

Ав 3

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

На правах рукопису

НЕЧИПОРЕНКО Володимир Миколайович

***РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА НАБРИЗК-СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ***

05.05.02 - Машини та агрегати виробництва будівельних
матеріалів, виробів та конструкцій

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків 1997

Дисертаційну роботу виконано у Харківському державному технічному університеті будівництва та архітектури на кафедрі механізації будівельних процесів.

Дисертація є рукописом.

Наукові керівники: академік АБУ, доктор технічних наук,
професор Ємельянова І.А.

Офіційні опоненти: академік АБУ, доктор технічних наук,
професор Назаренко І.І.,
доктор технічних наук,
професор Дюженко М.Г.

Провідна установа: ОП "Науково-дослідний інститут
будівельного виробництва" (м.Київ)

Захист дисертації відбудеться 3 липня 1997р. о 12.00 годині
на засіданні спеціалізованої Ради Д-02.07.03 у Харківському державному
технічному університеті будівництва та архітектури за адресою: 310002,
м.Харків, вул.Сумська, 40.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотечі університету.

Автореферат розіслано " 3 " червня 1997р.

Вчений секретар спеціалізованої Ради

Доктор технічних наук, професор

Ємельянова І.А.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00751189 (V)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Фібробетон як будівельний матеріал, знайшов широке застосування у світовій практиці будівництва. Німеччина, Японія, США, Великобританія, Бельгія, Франція - держави, де фібробетон використовується в різних видах будівництва, в тому числі тунельному, гірському та гідротехнічному. Проте, до цього часу немає такого технологічного комплексу обладнання, який би дозволяв створити повністю організований, безперервний цикл виготовлення виробів або будівельних споруд з такого матеріалу. Існують проблеми з виготовленням фібрових елементів, немає ефективного обладнання для приготування сталевібробетонних сумішей. Усі операції виявляються самостійними переробками, не зв'язаними безперервним технологічним ланцюгом. В зв'язку з ним виробництво фібробетону виявляється коштовним та вимагає удосконалення як технології, так і обладнання.

Для вирішення вищевказаних проблем пропонується використовувати спосіб роздільної пошарової укладки суміші та фібрових елементів при безпосередній їх подачі після різання на укладений шар суміші роторними металіниками.

Мета роботи. Розробка технологічного комплексу обладнання для виробництва набризк-сталевібробетону при роздільній укладці бетонної суміші та фібрових елементів на базі фізико-математичної моделі робочого процесу.

Для досягнення цієї мети були поставлені та розв'язані такі задачі:

а) аналітично описати процес роздільної пошарової укладки бетонної суміші та фібрових елементів на бетонуючу поверхню, при цьому:

- визначити геометричні параметри фібри та виявити умови її організованої укладки;
- знайти залежність для визначення об'ємного коефіцієнту армування сталевими фібровими елементами;
- вивчити можливості зміцнення виробів або покриттів за рахунок використання набризк-сталевібробетону;
- дослідити робочі параметри обладнання для виробництва профільованих фібрових елементів;
- дослідити обладнання для різання дроту;

б) експериментально вивчити вплив параметрів процесу роздільної пошарової укладки бетонної суміші та фібрових елементів на властивості набризк-сталевібробетону;



- порівняти результати аналітичних та експериментальних досліджень;
 - виявити умови оптимізації процесу набризк-сталефібробетону з позиції досягнення максимальної міцності;
- в) розробити алгоритм та методику розрахунку конструктивних та технологічних параметрів процесу роздільної пошарової укладки бетонної суміші та фібрових елементів при використанні обладнання способу механічного набризку;
- г) розробити технічну документацію на технологічну лінію виробництва плоских виробів з набризк-сталефібробетону при роздільній пошаровій укладці бетонної суміші та фібрових елементів;
- д) розробити технічну документацію на бетонуючий агрегат, пристосований для роботи на сталефібробетонних сумішах, який входить до складу технологічного комплексу обладнання для індивідуального будівництва на базі тракторного шасі СШ-25.

Наукова ідея. Бетони підвищеної тріщиностійкості можуть бути одержані за рахунок застосування роздільної пошарової укладки бетонної суміші та фібрових елементів при використанні обладнання механічного набризку.

Наукова новизна. Розроблена фізико-математична модель процесу виготовлення набризк-сталефібробетону при роздільній пошаровій укладці бетонної суміші та фібрових елементів.

На захист виносяться:

- фізико-математична модель процесу роздільної пошарової укладки бетонної суміші та фібрових елементів;
- експериментальні дослідження впливу параметрів процесу роздільної пошарової укладки бетонної суміші та фібрових елементів на показники міцності набризк-сталефібробетону;
- методика та алгоритм розрахунку конструктивних та технологічних параметрів робочого процесу.

Методи досліджень містять в собі фундаментальні положення теорії міцності композиційних матеріалів, прикладної механіки, методи математичної статистики та планування ЕОМ.

Достовірність визначається використанням стандартних припущень та підтверджується збігом теоретичних та експериментальних досліджень при відхиленні фактичних та розрахункових даних не більш 10 %. Достовірність експериментального матеріалу при визначенні механічної міцності забезпечувалась необхідним числом повторів. Досліди проводились з достовірністю $\Delta_n \approx \pm 3\sigma$, $N=0,99$.

Практична цінність:

- запропоновано новий спосіб виготовлення набризк-сталефібробетону при використанні двороторних металників та роздільної пошарової

укладки бетонної суміші та фібрових елементів;

- створено методика та алгоритм розрахунку основних параметрів робочого процесу;
- розроблено технічну документацію на технологічну лінію виробництва плоских виробів з набризк-сталефібробетону;
- розроблено технічну документацію на бетонуючий агрегат технологічного комплексу обладнання для індивідуального будівництва на базі тракторного шасі.

Реалізація роботи. Документація на технологічну лінію виробництва плоских виробів з набризк-сталефібробетону передана АТ “Укрспецбудмеханізація” (м.Київ) з метою подальшого впровадження. Робота на тему: “Розробка та впровадження технологічної лінії виробництва виробів з сталефібробетону” виконувалась на госпдоговірній основі.

