

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

Конструкції будинків і споруд

**НАСТАНОВА З ПРОЕКТУВАННЯ
ТА ВИГОТОВЛЕННЯ
СТАЛЕФІБРОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ**

ДСТУ-Н Б В.2.6-78:2009

Київ
Мінрегіонбуд України
2009

ПЕРЕДМОВА

1 РОЗРОБЛЕНО:

ТОВ "НВП "БудКонструкція"

РОЗРОБНИКИ: **В. Болабко; Ю. Климов**, д-р техн. наук (науковий керівник); **Р. Піскун**

ВАТ "Сілур"

РОЗРОБНИКИ: **С Гремичев**

ВАТ "Стальканат"

РОЗРОБНИКИ: **А. Пригода**, канд. техн. наук

2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ:

наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 23.06.2009 р. № 249

3 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

**Право власності на цей документ належить державі.
Цей документ не може бути повністю чи частково відтворений,
тиражований і розповсюджений як офіційне видання без дозволу
Міністерства регіонального розвитку та будівництва України**

© Мінрегіонбуд України, 2009

Офіційний видавець нормативних документів
у галузі будівництва і промисловості будівельних матеріалів
Мінрегіонбуду України
Державне підприємство "Укрархбудінформ"

ЗМІСТ

	С.
1 Сфера застосування	1
2 Нормативні посилання	1
3 Терміни та визначення понять	2
4 Загальні вказівки	2
4.1 Основні положення	2
4.2 Основні розрахункові вимоги	3
5 Матеріали для сталевібробетонних конструкцій	5
5.1 Бетон	5
5.2 Арматура	7
6 Розрахунок елементів сталевібробетонних конструкцій за граничними станами першої групи	8
6.1 Загальні положення	8
6.2 Розрахунок сталевібробетонних елементів за міцністю при дії згинальних моментів і поздовжніх сил	8
6.3 Розрахунок сталевібробетонних елементів за міцністю при дії поперечних сил	20
6.4 Розрахунок сталевібробетонних елементів на місцевий стиск	23
6.5 Розрахунок на продавлювання	25
6.6 Розрахунок на відрив	25
7 Розрахунок елементів сталевібробетонних конструкцій за граничними станами другої групи	25
7.1 Загальні положення	25
7.2 Розрахунок елементів сталевібробетонних конструкцій за розкриттям тріщин	26
7.3 Розрахунок за розкриттям тріщин нормальних до поздовжньої осі елемента	26
7.4 Розрахунок за розкриттям тріщин похилих до поздовжньої осі елемента	28
7.5 Розрахунок сталевібробетонних конструкцій за деформаціями	28
7.6 Визначення прогинів сталевібробетонних елементів	30
8 Конструктивні вимоги	31
9 Технологія виготовлення сталевібробетону	33
9.1 Вимоги до проектування сталевібробетонної суміші	33
9.2 Вимоги до матеріалів	33
9.3 Технологія приготування сталевібробетонної суміші	34
10 Контроль якості сталевібробетону	37
11 Транспортування сталевібробетонної суміші	38
ДОДАТОК А	
Вимоги до сталевібробетонної фібри для сталевібробетонних конструкцій	39
ДОДАТОК Б	
Бібліографія	42

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАДАРТ УКРАЇНИ

Конструкції будинків і споруд НАСТАНОВА З ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ СТАЛЕФІБРОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Конструкции зданий и сооружений
РУКОВОДСТВО ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
И ИЗГОТОВЛЕНИЮ СТАЛЕФИБРОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Structures of building and erections
INSTRUCTION OF APPLICATION
AND PRODUCTION OF FIBRE REINFORCED CONCRERE CONSTRUCTION

Чинний від **2010-01-01**

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт розповсюджується на проектування сталефібробетонних конструкцій будівель і споруд різного призначення, які передбачені СНиП 2.03.01, виконуються з важкого або дрібнозернистого бетону, армованого сталевую фіброю за чинними нормативними документами¹, в тому числі й у сполученні зі сталевую стержневою арматурою згідно з ДСТУ 3760 і ГОСТ 5781.

Стандарт встановлює вимоги до проектування та виготовлення сталефібробетонних конструкцій без попереднього напруження арматури, які експлуатуються при статичному навантаженні у середовищі з неагресивним ступенем впливу і в кліматичних умовах України.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цьому стандарті є посилання на такі нормативні документи:

ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування

ДСТУ 3760:2006 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови (ISO 6935-2:1991, NEQ)

ДСТУ Б В.2.6-2-95 Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-32-95 Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-43-96 Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-46-96 Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-47-96 (ГОСТ 10060.0-95) Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення морозостійкості. Загальні вимоги

ДСТУ Б В.2.7-75-98 Будівельні матеріали. Щебінь та гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-96-2000 (ГОСТ 7473-94) Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-114-2002 (ГОСТ 10181-2000) Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Методи випробувань

¹ Сталева фібра, що виготовляється за [1].

СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика (Будівельна кліматологія і геофізика)

СНиП 2.03.01-84* Бетонные и железобетонные конструкции (Бетонні і залізобетонні конструкції)

СНиП 2.03.03-85 Армоцементные конструкции (Армоцементні конструкції)

СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции (Несучі та огорожувальні конструкції)

ГОСТ 5781-82 Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций.

Технические условия (Сталь гарячекатана для армування залізобетонних конструкцій. Технічні умови)

ГОСТ 10180-90 (СТ СЭВ 3978-83) Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам (Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками)

ГОСТ 12730.3-78 Бетоны. Методы определения водопоглощения (Бетони. Методи визначення водопоглинання)

ГОСТ 12730.5-84 Бетоны. Методы определения водонепроницаемости (Бетони. Методи визначення водонепроникності)

ГОСТ 13087-81 Бетоны. Методы определения истираемости (Бетони методи визначення стираності)

ГОСТ 18105-86 Бетоны. Правила контроля прочности (Бетони. Правила контролю міцності)

ГОСТ 22690-88 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля (Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю)

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Нижче подано терміни, вжиті в цьому стандарті, та визначення позначених ними понять.

3.1 сталевіфібробетон

Бетон, армований рівномірно розподіленими в його об'ємі сталевими фібрами

3.2 фібра

Короткі сталеві волокна, що виготовлені зі сталевого дроту заданої форми та розмірів

3.3 сталевіфібробетонні конструкції з фібровим армуванням, фібробетонні конструкції

Конструкції з бетону, армовані тільки фіброю

3.4 сталевіфібробетонні конструкції з комбінованим армуванням

Конструкції з бетону, армовані фіброю і сталевую стержньовою арматурою

3.5 відсоток фібрового армування за об'ємом

Об'єм фібр в одиниці об'єму сталевіфібробетону у відсотках

3.6 відсоток фібрового армування за масою

Відношення маси фібр, які містяться в одиниці об'єму сталевіфібробетону, до маси цієї одиниці об'єму у відсотках

3.7 коефіцієнт фібрового армування за об'ємом

Відносний вміст об'єму фібр в одиниці об'єму сталевіфібробетону

4 ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

4.1 Основні положення

4.1.1 Сталевіфібробетонні конструкції повинні бути забезпечені з надійністю, що вимагається, від виникнення усіх видів граничних станів розрахунком, вибором показників якості матеріалів, призначенням розмірів і конструюванням згідно з вимогами цього стандарту. При цьому повинні бути враховані технологічні вимоги відносно виготовлення конструкцій, експлуатації будівель і споруд, а також вимоги екології, що встановлюються відповідними нормативними документами.

4.1.2 Вибір конструктивних рішень сталефібробетонних конструкцій слід здійснювати, виходячи з техніко-економічної доцільності їх застосування з урахуванням максимального зниження матеріалоемності, трудомісткості, енергоємності і вартості будівництва.

4.1.3 При виборі конструктивних рішень сталефібробетонних конструкцій слід враховувати методи їх виготовлення, монтажу і умови експлуатації. Форму і розміри перерізів елементів слід приймати, виходячи з найбільш повного врахування властивостей сталефібробетону, можливості заводського механізованого і автоматизованого виготовлення, зручності транспортування і монтажу елементів конструкцій.

4.1.4 Сталефібробетонні конструкції виготовляються з попереднім приготуванням бетонної суміші у заводських умовах або в бетонозмішувачах на будівельному майданчику, ущільненням за допомогою вібрування, вакуумування, роликовим формуванням і пресуванням, торкретуванням і центрифугуванням.

4.1.5 В залежності від виду армування сталефібробетонні конструкції поділяються на фібробетонні, в яких армування здійснюється тільки сталевими фібрами, і комбіновано армовані, в яких армування здійснюється сталевими фібрами і стержньовою арматурою.

4.1.6 При проектуванні сталефібробетонних конструкцій слід керуватися положеннями цього стандарту, а також СНиП 2.03.01, СНиП 2.03.03 і [2].

4.1.7 Сталефібробетонні конструкції з фібровим армуванням (без стержньової арматури) рекомендується застосовувати в елементах конструкцій, що переважно працюють на ударні навантаження, зминання, стирання і стиск при розташуванні поздовжньої сили у межах поперечного перерізу елемента.

При відповідному розрахунковому і техніко-економічному обґрунтуванні сталефібробетон із фібровим армуванням може застосовуватися у невідповідальних конструкціях і їх елементах, які (при їх руйнуванні) не представляють безпосередньої загрози життю людей і цілісності обладнання, а також працюють на згин і стиск із розташуванням поздовжньої сили за межами поперечного перерізу елемента.

4.1.8 Розрахунок сталефібробетонних конструкцій за граничними станами виконують за аналогією з залізобетонними конструкціями згідно зі СНиП 2.03.01 і армоцементними конструкціями згідно зі СНиП 2.03.03 у відповідності з положеннями розділів 4-7 цього стандарту.

4.1.9 При розрахунках сталефібробетонних конструкцій середня густина важкого бетону може прийматися 2500 кг/м^3 , а дрібнозернистого бетону - 2400 кг/м^3 .

4.1.10 Вміст фібрової арматури в одиниці об'єму сталефібробетону визначається розрахунком і конструктивними вимогами, наведеними у цьому стандарті, у відповідності з вимогами до його фізико-механічних характеристик.

4.1.11 У робочих кресленнях сталефібробетонних конструкцій слід наводити вид фібри і її вміст у 1 м^3 сталефібробетонної суміші, а також, у разі необхідності, додаткові вказівки відносно технології виготовлення конструкції.

4.2 Основні розрахункові вимоги

4.2.1 Розрахунок сталефібробетонних конструкцій слід виконувати за граничними станами першої і другої груп згідно з 1.10-1.11 СНиП 2.03.01.

4.2.2 Розрахунок сталефібробетонних конструкцій слід, як правило, виконувати з урахуванням можливого утворення тріщин і непружних деформацій бетону і арматури.

Зусилля і деформації в конструкціях, будівлях і спорудах слід визначати методами будівельної механіки, як правило, з урахуванням фізичної та геометричної нелінійності.

4.2.3 Надійність сталефібробетонних конструкцій при проектуванні встановлюється розрахунком шляхом застосування розрахункових значень навантажень і впливів, розрахункових зна-

чень характеристик матеріалів, що визначаються за допомогою часткових коефіцієнтів надійності до відповідних нормативних значень з урахуванням ступеня відповідальності будівель і споруд.

Нормативні значення навантажень і впливів, коефіцієнтів сполучень, коефіцієнтів надійності за навантаженнями і коефіцієнтів відповідальності приймають згідно з ДБН В.1.2-2.

4.2.4 При розрахунку збірних сталефібробетонних конструкцій на зусилля, що виникають при транспортуванні і монтажі, навантаження від маси елемента слід вводити із коефіцієнтом динамічності, який дорівнює 1,60 при транспортуванні і 1,40 - при підйомі і монтажі.

4.2.5 Значення ексцентриситету поздовжньої сили при розрахунку елементів сталефібробетонних конструкцій слід приймати згідно з 1.21 СНиП 2.03.01.

4.2.6 До тріщиностійкості сталефібробетонних конструкцій (або їх частин) пред'являють вимоги відповідних категорій у залежності від умов експлуатації і виду арматури, що застосовується, а саме:
перша категорія - не дозволяється утворення тріщин;
друга категорія - дозволяється обмежене за шириною нетривале і тривале розкриття тріщин.

4.2.7 Категорії вимог до тріщиностійкості сталефібробетонних конструкцій у залежності від умов експлуатації і виду арматури, а також величини гранично-допустимої ширини нетривалого (a_{crc1}) і тривалого (a_{crc2}) розкриття тріщин наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Умови експлуатації елементів конструкцій	Категорії вимог до тріщиностійкості сталефібробетонних конструкцій і гранично-допустима ширина a_{crc1} і a_{crc2} , мм, розкриття тріщин при армуванні	
	фібровому	комбінованому зі стержневою арматурою класів А-III (A400), A400C, A500C
1. Елементи з повністю розтягнутим або частково стиснутим перерізом, що сприймають тиск рідини або газів, а також ті, що експлуатуються у ґрунті нижче рівня ґрунтових вод або при слабоагресивному ступені впливу середовища на бетон	Перша	Друга $a_{crc1} = 0,05$ $a_{crc2} = 0,03$
2. Елементи, що експлуатуються в опалюваних будівлях з відносною вологістю внутрішнього повітря приміщень вище 75 %, а також на відкритому повітрі і у неопалюваних будівлях в умовах зволоження атмосферними опадами, а також ті, що експлуатуються в ґрунті вище рівня ґрунтових вод	Друга $a_{crc1} = 0,05$ $a_{crc2} = 0,03$	Друга $a_{crc1} = 0,1$ $a_{crc2} = 0,05$
3. Елементи, що експлуатуються в опалюваних будівлях з відносною вологістю внутрішнього повітря приміщень від 60 % до 75 % на відкритому повітрі і у неопалюваних будівлях за наявності захисту конструкцій від систематичної дії атмосферних опадів або випадання конденсату	Друга $a_{crc1} = 0,07$ $a_{crc2} = 0,05$	Друга $a_{crc1} = 0,15$ $a_{crc2} = 0,1$
4. Елементи, що експлуатуються в опалюваних будівлях з відносною вологістю внутрішнього повітря приміщень до 60 % за відсутності можливості систематичного зволоження конструкцій конденсатом або атмосферними опадами	Друга $a_{crc1} = 0,15$ $a_{crc2} = 0,1$	Друга $a_{crc1} = 0,2$ $a_{crc2} = 0,15$

5 МАТЕРІАЛИ ДЛЯ СТАЛЕФІБРОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

5.1 Бетон

5.1.1 Для сталефібробетонних конструкцій слід застосовувати важкий або дрібнозернистий бетон із середньою густиною не менше 2200 кг/м^3 відповідно до ДСТУ Б.В.2.7-43.

5.1.2 Основними показниками якості бетону, що встановлюються при проектуванні, є:

- клас бетону за міцністю на стиск B ;
- клас бетону за міцністю на осьовий розтяг B_t ;
- марка за морозостійкістю F ;
- марка за водонепроникністю W .

Класи бетону за міцністю на стиск та осьовий розтяг відповідають значенню гарантованої міцності бетону у МПа з забезпеченістю 0,95.

5.1.3 Для сталефібробетонних конструкцій слід застосовувати бетони таких класів і марок:

- класи міцності на стиск:
B20; B25; B30; B35; B40; B45; B50; B55; B60;
- класи міцності на осьовий розтяг:
 $B_{t0,8}$; $B_{t1,2}$; $B_{t1,6}$; $B_{t2,0}$; $B_{t2,4}$; $B_{t2,8}$; $B_{t3,2}$;
- марки за морозостійкістю:
F50; F75; F100; F150; F200; F300; F400; F500;
- марки за водонепроникністю:
W2; W4; W6; W8; W10; W12.

