягу, МПа.

При розрахунку склопластбетонних елементів рекомендується витримувати умову $x \geq \xi_R h_0$. Проектування елементів, в яких $x < \xi_R h_0$, вимагає експериментального обґрунтування у кожному конкретному випадку з небезпекою крихкого руйнування від розриву склопластикової арматури.

Міцність зрізу перевіряється з умови (рис.6).

$$M_p^{poc} \leq R_B b x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} A'_S (h_0 - a'). \quad (7)$$

Утворення перших щілин у балках з ненапруженою арматурою відбувалось при навантаженнях, які складають 20...40% від

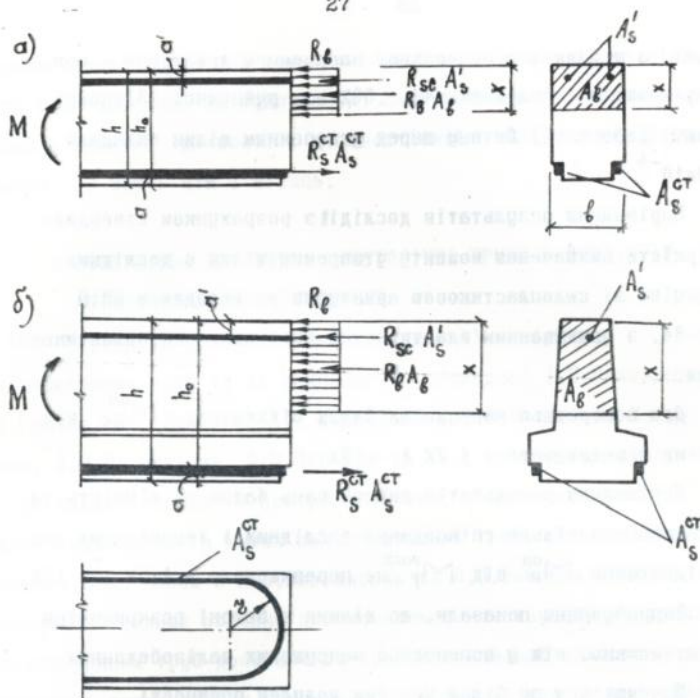


Рис. 6.

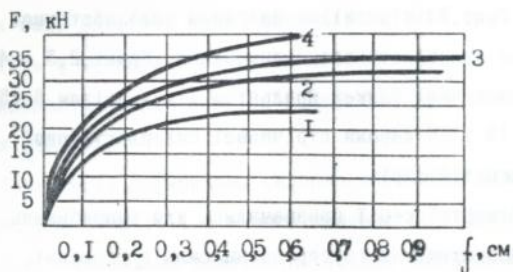


Рис. 7. Прогини залізобетонних балок зі склопластиковим армуванням під навантаженням.

руйнувчої, а в балках з попередньо напруженою арматурою – при навантаженнях, які складають 40...60% від руйнувчої. Відносні розтягачі деформації бетону перед утворенням щілини склали $(2...3) \times 10^{-4}$.

Порівняння результатів дослідів з розрахунком ствердило правомірність визначення моменту утворення щілини в дослідних конструкціях зі склопластиковою арматурою за методикою БНІП 2-03.01-84, з урахуванням властивостей стрічкової склопластикової арматури.

Для попередньо напружених балок відхилення $M_{сгс}^{оп}$ від $M_{сгс}^{расч}$ не перевищувало + 4,7% і - 15%.

Порівняння результатів випробувань балок на міцність також показало задовільне співпадання дослідних і теоретичних значень. Відхилення $M_p^{оп}$ від $M_p^{расч}$ не перевищувало + 1,5% і - 15%.

Випробування показали, що щілини в бетоні розкриваються більш інтенсивно, ніж у попередньо напружених залізобетонних балках. Пояснюється це більш низьким модулем пружності склопластикової арматури у порівнянні зі сталлю. Руйнування балок відбувалось у результаті роздроблення стиснутої зони бетону.

Крива 1 (рис.7) відповідає прогинам залізобетонної балки, яка не має склопластикового армування. Криві 2,3 і 4 відповідають аналогічним балкам прольотом 1 м і зрізом 8x15 см відповідно з 5, 10 і 15 шарами стрічкової склопластикової арматури в розтягнутій зоні.

Балки четвертої серії призначались для випробувань тривалодіючого навантаження (зосереджена сила в середині прольоту). Величини дослідних навантажень склали $0,5 F_{разр}$ і $0,6 F_{разр}$. У процесі випробувань замірвались прогини балок, деформації бетону і склопластикової арматури. За весь період випробувань (1 рік) ніяких явних змін зовнішнього вигляду балок і

склопластикової арматури відмічено не було. Одна з балок після цього була доведена до руйнування. Випробування не показали зниження несучої здатності і щільності балки у порівнянні з балками, що мають вік 1 місяць.

6. ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНІ НЕМЕТАЛІЧНІ ТРУБИ З ЗОВНІШНІМ СКЛОПЛАСТИКОВИМ АРМУВАННЯМ

Роботи по удосконаленню конструкції напірних залізобетонних труб та їх технології, проведені І.Н.Ахвердовим, І.М.Грушко, М.Г.Джженко, В.В.Михайловим, О.П.Мчедловим-Петросяном, В.Н.Овсянкіним, А.Н.Поповим та ін., привели до створення прогресивних технологій центрифугованих, гідропресованих, гідروвакуумованих та інших залізобетонних труб. Дослідження, виконані нами разом з К.В.Михайловим та А.Н.Поповим (НДІЗБ), показали що даліше корінне удосконалення конструкції напірних залізобетонних труб досягається при застосуванні замість сталеві арматури в таких трубах попередньо напруженої стрічкової склопластикової арматури, що забезпечує такі переваги: підвищення стійкості трубопроводів в умовах корозійного впливу з боку ґрунтових вод, зниження водоникності стінок труб. Відпадає необхідність у нанесенні на труби цементно-піщаного захисного шару. Склопластбетонні труби не руйнуються при впливі на них блискачких струмів.

Технологія формування склопластбетонних напірних труб передбачає дві стадії: 1-а – виготовлення циліндричного бетонного осердя; 2-а – спіральна намотка на осердя попередньо напруженої ССПА з утворенням суцільного склопластикового шару (обойми).

Заготовку першої партії осердь проводили на Харківському заводі ЗБК-5 на канатно-ремінній центрифугі (внутрішній діаметр 50, довжина 400, товщина стінки 8,5 см; бетон класу В40). Друга

партія осердь виготовлялась на роликівій центрифугі, труби мали внутрішній діаметр 40, довжину 100, товщину стінки 5 см; бетон класу В40.

При механічних випробуваннях варіювалась кількість склопластика в розрахунковому зрізі труби (0;10;20 см /п.м.), при інтенсивності напруги арматури $\sigma_{sp} = 570$ МПа.

Величину зовнішнього лінійного навантаження, при якому теоретично повинна утворитись тріщина, визначали за скоректованою формулою А.Є.Шмурнова (НДІЗБ), з урахуванням властивостей стрічкової склопластикової арматури:

$$P_{np} = \frac{b h^3 R_{bt} n}{0,318 \cdot z} \left\{ \frac{3+4(1+\psi_p)^3}{6(2+\psi_p)^2} + \frac{2n\mu(1+\psi_p)^2}{2+\psi_p} - \frac{\psi_p m_T \sigma_{sp}^{cr} \mu}{2 \cdot R_{bt} n (2+\psi_p)} \right\}, \quad (8)$$

де

$$\psi_p = \frac{2n\mu \frac{m_T \cdot \sigma_{sp}^{cr} \mu}{1+2n\mu}}{1+2n\mu};$$

b – розрахункова ширина зрізу стінки труби, см; h – висота зрізу стінки труби, см; z – середній радіус, см; R_{bt} – нормативний опір бетону при розрахунку по утворенню тріщин, МПа;

n – відношення модуля пружності ССПА до початкового модуля пружності бетону; $\mu = \frac{A_{sp}^{cr}}{e n}$; m_T – коефіцієнт точності натягу ССПА; σ_{sp}^{cr} – напруга в ССПА з урахуванням втрат, МПа.

При порівнянні роботи неармованих та армованих склопластбетонних труб виходили з навантажень, за яких з'являлась перша тріщина в ключі. Коефіцієнт підвищення навантаження тріщиноутворення $K = \frac{F_k - F_c}{F_c}$ (F_k – навантаження тріщиноутворення для комплексної конструкції; F_c – для бетонного осердя) дорівнював: при площі склопластикової арматури $A = 10$ см/п.м $K = 2,25$; при $A = 20$ см/п.м., $K = 4,12$.

Випробування показали, що наявність на поверхні бетонного осердя попередньо напруженої склопластикової оболонки підвищує як тріщиностійкість, так і несучу здатність труб при дії на них зов-

нішнього лінійного навантаження. З ростом напруги обтиску бетону віддаляється момент появи щілин і момент руйнування труб (рис.8).

Випробування труб внутрішнім гідравлічним тиском проводились для визначення їх несучої здатності і контролю водонепроникності стінок.

Теоретичне значення розтягуючого зусилля в стінці труби, при якому в бетоні з'являється тріщини, встановлювали за формулою:

$$N_T^{теор} = R_{\<n} \cdot A + A_{sp}^{ст} (\sigma_{sp}^{ст} + 5) + (30 - \sigma_{sc}) A_s, \quad (9)$$

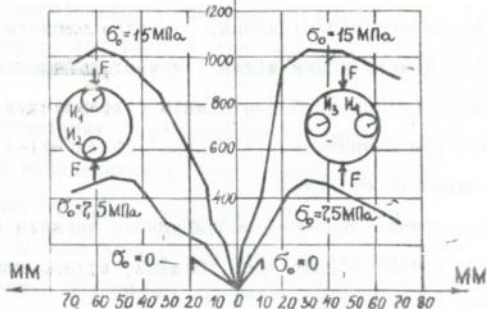
де $R_{\<n}$ - нормативний опір бетону розтягу, МПа; A - площа бетону у розрахунковому зрізі, см²; $A_{sp}^{ст}$ - площа зрізу попередньо напруженої ССПА, см²; $\sigma_{sp}^{ст}$ - напруження в арматурі з урахуванням втрат, МПа; σ_{sc} - стискаюча напруга в ненапружуваній (сталевій) арматурі, МПа; A_s - площа зрізу спіральної ненапружуваної (сталевій) арматурі, см².