Робота є також складовою частиною наукових досліджень держбюджетних тем № 008 “Дослідження технологічних процесів бетонування за допомогою універсальних роторних металників” та № 0022 “Розробка технічних основ методик розрахунку та технологічних комплексів для виготовлення фібробетону з використанням відходів підприємств України”, які виконувались згідно пріоритетному напрямку “Екологічно чиста енергетика та ресурсозберігаючі технології” у 1994 - 1996 р.р.

Розроблена технічна документація на бетонуючий агрегат технологічного комплексу обладнання для індивідуального будівництва та прийнята КБ ХЗТСП на виготовлення дослідного зразку.

Одержані результати досліджень використовуються в учбовому процесі при читанні лекцій по спецкурсу “Технологічні комплекси”, в курсовому та дипломному проектуванні.

Апробація роботи. Основні результати роботи та матеріали досліджень доповідались на науково-технічних конференціях ХДТУБА: 48-й (1993 р.), 49-й (1994 р.), 50-й (1995 р.), 51-й (1996р.) та 52-й (1997р.); на II Міжнародній науково-технічній конференції “Применение колебаний в технологиях. Расчет и проектирование машин для реализации технологий” (м.Вінниця, 1994р.); на Міжнародному семінарі “Теория и практика строительства и строительных материалов” (м.Суми, ССП, 1994р.); на Міжнародній конференції “Ресурсы и энергосберегающие технологии строительных материалов, изделий и конструкций” (м.Белгород, 1995р.); на Міжнародній науково-технічній конференції “Развитие строительных машин, механизации и автоматизации строительства и открытых горных работ” (м. Москва, 1996р.); на першій Всеукраїнській науково-практичній конференції “Прогрессивные технологии и машины для производства стройматериалов, изделий и конструкций” (м.Полтава, 1996р.) експонувались на виставці-ярмарку “Коммуналтехника - 94” (м.Харків).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи висвітлені в 14 публікаціях. Мається тимчасовий патент України № 10863А від 03.02.93р. “Спосіб одержання фібробетону” та позитивне рішення за заявою № 96072673/393 від 05.07.96р. “Обладнання для армування бетонів фіброю”.

Обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, містить 150 сторінок машинописного тексту, 56 рисунків, 15 таблиць, посилянє з 127 найменувань та 5 додатків.

Автор вдячний доценту, к.т.н. Баранову А.Н. (УПА) за допомогу в роботі над дисертацією, та доценту, к.т.н. Кириченко І.Г. (ХДАШТУ) за сприяття у реалізації результатів досліджень у виробництві.

КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

1 Стан та актуальність проблеми

Найважливішим технологічним етапом, який визначає якість та довговічність будівельних конструкцій та споруд, є впровадження у практику високоєфективних конструкцій та виробів з підвищеними характеристиками міцності, які можуть бути забезпечені використанням сталеві фібробетону (СФБ). Перевагою СФБ є підвищена міцність при осьовому розтягу та розтягу при вигині, зносостійкість, морозостійкість, тріщиностійкість.

Вивченням фібробетону як перспективного будівельного матеріалу та обладнанням займалися такі вчені, як Курбатов Л.Г., Лобанов І.А., Рабінович Ф.Н., Родов Г.С., Гофштейн Ф.А., Коротишевський О.В., Корольов К.Н., Крилов Б.А. та ін.

Проте аналіз відомих робіт у галузі виробництва сталеві фібробетону, показав, що немає досконалих технологічних комплектів обладнання, які дозволяють створити стрункий закінчений технологічний процес виготовлення виробів з сталеві фібробетону, при якому були б вирішені проблеми з обладнанням та технологією виробництва. Відомі результати досліджень з окремих технологічних переробів виробництва сталеві фібробетону: технологічні лінії по виготовленню фібрових елементів з дроту, приготування сталеві фібробетонної суміші з вводом раніше виробленого фібрового елементу.

На теперішній момент так і не вирішено задача вводу фібрових елементів в бетонну суміш таким чином, щоб приготована суміш була однорідною, відповідно з пред’явленими технічними вимогами.

На основі висновків, які витікають з аналізу технологій та обладнання для приготування, укладки, розподілу та ущільнення сталеві фібробетонних жорстких сумішей, сформульована ціль справжньої роботи, спрямована на створення технологічного комплексу обладнання для виробництва набризк-сталеві фібробетону,

яка виключає вищевказані труднощі шляхом використання роздільної пошарової укладки бетонної суміші та фібрових елементів.

2 Теоретичні дослідження процесу укладки та ущільнення сталевібробетонних сумішів при використанні обладнання механічного набризку

Пропонується нова технологічна лінія безвібраційного виготовлення плоских виробів з сталевібробетону (рис.1), що складається з дворотного метальника, бетоноукладальника, автомата-різальника фібрових елементів з розподільним пристроєм для армування бетонів фібровими елементами та пересувної платформи з бортоснащенням.

При цьому здійснюється роздільна пошарова укладка жорсткої бетонної суміші та фібрових елементів, а всі технологічні операції сполучаються в часі.

Двороторний метальник (рис.1), в якому один над одним розміщені високооборотний ротор-метальник 1 та низькооборотний ротор-живильник 2, забезпечений завантажувальною воронкою, передня ступка якої закріплена за допомогою шарніра 3. Роторна головка містить бездонний кожух 4, забезпечений запобіжним пристроєм у вигляді підпружиненої пластини 5 та гідроциліндром 6 управління верхньою ступкою завантажувальної воронки. Для ліквідації зависання бетонної суміші на задній стінці бездонного кожуху встановлено похилі щити 7 та 8.