Допускається використання бетону проміжних класів за міцністю.

5.1.4 Вік бетону, що відповідає його класу за міцністю на стиск та осьовий розтяг, призначається при проектуванні, виходячи з можливих реальних термінів фактичного завантаження конструкцій проектними навантаженнями, способу зведення і умов твердіння бетону.

За відсутності цих даних клас встановлюється у віці 28 діб.

Значення відпускнуої міцності сталефібробетону в елементах збірних конструкцій призначається згідно з ДСТУ Б В.2.6-2 і нормативними документами на конструкції конкретних видів.

5.1.5 Марку бетону за морозостійкістю та водонепроникністю для сталефібробетонних конструкцій слід приймати у відповідності з режимом їх експлуатації та розрахунковими зимовими температурами у районі будівництва відповідно до 2.9 і таблиць 9, 10 СНиП 2.03.01.

5.1.6 Для замонолічування стиків елементів збірних сталефібробетонних конструкцій слід приймати бетон класу і марок залежно від умов роботи елементів, що об'єднуються, але не менше ніж клас і марки бетону елементів, що об'єднуються.

5.1.7 Нормативними значеннями опору бетону є опір при осьовому стиску (призмova міцність) R_{bn} і опір при осьовому розтягу R_{btn} .

Нормативні значення опору бетону у залежності від класу бетону на стиск наведені у таблиці 5.1.

Нормативні значення опору бетону на осьовий розтяг R_{btn} у випадках, коли міцність бетону на осьовий розтяг не контролюється, приймаються у залежності від класу бетону за міцністю на стиск за таблицею 5.1.

Нормативні значення опору бетону на осьовий розтяг R_{btn} у випадках, коли міцність бетону на осьовий розтяг контролюється на виробництві, приймаються такими, що дорівнюють гарантованій міцності (класу) на осьовий розтяг.

5.1.8 Розрахункові значення опору бетону для граничних станів першої R_b , R_{bt} та другої $R_{b,ser}$, $R_{bt,ser}$ груп визначаються діленням нормативних значень опору на відповідні коефіцієнти надійності бетону при стиску γ_{bc} або при розтягу γ_{bt} .

Значення коефіцієнта надійності по бетону при стиску γ_{bc} приймають:

- 1,3 – для граничних станів першої групи;
- 1,0 – для граничних станів другої групи.

Значення коефіцієнта надійності по бетону при розтягу γ_{bt} приймають:

1,5 – для граничних станів першої групи при призначенні класу бетону за міцністю на стиск;

1,3 – для граничних станів першої групи при призначенні класу бетону за міцністю на осьовий розтяг;

1,0 – для граничних станів другої групи.

Розрахункові значення опору бетону R_b , R_{bt} , $R_{b,ser}$, $R_{bt,ser}$ у залежності від класу бетону за міцністю на стиск і осьовий розтяг для граничних станів першої групи наведені у таблиці 5.2 і таблиці 5.3, а другої групи – у таблиці 5.1.

5.1.9 Розрахункові значення опору бетону R_b , R_{bt} для граничних станів першої групи слід множити на коефіцієнт умов роботи бетону γ_{bi} згідно зі СНиП 2.03.01. Для бетону сталевібро-бетонних конструкцій слід враховувати коефіцієнти умов роботи γ_{b2} , γ_{b3} , γ_{b6} відповідно до 2.13 і таблиць 15, 17 СНиП 2.03.01.

5.1.10 Значення початкового модуля пружності важкого та дрібнозернистого бетону E_b при стиску та розтягу приймають у залежності від класу бетону за міцністю на стиск згідно з таблицею 5.4.

Для бетонів, які знаходяться в умовах поперемінного заморожування та розморожування, значення E_b згідно з таблицею 5.4 слід множити на коефіцієнт умов роботи γ_{b6} згідно з таблицею 17 СНиП 2.03.01.

5.1.11 Значення коефіцієнта лінійної температурної деформації бетону при зміні температури від мінус 40 °С до плюс 50 °С приймають $\alpha_{bt} = 1 \cdot 10^{-5}$ °С.

5.1.12 Значення коефіцієнта поперечної деформації бетону приймають $\nu_b = 0,2$.

5.1.13 Модуль зсуву бетону G приймають 0,4 від відповідного значення E_b згідно з таблицею 5.4.

5.1.14 Замість початкового модуля пружності бетону E_b в розрахунках сталевібробетонних конструкцій може застосовуватися початковий модуль пружності сталевібробетону E_{fb} , який визначається за формулою:

$$E_{fb} = E_b(1 - \mu_{fv}) + E_f \mu_{fv}, \quad (5.1)$$

де μ_{fv} – коефіцієнт фібрового армування за об'ємом;

E_f – модуль пружності фібри, який слід приймати згідно з 5.2.6.

5.1.15 Значення коефіцієнта лінійної температурної деформації сталевібробетону α_{fbt} визначається за формулою:

$$\alpha_{fbt} = \alpha_{bt}(1 - \mu_{fv}) + \alpha_{ft} \mu_{fv}, \quad (5.2)$$

де α_{ft} – коефіцієнт лінійної температурної деформації сталі, що приймають 0,000012 за температури в межах від мінус 40 °С до плюс 50 °С.

Таблиця 5.1

Вид опору	Бетон	Нормативні значення опору бетону $R_{b,n}$ та $R_{bt,n}$ і розрахункові значення опору бетону для граничних станів другої групи $R_{b,ser}$ і $R_{bt,ser}$, МПа, при класі бетону за міцністю на стиск								
		B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
Осьовий стиск (призмове міцність) $R_{b,n}$, $R_{b,ser}$	Важкий	15,0	18,5	22,0	25,5	25,5	32,0	36,0	39,5	43,0
	Дрібнозернистий групи А	15,0	18,5	22,0	25,5	25,5	–	–	–	–
Осьовий розтяг $R_{bt,n}$, $R_{bt,ser}$	Важкий	1,40	1,60	1,80	1,95	2,10	2,20	2,30	2,40	2,50
	Дрібнозернистий групи А	1,40	1,60	1,80	1,95	2,10	–	–	–	–
Примітка. Група дрібнозернистого бетону А наведена у 2.3 СНиП 2.03.01.										

Таблиця 5.2

Вид опору	Бетон	Розрахункові значення опору бетону для граничних станів першої групи R_b і R_{bt} , МПа, при класі бетону за міцністю на стиск								
		B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
Осьовий стиск (призмове міцність) R_b	Важкий	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	25,0	27,5	30,0	33,0
	Дрібнозернистий групи А	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	—	—	—	—
Осьовий розтяг R_{bt}	Важкий	0,90	1,05	1,20	1,30	1,40	1,45	1,55	1,60	1,65
	Дрібнозернистий групи А	0,90	1,05	1,20	1,30	1,40	—	—	—	—
Примітка. Група дрібнозернистого бетону А наведена у 2.3 СНиП 2.03.01.										

Таблиця 5.3

Вид опору	Бетон	Розрахункові значення опору бетону для граничних станів першої групи R_{bt} , МПа, при класі бетону за міцністю на осьовий розтяг						
		$B_{t0,8}$	$B_{t1,2}$	$B_{t1,6}$	$B_{t2,0}$	$B_{t2,4}$	$B_{t2,8}$	$B_{t3,2}$
Осьовий розтяг R_{bt}	Важкий і дрібнозернистий групи А	0,62	0,93	1,25	1,55	1,85	2,15	2,45
Примітка. Група дрібнозернистого бетону А наведена у 2.3 СНиП 2.03.01.								

Таблиця 5.4

Бетон	Значення початкового модуля пружності бетону при стиску та розтягу E_b , МПа 10^{-3} , при класі бетону за міцністю на стиск								
	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
Важкий	27,5	30,0	32,5	34,5	36,0	37,0	38,0	39,0	39,5
Дрібнозернистий групи А	22,0	24,0	26,0	27,5	28,5	—	—	—	—
Примітка. Група дрібнозернистого бетону А наведена у 2.3 СНиП 2.03.01.									

5.2 Арматура

5.2.1 Для фібрового армування сталеві фібробетонних і комбіновано армованих сталеві фібробетонних конструкцій слід застосовувати сталеву фібру, яка відповідає вимогам, наведеним у додатку А.

5.2.2 Відсоток фібрового армування за об'ємом (вміст фібри в 1 м^3 фібробетонної суміші) повинен вказуватися у проектній документації на відповідний виріб або конструкцію.

5.2.3 У комбіновано армованих сталеві фібробетонних конструкціях стержньову арматуру слід приймати згідно з ДСТУ 3760 і ГОСТ 5781.

У комбіновано армованих сталеві фібробетонних конструкціях слід застосовувати стержньову арматуру класів А400С, А500С згідно з ДСТУ 3760 і класу А-III (А400) згідно з ГОСТ 5781.

5.2.4 За нормативний опір розтягу фібри R_m приймається найменше контрольоване значення тимчасового опору розриву, що визначається як відношення розривного зусилля до номінальної площі поперечного перерізу фібри.

Контрольоване значення тимчасового опору фібри наведено у додатку А і гарантується з вірогідністю 0,95.

Значення нормативного опору розтягу в залежності від виду фібри за додатком А наведені у таблиці 5.5.

5.2.5 Розрахунковий опір фібри розтягу для граничних станів першої групи R_f визначається діленням нормативного опору на коефіцієнт надійності фібри γ_f , наведений у таблиці 5.5.

5.2.6 Модуль пружності всіх видів фібри E_f приймається 190000 МПа.

5.2.7 Нормативні і розрахункові значення опору на стиск і на розтяг, коефіцієнти умов роботи, модуль пружності стержньової арматури класу А-III (А400) згідно з ГОСТ 5781 слід приймати відповідно до СНиП 2.03.01, а класів А400С і А500С згідно з ДСТУ 3760 – за [2].

Таблиця 5.5

Вид фібри	Нормативний опір розтягу R_{fn} і розрахунковий опір розтягу для граничних станів другої групи $R_{f,ser}$, МПа	Коефіцієнт надійності фібри γ_f при розрахунку за граничними станами		Розрахунковий опір розтягу фібри для граничних станів першої групи R_f , МПа
		першої групи	другої групи	
Пряма (П)	1000	1,10	1,00	910
З площеними кінцями (ПЛ)	1000	1,10	1,00	910
З загнутими кінцями (З)	1000	1,10	1,00	910
Хвилеподібна (Х)	800	1,10	1,00	725

6 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛЕФІБРОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ГРАНИЧНИМИ СТАНАМИ ПЕРШОЇ ГРУПИ

6.1 Загальні положення

6.1.1 Розрахунок елементів сталевібробетонних конструкцій слід виконувати на дію згинальних моментів, поздовжніх і поперечних сил, крутних моментів, а також на дію місцевого навантаження (місцевий стиск, продавлювання).

6.1.2 При розрахунку елементи сталевібробетонних конструкцій розглядаються як залізобетонні з фібровою арматурою, яка рівномірно розподілена по всьому об'єму.

6.1.3 Розрахунок елементів сталевібробетонних конструкцій виконується за міцністю з урахуванням виду армування (фібрового або комбінованого) на основі наведених нижче положень.

6.2 Розрахунок сталевібробетонних елементів за міцністю при дії згинальних моментів і поздовжніх сил

6.2.1 Розрахунок за міцністю сталевібробетонних елементів при дії згинальних моментів і поздовжніх сил (позацентричний стиск або розтяг) проводиться для перерізів, нормальних до їх поздовжньої осі.

Розрахунок сталевібробетонних елементів із комбінованим армуванням за міцністю на дію крутних моментів слід проводити як для залізобетонних елементів згідно з 3.37 – 3.38 СНиП 2.03.01.

6.2.2 При розрахунку позацентрично стиснутих сталевібробетонних елементів слід враховувати вплив прогину на їх несучу здатність, як правило, шляхом розрахунку конструкцій за деформованою схемою.

Допускається проводити розрахунок конструкцій за недеформованою схемою, враховуючи при гнучкості $l_0 / i > 14$ (l_0 – розрахункова довжина елемента, i – радіус інерції поперечного перерізу) вплив прогину елемента на його міцність шляхом множення початкового ексцентриситету e_0 на коефіцієнт η , що визначається згідно з 6.2.15.1.

6.2.3 Для слабоармованих сталевібробетонних елементів із комбінованим армуванням, в яких граничне зусилля за міцністю виявляється менше граничного зусилля за утворенням тріщин,

площа перерізу поздовжньої арматури повинна бути збільшена в порівнянні з тією, що вимагається з розрахунку за міцністю не менше ніж на 15 % або відповідати граничному зусиллю за утворенням тріщин.

6.2.4 Граничні зусилля в перерізі, нормальному до поздовжньої осі елемента, слід визначати виходячи з таких передумов:

- опір сталевібробетону розтягу представляється напруженнями, що дорівнюють R_{fbt} і рівномірно розподілені по розтягнутій зоні сталевібробетону;
- опір сталевібробетону на стиск представляється напруженнями, що дорівнюють R_{fb} і рівномірно розподілені по стиснутій зоні сталевібробетону;
- деформації (напруження) в арматурі визначають в залежності від висоти стиснутої зони сталевібробетону;
- розтягувальні напруження в стержньовій арматурі приймають не більше розрахункового опору розтягу R_s ;
- стискальні напруження в стержньовій арматурі приймають не більше розрахункового опору на стиск R_{sc} .

6.2.5 Розрахункові опори сталевібробетону на стиск R_{fb} і розтяг R_{fbt} визначаються у залежності від класу бетону за міцністю на стиск, форми і розмірів перерізу елемента відповідно до 6.2.6 – 6.2.11.

6.2.6 При визначенні R_{fbt} розрізняються два випадки:

1-й випадок: опір розтягу сталевібробетону вичерпується через обрив деякої кількості фібр і висмикування інших, що визначається за умови:

$$l_{f,an} < \frac{l_f}{2}; \quad (6.1)$$

2-й випадок: опір розтягу сталевібробетону вичерпується через висмикування з бетону умовно всіх фібр, що визначається за умови:

$$l_{f,an} \geq \frac{l_f}{2}, \quad (6.2)$$

де l_f – довжина фібри;

$l_{f,an}$ – довжина анкерування фібри в бетоні, що забезпечує її розрив при висмикуванні, визначається за формулою:

$$l_{f,an} = \frac{\eta_f d_{f,red} R_{f,ser}}{R_{b,ser}}, \quad (6.3)$$

де $d_{f,red}$ – приведений діаметр фібри, мм, що використовується;

$$d_{f,red} = 1,13 \sqrt{S_f}; \quad (6.4)$$

S_f – площа номінального поперечного перерізу фібри, яка визначається за номінальними розмірами фібри;

$R_{f,ser}$ – нормативний опір фібр, МПа;

η_f – коефіцієнт, що враховує анкерування фібр і приймається таким, що дорівнює:

пряма (П)	– 1,0
з плющеними кінцями (ПЛ)	– 0,70
з загнутими кінцями (З)	– 0,9
хвилеподібна (Х)	– 0,85.