Труби знаходились під дією внутрішнього гідравлічного тиску (12 атм) 15 діб. Після цього вони були доведені до руйнування. Середнє руйнуєче навантаження - 20,5 атм. До кінця випробувань труби залишались водонепроникними.

П'ять склопластбетонних труб 1-ої партії були укладені в дослідну ділянку водоводу в передмісті м.Челябінська, за якими на протязі 5 років велись спостереження. Ніяких ознак течі або руйнування в трубах відмічено не було. У зв'язку з реконструкцією району спостереження були припинені.

Розрахунки показали, що бетонні труби, підсилені склопластиковою оболонкою, за вартістю в 2,2 рази дешевші чавунних і рівні за вартістю сталевим трубам з нормальною протикорозійною бітумною ізоляцією. Зразки таких труб експонувались на ВДНГ СРСР були удостоєні бронзової медалі.

Позитивні результати зміцнення бетонних труб стрічковою



Деформація труби у
напрямку верхшкаль-
ного діаметра

Деформація труби у
напрямку горизонталь-
ного діаметра

Рис. 8. Графіки деформацій бетонного кільця
із склопластиковою оболонкою.

σ_0 - напруження стиснення бетону

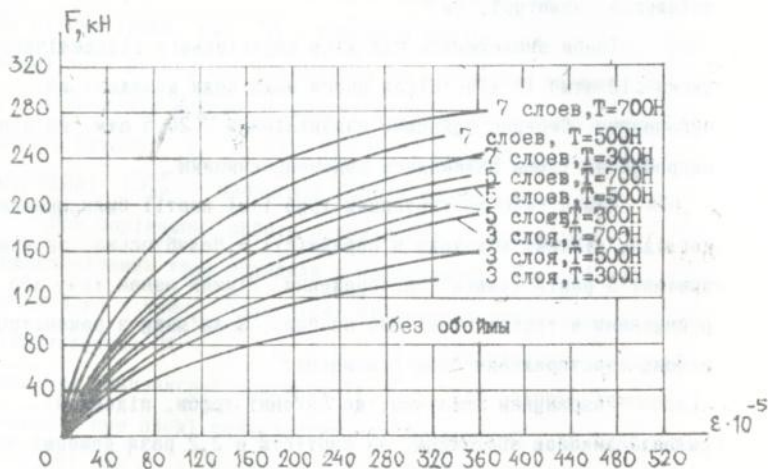


Рис. 9. Графіки деформування азбестоцементних кільцевих
зразків, підсилених склопластиковою обіймою при розтягу.
T - підсилення натягу при намотці.

склопластиковою арматурою послужили підставою для розповсюдження одержаного досвіду на азбестоцементні труби (А.с. № 591651).

Склопластикові оболонки наносили методом намотки на азбестоцементні труби Білгородського комбінату азбестоцементних виробів (ГОСТ 539-73). Кількість шарів стрічки варіювалась у залежності від напірності труби (2;4;6 і 8 шарів). Напряга у стрічці відповідно була рівна 125; 175 і 225 МПа. Міцнісні і деформативні характеристики армованих азбестоцементних труб при випробуванні зразків характеризуються графіками $F - \epsilon$ (рис.9). З графіків видно підвищення несучої здатності зразків, підсилених склопластиковою оболонкою. Попереднє напруження ССПА сприяє підвищенню несучої здатності.

Гідравлічні випробування показали, що руйнування зразків які не мали склопластикової оболонки, відбулось при середньому навантаженні 3,2 МПа, а підсилених склопластиком - 10 МПа. Труби на протязі всього циклу випробувань залишались водонепроникними. Труби після контрольних випробувань були укладені в діючу водопровідну систему Мінводгоспу СРСР (селище Радужний у районі м. Коломна).

Собівартість виготовлення напірних азбестоцементних труб підсилених склопластиковою оболонкою, при відповідних цінах на матеріали не перевищує собівартості напружених залізобетонних труб. При цьому вдається значно скоротити витрати цементу та азбесту (до 50%), енергоресурсів і трудовитрат (за рахунок зменшення товщини стінки труби). Несуча здатність труб збільшується у 3-4 рази.

Зразки азбестоцементних труб у склопластиковій оболонці були відзначені дипломом 1-го ступеня ВДНГ УРСР і бронзовою медаллю ВДНГ СРСР.

7. ПАНЕЛІ ПОКРИТЬ КОМБІНОВАНОГО ТИПУ НА ОСНОВІ СТРІЧКОВОГО СКОПЛАСТИКУ

Розроблений новий тип конструкцій панелей покриття, які виконуються зі стрічкового склопластику і полімерцементного розчину і мають малу масу, корозійну стійкість та інші важливі експлуатаційні властивості (А.с. № 1613352). Склопластикова частина панелі формується у вигляді ґратчастого каркаса, а у верхній стиснутій зоні використовується шар з полімерцементного розчину, що виконує одночасно функції покриття (рис.10).

Формування каркаса здійснюється перехресною намоткою склопластикової стрічки на оправку, яка обертається, з пошаровим просиченням полімерним зв'язувчим. Після процесу полімеризації оправку розбирають.