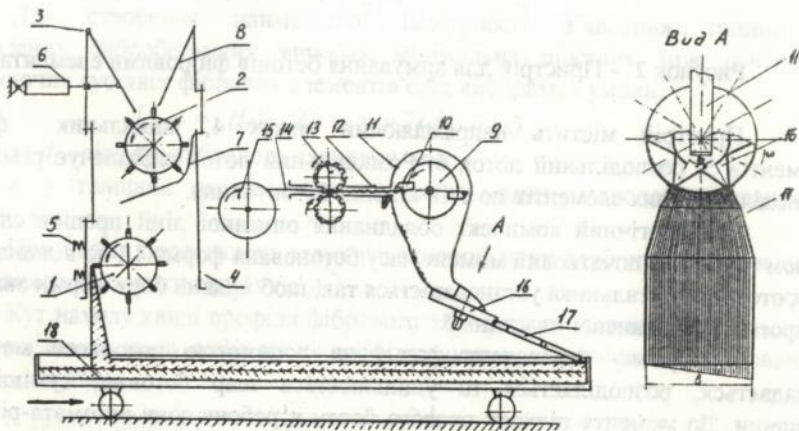


Рисунок 1 - Схема виробництва виробів з фібробетону способом механічного набризку

За роторною головкою розміщується автомат-різальник фібрових елементів, який містить ножову головку 9 з ножами 10, кожух 11, направляючі 12, профілюючі валки 13, сталевий дріт 14, який змотується з бухти 15, живильник фібрових елементів 16, розподільний лоток 17. По всій ширині лотку розташовані канавки для направленного сповзання фібрових елементів на бетонуючу поверхню. Пристрій для армування бетонів фібровими елементами є додатковим обладнанням автомата-різальника (рис.2), який знаходиться після бухтотримача 1, механізму подачі дроту 2, ножової головки 3.

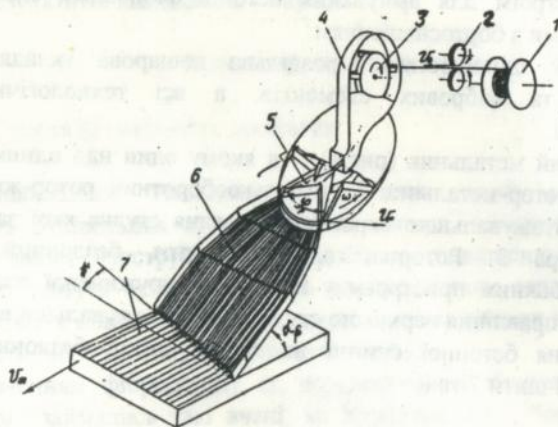


Рисунок 2 - Пристрій для армування бетонів фібровими елементами

Пристрій містить напрямляючий кожух 4, живильник фібрових елементів 5, розподільний лоток 6. Розподільний лоток забезпечує рівномірний розподіл фібрових елементів по всій ширині бетонування.

Технологічний комплект обладнання описаної лінії працює наступним чином (рис.1). В початковий момент часу бетонована форма 18 по відношенню до двороторного металника установлюється так, щоб правий борт форми знаходився напроти підпружиненої пластини 5.

На рухомому бетоновану форму за допомогою роторного металника укладається, розподіляється та ущільнюється шар бетонної суміші певної товщини. До моменту підходу правого борту в робочу зону автомата-різальника фібрових елементів включається прилад ножової головки та профілюючих валків, а роторна головка, після проходження під нею лівого борту форми, припиняє свою роботу. Дріт з бухтотримача 1 (рис.2) при включеному приводу протягується через профілюючі валки 2 та попадає в зону ножової головки, яка обертається з ножами

механізму різання 3, розрізається на окремі фіброві елементи, які далі потрапляють в кармани живильника 5, що обертається в межах кута φ_p . Кожух 4 має розвантажувальне вікно для фібрових елементів.

В межах кута φ_p по ходу обертання живильника 5 кожен з карманів повністю звільнюється від фібрових елементів, послідовно та рівномірно заповнюючи канавки розподільного лотка 6. В процесі переміщення бетонованої поверхні 7 з кожної канавки розподільного лотка на укладений шар бетонної суміші спрямовано, паралельно поздовжній осі поверхні поступають фіброві елементи, які укладаються поздовжніми рядами.

Після проходження лівого борту форми під роторною головкою (рис.1) металник відключається, а коли він потрапляє в зону ножової головки, відключається також і автомат-різальник. Бетонована форма знову встановлюється у вихідне робоче положення.

Завершальним етапом робочого процесу виготовлення набризк-сталефіробетону є укладка верхнього шару бетонної суміші, що підлягає чистовій обробці.

Вищеописаний технологічний процес, захищений тимчасовим патентом України № 10863А від 03.02.93р. "Спосіб одержання фіробетону" та позитивним рішенням за заявкою № 96072673/393 від 05.07.96р. "Обладнання для армування бетонів фіброю".

Для побудування фізико-математичної моделі процесу виготовлення набризк-сталефіробетону слід прийняти умови: структура бетону, армованого фібровими елементами, однорідна, так як контактні зони розподілені рівномірно по всьому перерізу досліджуваного бетону.

Для створення найменшої імовірності з'явлення тріщин у виготовлених фіробетонних виробках мінімальна відстань між центрами профілюючих сусідніх фібрових елементів слід вибирати з умови:

$$L_{min} = d_f + 2\varepsilon + s = 2(d_f + \varepsilon), \quad (1)$$

де d_f - діаметр фібрового елемента, мм;

ε - товщина зміцнюючої контактної зони навколо армованого елемента, мм;

При цьому профілюючі елементи повинні мати глибину профілювання s , яка рівняється їх діаметру ($s = d_f$)

Кут нахилу хвилі профіля фібрового елемента ψ_f для кожного діаметра d_f слід розглядати як функцію кроку профілювання t_f та глибини профілювання s , тобто $\psi_f = f(t_f, s)$.