6.2.7 Якщо має місце 1-й випадок вичерпання опору розтягу сталевібробетону, то величина R_{fbt} визначається за формулою:

$$R_{fbt} = 1,1 \left[K_T k_{or}^2 \mu_{fv} R_f \left(1 - \frac{l_{fan}}{l_f} \right) + 0,1 R_b \left(0,8 - \sqrt{2\mu_{fv} - 0,005} \right) \right], \quad (6.5)$$

де k_{or} – коефіцієнт, що враховує орієнтацію фібр в об'ємі елемента у залежності від співвідношення розмірів перерізу елемента і довжини фібри, і приймається згідно з таблицею 6.1;

μ_{fv} – коефіцієнт фібрового армування за об'ємом;

K_T – коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$K_T = \sqrt{1 - (1,2 - 80\mu_{fv})^2}. \quad (6.6)$$

6.2.8 Якщо має місце 2-й випадок вичерпання опору розтягу сталевібробетону, величина R_{fbt} визначається за формулою:

$$R_{fbt} = 1,1R_b \left(K_T \frac{k_{or}^2 \mu_{fv} \ell_f}{8\eta_f d_{f,red}} + 0,08 - 0,5\mu_{fv} \right), \quad (6.7)$$

6.2.9 Розрахунковий опір сталевібробетону на стиск R_{fb} визначається у залежності від класу бетону за міцністю на стиск, виду і розмірів фібри, геометрії і розмірів поперечного перерізу елемента. При цьому враховується тільки робота фібр, орієнтованих нормально до напрямку зовнішнього стискального зусилля за умови (6.1) 6.2.6.

Величина R_{fb} визначається за формулою:

$$R_{fb} = R_b + (k_n^2 \varphi_f \mu_{fv} R_f), \quad (6.8)$$

де k_n – коефіцієнт, що враховує роботу фібр у перерізі, перпендикулярному до напрямку зовнішнього стискального зусилля і приймається за таблицею 6.2;

φ_f – коефіцієнт ефективності непрямого армування фібрами, який визначається за формулою:

$$\varphi_f = \frac{5 + L}{1 + 4,5L}, \quad (6.9)$$

де

$$L = \frac{k^2 \mu_{fv} R_f}{R_b}. \quad (6.10)$$

6.2.10 При визначенні величин R_{fb} і R_{fbt} коефіцієнти k_{or} і k_n приймаються відповідно за таблицями 6.1 і 6.2 різними для окремих частин перерізу елемента (верхньої полиці, нижньої полиці, стінки, ребра, тощо) у залежності від співвідношення їх розмірів і довжини фібри.

6.2.11 При розрахунку елементів сталевібробетонних конструкцій за міцністю фіброву арматуру слід приймати рівномірно розподіленою по перерізу елемента з коефіцієнтом приведенного армування за площею, який визначається за формулами:

– для розтягнутої зони

$$\mu_{fa} = \mu_{fv} \times k_{or}^2; \quad (6.11)$$

– для стиснутої зони

$$\mu'_{fa} = \mu_{fv} \times k_n^2; \quad (6.12)$$

де μ_{fa} і μ'_{fa} – коефіцієнти фібрового армування за площею;

μ_{fv} – коефіцієнт фібрового армування за об'ємом;

k_{or} і k_n – коефіцієнти, що приймаються відповідно за таблицями 6.1 і 6.2.

6.2.12 При розрахунку елементів сталевібробетонних конструкцій за міцністю величини розрахункових опорів приймаються для відповідних частин поперечного перерізу елемента для полиці $R_{fbt,f}$, $R_{fb,f}$, для ребра або стінки $R_{fbt,w}$, $R_{fb,w}$ визначаються згідно з 6.2.7 – 6.2.10 з використанням у формулах (6.5) – (6.8) коефіцієнтів орієнтації відповідно для окремих частин перерізу елемента: k_{nf} – для стиснутої полиці; k_{orf} – для розтягнутої полиці; k_{orw} – для розтягнутої зони перерізу ребра або стінки; k_{nw} – для стиснутої зони перерізу ребра або стінки.

Таблиця 6.1

Значення k_{or} у залежності від розмірів перерізу розтягнутого елемента при								
h / l_f	b / l_f							
	0,5	1	2	3	5	10	20	Більше 20
0,2	0,980	0,930	0,780	0,732	0,695	0,665	0,651	0,637
0,4	0,970	0,920	0,770	0,724	0,686	0,658	0,642	0,628
0,6	—	0,910	0,760	0,718	0,681	0,653	0,638	0,624
0,8	—	0,900	0,750	0,707	0,671	0,643	0,628	0,615
1,0	—	—	0,730	0,687	0,652	0,624	0,610	0,597
1,5	—	—	0,690	0,649	0,615	0,589	0,577	0,564
2	—	—	0,670	0,630	0,597	0,573	0,559	0,548
3	—	—	—	0,612	0,580	0,556	0,543	0,532
5	—	—	—	—	0,556	0,543	0,530	0,519
10	—	—	—	—	—	0,533	0,520	0,510
20	—	—	—	—	—	—	0,516	0,505
Більше 20	—	—	—	—	—	—	—	0,500

Примітка. b і h — відповідно менший і більший розміри перерізу елемента (або його частини), перпендикулярного до напрямку зовнішнього розтягувального зусилля.

Таблиця 6.2

Значення k_n у залежності від розмірів перерізу стиснутого елемента при								
h / l_f	b / l_f							
	0,5	1	2	3	5	10	20	Більше 20
0,2	0,126	0,263	0,449	0,511	0,560	0,597	0,616	0,636
0,4	0,122	0,259	0,444	0,506	0,555	0,591	0,610	0,629
0,6	0,122	0,257	0,441	0,502	0,551	0,589	0,606	0,624
0,8	0,122	0,253	0,429	0,494	0,542	0,578	0,596	0,614
1,0	0,118	0,247	0,422	0,480	0,527	0,563	0,580	0,597
1,5	0,110	0,232	0,399	0,454	0,498	0,531	0,548	0,565
2	0,110	0,226	0,387	0,440	0,484	0,517	0,532	0,549
3	0,105	0,219	0,375	0,428	0,470	0,510	0,517	0,532
5	0,100	0,214	0,367	0,418	0,458	0,490	0,504	0,520
10	0,100	0,210	0,360	0,410	0,449	0,481	0,495	0,510
20	0,100	0,207	0,356	0,406	0,446	0,475	0,490	0,505
Більше 20	0,100	0,205	0,353	0,401	0,442	0,470	0,485	0,500

Примітка. b і h — відповідно менший і більший розміри перерізу елемента (або його частини), перпендикулярного до напрямку зовнішнього стискального зусилля.

6.2.13 Розрахунок нормальних перерізів елементів сталевібробетонних конструкцій за міцністю слід проводити у залежності від співвідношення між значенням відносної висоти стиснутої зони $\xi = x / h$, яка визначається за відповідних умов рівноваги, і значенням граничної відносної висоти стиснутої зони ξ_R , за якої граничний стан елемента настає одночасно з досягненням у розтягнутій арматурі напруження, що дорівнює розрахунковому опору R_s . Значення граничної відносної висоти стиснутої зони приймається згідно зі СНиП 2.03.01.

6.2.14 Розрахунок за міцністю перерізів згинальних елементів проводять з умови

$$M \leq M_{ult}, \quad (6.13)$$

де M_{ult} – граничний згинальний момент, який може бути сприйнятий перерізом елемента.

6.2.14.1 Значення M_{ult} для сталевібробетонних згинальних елементів прямокутного перерізу при $\xi = x/h \leq \xi_R$ визначають за формулою:

– при фібровому армуванні (рисунок 6.1)

$$M_{ult} = R_{fb} b x 0,5h, \quad (6.14)$$

при цьому висоту стиснутої зони x визначають за формулою:

$$x = \frac{R_{fbt} h}{R_{fb} + R_{fbt}}; \quad (6.15)$$

– при комбінованому армуванні (рисунок 6.2):

$$M_{ult} = R_{fb} b x \left(h - \frac{x}{2} - a \right) + R_{sc} A'_s (h - a' - a) - R_{fbt} b (h - x) \left(\frac{h - x}{2} - a \right); \quad (6.16)$$

при цьому висоту стиснутої зони визначають з умови:

$$R_{sc} A'_s + R_{fb} b x = R_{fbt} b (h - x) + R_s A_s. \quad (6.17)$$

6.2.14.2 Значення M_{ult} для згинальних елементів, що мають полицю в стиснутій зоні при $\xi = x/h \leq \xi_R$ визначають у залежності від положення границі стиснутої зони.

Якщо границя стиснутої зони проходить у полиці (рисунок 6.3,а), що відповідає умові

$$R_s A_s + R_{fbt,f} b_f t_f + R_{fbt,w} b_w t_w \leq R_{fb,f} b'_f t'_f + R_{sc} A'_s, \quad (6.18)$$

значення M_{ult} визначають згідно з 6.2.14.1, як для прямокутного перерізу завширшки b'_f .

Якщо границя стиснутої зони проходить у ребрі (рисунок 6.3,б), тобто умова (6.18) не виконується, значення визначають за формулою:

$$\begin{aligned} M_{ult} = & R_{fbt,f} b_f t_f \left(\frac{t_f}{2} - a \right) + R_{fbt,w} b_w t_w \left(\frac{t_w}{2} + t_f - a \right) - R_{fb,w} b_w t'_w \left(h - \frac{t'_w}{2} - t'_f - a \right) - \\ & - R_{fb,f} b'_f t'_f \left(h - \frac{t'_f}{2} - a \right) - R_{sc} A'_s (h - a' - a), \end{aligned} \quad (6.19)$$

при цьому висоту стиснутої зони сталевібробетону x визначають з умови:

$$R_s A_s + R_{fbt,f} b_f t_f + R_{fbt,w} b_w t_w = R_{fb,w} b_w t'_w + R_{fb,f} b'_f t'_f + R_{sc} A'_s. \quad (6.20)$$

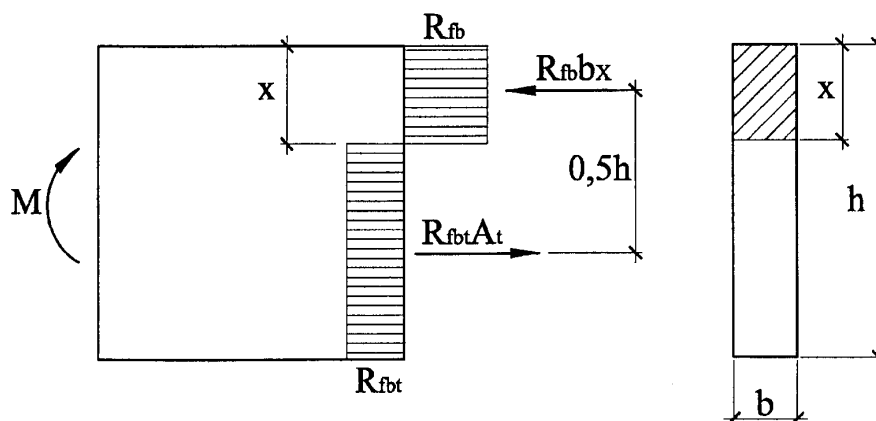


Рисунок 6.1 – Схема зусиль і еюра напружень у нормальному перерізі сталевібробетонного згинального елемента прямокутного перерізу при його розрахунку за міцністю (при фібровому армуванні)

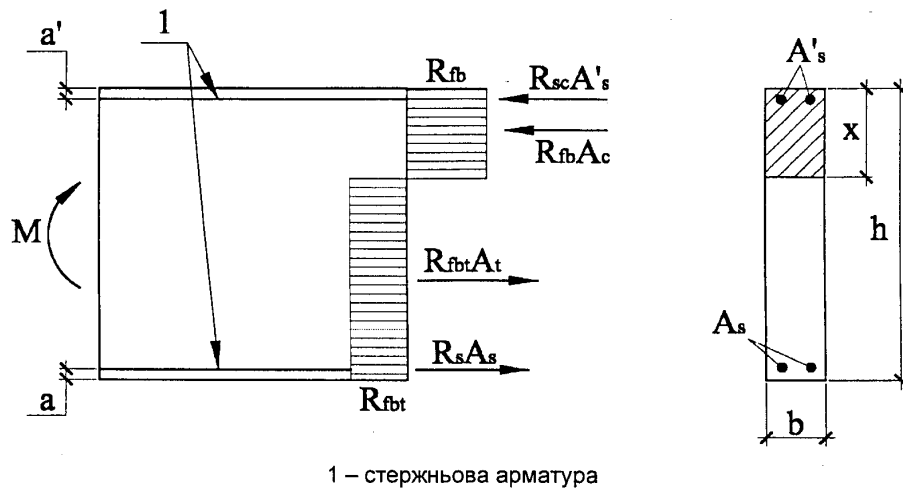


Рисунок 6.2 – Схема зусиль і еюра напружень у нормальному перерізі сталефібробетонного згинального елемента прямокутного перерізу при його розрахунку за міцністю (при комбінованому армуванні)

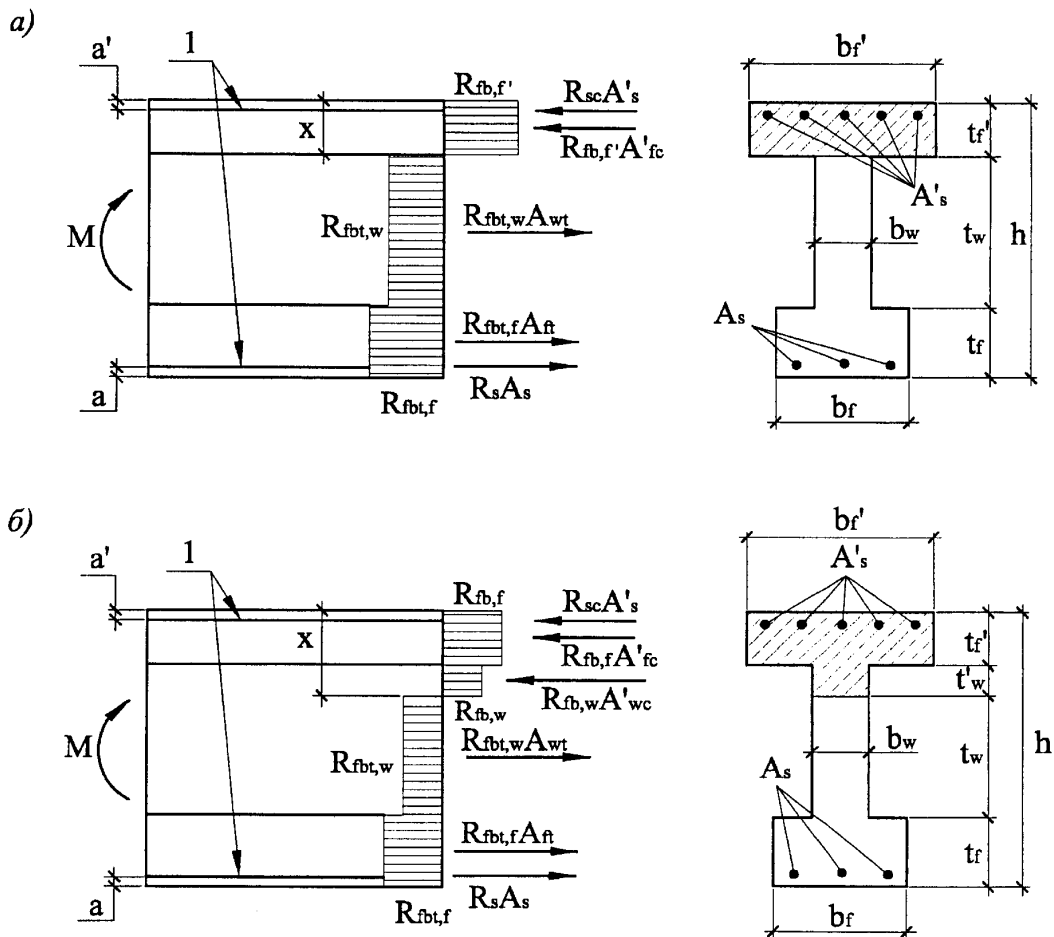


Рисунок 6.3 – Схема розподілу зусиль і еюра напружень у двотаврових перерізах, нормальних до поздовжньої осі при комбінованому армуванні

6.2.14.3 Значення b'_f , що вводиться в розрахунок, приймають з умови, що ширина звису полиці в кожну сторону від ребра повинна бути не більше $1/6$ прольоту елемента і не більше:

- $1/2$ відстані у світлі між поздовжніми ребрами – за наявності поперечних ребер або при $h'_f \geq 0,1h$;
- $6h'_f$ – за відсутності поперечних ребер (або при відстанях між ними більших ніж відстані між поздовжніми ребрами) і $h'_f < 0,1h$;
- при консольному звисі полиці:
 - $6h'_f$ – при $h'_f \geq 0,1h$;
 - $3h'_f$ – при $0,05h \leq h'_f < 0,1h$;
 - при $h'_f < 0,05h$ – звиси не враховують.