Стрічка намотується на оправку по лівим і правим спіралям (ромбічна решітка). Кільцевим намотуванням стрічки каркас охоплюється торцевими склопластиковими рамками, які трансформують вигнуту панель у шпренгельну систему. При необхідності підсилення розтягнутої зони панелі до внутрішньої частини каркаса приформовуються додаткові склопластикові стержневі елементи. Товщина полімерцементної плити – 10...15 мм.

Вибір матеріалу для плити визначався як функціональними вимогами (морозостійкість, низьке водопоглинання, міцність та ін.), так і необхідністю забезпечення адгезії до склопластикової верхньої сітки каркаса, яка у даному випадку використовується як арматура. В результаті аналізу була запропонована композиція з цементного розчину і найбільш доступної за вартістю і невідомістю в Україні фенолоформальдегідної смоли ОФНС-305 (ГОСТ 20907-75).

Розроблена технологія формування плити з полімерцементного розчину гарячого отвердіння, яка дозволяє одержати досить високі

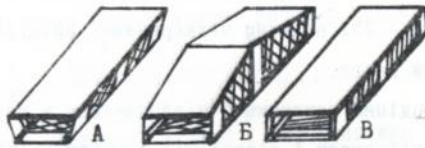


Рис. 10. Запропоновані типи панелей покриття: А - одно - схила трапецієвидного зрізу; Б - двосхила; В - з дво- вітковими елементами каркаса.

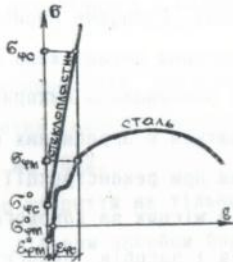


Рис. 11. Діаграма розтяжки для сталеву труби, змішеної стрічковою склопластиковою арматурою.

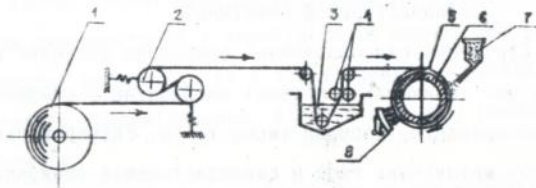


Рис. 12. Схема установки для нанесення захисного скло - пластикового покриття на труби. 1 - ролон склострічки; 2 - натяжний пристрій; 3 - ванна зі звязуючим; 4 - на- правляючі та віджимні ролики; 5 - склопластикове покрит- тя; 6 - трубчате осердя; 7 - піскоструминний пристрій; 8 - нагрівник.

міцнісні показники. Це досягається введенням гідрофільного стабілізатора – 25% розчину четвертинної амонійної основи у водорозчинний резол.

Ствердіння композиції відбувається в результаті реакції поліконденсації смоли і гідратації цементного в'язучого.

Дослідження роботи панелей на макетах довжиною 2 м, шириною 0,5 м, виготовлених за розробленою автором технологією показали, що характер їх роботи повністю відповідає принципам, закладеним при їх створенні. Руйнівне корисне навантаження складо 0,5 т/м, що перевищує значення навантажень на покриття для регіонів України. Панелі раціонально використовувати перш за все в спорудах, які експлуатуються в агресивних середовищах. Особливо ефективно їх використання при реконструкції будівель і споруд у важкодоступних для кранів місцях за допомогою малих грузопідійомних механізмів і засобів. Випуск панелей у цей час організується на Мерефянському склозаводі.

8. ПІДСИЛЕННЯ ВИРОБІВ І КОНСТРУКЦІЯ СТРІЧКОВОЇ СКЛОПЛАСТИКОВОЇ АРМАТУРОЇ

Стрічкове склопластикове армування дозволяє розв'язати ряд проблем, які виникають у процесі експлуатації сталевих трубопроводів, резервуарів, посудин тиску та ін. Експерименти проводились на моделях металічних труб у склопластиковій оболонці.

На рис.11 показана діаграма розтяжки для сталеві труби зміцненої попередньо напруженим склопластиковим шаром.

Гранично допустимий тиск у двошаровому трубопроводі визначали так:

$$P_* = \frac{\sigma_{\text{фс}} \cdot \delta_{\text{сп}}}{r} + \frac{E_{\text{фм}} (E_{\text{м}} \cdot \delta_{\text{м}} + E_{\text{сп}} \cdot \delta_{\text{сп}})}{r}, \quad (10)$$

де $\sigma_{\varphi c}^B$ - гранична напруга у склопластиковому шарі; $\varepsilon_{\varphi m}^*$ - деформація у металічному шарі у момент розриву склопластика;

$$\varepsilon_{\varphi m}^* = \frac{\sigma_{\varphi c}^B - \sigma_{\varphi c}^0}{E_{\text{СП}}} - \varepsilon_{\varphi m}^0;$$

$E_{\text{М,СП}}$ - модулі пружності металу і склопластика відповідно;

$\sigma_{\varphi c}^0$ - попереднє напруження у склопластику;

$\varepsilon_{\varphi m}^0$ - деформація в металічному шарі при попередньому напруженні ССПА;

$\delta_{\text{М,СП}}$ - товщина металічного і склопластикового шарів відповідно.