В такому випадку:

$$\psi_f = \arctg \frac{2d_f}{t_f} \quad (2)$$

Для вивчення умов зчеплення фібрових елементів з набризк-бетоном були проведені експериментальні дослідження по визначенню зчеплення відрізків дроту як армованих фібрових елементів різних діаметрів, профілю та

довжини анкерівки у бетоні. Результати досліджень профільованого дроту на виривання з бетону показали, що сила зчеплення фібрових елементів з бетоном аж до розриву з ним підкоряється залежності :

$$T_{сч} = e^{\lambda x} - 1, \quad (3)$$

$$\text{де } \lambda = \frac{1}{l_{анк}} \ln(T_p + 1), \quad 0 \leq x \leq l_{анк}$$

T_p - сила розриву фібрового елемента, Н;

$l_{анк}$ - довжина анкерування фібрового елемента, мм.

Залежність (3) одержана внаслідок математичної обробки експериментальних даних на ЕОМ.

При виготовленні виробів або покриттів з фібробетону, як показали раніш проведені дослідження, фіброелементи слід укласти організовано та паралельно поздовжньої осі бетонуючої поверхні. Таке армування може бути забезпечено при роздільній пошаровій укладці бетонної суміші та фібрових елементів, з використанням обладнання механічного набризку.

Середній кут відхилення окремих включень фібрових елементів $\beta_{ср}$ від поздовжньої осі в горизонтальній площині при роздільній укладці не повинен перевищувати 30° , що було визначено експериментальним шляхом.

Результуючим кутом $\alpha_{рез}$ просторового розташування фібрових елементів на укладеному шарі бетонної суміші можуть бути представлені залежністю:

$$\alpha_{рез} = (\arctg(d_{кз max} / l_f) + \tg^2 \alpha + \tg^2 \beta) / (1 + \tg^2 \alpha + \tg^2 \beta) \quad (4)$$

де $d_{кз max}$ - максимальний діаметр крупного заповнювача, мм.

Еквівалентна довжина фібрових елементів при відомому результуючому куті $\alpha_{рез}$ (залежність (4)) може бути знайдена як:

$$l_{экв} = l_f \cos \alpha_{рез} \quad (5)$$

де l_f - довжина фібрового елемента, мм.

Таким чином виконання умов, описаних залежностями (1) - (5) дозволяє блокувати з'явлення тріщин в бетоні при використанні роздільної пошарової укладки бетонної суміші та фібрових елементів. Для цих умов міцність набризк-сталефібробетону може бути представлена як $R_{\sigma} = f(\alpha_{рез}, l_f)$, при куті профілювання фібрових елементів, знайденому згідно залежності (4). Наявність мінімальної відстані між укладеними сусідніми фібровими елементами на шарі бетонної суміші, дозволяє визначити максимально важливий коефіцієнт об'ємного армування, котрий забезпечує максимально можливий вихід міцності бетону:

$$\mu_{Vmax} = \frac{\pi d_f^2}{4 H L_{min}} = \frac{\pi d_f^2}{4 L_{min} (L_{min} + 2\delta)} \quad (6)$$

де H - відстань між сусідніми шарами фібрових елементів, що укладаються по висоті виробу, який формується, чи поверхні, що бетонується;

δ - максимальна величина занурення фібрового елемента шару бетонної суміші при наблизку наступного шару, який є функцією складу бетонної суміші по кількості заповнювача.

Визначивши технологічні параметри процесу бетонування, знаходимо залежність для прогнозування зміцності виробів та конструкцій при армуванні їх фібровими елементами, які розглядаються як:

$$\sigma_{\text{упр}} = n_f^1 \cdot T_{\text{упр}} = \frac{4\mu_{\text{max}}}{\pi d_f^2} \left[\frac{l_{\text{зск}} - 2l_{\text{анк}}}{l_{\text{зск}}} T_p + \frac{2}{l_{\text{зск}}} \int_0^{l_{\text{анк}}} (e^{kx} - 1) dx \right], \quad (7)$$

де $n_f^1 = n_f = \frac{1}{HL_{\text{мін}}} = \frac{4\mu_{\text{max}}}{\pi d_f^2}$ - кількість фібрових елементів, пересікаючих лінію (поверхню) напруги одиничної площі перерізу, мм⁻²;

В умовах технологічної лінії (рис.1) аналіз роботи автомата-різальника показав, що для забезпечення відповідного профілю фібрових елементів необхідно визначити які зусилля діють на елемент дроту, що підлягає деформуванню на профілюючих валках. Валки обертаються з відповідним крутним моментом, який в загальному вигляді може бути представлений як: $M_{\text{кр}} = M_{\text{ск}} + M_{\text{к}}$, де $M_{\text{ск}}$ - момент сили тертя ковзання, Нм; $M_{\text{к}}$ - момент сили тертя кочення, Нм.

Момент сили тертя ковзання на робочій поверхні відносно осі обертання (рис.3) буде рівнятися:

$$M_{\text{ск}} = f(T_n + T_{n+1})r_{\text{ср}} d\varphi_n, \quad (8)$$

де $r_{\text{ср}} = \frac{2(R_B^3 - r_B^3)}{3(R_B^2 - r_B^2)}$ - середній радіус від осі обертання валка до осі

центра дроту, $R_B = \frac{D_B}{2} + d_f$; $r_B = \frac{D_B}{2}$;

f - коефіцієнт тертя ковзання сталі при сухому терті ($f=0,2$);

T_n, T_{n+1} - натяг гілок профілю, Н;

φ_n - кут між векторами сил реакцій, рад.

Момент сили тертя качання дроту поверхні верхів зубців протягуючого валка визначається як:

$$M_K = \frac{T_n + T_{n+1}}{f} \left(1 + \frac{1}{2} \cos \frac{\varphi_n}{2}\right) \mu_{TP} \frac{D_B}{2}, \quad (9)$$

де D_B - діаметр валка, мм;

μ_{TP} - коефіцієнт тертя кочення ($\mu_{TP} = 0,005$).