6.2.14.4 При розрахунку за міцністю сталевібробетонних згинальних елементів рекомендується дотримуватись умови $x \leq \xi_R h$. У разі, коли з конструктивних міркувань або з розрахунку за граничними станами другої групи площа розтягнутої арматури була прийнята більшою ніж це потрібно для дотримання умови $x \leq \xi_R h$, то для елементів з бетону класів В30 і нижче при комбінованому армуванні допускається граничний згинальний момент M_{ult} визначати за формулами (6.16) або (6.19), приймаючи висоту стиснутої зони $x \leq \xi_R h$.

6.2.15 Розрахунок за міцністю позacentровано стиснутих елементів прямокутного перерізу слід виконувати з умови:

$$Ne \leq R_{fb}bx \left(h - \frac{x}{2} - a \right) + R_{sc}A'_s(h - a' - a) - R_{fbt}b(h - x) \left(\frac{h - x}{2} - a \right), \quad (6.21)$$

де e – відстань від точки прикладання сили N до центра тяжіння перерізу розтягнутої або найменше стиснутої (при повністю стиснутому перерізі елемента) арматури, що дорівнює:

$$e = e_0 \eta + \frac{(h - a' - a)}{2}; \quad (6.22)$$

η – коефіцієнт, що враховує вплив поздовжнього згину (прогину) елемента на його несучу здатність, що визначається за 6.2.15.1.

Висоту стиснутої зони x визначають:

при $\xi = x/h \leq \xi_R$ (рисунок 6.4) з умови:

$$R_{sc}A'_s + R_{fb}bx = R_{fbt}b(h - x) + R_sA_s; \quad (6.23)$$

при $\xi = x/h > \xi_R$ за формулою:

$$x = \frac{N + R_sA_s \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R} - R_{sc}A'_s + R_{fbt}bh \frac{1 + \xi_R}{1 - \xi_R}}{R_{fb}b + \frac{2R_sA_s}{(h - a)(1 - \xi_R)} + \frac{2R_{fbt}bh\xi_R}{h(1 - \xi_R)}}, \quad (6.24)$$

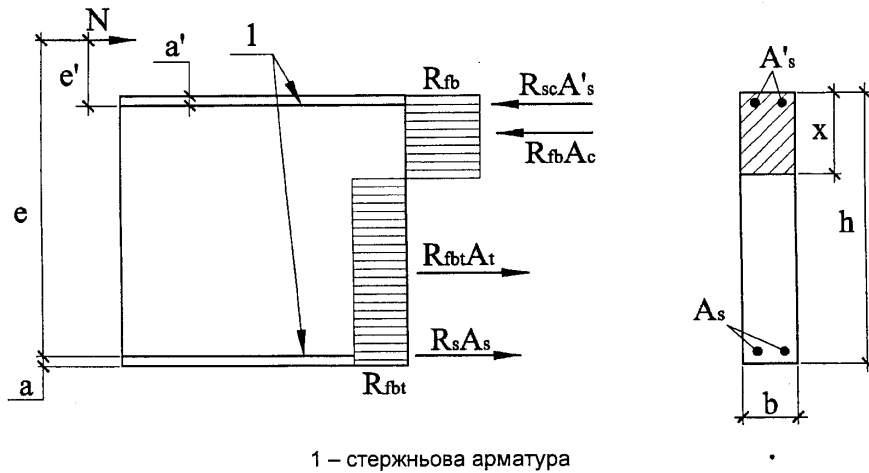


Рисунок 6.4 – Схема зусиль і епюра напружень у перерізі, нормальному до поздовжньої осі стиснутого сталевібробетонного елемента при його розрахунку за міцністю (при комбінованому армуванні)

6.2.15.1 Значення коефіцієнта η при розрахунку конструкцій за недеформованою схемою слід визначати за формулою:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N}{N_{cr}}}, \quad (6.25)$$

де N_{cr} – умовна критична сила, яка визначається за формулою:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 D}{l_0^2}, \quad (6.26)$$

де D – жорсткість сталевібробетонного елемента, що визначається за формулою:

$$D = k_b E_{fb} I_f + k_s E_s I_s, \quad (6.27)$$

E_{fb}, E_s – модулі пружності відповідно сталевібробетону й арматури;

I_f, I_s – моменти інерції площ перерізу відповідно сталевібробетону і всієї поздовжньої арматури відносно центра тяжіння поперечного перерізу елемента;

$$k_b = \frac{0,15}{\varphi_l (0,3 + \delta_e)}, \quad (6.28)$$

$$k_s = 0,7;$$

φ_l – коефіцієнт, що враховує вплив тривалості дії навантаження

$$\varphi_l = 1 + \frac{M_{l1}}{M_1}; \quad (6.29)$$

M_{l1}, M_1 – моменти відносно центра найбільш розтягнутого або найменше стиснутого (при цілком стиснутому перерізі) стержня арматури відповідно від дії повного навантаження і від дії постійних і тривалих навантажень;

δ_e – відносне значення ексцентриситету поздовжньої сили e_0 / h , де $e_0 = M / N$, що приймається не менше 0,15;

l_0 – розрахункова довжина елемента, що визначається згідно з 6.2.15.3.

6.2.15.2 Розрахунок за міцністю позacentрово стиснутих сталевібробетонних елементів прямокутного перерізу з арматурою, що розташована біля протилежних у площині згину сторін перерізу, при ексцентриситеті поздовжньої сили $e_0 \leq h / 30$ і $l_0 / h \leq 20$ гнучкості допускається проводити з умови:

$$N \leq N_{ult}, \quad (6.30)$$

де N_{ult} – граничне значення поздовжньої сили, яку може сприйняти елемент, що визначається за формулою:

$$N_{ult} = \varphi (R_{fb} A + R_{sc} A_{s,tot}), \quad (6.31)$$

де $A_{s,tot}$ – площа всієї поздовжньої арматури в перерізі елемента;

φ – коефіцієнт, що приймається при тривалій дії навантаження згідно з таблицею 6.3 у залежності від гнучкості елемента.

При короткочасній дії навантаження значення визначають за лінійним законом, приймаючи $\varphi = 0,9$ при $l_0 / h = 10$ і $\varphi = 0,85$ при $l_0 / h = 20$.

Таблиця 6.3

l_0 / h	6	10	15	20
φ	0,92	0,9	0,83	0,7

6.2.15.3 Розрахункову довжину l_0 позacentрово стиснутого елемента слід визначати, як для елементів рамної конструкції з урахуванням її деформованого стану при найбільш не вигідному для даного елемента розташуванні навантаження, беручи до уваги непружні деформації матеріалів та наявність тріщин.

Розрахункова довжина l_0 елементів постійного поперечного перерізу за довжиною l при дії поздовжньої сили може прийматися:

- для елементів з шарнірним обпиранням на двох кінцях 1,0l;
- для елементів з жорстким закладанням (що виключає поворот опорного перерізу) на одному кінці і незакріпленим іншим кінцем (консоль) 2,0l;
- для елементів із шарнірно нерухомим обпиранням на одному кінці, а на іншому кінці:
 - з жорстким (без повороту) закладанням 0,7l;
 - з піддатливим (що допускає обмежений поворот) закладанням 0,9l;
- для елементів із піддатливим шарнірним обпиранням (що допускає обмежений зсув опори) на одному кінці, а на іншому кінці:
 - з жорстким (без повороту) закладанням 1,5l;
 - з піддатливим (з обмеженим поворотом) закладанням 2,0l;
- для елементів із незмінним закладанням на двох кінцях:
 - жорстким (без повороту) 0,5l;
 - піддатливим (з обмеженим поворотом) 0,8l;
- для елементів з обмежено рухомим закладанням на двох кінцях:
 - жорстким (без повороту) 0,8l;
 - піддатливим (з обмеженим поворотом) 1,2l.

6.2.15.4 Розрахунок за міцністю позacentрово стиснутих сталевібробетонних елементів таврового і двотаврового перерізів при $\xi = x / h \leq \xi_R$, слід проводити:

– якщо $x \leq t'_f$ (рисунк 6.5,а), з умови

$$Ne' \leq R_{fbt,w} A_{wt} (0,5t_w + t'_f - a') + R_{fbt,f} A_{ft} (h - a' - 0,5t_f) + R_s A_s (h - a' - a) - R_{fb,f} A_{fc} (0,5t'_f - a'); \quad (6.32)$$

при висоті стиснутої зони x , що визначається з рівняння

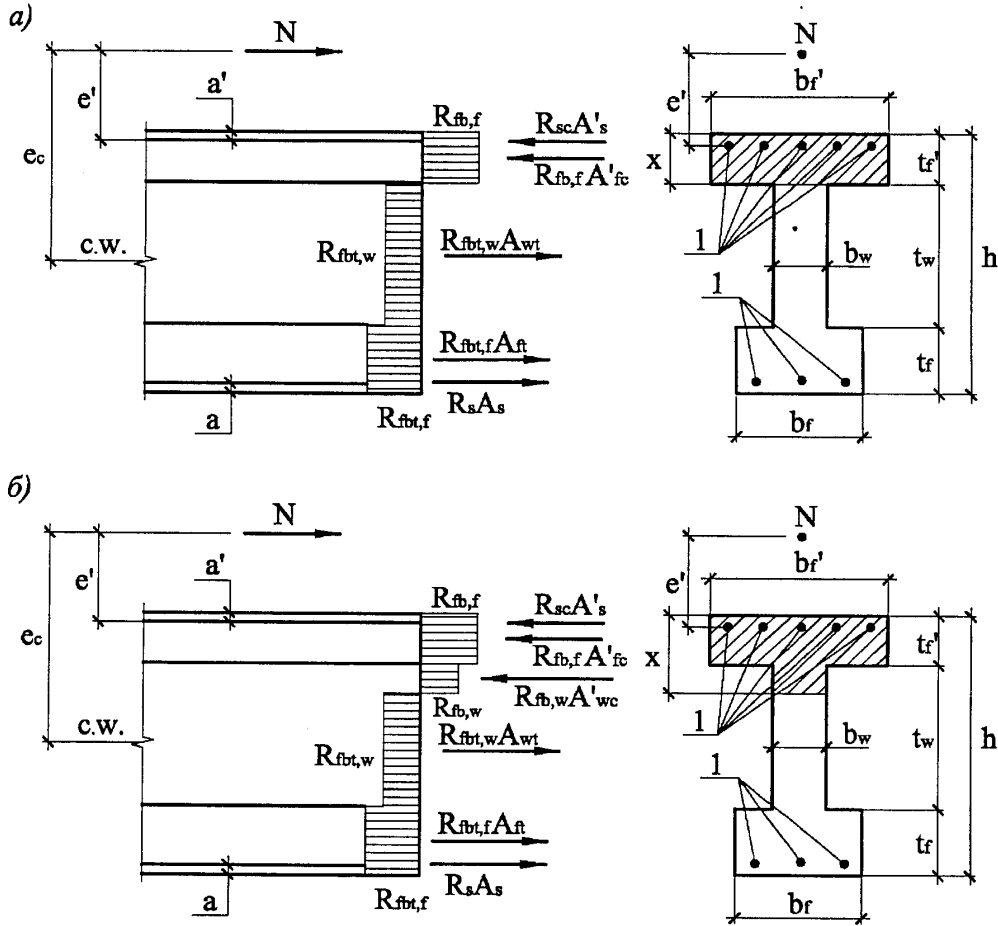
$$N + R_{fbt,w} A_{wt} + R_{fbt,f} A_{ft} + R_s A_s - R_{sc} A'_s - R_{fbt,f} b'_f x = 0; \quad (6.33)$$

– якщо $x > t'_f$ (рисунк 6.5,б), з умови

$$Ne' \leq R_{fbt,w} A_{wt} \left(\frac{h-x-t_f}{2} + x - a' \right) + R_{fbt,f} A_{ft} (h - a - 0,5t_f) + R_s A_s (h - a' - a) - R_{fb,f} A_{fc} (0,5t_f' - a') - R_{fb,w} A_{wc} \left(\frac{x-t_f'}{2} + t_f' - a' \right); \quad (6.34)$$

при висоті стиснутої зони, що визначається з рівняння

$$N + R_{fbt,w} A_{wt} + R_{fbt,f} A_{ft} + R_s A_s - R_{sc} A_s' - R_{fb,f} A_{fc} - R_{fb,w} b_w (x - t_f') = 0. \quad (6.35)$$



а – при $x \leq t_f'$; б – при $x > t_f'$; 1 – стержньова арматура

Рисунок 6.5 – Схема зусиль і еюра напружень у позацентрово стиснутих елементах двотаврового перерізу при комбінованому армуванні

6.2.15.5 Розрахунок за міцністю позацентрово стиснутих сталевібробетонних елементів таврового і двотаврового перерізів при $\xi = x/h > \xi_R$ слід проводити за формулою:

$$N \leq N_c - (N_c - N_{in}) \left[2 \frac{e_c}{e_{in}} - \left(\frac{e_c}{e_{in}} \right)^2 \right], \quad (6.36)$$

де e_c – ексцентриситет поздовжньої сили відносно центра тяжіння приведенного перерізу, що дорівнює $e_c = M/N$;

N_c – несуча здатність центрально стиснутого елемента, що визначається за формулою:

$$N_c = R_{fb,w} A_{wt} + R_{fb,f} A_{ft} + R_s A_s - R_{sc} A'_s - R_{fb,f} A_{fc}, \quad (6.37)$$

N_{in} – несуча здатність перерізу, в якому висота стиснутої зони сталевібробетону приймається $\xi = \xi_R h$ і визначається за формулою:

при $x \leq t'_f$

$$N_{in} = R_{sc} A'_s + R_{fb,f} A_{fc} + R_{fbt,w} A_{wt} - R_{fbt,f} A_{ft} - R_s A_s; \quad (6.38)$$

при $x > t'_f$

$$N_{in} = R_{sc} A'_s + R_{fb,f} A_{fc} + R_{fb,w} A_{wc} - R_{fbt,w} A_{wt} - R_{fbt,f} A_{ft} - R_s A_s; \quad (6.39)$$

e_{in} – ексцентриситет поздовжньої розрахункової сили N_{in} , що визначається за формулою:

при $x \leq t'_f$

$$e_{in} = \frac{S'_c + S'_w + S'_t + S'_{sc} + S'_s}{N_{in}}; \quad (6.40)$$

де

$$S'_c = R_{fb,f} b'_f t'_f \left(h - y_c - \frac{t'_f}{2} \right), \quad (6.41)$$

$$S'_w = R_{fbt,w} b'_w t'_w \left(y_c - t_f - \frac{t_w}{2} \right), \quad (6.42)$$

$$S'_t = R_{fbt,f} b'_f t'_f \left(y_c - \frac{t_f}{2} \right), \quad (6.43)$$

$$S'_{sc} = R_{sc} A'_s (h - y_c - a'), \quad (6.44)$$

$$S'_s = R_s A_s (y_c - a), \quad (6.45)$$

y_c – відстань від центра тяжіння приведенного перерізу до розтягнутої або менш стиснутої грані;

при $x > t'_f$

$$e_{in} = \frac{S'_c + S'_{wc} + S'_{wt} + S'_t + S'_{sc} + S'_s}{N_{in}}; \quad (6.46)$$

де

$$S'_{wc} = R_{fb,w} b_w (x - t'_f) \left(h - y_c - t'_f - \frac{x - t'_f}{2} \right), \quad (6.47)$$

$$S'_{wt} = R_{fbt,w} b_w (h - x - t_f) \left(y_c - \frac{h - x - t_f}{2} - t_f \right). \quad (6.48)$$

Вплив прогину сталевібробетонного елемента враховується шляхом множення значення e_c на коефіцієнт η , що визначається згідно з 6.2.15.1

6.2.16 Центральні розтягнуті елементи слід проектувати тільки з комбінованим армуванням. Розрахунок за міцністю центрально розтягнутих сталевібробетонних елементів з комбінованим армуванням за нормальними перерізами слід виконувати з умови:

$$N \leq N_{ult}, \quad (6.49)$$

де N_{ult} – граничне значення поздовжньої розтягуючої сили, яка може бути прийнята елементом, що визначається за формулою:

$$N_{ult} = R_s A_{s,tot}, \quad (6.50)$$

де $A_{s,tot}$ – площа перерізу всієї поздовжньої стержневої арматури.