Як показали експерименти, збільшення маси сталеві труби на 10% за рахунок намотки склопластикового шару дає можливість підвищити її міцність на 100%.

Склопластикове покриття не тільки зміцнює сталеві трубопроводи, але і є дійовим засобом боротьби з корозією металу (рис.12).

Дослідження показали, що епоксидна смола ЕД-20, модифікована продуктами фазного окислення кубового залишку синтетичних жирних кислот ПФКС КО СЖК, може бути рекомендована як зв'язуваче для склопластиків і виробів на їх основі при намотці ССПА для тривалої роботи (до 30 і більше років) в умовах високого ультрафіолетового випромінювання, різкого перепаду температур і підвищеної вологи.

Найбільша кількість пошкоджень внаслідок корозії металу має місце на теплопроводах. Стійкість склопластиків до дії підвищених температур перш за все залежить від теплостійкості зв'язувачих. Досліди дозволили зупинитись на суміщеному зв'язувачьому типі ФАЕД. Для дослідження термостійкості склопластикових покриттів використовували ізотермічний термогравіметричний метод.

Дослідження показали, що розроблена нами методика

ефективна також під час ремонту трубопроводів. Формування на зовнішній поверхні труб склопластикових оболонок, які мають високу міцність, протикорозійні та електроізоляційні властивості. Розроблені технологічні засоби у вигляді намотувальних пристрійів та установок для формування склопластикових оболонок на зовнішній поверхні діючого трубопроводу. Як зв'язуваче під час намотування ССПА використовувались клеї типу КОРС, ФАЕД та ін.

Розрахунок показав конкурентноздатність та економічну ефективність нового виду ізоляції порівняно з традиційними.

Проведені дослідження дозволили розв'язати ряд інших практичних завдань по підсиленню бетонних, залізобетонних, металічних та інших конструкцій. Так, в м. Харкові були застосовані залізобетонні сваї, на верхню частину яких намотувалась стрічкова склопластикова арматура у кількості 10 шарів на епоксидній смолі ЕД-20. Це дозволило збільшити їх міцність у 6-8 разів.

Відпрацьований і впроваджений спосіб підсилення залізобетонних кілець великого діаметра. При цьому вдається не тільки проводити підсилення, але й "лікувати" вироби з щілинами, що дозволяє зменшити кількість бракованих виробів на підприємствах будіндустрії і інших.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Запропонована і досліджена неметалічна склопластикова арматура, яка вигідно відрізняється простов нетканов технологією, раціональною односпрямованою структурою укладення первинних некручених скляних ниток, більшою міцністю, порівняно невисокою деформативністю, більш низькою вартістю, в особливості при використанні волокон великого діаметра, здатністю захищати виріб від агресивних зовнішніх середовищ і забезпечувати його екологічну безпеку.

2. Розроблені технологічні основи спрямованого армування виробів і конструкцій методом безперервної намотки стрічкової склопластикової арматури, які дозволяють здійснювати двох- і трьохосьовий обтиск елементів і одержувати структури армування, які відповідають експлуатаційному стану і функціональному призначенню виробів або конструкцій. Розроблений комплекс універсального верстатного обладнання, механізмів і пристроїв для армування виробів і конструкцій кільцевим і перехресним намотуванням стрічки.

3. Розроблені нові конструктивні рішення колон, балок, панелей покриття, труб та ін., виконані з бетону, залізобетону, полімеррозчину, азбестоцементу та ін. зі стрічковим склопластиковим армуванням, які відзначаються підвищеною міцністю, немагнітністю, електроізоляційними властивостями, зниженою масою та іншими важливими експлуатаційними властивостями.

4. Розроблені методи розрахунку стиснутих суцільних циліндричних елементів в склопластикових обоймах, бетонних і залізобетонних балок з зовнішнім склопластиковим армуванням, неметалічних (бетонних, азбестоцементних) труб з зовнішнім попередньо напруженим склопластиковим шаром та ін., які враховують дійсні закономірності деформування бетону, азбестоцементу, склопластика, а також особливості їх сумісної роботи у складі комплексних конструкцій (виробів).

5. Проведені експериментальні дослідження показали високу ефективність запропонованого стрічкового склопластикового армування. Вона максимальна у випадку осьового стискання коротких круглих склопластбетонних елементів. Для балок, труб та інших виробів з зовнішнім попередньо напруженим склопластиковим армуванням несуча здатність підвищується у 5...6 разів.

азбестоцементних труб у 8...10 разів.

6. Показано, що серед сучасних покриттів для захисту сталевих труб від корозійного зношення стрічкові склопластикові покриття є найбільш перспективними. Покриття мають високі міцнісні характеристики, високу стійкість до дії термічних факторів, водостійкість, атмосферостійкість, високу адгезію до металічної поверхні, достатньо технологічні і зручні в роботі. Все це дозволяє підвищити надійність трубопроводів, у тому числі для теплопостачання. Попередньо напружене склопластикове покриття є додатковою гарантією екологічної безпеки трубопроводу, тому що перешкоджає виникненню і розповсюдженню крихких протяжних тріщин.

7. Відпрацьований і впроваджений спосіб підсилення, відновлення і ремонту виробів і конструкцій за допомогою стрічкових склопластикових покриттів, що дозволяє повністю відновити його працездатність. Спосіб впроваджений в Черкаській, Полтавській, Сумській, Харківській областях.