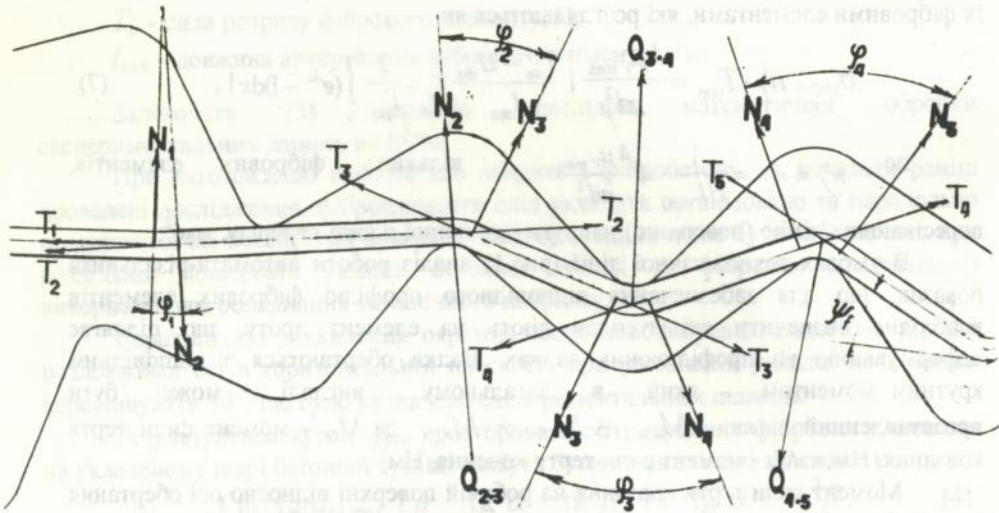


Рисунок 3 - Зусилля, які діють на дріт при профілюванні

Залежності (8) та (9) дозволяють представити в закінченому вигляді формулу для визначення крутного моменту:

$$M_{KP} = \frac{T_n + T_{n-1}}{f} \left[f^2 \frac{2(R_B^3 - r_B^3)}{3(R_B^2 - r_B^2)} d\varphi_n + \frac{D_B}{2} \left(1 + \frac{1}{2} \cos \frac{\varphi_n}{2}\right) \mu_{TP} \right], \quad (10)$$

Продуктивність автомата-різальника $\Pi_{ст}$ може бути визначена, виходячи з технічної продуктивності двороторного металника $\Pi_{техн}$ та об'ємного коефіцієнту армування μ_{Vmax} , тому що відповідно технологічній схемі, фіброві елементи подають на шар бетонної суміші, яка укладається двороторним металником:

$$\Pi_{ст} = \Pi_{техн} \mu_V \quad (11)$$

Потужність, яка необхідна для роботи автомата-різальника, складається з потужності на процес профілювання фібрових елементів P_1 та потужності на процес різання дроту P_2 :

$$P_1 = \frac{\Pi_{\text{мехн}} \mu_{\nu \text{max}} (T_n + T_{n+1})}{450 \pi d_f^2 D_B k_n z_n f \eta_1} \left[f^2 \frac{2(R_B^3 - r_B^3)}{3(R_B^2 - r_B^2)} + \frac{D_B}{2} \left(1 + \frac{1}{2} \cos \frac{\varphi_n}{2}\right) \mu_{\text{ТР}} \right], \quad (12)$$

де k_n - коефіцієнт, враховуючий прослизання профілюючих валків;

z_n - кількість одночасно протягуючих валками дротів.

Спрофільований дріт потрапляє в зону роботи ножової головки.

Потужність, яка витрачається на процес різання декількох дротів, може бути представлена як:

$$P_2 = 0,2689 \frac{z_H \sigma_P u_1 u_2}{1000 \cdot \eta_2} \frac{\Pi_{\text{мехн}} \mu_{\nu \text{max}}}{450 \pi d_f^2 D_B k_n}, \quad (13)$$

де z_n - кількість ножів на різальній головці;

σ_P - напруга дроту при розриві, МПа;

η_2 - ККД механізму різання ($\eta_2 = 0,93$);

u_1, u_2 - передаточні числа зубчатих передач автомата-різальника.

При обертанні ножової головки окремі фіброві елементи після процесу різання ножом в нижній частині кожуха повільно сповзають по напрямляючому лотку до живильника фібрових елементів.

Швидкість протяжки дроту профілюючими валками визначається як:

$$v_a = \frac{\Pi_{\text{мехн}} \mu_{\nu \text{max}}}{900 \pi d_f^2 k_n z_n} \quad (14)$$

Швидкість пересування платформи з бортоснащенням може бути знайдено як:

$$v_{\text{пр}} = \frac{\Pi_{\text{мехн}}}{3600 H B k_n z_n}, \quad (15)$$

де B - ширина бетонованої поверхні, м.

Окружна швидкість видавання фібрових елементів карманами живильника знаходиться як:

$$v_{\text{окр.ж}} = \frac{\Pi_{\text{мехн}}}{1800 H B \varphi_p k_n z_n} \quad (16)$$

- 3 Експериментальні дослідження впливу параметрів процесу роздільної пошарової укладки бетонної суміші та фібрових елементів на властивості набризк-сталефіробетону, укладеного двороторним металіником

Потужність автомата-різальника знайдено експериментально. Для експериментальних досліджень використовувався дріт діаметром 0,6 та 1,2 мм. Розбіг результатів теоретичних та експериментальних досліджень не перевищував 3%.

Для всебічного вивчення процесу механічного набризку, який забезпечує максимальну міцність набризк-сталефіробетону, проведені дослідження по виявленню найбільш раціональних складів сталефіробетонної суміші.

Рішення цієї задачі одержано завдяки використанню центрального композиційного плану другого порядку. Як функції прийняті міцність на розтяг при вигині $Y_1(R_{изг1})$ та міцність при стисненні $Y_2(R_{сж1})$, які залежать від слідуєчих факторів: x_1 - витрати цементу (Ц, кг); x_2 - водоцементне відношення (В/Ц); x_3 - кількість піску (П, кг); x_4 - відсоток об'ємного армування (μ , %). Фактори приймалися при умові витрат на 1 м³ бетону.