6.2.17 Позацентрово розтягнуті елементи слід проектувати тільки з комбінованим армуванням. Розрахунок за міцністю за нормальними перерізами позацентрово розтягнутих сталевібробетонних елементів з комбінованим армуванням прямокутного перерізу слід проводити у залежності від положення поздовжньої сили N .

6.2.17.1 При розташуванні поздовжньої сили N між рівнодіючими зусиль в стержньовій арматурі S і S' (рисунок 6.6, а), розрахунок слід проводити з умов:

$$Ne \leq M_{ult}; \quad (6.51)$$

$$Ne' \leq M'_{ult}, \quad (6.52)$$

де Ne і Ne' – зусилля від зовнішніх навантажень;
 M_{ult} і M'_{ult} – граничні зусилля, які може сприйняти переріз.

Зусилля M_{ult} і M'_{ult} визначають за формулами:

$$M_{ult} = R_s A_s (h - a - a') + \gamma_{fb} R_{fbt} b h (0,5h - a); \quad (6.53)$$

$$M'_{ult} = R_s A_s (h - a - a') + \gamma_{fb} R_{fbt} b h (0,5h - a). \quad (6.54)$$

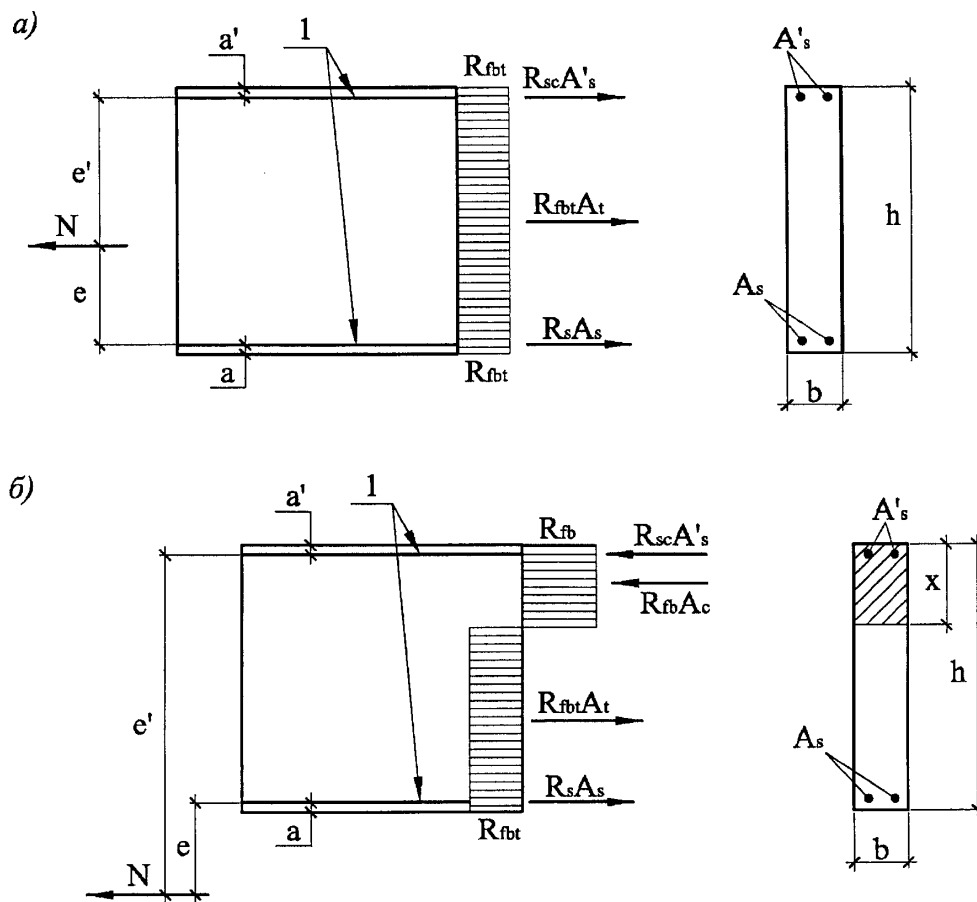
Значення коефіцієнта умови роботи γ_{fb} у формулах (6.53) і (6.54) і в подальшому приймається:

0,9 при $\mu_{fv} \geq 1\%$;

0,8 при $0,8 \leq \mu_{fv} < 1\%$;

0,6 при $0,6 \leq \mu_{fv} < 0,8\%$;

0,3 при $0,3 \leq \mu_{fv} < 0,6\%$.



a – між рівнодіючими зусиль в арматурі S і S' ; b – за межами відстані між рівнодіючими зусиль в арматурі S і S' ,
 1 – стержньова арматура

Рисунок 6.6 – Схема зусиль і напружень у нормальному перерізі позациентровано розтягнутого сталевібробетонного елемента при розрахунку за міцністю при прикладенні поздовжньої сили N

6.2.17.2 При розташуванні поздовжньої сили N за межами відстані між рівнодіючими-зусиль в арматурі S і S' (рисунок 6.6,б) розрахунок слід проводити з умови (6.51), визначаючи граничний момент M_{ult} за формулою:

$$M_{ult} = R_{fb} b x (h - a - 0,5x) + R_{sc} A'_s (h - a' - a) - \gamma_{fb} R_{fbt} b (h - x) \left(\frac{h - x}{2} - a \right) \quad (6.55)$$

при цьому висоту стиснутої зони x слід визначати з умови:

$$N + R_{sc} A'_s + R_{fb} b x - R_s A_s - \gamma_{fb} R_{fbt} b (h - x) = 0 \quad (6.56)$$

Якщо отримане з розрахунку (6.56) значення $\xi > \xi_R h$, то у формулу (6.55) підставляють $\xi = \xi_R h$, де ξ_R визначають згідно з 6.2.13.

6.3 Розрахунок сталевібробетонних елементів за міцністю при дії поперечних сил

6.3.1 Розрахунок сталевібробетонних елементів при дії поперечних сил за міцністю слід проводити на основі моделі похилих перерізів.

При розрахунку за моделлю похилих перерізів повинні бути забезпечені міцність елемента по похилій смузі між похилими тріщинами (перерізами), похилій тріщині (перерізі) на дію поперечних сил, а також міцність по похилій тріщині (перерізі) на дію згинального моменту.

6.3.1.1 Міцність по похилій смузі характеризується максимальним значенням поперечної сили, яка може бути прийнята похилою смугою, що знаходиться під впливом стискальних зусиль уздовж смуги і розтягувальних зусиль, які передаються від поперечної арматури. При цьому міцність сталевібробетону визначають за значенням опору сталевібробетону осьовому стиску з урахуванням впливу напруженого стану в похилій смузі.

6.3.1.2 Розрахунок по похилому перерізу на дію поперечних сил проводять на основі рівняння рівноваги зовнішніх і внутрішніх поперечних сил, що діють у похилому перерізі з довжиною проекції на поздовжню вісь елемента. Внутрішні поперечні сили включають поперечну силу, що сприймає сталевібробетон у похилому перерізі, і поперечну силу, що сприймає поперечна арматура, яка перетинає похилі перерізи. При цьому поперечні сили, що сприймає сталевібробетон і поперечна арматура, визначають за значеннями опору сталевібробетону і поперечної арматури розтягуванню з урахуванням довжини проекції с похилого перерізу (рисунок 6.7).

6.3.1.3 Розрахунок по похилому перерізу на дію згинального моменту проводять на основі рівняння рівноваги моментів від зовнішніх і внутрішніх сил, які діють у похилому перерізі з довжиною проекції с на поздовжню вісь елемента. Моменти від внутрішніх сил включають моменти, які сприймають сталевібробетон, поздовжня розтягнута арматура і поперечна арматура в місцях перерізу похилим перерізом. При цьому моменти, що сприйняті сталевібробетоном, поздовжньою і поперечною арматурою, визначають за значеннями опору сталевібробетону, поздовжньої і поперечної арматури розтягуванню з урахуванням довжини проекції с похилого перерізу.

6.3.2 Розрахунок сталевібробетонних елементів при дії поперечних сил за міцністю по похилій смузі між похилими тріщинами проводять з умови:

$$Q \leq 0,3 \varphi_{w1} \varphi_{b1} R_{fb} b h_w, \quad (6.57)$$

де Q – поперечна сила в нормальному перерізі елемента;

φ_{b1} – коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$\varphi_{b1} = 1 - 0,01 R_b, \quad (6.58)$$

R_b в МПа

φ_{w1} – коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$\varphi_{w1} = 1 + 5 \frac{E_f}{E_b} \mu_{faw}, \quad (6.59)$$

де

$$\mu_{faw} = \mu_{fv} k_{nw}^2. \quad (6.60)$$

Значення k_{rw} приймаються згідно з 6.2.12.

Значення правої частини у формулі (6.57) приймають не більше 1,3.

6.3.3 Розрахунок сталевібробетонних елементів при дії поперечних сил за міцністю по похилому перерізу при фібровому армуванні (рисунк 6.7,а) слід проводити з умови:

$$Q \leq Q_{fb} + Q_{fbt}, \quad (6.61)$$

де Q – поперечна сила в похилому перерізі з довжиною проекції c на поздовжню вісь елемента від всіх зовнішніх сил, що розташовані по один бік від даного похилого перерізу, при цьому враховують найбільш небезпечне завантаження в межах похилого перерізу;

Q_{fb} – поперечна сила, що сприймає сталевібробетон стиснутої зони в похилому перерізі;

Q_{fbt} – поперечна сила, що сприймає сталевібробетон розтягнутої зони в похилому перерізі.

Значення поперечної сили Q_{fb} для згинальних і позацентрово стиснутих елементів визначається за формулою:

$$Q_{fb} = \frac{1,7R_{bt}bh^2}{c}, \quad (6.62)$$

де b і h – відповідно ширина і робоча висота перерізу, що розглядається;

c – довжина проекції небезпечного похилого перерізу на поздовжню вісь елемента.

Значення поперечної сили Q_{fbt} визначається за формулою:

$$Q_{fbt} = 0,8R_{fbt}bh, \quad (6.63)$$

де R_{fbt} – визначається за формулами (6.5) і (6.7) із заміною в них коефіцієнта k_{or} на k_{rw} (див. 6.2.12), що визначається згідно з таблицею 6.1

6.3.3.1 Розрахунок сталевібробетонних елементів при дії поперечних сил за міцністю по похилому перерізу при комбінованому армуванні (рисунк 6.7,б) слід проводити з умови:

$$Q \leq Q_{fb} + Q_{fbt} + Q_{sw}, \quad (6.64)$$

де Q , Q_{fb} приймається згідно з 6.3.3.

Поперечну силу, що сприймають фібра і поперечна арматура в похилому перерізі Q_{fbt} і Q_{sw} , слід визначати за формулами:

$$Q_{fbt} = q_{fbt}c_0, \quad (6.65)$$

$$Q_{sw} = q_{sw}c_0, \quad (6.66)$$

де c_0 – довжина проекції небезпечної похилої тріщини на поздовжню вісь елемента; значення c_0 приймається не більше $2h$ і не більше значення c , а також не менше h , якщо $c > h$ та визначається за формулою:

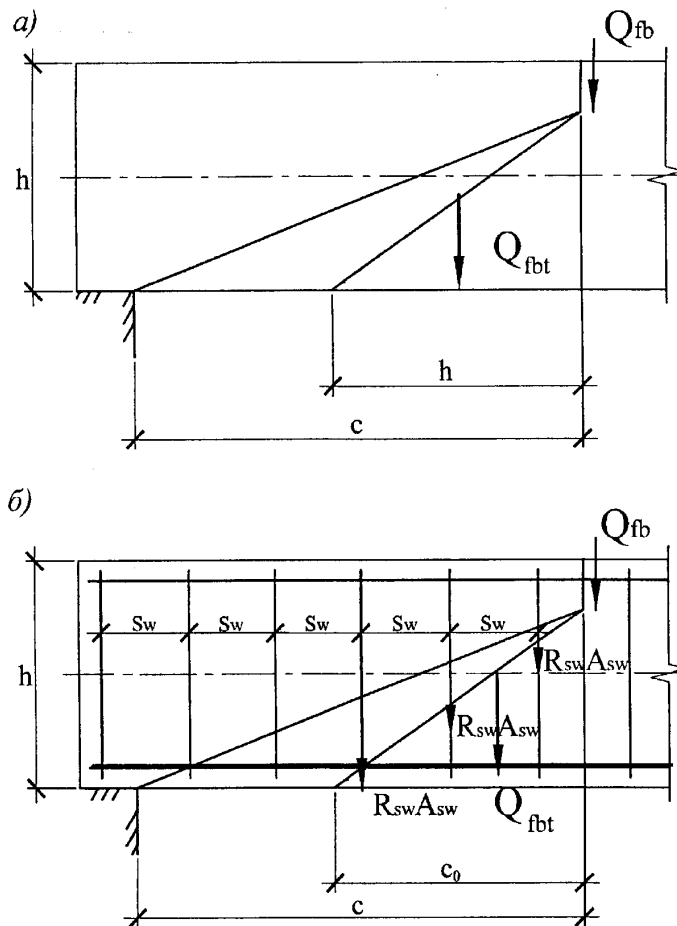
$$c_0 = \sqrt{\frac{1,7R_{bt}bh_0^2}{q_{sw} + q_{fbt}}}, \quad (6.67)$$

q_{fbt} – зусилля в сталевібробетонному перерізі на одиницю довжини елемента слід визначати за формулою:

$$q_{fbt} = 0,8R_{fbt}b; \quad (6.68)$$

q_{sw} – зусилля в поперечній арматурі на одиницю довжини елемента, що визначається за формулою:

$$q_{sw} = \frac{R_{sw}A_{sw}}{s_w}. \quad (6.69)$$



а – при фібровому армуванні; б – при комбінованому армуванні

Рисунок 6.7 – Схема зусиль при розрахунку сталефібробетонних елементів по похилому перерізу на дію поперечних сил

6.3.4 Розрахунок сталефібробетонних елементів при дії поперечних сил за міцністю по похилих перерізах на дію згинальних моментів (рисунок 6.8) слід проводити з умови:

$$M \leq M_s + M_{sw} + M_{fbt}, \quad (6.70)$$

де M – момент у похилому перерізі з довжиною проекції на поздовжню вісь елемента від всіх зовнішніх сил, які розташовані по один бік від даного похилого перерізу, відносно кінця похилого перерізу у стиснутій зоні (точка 0), при цьому враховують найбільш небезпечне завантаження в межах похилого перерізу;

M_s – момент, що сприймається поздовжньою стержньовою арматурою, в місці перерізу похилим перерізом відносно кінця похилого перерізу у стиснутій зоні (точка 0);

M_{sw} – момент, що сприймається поперечною стержньовою арматурою, яка перетинає похилий переріз відносно кінця похилого перерізу у стиснутій зоні (точка 0);

M_{fbt} – момент, що сприймається сталефібробетоном, відносно кінця похилого перерізу у стиснутій зоні (точка 0).