8. Двадцятирічними спостереженнями зафіксовано, що міцність ненавантажених комплексних елементів у звичайних експлуатаційних умовах не зменшується, тривала міцність складає 60...70% короткочасної.

9. Розроблені керівні технічні матеріали по проектуванню і виготовленню ряду комплексних виробів і конструкцій зі стрічковим склопластиковим армуванням, створені методики їх випробувань, які відтворюють експлуатаційні впливи.

10. Показано, що вартість ССПА приблизно відповідає вартості сталевій високоміцній арматурі (СВА). Це показує безумовну ефективність заміни СВА стрічковим склопластиковим армуванням, особливо при експлуатації виробів і конструкцій в умовах агресивних середовищ.

11. Широкі лабораторні і промислові випробування комплексних виробів і конструкцій, армованих ССПА супроводжувались їх впровадженням у виробництво, показуючи як технічну, так і економічну ефективність розроблених виробів (Харківський завод залізобетонних конструкцій № 5, Ленінградський завод залізобетонних труб "Барикади", Часовярський завод залізобетонних конструкцій, Воскресенський завод азбестоцементних труб, Харківське підприємство теплових мереж, ВО Харківтеплокомуненерго, Сумитеплокомуненерго, Севгазелектромонтаж, Ямбургспецгазбуд, Красноярськенерго та ін.

Таким чином, автором проведене широке коло теоретичних та експериментальних досліджень, спрямованих на розв'язання важливої наукової проблеми по підвищенню надійності, зниженню матеріалосмікості та маси будівельних виробів і конструкцій. Одним з радикальних рішень, яке дозволяє вже сьогодні розв'язувати ці питання є запропонований автором метод автоматизованого безперервного армування виробів і конструкцій зміцнювачом і захищаючою стрічковою склопластиковою арматурою, тому що він дозволяє економічно і раціонально розв'язувати проблему удосконалення будівельних виробів і конструкцій в умовах складної екологічної ситуації в Україні.

Основний зміст роботи відображено в публікаціях:

Монографія

1. Пустовойтов В.П., Килимов С.Л., Черномаз В.С./Под редакцией В.А.Телешова. Стеклопластики в строительстве. - М.: Стройиздат, 1978. - 212 с.

Брошури

1. Пустовойтов В.П., Шутенко Л.Н., Мовчан А.С. Ориентированные стеклопластики - эффективные строительные материалы. - Киев: Знание, 1980. - 48 с.
2. Пустовойтов В.П., Шутенко Л.Н. Опыт применения конструкционных пластмасс в строительстве. - Харьков, 1985. - 66 с.
3. Пустовойтов В.П. Комплексные конструкции повышенной надежности. - Харьков, 1987. - 59 с.
4. Гринь И.М., Пустовойтов В.П., Гринь В.И. Проектирование современных конструкций зданий и сооружений с применением пластмасс. - Киев. УМК Минвуза УССР, 1988. - 96 с.
5. Пустовойтов В.П., Шутенко Л.Н. Неметаллические конструкции - резерв экономии металла. - Киев: Знание, 1988. - 49 с.

Статті

6. Пустовойтов В.П. Напряжена арматура з скляних ниток для армування бетонних конструкцій//Будівельні матеріали і конструкції. - 1960. № 6. - С. 12-14.
7. Пустовойтов В.П. Стальные конструкции с затяжками из стеклянных нитей//Строительство и архитектура. - 1961. № 7. - С. 19-20.
8. Пустовойтов В.П. Бетонные конструкции, армированные стеклопластиковой арматурой//Харьк. ин-т инж. коммунальн. стр. - 1962. - № 9. Вып. 1. - С. 75-86.
9. Степаненко А.Г., Пустовойтов В.П. Дослідження тривалого опору склопластикових стержнів для армування бетону//Будівельні матеріали і конструкції. - 1962. - № 2. - С. 16-18.
10. Михайлов К.В., Попов А.Н., Пустовойтов В.П. Бетонные напорные трубы с непрерывной стеклопластиковой арматурой//Бетон и железобетон. - 1964. - № 9. - С. 412-416.
11. Пустовойтов В.П. Бетонные напорные трубы, армированные стеклопластиком//Использование стеклопластиков для армирования бетонных конструкций. Минск. - 1964. - С. 86-99.
12. Воинов А.П., Земсков П.И., Пустовойтов В.П. Напорные бетонные трубы со стеклопластиковой арматурой//Строительные материалы и конструкции. - 1965. - № 4. - С. 21-23.
13. Пустовойтов В.П., Воинов А.П., Земсков П.И. и др. Бетонные тру-