В результаті обробки інформації отримані слідуєчі адекватні рівняння регресій:

$$Y_1 = 9,608 + 0,528x_1 - 0,299x_2 + 0,491x_3 + 1,776x_4 - 0,092x_1^2 + 0,006x_1x_2 + 0,006x_1x_3 - 0,006x_1x_4 - 0,017x_2^2 - 0,031x_2x_3 + 0,006x_2x_4 - 1,068x_3^2 + 0,006x_3x_4 - 0,006x_4^2 \quad (17)$$

$$Y_2 = 30,623 + 4,551x_1 - 2,781x_2 + 1,148x_3 + 1,840x_4 - 0,552x_1^2 + 0,006x_1x_2 - 0,006x_1x_3 - 0,006x_1x_4 - 0,077x_2^2 - 0,031x_2x_3 + 0,006x_2x_4 - 3,953x_3^2 + 0,044x_3x_4 - 0,802x_4^2 \quad (18)$$

Аналіз одержаних експериментальних даних дозволяє виявити область оптимізації робочих складів бетону для x_1 - Ц=410...430 кг; x_2 - В/Ц = 0,42...0,47; x_3 - П=730...770 кг; x_4 - μ =2,6...2,8%.

Для виявлення максимальної міцності набризк-сталефіробетону в залежності від визначених параметрів робочого процесу при роздільній пошаровій укладці бетонної суміші та фібрових елементів, проводились комплексні дослідження. При цьому також використовувався центральний композиційний план другого порядку.

Як функції прийняті міцність на розтяг при вигині $Y_3(R_{I_{332}})$ та міцність при стисненні $Y_4(R_{C_{ж2}})$, залежні від наступних факторів: x_1 - витрати цементу (Ц, кг); x_2 - водоцементне відношення (В/Ц); x_3 - швидкість метання ($v_{мет}$, м/с); x_4 - швидкість пересування платформи ($v_{пп}$, м/с); x_5 - діаметр фібри (d_f , мм); x_6 - відсоток об'ємного армування (μ , %); x_7 - кількість ножів (z_n , шт).

В результаті обробки експериментальних даних у закінченому вигляді одержані наступні рівняння регресії:

$$\begin{aligned}
 Y_3 = & 7,030 + 0,493x_1 - 0,260x_2 + 0,042x_3 - 0,029x_4 - 1,902x_5 + 1,848x_6 - \\
 & 1,545x_7 - 0,125x_1^2 - 0,009x_1x_2 - 0,053x_1x_3 + 0,009x_1x_4 + 0,003x_1x_5 - \\
 & 0,034x_1x_6 + 0,026x_1x_7 - 0,096x_2^2 + 0,053x_2x_3 - 0,009x_2x_4 - 0,003x_2x_5 + \\
 & + 0,047x_2x_6 - 0,026x_2x_7 - 0,155x_3^2 - 0,041x_3x_4 - 0,047x_3x_5 + \\
 & + 0,016x_3x_6 - 0,008x_3x_7 - 0,214x_4^2 + 0,003x_4x_5 - 0,047x_4x_6 + \\
 & + 0,038x_4x_7 + 0,466x_5^2 - 0,041x_5x_6 + 0,031x_5x_7 - \\
 & - 0,450x_6^2 - 0,182x_6x_7 + 0,545x_7^2
 \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned}
 Y_4 = & 31,45 + 3,452x_1 - 2,829x_2 + 0,413x_3 + 0,059x_4 - 1,576x_5 + 2,418x_6 - \\
 & - 1,196x_7 - 0,735x_1^2 + 0,112x_1x_2 - 0,006x_1x_3 - 0,006x_1x_4 + 0,112x_1x_5 - \\
 & - 0,106x_1x_6 + 0,048x_1x_7 - 0,173x_2^2 + 0,05x_2x_3 - 0,025x_2x_4 - \\
 & - 0,131x_2x_5 + 0,087x_2x_6 - 0,88x_2x_7 - 1,473x_3^2 + \\
 & + 0,106x_3x_4 - 0,056x_3x_6 + 0,019x_3x_7 - 1,045x_4^2 - \\
 & - 0,038x_4x_5 + 0,006x_4x_6 - 0,021x_4x_7 + 0,137x_5^2 + \\
 & + 0,1x_5x_6 - 0,075x_5x_7 - 0,587x_6^2 + 0,138x_6x_7 + 0,196x_7^2
 \end{aligned} \quad (20)$$

Аналіз приведених залежностей дозволив виявити діапазони оптимальних значень параметрів, які забезпечують максимальну міцність набризк-сталефібробетону:

- діаметру фібрового елемента $d_{fопт} = 0,55 \dots 0,75$ мм;
- відсотка об'ємного армування $\mu_{опт} = 2,35 \dots 3,10\%$;
- швидкості метання $v_{метопт} = 35 \dots 38$ м/с;
- швидкості пересування платформи $v_{ппопт} = 0,027 \dots 0,032$ м/с;
- водоцементного відношення (В/Ц) $_{опт} = 0,42 \dots 0,47$;
- витрати цементу $\rho_{опт} = 430 \dots 480$ кг/м³.

Для порівняння показників міцності набризк-сталефібробетону з вібруваним сталефібробетоном проведені експериментальні дослідження. Витрати складових на 1 м³ бетону: Ц=430 кг; Щ=950 кг; П=750 кг; В=180 кг (В/Ц=0,42); Ф=210 кг.

Досліди проводились при роздільній пошаровій укладці фібрових елементів та бетонної суміші.

Показники міцності розглянуті в залежності від факторів: x_1 - коефіцієнт об'ємного армування ($\mu_v, \%$), x_2 - час вібрування (t_v, c).

Одержані рівняння регресії мають вигляд:

$$Y_5 = 8,067 + 1,867x_1 - 0,717x_2 - 0,5x_1^2 - 0,125x_1x_2 - 0,35x_2^2 \quad (21)$$

$$Y_6 = 30,744 + 3,067x_1 - 1,983x_2 - 0,967x_1^2 - 0,025x_1x_2 - 0,717x_2^2 \quad (22)$$

Оптимальним часом вібраційної обробки сталефібробетонної суміші є $t_v=30c$.