Момент M_s визначають за формулою:

$$M_s = N_s Z_s. \quad (6.71)$$

де N_s – зусилля в поздовжній розтягнутій арматурі, що дорівнює $R_s A_s$;

Z_s – плече внутрішньої пари сил, що дорівнює $0,9h$.

Момент M_{sw} для поперечної арматури, нормальної до поздовжньої осі елемента, визначають за формулою:

$$M_{sw} = 0,5Q_{sw}c, \quad (6.72)$$

де Q_{sw} – зусилля в поперечній арматурі, що дорівнює $q_{sw}c$;

c – довжина проекції небезпечного похилого перерізу на поздовжню вісь елемента;

q_{sw} – визначають за формулою (6.69) при c в межах від $1,0h$ до $2,0h$.

Момент M_{fbt} визначають за формулою:

$$M_{fbt} = 0,5Q_{fbt}c, \quad (6.73)$$

де Q_{fbt} – визначається за формулою (6.63) із заміною h на c .

Розрахунок слід проводити для похилих перерізів, що розташовані по довжині елемента на його кінцевих ділянках і в місцях обриву поздовжньої арматури, при небезпечній довжині проекції похилого перерізу c , яка приймається у вказаних межах від $1,0h$ до $2,0h$.

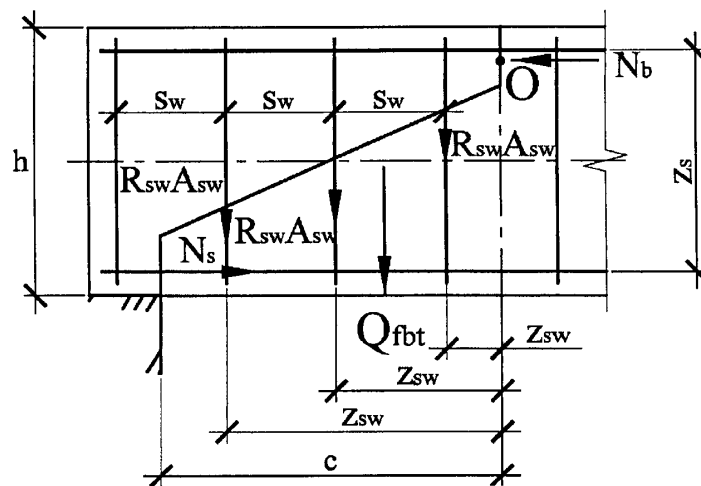


Рисунок 6.8 – Схема зусиль при розрахунку сталевібробетонних елементів по похилому перерізу на дію згинальних моментів

6.4 Розрахунок сталевібробетонних елементів на місцевий стиск

6.4.1 Розрахунок сталевібробетонних елементів на місцевий стиск (зминання) проводять при дії стискальної сили, яка прикладена на обмеженій площі нормально до поверхні елемента.

6.4.2 Розрахунок сталевібробетонних елементів на місцевий стиск при фібровому армуванні (рисунок 6.9) слід проводити з умови:

$$N \leq \psi R_{fb,loc} A_{fb,loc}, \quad (6.74)$$

де N – місцева стискальна сила від зовнішнього навантаження;

$A_{fb,loc}$ – площа прикладання сили (площа зминання);

$R_{fb,loc}$ – розрахунковий опір сталевібробетону стиску при місцевій дії стискальної сили;

ψ – коефіцієнт, що приймається 1,0 при рівномірному і 0,75 при нерівномірному розподілі місцевого навантаження на площі зминання.

Значення $R_{fb,loc}$ слід визначати за формулою:

$$R_{fb,loc} = \varphi_{fb} R_{fb}, \quad (6.75)$$

де φ_{fb} – коефіцієнт, що визначається за формулою:

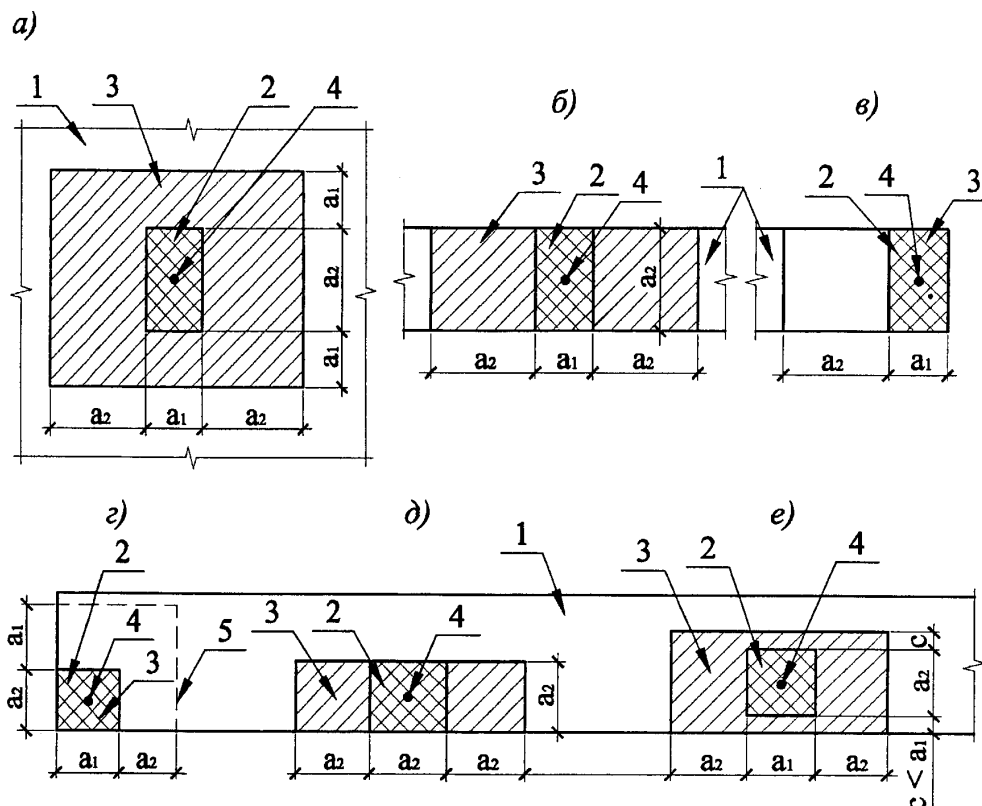
$$\varphi_{fb} = 0,8 \sqrt{\frac{A_{fb,max}}{A_{fb,loc}}}, \quad (6.76)$$

$A_{fb,max}$ – максимальна розрахункова площа, що визначається за такими правилами:

центри тяжіння площ $A_{fb,loc}$ і $A_{fb,max}$ збігаються;

межі розрахункової площі $A_{fb,max}$ знаходяться з кожної сторони площі $A_{fb,loc}$ на відстані, що дорівнює відповідному розміру цих сторін (рисунок 6.9).

Коефіцієнт φ_{fb} , який обчислюється за формулою (6.76), слід приймати не більше 2,5 і не менше 1,0.



a – на відстані від країв елемента; b – по всій ширині елемента; c – біля краю (торця) елемента по всій його ширині; d – в куті елемента; e – біля одного з країв елемента; f – поблизу одного з країв елемента; 1 – елемент, на який діє місцеве навантаження; 2 – площа зминання $A_{fb,loc}$; 3 – максимальна розрахункова площа $A_{fb,max}$; 4 – центр тяжіння площ $A_{fb,loc}$ і $A_{fb,max}$; 5 – мінімальна зона армування сітками, при якій посереднє армування враховується в розрахунку

Рисунок 6.9 – Схеми для розрахунку елементів на місцевий стиск при розташуванні місцевого навантаження

6.4.3 Розрахунок елементів на місцевий стиск за наявності посереднього армування у вигляді зв'язаних сіток слід виконувати з умови:

$$N \leq \psi R_{bs,loc} A_{fb,loc} \quad (6.77)$$

де $R_{bs,loc}$ – приведений, з урахуванням армування сітками в зоні місцевого стику, розрахунковий опір сталевібробетону стику, що визначається за формулою:

$$R_{bs,loc} = R_{fb,loc} + 2\varphi_{s,xy} R_{s,xy} \mu_{s,xy} \quad (6.78)$$

де

$$\varphi_{s,xy} = \sqrt{\frac{A_{fb,loc,ef}}{A_{fb,loc}}} \quad (6.79)$$

$A_{fb,loc,ef}$ – площа, замкнена всередині контуру сіток по їх крайніх стержнях, яка приймається не більше $A_{fb,max}$;

$R_{s,xy}$ – розрахунковий опір розтягуванню стержньової арматури;

$\mu_{s,xy}$ – коефіцієнт посереднього армування, що визначається за формулою:

$$\mu_{s,xy} = \frac{n_x A_{sx} l_x + n_y A_{sy} l_y}{A_{fb,loc,ef} s}; \quad (6.80)$$

n_x, A_{sx}, l_x – число стержнів, площа перерізу і довжина стержня сітки в осях крайніх стержнів у напрямі X ;

n_y, A_{sy}, l_y – те саме у напрямі Y ;

s – крок сіток.

Значення $R_{fb,loc}, A_{fb,loc}, \varphi$ і N приймають згідно з 6.4.2.

Значення місцевої стискальної сили, що сприймає елемент із посереднім армуванням (права частина умови (6.77)), приймають не більше подвоєного значення місцевої стискальної сили, що сприймає елемент без посереднього армування (права частина умови (6.74)).

Посереднє армування повинне відповідати конструктивним вимогам, що наведені у розділі 8.

6.5 Розрахунок на продавлювання

6.5.1 Розрахунок сталевібробетонних плитних конструкцій на продавлювання без поперечної арматури слід виконувати згідно з 3.42 СНиП 2.03.01, замінюючи умову формули (107) на умову:

$$F \leq 0,5 R_{fbt} \times U_m \times h, \quad (6.81)$$

де R_{fbt} – обчислюється за (6.5) або (6.7) із заміною в них коефіцієнта k_{or} на k_n ;

h – висота поперечного перерізу елемента;

U_m – середньоарифметичне значення периметрів верхньої і нижньої основ піраміди, що утворюється при продавлюванні в межах робочої висоти перерізу.

Права частина співвідношення (6.81) приймається такою, що дорівнює F_{fb} і повинна відповідати умові $F_{fb} > R_{bt} \times U_m \times h$.

При встановленні в межах піраміди продавлювання хомутив, нормальних до площини плити, розрахунок повинен виконуватись з умови:

$$F \leq F_{fb} + 0,8 F_{sw}, \quad (6.82)$$

але не більше $2F_b$.

6.6 Розрахунок на відрив

6.6.1 Розрахунок комбіновано армованих сталевібробетонних елементів на відрив при дії навантаження, яке прикладене до його нижньої частини або у межах перерізу, слід виконувати згідно з 3.43 СНиП 2.03.01.

7 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ СТАЛЕВІБРОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ГРАНИЧНИМИ СТАНАМИ ДРУГОЇ ГРУПИ

7.1 Загальні положення

7.1.1 Розрахунок елементів сталевібробетонних конструкцій за граничними станами другої групи включає в себе:

- розрахунок за утворенням тріщин нормальних і похилих до поздовжньої осі елемента;
- розрахунок за розкриттям тріщин нормальних і похилих до поздовжньої осі елемента;
- розрахунок за деформаціями.

7.1.2 Розрахунок за утворенням тріщин виконується для перевірки необхідності виконання розрахунку за розкриттям тріщин, а також для перевірки необхідності врахування наявності тріщин при розрахунку за деформаціями.

7.2 Розрахунок елементів сталевібробетонних конструкцій за розкриттям тріщин

7.2.1 Загальні положення

7.2.1.1 Розрахунок згинальних сталевібробетонних елементів, а також позacentрово стиснутих і позacentрово розтягнутих елементів за розкриттям тріщин нормальних до поздовжньої осі елемента слід виконувати, якщо задовольняється умова:

$$M > M_{crc} , \quad (7.1)$$

де M – згинальний момент від зовнішнього навантаження відносно осі, що нормальна до площини дії моменту і проходить через центр тяжіння приведенного поперечного перерізу;

M_{crc} – згинальний момент, що сприймає елемент у нормальному перерізі при утворенні тріщини, який визначається згідно з 7.3.1.

7.2.1.2 Розрахунок елементів сталевібробетонних конструкцій за розкриттям тріщин похилих до поздовжньої осі елемента виконується у випадках, передбачених СНиП 2.03.01, використовуючи в умові (141) СНиП 2.03.01 замість $R_{bt,ser}$ значення $R_{fbt,ser}$, що визначається за (6.5) або (6.7) при використанні замість R_b значення $R_{b,ser}$.

7.2.1.3 Розрахунок сталевібробетонних елементів слід виконувати за нетривалим і тривалим розкриттям тріщин, які відповідно визначаються від сумісної дії постійного і тимчасового (довготривалого і короткотривалого) навантаження і сумісної дії постійного і тимчасового довготривалого навантаження.

7.2.1.4 Розрахунок за розкриттям тріщин слід виконувати за умови:

$$a_{crc} \leq a_{crc,ult} , \quad (7.2)$$

де a_{crc} – ширина розкриття тріщин від дії зовнішнього навантаження, що визначається згідно з 7.2.1.5, 7.3.2 і 7.4.1;

$a_{crc,ult}$ – гранично-допустима ширина розкриття тріщин, що визначається згідно з таблицею 4.1.

7.2.1.5 Ширину розкриття тріщин при тривалому і нетривалому навантаженні слід визначати відповідно за формулами:

$$a_{crc} = a_{crc,3} , \quad (7.3)$$

$$a_{crc} = a_{crc,1} - a_{crc,2} + a_{crc,3} , \quad (7.4)$$

де $a_{crc,1}$ – ширина розкриття тріщин при нетривалій дії постійного і тимчасового (довготривалого і короткотривалого) навантаження;

$a_{crc,2}$ – ширина розкриття тріщин при нетривалій дії постійного і тимчасового довготривалого навантаження;

$a_{crc,3}$ – ширина розкриття тріщин при тривалій дії постійного і тимчасового довготривалого навантаження.

7.3 Розрахунок за розкриттям тріщин нормальних до поздовжньої осі елемента

7.3.1 Момент утворення тріщин нормальних до поздовжньої осі елемента при перевірці умови (7.1) слід визначати за формулою:

$$M_{crc} = W_{pt} R_{bt,ser} , \quad (7.5)$$

де W_{pt} – момент опору крайнього розтягнутого волокна перерізу з урахуванням непружних деформацій розтягнутого сталевібробетону, що визначається за формулою:

$$W_{pt} = \frac{2(I_{bc} + \alpha_f I_{fc1} + \alpha_f I_{ft1})}{h - x} + S_{bt} , \quad (7.6)$$

де I_{bc} , I_{fc1} і I_{ft1} – моменти інерції стиснутої зони сталевібробетону, площ перерізу фібрової або фібрової і стержневої арматури, що розташована відповідно у стиснутій і розтягнутій зонах перерізу відносно нульової лінії;

S_{bt} – статичний момент площі перерізу розтягнутої зони бетону відносно нульової лінії;

$\alpha_f = E_f / E_b$.