- бы, армированные стеклопластиковыми стержнями//Известия вузов. Строительство и архитектура. -1967. -Н 7. -С.111-116.
14. Пустовойтов В.П. Особенности стеклопластиковой арматуры в бетонных конструкциях//Строительные материалы и конструкции. -1967. -Н 4. -С.13-15.
 15. Пустовойтов В.П. Бетон в стеклопластиковой обойме//Бетон и железобетон. -1972. -Н 3. -С.25-26.
 16. Пустовойтов В.П. Бетон у склопластиковый оболонци.//Розрахунок металевих и залізобетонних оболонки. -Харків. -1972. -С.110-119.
 17. Пустовойтов В.П., Килимов С.Д. Стеклопластикобетонная стойка//Симпозиум по стеклопластиковой арматуре. Минск. -1974. -С.58-62.
 18. Пустовойтов В.П., Черномаз В.С. Асбестоцементные трубы, подкрепленные преднатянутой стеклопластиковой оболочкой. //Симпозиум по стеклопластиковой арматуре. Минск. -1974. -С.85-89.
 19. Пустовойтов В.П., Баженов В.П., Давриненко Б.К. Об интенсификации производства стеклопластикобетонных труб в городском хозяйстве//Наука и техника в городском хозяйстве. -1974. -Вып.27. -С.21-22.
 20. Пустовойтов В.П., Шутенко Л.Н., Избаш Ю.В. Несущая способность бетонного ядра в неметаллической обойме//Строительные материалы и конструкции. -1978. -Н 1. -С.18-19.
 21. Пустовойтов В.П. Стеклопластики против коррозии//Городское хозяйство Украины. -1982. -Н 3. -С.14-16.
 22. Пустовойтов В.П. Армированные стеклопластиком трубы - резерв экономии металла//Городское хозяйство Украины. -1984. -Н 1. -С.24-26.
 23. Пустовойтов В.П., Кругликов Л.И. Перспективное покрытие для труб//Городское хозяйство Украины. -1984. -Н 3. -С.16-17.
 24. Пустовойтов В.П. Защитные и уплотняющие стеклопластиковые покрытия//Физико-химическая механика материалов. -1984. -С.112-113.
 25. Пустовойтов В.П. Коррозиостойкие трубы//Метрострой. -1986. -Н 2. -С.16.
 26. Пустовойтов В.П., Шевченко О.Н. Бетонные конструкции в стеклопластиковой опалубке//Строительные материалы и конструкции. -1987. -Н 2. -С.10-11.
 27. Пустовойтов В.П., Андриевская Л.С. Расчет на прочность металлопластикового трубопровода//Динамика и прочность машин. -1989. -Вып.49. -С.46-49.
 28. Пустовойтов В.П., Шевченко О.Н. Бетонные конструкции с внешним стеклопластиковым слоем//Повышение эффективности и качества городского строительства. Сб. трудов. Харьк. ин-т инж. коммунал. стр. Киев. -1988. -С.31-38.

29. Пустовойтов В. П., Шно С. И. Защита и упрочнение трубопроводных систем городского хозяйства//Повышение эффективности и надежности городского хозяйства. Сб. научн. трудов ХИИГХ. Киев. - 1990. - С. 3-8.
30. Пустовойтов В. П., Шно С. И. Строительные конструкции, упрочненные ориентированным стеклопластиком//Реконструкция и капитальный ремонт зданий и сооружений. Сб. научн. трудов ХИИКСа. Киев. - 1989. - С. 19-30.
31. Пустовойтов В. П., Шно С. И. Клеевая анкеровка закладных деталей полимерными композиционными материалами//Развитие и совершенствование городского строительства и хозяйства. Сб. научн. трудов ХИИГХ. Киев. - 1991. - С. 185-191.
32. Пустовойтов В. П., Шно С. И. Комплексные строительные конструкции и изделия, упрочненные стеклопластиком//Эксплуатация и ремонт систем городского хозяйства. Сб. научн. трудов ХИИГХ. Киев. - 1992. - С. 18-23.
33. Пустовойтов В. П., Черномаз В. С. Коррозионно стойкие неметаллические трубы для городского хозяйства//Коммунальное хозяйство Украины. Республ. межведомств. сб. Киев: Техника, - 1992. - С. 85-89.
34. А. с. 462921 СССР. М. Кл. - 16 9/08. Асбоцементная труба/ В. П. Пустовойтов, В. С. Черномаз, С. Л. Килюков. - Опубл. 05.02.78. Бл. N 5.
35. А. с. 711249 СССР. М. Кл. Е 04 В 7/14. Висячее покрытие/ В. П. Пустовойтов, Л. Н. Шутенко, А. С. Мовчан. Опубл. 25.01.80. Бл. N 3.
36. А. с. 1289846 СССР. С 04 Б 24/12. Полимерцементная смесь/ Л. Н. Шутенко, В. П. Пустовойтов, С. В. Волшвач и др. Опубл. 15.02.87. Бл. N 6.
37. А. с. 1509378 СССР. С 08 61/02, 23/12, С 08 К. 3/00, 5/00. Полимерное связующее/ В. П. Пустовойтов, Л. Н. Шутенко, С. В. Волшвач. Опубл. 23.09.89. Бл. N 35.
38. А. с. 1613352 СССР. В 29 С 63/6 // В 29 9:00, Е 04 С 3/00. Способ изготовления стеклопластиковых конструкций покрытий/ В. П. Пустовойтов, А. Л. Шагин, Э. Л. Ужварок. Опубл. 15.12.90. Бл. N 46.
39. А. с. 1758186 СССР. Е 04 С 5/08. Арматурный каркас труб/ В. П. Пустовойтов, С. А. Мороз. Опубл. 30.08.92. Бл. N 32.
40. А. с. 1694811 СССР. Е 04 С 5/07. Арматурный каркас/ С. А. Мороз, В. П. Пустовойтов. Опубл. 30.11.91. Бл. N 44.
41. Шутенко Л. Н., Пустовойтов В. П. Бетонные конструкции в стеклопластиковой оболочке для подземного строительства//Метрополитен и планировка крупнейшего города. Тез. докл. конф. Харьков. - 1980. - С. 139-140.