Набрызк-сталефібробетон при використанні сталефібробетонних жорстких сумішей характеризується міцністю, що на 20 ... 25 % перевищує міцність вібруваного бетону.

Таким чином, доведена доцільність роздільної пошарової укладки бетонної суміші та фібрових елементів з використанням двороторних металників, яка показала перевагу нової технології перед традиційною вібраційною.

4 Практичне застосування результатів досліджень

На основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень складено алгоритм та методику розрахунку технологічних та конструктивних параметрів процесу роздільної пошарової укладки бетонної суміші та фібрових елементів при використанні обладнання способу механічного набризку - двороторних металників.

Практичне впровадження результатів досліджень знайшло застосування:

- при проектуванні технологічної лінії з виробництва плоских виробів з набрызк-сталефібробетону при максимально можливій механізації процесу формування. Технічна документація на спроектовану лінію передана в АТ "Укрспецбудмеханізація" (м.Київ) з метою подальшого впровадження, очікуєма економічна ефективність капіталовкладень технологічної лінії складає 18944.6 тис. гривень, при терміні окупності 4.1 року;

- при розробці технічної документації на бетонуючий агрегат технологічного комплексу обладнання для індивідуального будівництва на базі тракторного шасі СШ-25, яка прийнята КБ ХЗТСШ на виготовлення дослідного зразку;
- в учбовому процесі при читанні лекцій по спецкурсу “Технологічні комплекси” в курсовому та дипломному проектуванні.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

а) обґрунтовано та запропоновано нові технологічні лінії та процес виробництва набризк-сталевібробетону при роздільній пошаровій укладці бетонної суміші та фібрових елементів з використанням обладнання механічного набризку. На технологічну схему виробництва робіт та відповідне обладнання отримано тимчасовий патент України № 10863А від 03.02.93р. “Спосіб одержання вібробетону” та позитивне рішення за заявкою № 96072673/393 від 05.07.96р. “Обладнання для армування бетонів фіброю”;

б) розроблена фізико-математична модель процесу роздільної пошарової укладки бетонної суміші та фібрових елементів, яка дозволила визначити технологічні параметри робочого процесу:

- кут профілювання ψ_f , який забезпечує найкраще зчеплення фібрового елемента з бетоном при умові рівняння глибини профілювання s та діаметра d_f ;
- допустимий кут відхилення від повздовжньої осі у горизонтальній площині β_{cp} при роздільній укладці, який не повинен перевищувати 30° ;
- результуючий кут $\alpha_{рез}$ просторового розташування фібрових елементів на укладеному шарі бетонної суміші для умов блокування тріщин в бетоні;
- еквівалентну довжину фібрового елемента $l_{екв} = f(\alpha_{рез})$;
- залежність для визначення максимально можливого коефіцієнту об'ємного армування сталевими фібровими елементами μ_v max ($\mu_v max = 3,1 \%$);

в) знайдено залежність для прогнозування міцності набризк-бетонних виробів та конструкцій за рахунок введення фібрових елементів, при умові, що

$$\sigma_{зміц} = f_0(\alpha_{рез}, d_f, l_f, l_{анк}, T_p, \mu_v);$$

г) одержано залежність для визначення потужності на процес профілювання та різання дроту на автоматі-різальнику. Розходження теоретичних та експериментальних даних не перевищує 3%;

д) знайдено рівняння регресії, які описують залежності міцностей набризк-сталефіробетону на розтяг при вигині $Y_1(R_{изз1})$, та при стисненні $Y_2(R_{сжс1})$ від складу сталефіробетонної суміші. При цьому виявлені найбільш раціональні зони витрат складових сумішей для максимальної міцності.

Рекомендовані діапазони витрат складових на 1 м^3 бетону:

- цементу - Ц=410 ... 450 кг;
- водоцементного відношення - В/Ц=0,42 ... 0,47 ;
- піску - П=730 ... 770 кг;

е) одержано комплексні залежності набризк-сталефіробетону на розтяг при вигині $Y_3(R_{изз2})$ та при стисненні $Y_4(R_{сжс2})$ від основних робочих параметрів процесу для прийнятої схеми виробництва робіт;

ж) встановлено, що процес може бути інтенсифіковано в межах діапазону робочих параметрів обладнання:

- швидкості метання $V_{метопт} = 35...38 \text{ м/с}$;
- швидкості пересування платформи $V_{ппопт} = 0,027...0,032 \text{ м/с}$;
- окружної швидкості видавання фібрових елементів карманами живильника $V_{окр.ж опт} = 0,052 ... 0,061 \text{ м/с}$;
- кількості ножів на ножовій головці $Z_n=1$;

к) запропоновано методику та алгоритм розрахунку конструктивних та технологічних параметрів процесу роздільної пошарової укладки бетонної суміші та фібрових елементів при використанні обладнання способу механічного набризку - двороторних металників;

л) результати теоретичних та експериментальних досліджень використані при розробці технічної документації на спроектовану лінію з виробництва плоских виробів з набризк-сталефіробетону, яка передана в АТ "Укрспецбудмеханізація" (м.Київ) з метою подальшого впровадження та технічної документації на бетонуючий агрегат технологічного комплексу обладнання для індивідуального будівництва на базі тракторного шасі СШ-25, яка прийнята КБ ХЗТСШ на виготовлення дослідного зразку;

м) очікуєма економічна ефективність капіталовкладень технологічної лінії складає 18944,6 тис. гривень, при терміні окупності 4,1 року.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА МАТЕРІАЛАМИ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Емельянова И.А., Нечипоренко В.Н. Новая технологическая линия производства изделий из сталефибробетона // Тезисы докладов 48-й научно-технической конференции. "Повышение эффективности строительства".-Х., ХИСИ. -1993. - с.216.

2. Патент України на винахід №10863А.Спосіб одержання фіробетону / Емельянова И.А., Златокрилова Т.В., Нечипоренко В.М. -03.02.93р.