Положення нульової лінії визначається за формулою:

$$S_{bc} + \alpha_f S_{fc1} - \alpha_f S_{ft1} = \frac{(h-x)A_{bt}}{2}, \quad (7.7)$$

де S_{bc} , S_{fc1} і S_{ft1} – статичні моменти площ перерізу стиснутої зони сталевібробетону, площ перерізу фібрової або фібрової і стержньової арматури, що розташована відповідно у стиснутій і розтягнутій зонах перерізу відносно нульової лінії;

A_{bt} – площа перерізу розтягнутого бетону;

h – висота перерізу елемента.

Значення I_{fc1} , I_{ft1} , S_{fc1} і S_{ft1} визначають з урахуванням коефіцієнтів фібрового армування за площею μ_{fa}^1 , μ_{fa} , μ_{faw} , які обчислюють за формулами:

$$\mu_{fa}^1 = \mu_{fvf}^1 k_{nf}^2 k_{an}; \quad (7.8)$$

$$\mu_{fa} = \mu_{fvf} k_{orf} k_{an}; \quad (7.9)$$

$$\mu_{faw} = \mu_{fvw} k_{orw}^2 k_{an}. \quad (7.10)$$

Коефіцієнти k_{nf} , k_{orf} , k_{orw} , які враховують орієнтацію фібр у полицях і ребрі таврових і двотаврових елементів, слід приймати згідно з таблицями 6.1 і 6.2.

Значення коефіцієнта k_{an} визначають за формулою:

$$k_{an} = 1 - \beta \frac{l_{f,an}}{l_f}; \quad (7.11)$$

$$\beta = \frac{M - 0,9 M_{crc}}{M_{lim}}, \quad (7.12)$$

де $l_{f,an}$ – довжина закладання фібри в бетоні, що визначається згідно з 6.2.6;

M_{lim} – розрахунковий згинальний момент із розрахунку за граничними станами першої групи.

7.3.2 Ширину розкриття тріщин нормальних до поздовжньої осі елемента при комбінованому армуванні слід визначати за формулою:

$$a_{crc} = \varphi_i \eta_f \delta \lambda \frac{\sigma_s}{E_s} d, \quad (7.13)$$

де φ_i – коефіцієнт, що приймається при врахуванні:

короточасних навантажень і нетривалої дії постійних і тривалих навантажень 1,00;

тривалої дії постійних і тривалих навантажень для конструкцій з бетону:

важкого 1,50;

дрібнозернистого групи А 1,75;

η_f – коефіцієнт, що враховує вплив фібрового армування та визначається за формулою:

$$\eta_f = \frac{0,5}{0,5 + m}. \quad (7.14)$$

Значення коефіцієнта m визначається за формулою:

$$m = \frac{1}{40 d_{f,red}^2 (\mu_{fa} + 5 \mu_s)}, \quad (7.15)$$

де A – площа поперечного перерізу елемента, мм², тріщиностійкість якого визначається;

d – діаметр поздовжньої стержньової арматури;

μ_{fa} – коефіцієнт приведенного фібрового армування за площею, що визначається за формулою (7.9);

μ_s – коефіцієнт армування стержньовою арматурою;

$$\delta = \frac{\alpha}{\varphi_d (1 + 2\alpha \mu_s)}; \quad (7.16)$$

$$\alpha = E_s / E_{fb}; \quad (7.17)$$

$$\lambda = 2 \left(1 - \frac{1}{e^w} \right) \leq 1,45; \quad (7.18)$$

$$w = \frac{5 + 0,6 \frac{\sigma_s}{R_{fb}}}{\delta}; \quad (7.19)$$

φ_d – коефіцієнт, який приймається:

при діаметрі арматури 10 мм і менше	1,0;
при діаметрі арматури 22 мм	1,4;
при діаметрі арматури 32 мм і більше	1,6;
для проміжних діаметрів коефіцієнт φ_d приймається за лінійною інтерполяцією;	

σ_s – напруження у стержнях крайнього ряду стержнєвої арматури, що визначаються згідно з 4.15, 4.28 СНиП 2.03.01.

7.4 Розрахунок за розкриттям тріщин похилих до поздовжньої осі елемента

7.4.1 Ширину розкриття тріщин похилих по поздовжній осі елемента слід визначати за формулою:

$$a_{crc} = \varphi_l \eta_f \delta \lambda \frac{\sigma_{sw}}{E_s} d_w, \quad (7.20)$$

де φ_l і η_f – див. 7.3.2;

$$\delta = \frac{\alpha}{\varphi_d (1 + 2\alpha \mu_{sw})}; \quad (7.21)$$

φ_d і α – див. 7.3.2;

$$\mu_{sw} = \frac{A_{sw}}{bs};$$

$$\lambda = 2 \left(1 - \frac{1}{e^w} \right) \leq 1,45; \quad (7.22)$$

$$w = \frac{5 + 0,6 \frac{\sigma_{sw}}{R_{fb}}}{\delta} \leq \frac{0,5 h_0 - a'}{d_w \delta}; \quad (7.23)$$

σ_{sw} – напруження в хомутах, що визначається згідно з 4.17.1 СНиП 2.03.01;

d_w – діаметр хомутів.

7.5 Розрахунок сталевібробетонних конструкцій за деформаціями

7.5.1 Загальні положення

7.5.1.1 Розрахунок елементів сталевібробетонних конструкцій за деформаціями проводять з урахуванням експлуатаційних вимог, що пред'являються до конструкцій.

Розрахунок за деформаціями слід проводити на дію:

- постійних, тимчасових тривалих і короточасних навантажень при обмеженні деформацій технологічними або конструктивними вимогами;
- постійних і тимчасових тривалих навантажень при обмеженні деформацій естетичними вимогами.

7.5.1.2 Деформації (прогин, кути повороту) елементів сталевібробетонних конструкцій обчислюють за формулами будівельної механіки, визначаючи значення кривизни, що входять в них згідно з 7.5.1.3, 7.6.1.

Величина кривизни і деформацій сталевібробетонних елементів відраховується від їх початкового стану.

7.5.1.3 Кривизна сталевібробетонних елементів визначається:

– для ділянок елемента, де в розтягнутій зоні не утворюються тріщини, нормальні до поздовжньої осі елемента – як для суцільного тіла;

– для ділянок елемента, де в розтягнутій зоні є тріщини, нормальні до поздовжньої осі – як відношення різниці середніх деформацій крайнього волокна стиснутої зони бетону і крайнього волокна розтягнутої зони (або поздовжньої розтягнутої арматури) при комбінованому армуванні до висоти перерізу елемента (або робочої висоти перерізу).

Елементи або ділянки елементів розглядаються без тріщин в розтягнутій зоні, якщо тріщини не утворюються при дії постійних, тривалих і короткочасних навантажень; при цьому навантаження вводяться в розрахунок із коефіцієнтом надійності за навантаженням.

7.5.1.4 Значення гранично-допустимих деформацій елементів приймають згідно з ДБН В.1.2-2.

7.5.2 Визначення кривизни на ділянках без тріщин в розтягнутій зоні

7.5.2.1 Повне значення кривизни згинальних, позацентрово стиснутих і позацентрово розтягнутих елементів на ділянках, де не утворюються нормальні або похилі до поздовжньої осі елементів тріщини, слід визначати за формулою:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{tot} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2, \quad (7.24)$$

де $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ і $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ – кривизна відповідно від короткотривалого і від постійних і тривалих тимчасових навантажень;

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M}{B_{f1}}, \quad (7.25)$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M \varphi_{b,cr}}{B_{f1}}, \quad (7.26)$$

де M – момент від відповідного зовнішнього навантаження відносно осі, нормальної до площини дії моменту, що проходить через центр тяжіння приведенного перерізу;

$\varphi_{b,cr}$ – коефіцієнт повзучості бетону, що приймається за таблицею 7.1 залежно від виду бетону;

B_{f1} – жорсткість сталевібробетонного елемента при короткочасній дії навантаження визначається за формулою:

$$B_{f1} = 0,85 E_b I_1, \quad (7.27)$$

де E_b – модуль пружності бетону, що приймається за таблицею 5.4;

I_1 – момент інерції перерізу, приведенного до бетонного і який включає площу бетону, фібрової або фібрової і стержньової арматури, приведеної до бетону. При цьому коефіцієнт приведення для фібрової арматури $\alpha_{fb} = E_s / E_b$, для стержньової арматури $\alpha_{sn} = E_s / E_b$, а коефіцієнти армування фібровою і стержньовою арматурою визначаються відповідно за формулами (7.8) – (7.10);

7.5.2.2 При визначенні кривизни на ділянках із початковими тріщинами в стиснутій зоні бетону значення $\left(\frac{1}{r}\right)_1$, $\left(\frac{1}{r}\right)_2$, визначені за формулами (7.25), (7.26), приймаються збільшеними на 15 %.

Таблиця 7.1

Відносна вологість повітря навколишнього середовища, %	Значення коефіцієнта повзучості $\varphi_{b,cr}$ при класі бетону-матриці на стиск								
	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
Вище 75	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
40-75	2,8	2,5	2,3	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4
Нижче 40	4,0	3,6	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0

Примітка. Відносну вологість повітря навколишнього середовища приймають згідно зі СНиП 2.01.01 як середню місячну відносну вологість найтеплішого місяця для району будівництва.

7.5.3 Визначення кривизни на ділянках із тріщинами в розтягнутій зоні

7.5.3.1 Повне значення кривизни згинальних, позацинтрово стиснутих і позацинтрово розтягнутих сталевібробетонних елементів прямокутного, таврового і двотаврового перерізів, на ділянках, де утворюються нормальні до поздовжньої осі елемента тріщини, слід визначати за формулою:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{tot} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 - \left(\frac{1}{r}\right)_2 + \left(\frac{1}{r}\right)_3, \quad (7.28)$$

де $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ – кривизна від нетривалої дії всього навантаження, на яке проводиться розрахунок за деформаціями;

$\left(\frac{1}{r}\right)_2$ – кривизна від нетривалої дії постійних і тривалих навантажень;

$\left(\frac{1}{r}\right)_3$ – кривизна від тривалої дії постійного і тривалого навантажень.

7.5.3.2 Значення кривизни $\left(\frac{1}{r}\right)_1, \left(\frac{1}{r}\right)_2, \left(\frac{1}{r}\right)_3$ слід визначати згідно з 4.27, 4.28 СНиП 2.03.01.

7.6 Визначення прогинів сталевібробетонних елементів

7.6.1 Розрахунок сталевібробетонних елементів за прогинами слід виконувати з умови:

$$f \leq f_{ult}, \quad (7.29)$$

де f – прогин сталевібробетонного елемента від дії зовнішнього навантаження;

f_{ult} – значення гранично-допустимого прогину сталевібробетонного елемента.

Прогин сталевібробетонних конструкцій визначають за загальними правилами будівельної механіки залежно від згинальних, зсувних і осьових деформаційних характеристик сталевібробетонного елемента в перерізах по його довжині (кривизни, кутів зсуву тощо).

При дії постійних, тривалих і короточасних навантажень прогин балок або плит у всіх випадках не повинен перевищувати 1/150 прольоту і 1/75 вильоту консолі.

7.6.2 Прогин сталевібробетонних елементів, обумовлений деформацією згину, визначають за формулою:

$$f = \int_0^l \bar{M}_x \left(\frac{1}{r}\right)_{tot, x} dx, \quad (7.30)$$

де $\bar{M}_x$ – згинальний момент у перерізі x від дії одиничної сили, прикладеної у напрямку переміщення елемента в перерізі x за довжиною прольоту l , для якого визначають прогин;

$\left(\frac{1}{r}\right)_{tot, x}$ – повна кривизна елемента в перерізі x від зовнішнього навантаження, при якому визначають прогин; величина $\left(\frac{1}{r}\right)_{tot, x}$ визначається за формулами (7.24) і (7.28); знак $\left(\frac{1}{r}\right)$ приймається відповідно до епюри кривизни.

Для елементів постійного перерізу, що мають тріщини на кожній ділянці, в межах якої згинальний момент не міняє знака, кривизну допускається обчислювати для найбільш напруженого перерізу, приймаючи кривизну для решти перерізів такої ділянки, що змінюється пропорційно значенням згинального моменту.

Для деяких найпоширеніших випадків завантаження прогин згинального елемента постійного перерізу може визначатися за формулою:

$$f = m \left(\frac{1}{r}\right)_{tot} l^2, \quad (7.31)$$

де m – коефіцієнт, що приймається залежно від умов обпирання і схеми завантаження;
 $\left(\frac{1}{r}\right)_{tot}$ – кривизна в перерізі з найбільшим згинальним моментом від навантаження, від якого визначається прогин;
 l – розрахунковий проліт елемента.

8 КОНСТРУКТИВНІ ВИМОГИ

8.1 При проектуванні сталевібробетонних конструкцій для забезпечення несучої здатності, експлуатаційної придатності, довговічності, що вимагаються, а також умов виготовлення повинні виконуватися конструктивні вимоги, наведені у цьому розділі.

8.2 Для несучих сталевібробетонних конструкцій слід, як правило, застосовувати комбіноване армування.

8.3 При проектуванні сталевібробетонних конструкцій із комбінованим армуванням у частині мінімальних розмірів перерізу елементів, захисного шару сталевібробетону, мінімальної відстані між стержнями арматури, поздовжнього і поперечного армування, а також правил анкерування арматури згідно з ГОСТ 5781 слід керуватися відповідними конструктивними вимогами СНиП 2.03.01 з урахуванням додаткових вимог, що наведені у 8.4–8.7.

8.4 Мінімальні розміри перерізу сталевібробетонних конструкцій, що визначені розрахунком за відповідними граничними станами, повинні призначатися такими, щоб виконувались вимоги відносно розташування арматури, її анкерування та сумісної роботи з бетоном і вимоги відносно якісного виготовлення конструкцій з урахуванням специфіки фібрового армування.

8.4.1 Розміри перерізу сталевібробетонних конструкцій слід приймати такими:

- товщина плоских плит або полиць ребристих плит збірних конструкцій – не менше 30 мм;
- товщина полиць або стінок елементів – не менше 15 мм, а плит міжповерхових перекриттів – не менше 30 мм.

8.4.2 При вертикальному бетонуванні конструкцій ширину ребра у верхній частині, включаючи вути, слід приймати більше ширини ребра у нижній частині на величину не менше $0,5l_f$.

8.4.3 Сполучення ребер конструкцій із полицями слід приймати за радіусом не менше $0,6l_f$ або з улаштуванням вута з довжиною проекції не менше $0,75l_f$.

8.4.4 Радіус вільного прогину r свіжовідформованого листа при виготовленні сталевібробетонних конструкцій слід приймати не менше $3t$ і $100d_{f, red}$.

8.4.5 Товщину плит або стінок тонкостінних конструкцій слід приймати не менше $1/200$ їх прольоту.

8.4.6 Мінімальна площа перерізу сталевібробетонного елемента $A_{\min}$ повинна відповідати умові:

$$A_{\min} \geq \frac{4d_{f,red}}{\mu_{fv}k_{or}}, \quad (8.1)$$

8.5 Захисний шар сталевібробетону при комбінованому армуванні повинен забезпечувати сумісну роботу арматури з бетоном, анкерування арматури, захист арматури від впливу навколишнього середовища та необхідну вогнестійкість конструкцій.