42. Пустовойтов В.П., Черномаз В.С. Армированная асбестоцементная труба//Повышение долговечности конструкций водохозяйственного назначения. Тез. докл. конф., Ростов-на-Дону, -1981. -С.211-213.
43. Пустовойтов В.П., Мовчан А.С. Антикоррозионные стеклопластиковые покрытия для стальных труб//Повышение стойкости и защита от коррозии строительных материалов и конструкций. Тез. докл. конф., Челябинск, -1982. -С.21-22.
44. Кан С.Н., Пустовойтов В.П., Тугаев А.С. Модифицированный энергетический метод в задачах устойчивости и динамики сложных упругих систем//Научные труды 16 конгресса по теоретической и прикладной механике. -Бечичи (Югославия), -1984. -С.38-40.
45. Пустовойтов В.П. Прогрессивные материалы в строительстве. Киев: Знание, -1984. - 14 с.
46. Черномаз В.С., Пустовойтов В.П. Длительная прочность стеклопластиковой армирующей ленты//Повышение стойкости и защита от коррозии строительных материалов и конструкций. Тез. докл. конф., Челябинск, -1982. -С.61.
47. Пустовойтов В.П. Прогнозирование прочностных свойств бетона в стеклопластиковой обойме//Индустриальные технические решения для реконструкции зданий и сооружений промышленных предприятий. Тез. докл. конф., Макеевка, -1986. -С.116-117.
48. Пустовойтов В.П. Особенности деформирования бетона в пластмассовой оболочке//Тез. докл. конф. по бетону и железобетону. Киев, -1988. -С.190-194.
49. Пустовойтов В.П. Химические аппараты с защитными и упрочняющими стеклопластиковыми покрытиями//Повышение эффективности, совершенствование процессов и аппаратов химических процессов. Тез. докл. конф., Харьков, -1985. -С.114-115.
50. Пустовойтов В.П. Эффективность стеклопластиковой обоймы для бетона//Совершенствование железобетонных конструкций, работающих на сложные виды деформации. Тез. докл. конф., Полтава, -1989. -С.148-149.

АННОТАЦИЯ

Пустовойтов В.П. Ленточное стеклопластиковое армирование строительных изделий и конструкций.

Диссертация является рукописью на соискание ученой степени доктора технических наук по специальностям 05.23.05. Строительные материалы и изделия и 05.23.01 - Строительные конструкции, здания и сооружения, Харьковский государственный университет строительства и архитектуры, Харьков, 1995.

Защищается 1 монография, 60 научных работ, 10 авторских

свидетельств, которые содержат результаты теоретических и экспериментальных исследований в области теории и практики изготовления строительных изделий и конструкций, армированных высокопрочной коррозионно стойкой ленточной стеклопластиковой арматурой, а также создания высокоэффективного намоточного оборудования. Установлено, что предел прочности стеклянных нитей, факторы технологического характера оказывают существенное влияние на свойства стеклопластиковой арматуры при одноосном растяжении. Показана эффективность предварительно напряженных стеклопластиковых покрытий и обоям, повышающих несущую способность и коррозионную стойкость изделий и конструкций. Осуществлено промышленное внедрение ленточного стеклопластикового армирования в производство разного ряда изделий и конструкций, приводятся данные об их эффективности в процессе эксплуатации.

ABSTRACT

Pustovoitov U.P. Band glass-fibre plastic reinforcement of building articles and construction.

The thesis is a typescript submitted for the scientific degree of Doctor of Science (Engineering) on the speciality 05.23.05 Building materials and articles and 05.23.01 - Building structures, buildings and constructions. The Kharkov State University of Construction and Architecture. Kharkov 1995.

One monograph, 80 scientific works, 10 author's licences are defended, which, contain the results of theoretical and experimental research in the field of manufacturing building articles and construction, reinforced by safe corrosion resistant band glass-fibre plastic reinforcement and also in the field of highly effective winding equipment creation. It is determined that the tensile strenght limit of glass threads and technological factors have considerable influence on the properties of glass-fibre plastic reinforcement under the condition of one-pin tension. It is shown that pre-stressed glass-fibre plastic coverings and iron rings, which improve bearability and corrosion resistance of articles and constructions are effective.

Band glass-fibre plastic reinforcement is applied in industry for manufacturing variaes articles and constructions, the data on effectiveness in process of operation are produced.

Ключові слова:

скляне волокно, склопластикова арматура, безперервне армування,
комплексні вироби та конструкції.

Відповідальний за випуск проф. Золотов М.С.

Підписано до друку 13.02.95 Формат 60x90 1/16

Ум. друк. арк. 2,0 Папір друк N 1

Обл. вид. арк. 1,92 Тираж 110 пр. Зам. N

Надруковано в інституті ХПБНДІП, пл. Свободи, 8.

AB 31.912

AB 31.912