3. Емельянова И.А., Гончаренко Д.Ф., Баранов А.М., Нечипоренко В.М. Сталефібробетон при використанні способу механічного набрызку // Будівництво України. - 1994. - №4. - с.40-44.

4. Емельянова И.А., Кириченко И.Г., Нечипоренко В.Н., Лысенко А.Н. Технологический комплект оборудования на базе шасси СШ-25 для индивидуального строительства. Инф. листок ИЛ №72-94, ХАРПНТЭИ. - Х., 1994.

5. Емельянова И.А., Гончаренко Д.Ф., Баранов А.Н., Нечипоренко В.Н. К расчету сталефибробетонных покрытий Сб. трудов Международного семинара "Теория и практика строительства и строительных материалов". - Сумы, ССХИ, 1994.

6. Емельянова И.А., Баранов А.Н., Нечипоренко В.Н. Особенности безвибрационного уплотнения жестких бетонных смесей с помощью роторных метателей // Материалы II Международной научно-технической конференции. "Применение колебаний в технологии. Расчет и проектирование машин для реализации технологий" (Тезисы докладов). - Винница, 1994. - с.106-107.

7. Емельянова И.А., Баранов А.Н., Нечипоренко В.Н. Оптимизация процесса механического набрызга с позиций ввода максимально возможного процента объемного армирования бетона фибрами // Тезисы докладов 50-й юбилейной научно-технической конференции "Повышение эффективности строительства". -Х., ХИСИ, 1995. - с.58.

8. Емельянова И.А., Баранов А.Н., Нечипоренко В.Н. Методика проектирования необходимой прочности сталефибробетона при использовании способа механического набрызга // Сб. трудов международной конференции "Ресурсы и энергосберегающие технологии строительных материалов, изделий и конструкций". Тезисы докладов. - Белгород, 1995. - с.48-49.

9. Емельянова И.А., Баранов А.Н., Ушкварок Э.Л., Нечипоренко В.Н. Универсальные роторные метатели. Инф. листок ИЛ №188-95, ХАРПНТЭИ. - Х., 1995.

10. Емельянова И.А., Баранов А.Н., Нечипоренко В.Н. Определение рабочих параметров устройства для равномерного распределения фибр в процессе их укладки. Инф. листок ИЛ №53-96, ХАРПНТЭИ. - Х., 1996.

11. Емельянова И.А., Баранов А.Н., Нечипоренко В.Н. К вопросу использования оборудования для укладки и уплотнения сталефибробетонных смесей способом механического набрызга // Материалы Международной научно-технической конференции "Развитие строительных машин, механизации и автоматизации строительства и открытых горных работ". - М., 1996. -с.111-113

12. Емельянова И.А., Баранов А.Н., Нечипоренко В.Н. Особенности армирования набрызг-бетона стальной фиброй // Материалы I Всеукраинской научно-практической конференции "Прогрессивные технологии и машины для производства стройматериалов, изделий и конструкций". -Полтава, 1996 -с.29-31.

13. Рішення НДЦПЕ про видачу патенту України на винахід за заявкою №96072673/393. Обладнання для армування бетонів фіброю / Ємельянова І.А., Баранов А.М., Нечипоренко В.М. - 05.07.96р.

14. Ємельянова І.А., Баранов А.Н., Нечипоренко В.Н. Определение состава фибробетонной смеси для условий бетонирования способом механического набрызга // Инф. листок ИЛ №134-96, ХАРПНТЭИ. - X., 1996.

АННОТАЦИЯ

Нечипоренко В.Н. Разработка технологического оборудования для производства набрызг-сталефибробетона.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.02 - машины и агрегаты производства строительных материалов, изделий и конструкций; Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры, г. Харьков, 1997.

Предложены новые технологические

линия и процесс при раздельной укладке бетонной смеси и фибровых элементов с использованием оборудования механического набрызга - двухроторных метателей. Разработана физико-математическая модель процесса. Найдены комплексные зависимости прочностей на растяжение при изгибе и при сжатии набрызг-сталефибробетона от основных рабочих параметров для принятой схемы производства работ. Предложены методика и алгоритм расчета технологической линии.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований использованы при разработке технической документации на технологическую линию производства плоских изделий из набрызг-сталефибробетона, а также на бетонизирующий агрегат тракторного шасси СШ-25.

Ключові слова: набрызг-сталефібробетон, роздільна пошарова укладка, фіброві елементи, автомат-різальник, двоторний металник.

ANNOTATION

Nechiporenko V. N. The development of process sing equipment for manufacturing of spray-steel-fibrous concrete.

Dissertation on degree of the candidate of technical sciences along speciality 05.05.02 - machines and the aggregates for production of constructional materials, the Kharkov state technical university of construction and architecture, Kharkov, 1997.

Is offered novel technological line and the manufacturing process of manufacture spray-steel-fibrous concrete at two-part depositing of concrete mix and fiber elements with the employment of equipment mechanical spraying, where at

physico-mathematical model, permitting to determine the geometrical parameters of fiber elements, to bring out the optimal conditions of bedding the two-part depositing of fiber elements and concrete mix and to determine supplied power on the process of the manufacture of fiber elements. Are found the comprehensive dependence of resistance powers spray-steel-fibrous concrete on stretch, at bending, and at pressing from basic performance parameters in process for the accepted scheme of the manufacture.

Is offered methods and algorithm of calculating values of technological line. Outcome of technological and developmental explorations are used at development of technical documentation: on the technological line of the manufacture of flat wares from spray-steel-fibrous concrete, as well as on aggregate for concrete installation setting up on tractor chassis CIII-25.

Keyword: spray-steel-fibrous concrete, two-part bedding, fiber elements, automatic carver, two bowl gob stower.



Подписано в печать 2.06.97. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура литературная. Печать офсетная.
Печ.л. 1,3. Усл.печ.л. 1,22. Тираж 100. Заказ. 2201.

Типография ХГАПП. Украина, 310023, г. Харьков, ул. Сумская, 134

040.86 aA

432900

AB 38.046