Мінімальні значення товщини захисного шару сталевібробетону для робочої арматури слід приймати з урахуванням вимог виготовлення конструкцій, але не менше діаметра арматури і не менше значень, що наведені у таблиці 8.1.

Таблиця 8.1

Умови експлуатації конструкцій будівлі	Товщина захисного шару, мм, не менше
1 Закриті приміщення за нормальної експлуатації і зниженої вологості	10
2 Закриті приміщення за підвищеної вологості (за відсутності додаткових захисних заходів)	15
3 На відкритому повітрі (за відсутності додаткових захисних заходів)	25
4 У ґрунті (за відсутності додаткових захисних заходів), у фундаментах за наявності бетонної підготовки	35

8.6 Коефіцієнт фібрового армування за об'ємом рекомендується приймати у межах $0,005 \leq \mu_{fv} \leq 0,018$ для конструкцій, що працюють на розтяг, згин і стиск. Допускається при економічному обґрунтуванні приймати $\mu_{fv} \geq 0,018$ для конструкцій, що підлягають ударним, стираючим, температурним впливам, або при пред'явленні до конструкцій підвищених вимог до тріщиностійкості, але не більше 0,02.

Мінімальні значення коефіцієнта фібрового армування рекомендується приймати за умови:

$$\mu_{\min} = \frac{1,5CR_{bt}}{R_f k_{or}^2 \left(1 - \frac{30}{R_f} - \frac{l_{fan}}{l_f} \right)}, \quad (8.2)$$

де C – коефіцієнт, що дорівнює 1,0 для елементів, що працюють при осьовому і позациентровому розтягу з малими ексцентриситетами і 0,6 – для згинальних елементів.

8.7 У сталевібробетонних елементах площу перерізу поздовжньої розтягнутої арматури, а також стиснутої, якщо вона потрібна за розрахунком, у відсотках площі перерізу бетону, що дорівнює добутку ширини прямокутного перерізу або ширини ребра таврового (двотаврового) перерізу на робочу висоту перерізу

$$\mu_s = \frac{A_s}{bh_0} - 100\%, \quad (8.3)$$

слід приймати не менше:

0,1 % – у згинальних елементах, позациентрово розтягнутих елементах і позациентрово стиснутих елементах при гнучкості $l_0 / i \leq 17$ (для прямокутного перерізу $l_0 / h \leq 5$);

0,25 % – у позациентрово стиснутих елементах при гнучкості $l_0 / i \geq 87$ (для прямокутного перерізу $l_0 / h \geq 25$);

для проміжних значень гнучкості елементів значення μ_s визначають інтерполяцією.

В елементах із поздовжньою арматурою, розташованою рівномірно по контуру перерізу, а також у центрально розтягнутих елементах мінімальну площу перерізу всієї поздовжньої арматури слід приймати вдвічі більшою вказаних вище значень і відносити їх до повної площі перерізу бетону.

8.8 При застосуванні арматури класів А400С і А500С серпоподібного профілю згідно з ДСТУ 3760 анкерування і з'єднання цієї арматури, в тому числі зварюванням, слід здійснювати, керуючись вимогами "Рекомендацій по применению арматурного проката по ДСТУ 3760 при проектировании и изготовлении железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры" [2].

9 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ

9.1 Вимоги до проектування сталефібробетонної суміші

9.1.1 Якість сталефібробетонної суміші і матеріалів для її приготування повинна задовольняти вимоги ДСТУ Б В.2.7-96 (ГОСТ 7473), цієї настанови і відповідної проектною документації на виріб, конструкцію або елемент будівель і споруд.

9.1.2 Для отримання сталефібробетонної суміші повинні використовуватися цемент, заповнювачі, хімічні добавки, вода і сталева фібра в оптимальному поєднанні для забезпечення проектних властивостей і характеристик сталефібробетону і можливості виконання технологічних регламентів на виготовлення виробів, конструкцій або зведення споруд.

9.1.3 Умовна позначка сталефібробетонної суміші приймається на основі вимог ДСТУ Б В.2.7-96 (ГОСТ 7473): з додаванням до її позначки літер СФ із зазначенням після риски відсотка фібрового армування за об'ємом.

Приклад умовної позначки сталефібробетонної суміші з важкого бетону класу за міцністю на стиск В25, фіброю виду Х, відсотком фібрового армування за об'ємом – 0,7, марки за морозостійкістю F75, водонепроникністю W6, рухливістю П2:

СФБС ПТ В25/Х0,7 F75 W6 П2 ДСТУ Б В.2.7-96 (ГОСТ 7473).

9.1.4 Основними показниками якості готової до використання сталефібробетонної суміші є:

- відповідність виду, технічних характеристик і дозування вихідних матеріалів (компонентів суміші) вимогам, що пред'являються до складу цієї суміші;
- рухливість;
- однорідність складу суміші в об'ємі;
- розшарування суміші;
- збереження властивостей у часі;
- відповідність проектним вимогам за міцністю на стиск і осьовий розтяг (або розтяг при згині) сталефібробетону, який виготовлений із сталефібробетонної суміші.

9.1.5 Оформлення технічної документації на сталефібробетонні суміші виконується у відповідності з ДСТУ Б В.2.7-96 (ГОСТ 7473) з додатковим зазначенням типу фібри згідно з додатком А і її вмісту у кг на 1 м³ суміші.

9.2 Вимоги до матеріалів

9.2.1 В якості в'язучих для приготування сталефібробетону рекомендується застосовувати портландцементи активністю не нижче за марку 400, що відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-46.

9.2.2 В якості крупного заповнювача для сталефібробетону рекомендується застосовувати щебінь із щільних гірських порід згідно з ДСТУ Б.В.2.7-75 і ДСТУ Б.В.2.7-43, як правило, з максимальним розміром зерен до 10 мм і вмістом зерен пластинчастої і голкоподібної форми до 25 %.

9.2.3 Допускається при технічному обґрунтуванні застосовувати щебінь із максимальною крупністю зерен до 20 мм з обмеженим вмістом фракції 10-20 мм в кількості до 25 % за масою.

9.2.4 В якості дрібного заповнювача для важкого і дрібнозернистого сталефібробетону слід застосовувати кварцовий пісок згідно з ДСТУ Б.В.2.7-32 і ДСТУ Б.В.2.7-43 з модулем крупності, як правило, не нижче 2,0.

9.2.5 Фібра повинна відповідати вимогам, наведеним у додатку А.

9.2.6 Для регулювання властивостей сталефібробетонної суміші, забезпечення її рухливості і легкоукладальності рекомендується застосовувати хімічні добавки, пластифікуючі/водоредукуючі добавки або комплексні модифікатори бетону.

9.2.7 Вода для сталефібробетонних сумішей повинна відповідати ГОСТ 23732.

9.3 Технологія приготування сталефібробетонної суміші

9.3.1 Сталефібробетонні суміші повинні готуватися, як правило, в стаціонарних умовах виробництва на діючих бетонозмішувальних вузлах або спеціально обладнаних постах, або на спеціалізованих пересувних установках, у тому числі з використанням автобетонозмішувачів.

9.3.2 Приготування сталефібробетонної суміші слід проводити з дотриманням вимог ДСТУ Б В.2.7-96 (ГОСТ 7473).

9.3.3 При приготуванні сталефібробетонної суміші слід керуватися додатковими вимогами, що забезпечують якість її основних показників, технологічною картою виробництва і контролю якості.

9.3.4 Зберігання компонентів (вихідних матеріалів) сталефібробетонної суміші повинне здійснюватися роздільно на спеціалізованому складі, оснащеному технологічним устаткуванням для прийому і видачі компонентів і не допускаючи їх прямого зволоження.

9.3.5 Дозування компонентів сталефібробетонної суміші проводять за масою. Похибки при дозуванні не повинні перевищувати значень, що регламентуються ДСТУ Б В.2.7-96 (ГОСТ 7473). Точність дозування компонентів суміші контролюють постійно при виконанні робіт.

9.3.6 Для дозування компонентів бетону (цемент, дрібний і крупний заповнювач, вода замішування, добавки) застосовують серійні дозатори.

Дозування сталевих фібр за масою здійснюють на обладнаному для цих цілей технологічному посту з урахуванням встановленого їх вмісту, у відповідних робочих замісах сталефібробетонної суміші, що готується. Віддозовану за масою для кожного робочого замісу суміші кількість фібр розміщують у місткості (контейнері) для дозувань, які подають (транспортують) до змішувального устаткування. Допускається здійснювати дозування фібр в одному технологічному циклі при приготуванні сухої сталефібробетонної суміші за технологічним регламентом, що передбачає поєднання (змішування) одержуваних фібр із сухими компонентами (дрібним і крупним заповнювачем) бетонної суміші.

9.3.7 Перед завантаженням віддозованих порцій компонентів суміші в бетонозмішувач перевіряють (протягом кожної зміни) чистоту і справність роботи обладнання. Для завантаження кожної нової порції компонентів внутрішній простір бетонозмішувача повинен бути очищений від залишків попереднього замісу.

9.3.8 Приготування сталефібробетонної суміші проводять, як правило, в серійних бетонозмішувачах примусової дії. Допускається використання також інших видів змішувачів, які забезпечують отримання однорідної бетонної суміші.

9.3.9 Для забезпечення рівномірності розподілу фібр в об'ємі сталефібробетонної суміші рекомендується:

- підбір оптимальної консистенції сталефібробетонної суміші при заданій легкоукладальності за рахунок введення пластифікуючих добавок;
- рівномірна подача фібр у змішувач (подача повної дози фібр у змішувач на заміс сталефібробетонної суміші за один прийом не рекомендується);
- скорочення тривалості (в межах технологічного регламенту) часу перемішування суміші.

9.3.10 Об'єм робочих замісів при приготуванні сталефібробетонної суміші в бетонозмішувачах примусової дії рекомендується знижувати на 25-30 % порівняно з об'ємом аналогічних замісів, що призначаються для звичайного (важкого) бетону. При вмісті фібри менше 40 кг в 1 м³ суміші об'єм робочих замісів допускається не зменшувати.

9.3.11 Інтервал часу перемішування сталефібробетонної суміші не повинен перевищувати, як правило, 3 хв. Встановлення робочих інтервалів часу перемішування проводять дослідним шляхом при освоєнні технологічного процесу.

9.3.12 При заводському виробництві приготування сталефібробетонної суміші виконується, як правило, за двома незалежними способами, що включають наступні операції:

- а) за першим способом:
 - введення в змішувач всіх компонентів бетонної суміші (заповнювачі, цемент, вода і добавки);
 - рівномірна подача віддозованої на заміс порції фібр у працюючий змішувач під час перемішування в ньому компонентів бетонної суміші;
 - перемішування компонентів бетонної суміші і фібр до отримання однорідного складу суміші;
 - вивантаження готової до використання суміші із змішувача.
- б) за другим способом:
 - приготування сухої суміші компонентів бетону (дрібного і крупного заповнювача без цементу) з віддозованою фіброю;
 - введення в бетонозмішувач віддозованої на заміс порції сухої суміші з фіброю та подальшою подачею цементу, води і добавок;
 - перемішування суміші до отримання однорідного складу;
 - вивантаження готової до використання суміші з бетонозмішувача.

9.3.13 Операцію рівномірної подачі фібр у працюючий змішувач здійснюють за допомогою технологічних пристроїв, наприклад, вібросита з напрямним лотком, встановлених над бетонозмішувачем. Фібру, яка зважена на заміс, поміщають на вібросито, за допомогою якого забезпечують безперервну і рівномірну подачу фібр у бетонозмішувач. Роботу вказаних пристроїв синхронізують із роботою бетонозмішувача і здійснюють з одного пульта управління.

9.3.14 При використанні автобетонозмішувача допускаються дві схеми отримання сталевібробетонної суміші.

За першою схемою автобетонозмішувач завантажують окремо сипкими складовими суміші при барабані, що обертається, а суміш готують під час руху або на об'єкті (на будівельному майданчику) з уведенням кількості води і хімічних добавок, що регламентуються, з бака автобетонозмішувача, забезпеченого водоміром. Приготування готової до використання суміші проводять не раніше ніж за 5 хв до її вивантаження. Завантаження сипких компонентів суміші в автобетонозмішувач здійснюють у наступній послідовності: щебінь, пісок, цемент, фібра. Завантаження фібри проводять рівномірно за 3-4 прийоми через проміжки часу 1-1,5 хв (при барабані змішувача, що обертається).

За другою схемою автобетонозмішувач завантажують готовою бетонною сумішшю (або бетонну суміш готують безпосередньо в автобетонозмішувачі) і перед вивантаженням у барабан, що обертається, з готовою бетонною сумішшю подають рівномірним потоком віддозовану порцію фібр з дотриманням умов подачі, вказаних у цьому пункті.

9.3.15 Сталевібробетонні суміші повинні бути прийняті технічним контролем підприємства-виробника за вказаними показниками їх якості в цьому стандарті. Приймання суміші проводять партіями. Склад (об'єм) партії встановлюють згідно з 2.1 ГОСТ 18105.

9.3.16 Відповідність показників якості сумішей бетонних за нормованими показниками, вказаними в стандартах або технічних умовах на суміші бетонні конкретних видів, і вимоги технологічній документації встановлюють за даними вхідного операційного і приймального контролю. Вхідний контроль – визначення якості матеріалів, що використовуються для приготування бетону (в'язуче, заповнювачі, фібра, добавки тощо).

Операційний контроль – визначення легкоукладальності бетонної суміші за методикою ГОСТ 10181.

Приймальний контроль, у тому числі:

- приймально-здавальний – визначення міцності і щільності бетону при розпалубленні; середня міцність у віці 28 діб (клас бетону) і густина бетону в цьому віці за методикою ГОСТ 10180;
- періодичні випробування – визначення водонепроникності згідно з ГОСТ 12730.5, водопоглинання – ГОСТ 12730.3, морозостійкості – ДСТУ Б.В.2.7-47, стирання згідно з ГОСТ 13087 у випадку необхідності.

9.3.17 Фібри, призначені для приготування сталевібробетонної суміші, приймають партіями. Кожна партія повинна складатися з фібр однієї марки, виготовлених із вихідного матеріалу одного

класу міцності. Об'єм партії встановлює підприємство-виготовлювач за погодженням із замовником.

9.3.18 Партія фібр повинна супроводжуватися документом про якість, що засвідчує відповідність фібр вимогам цього документа, нормативних документів, затверджених в установленому порядку. В документі про якість, що оформляється підприємством-виробником фібр, вказують дані за результатами всіх видів контролю згідно з [1].

9.3.19 При вхідному контролі якості фібр на підприємстві-виготовлювачі сталефібробетонної суміші для огляду і обміру від партії відбирають не менше 20 фібр. Поперечні розміри фібри вимірюють мікрометром, її довжину – масштабною лінійкою.

9.3.20 При приготуванні сталефібробетонної суміші похибка дозування компонентів суміші за масою не повинна перевищувати: $\pm 1\%$ – для в'язучого, води, добавок; $\pm 2\%$ – для заповнювачів; $\pm 1\%$ – для фібр.

9.3.21 Показники рухливості готової до використання сталефібробетонної суміші слід приймати за марками відповідно до вимог технології виготовлення конструкцій або зведення споруди.

9.3.22 На стадії відпрацювання технологічних режимів і в процесі виконання робіт слід визначати показники однорідності (рівномірності) розподілу фібр в об'ємі суміші (коефіцієнт однорідності K_o) і коефіцієнт розшарування суміші компонентів бетону з фібрами K_p .

Коефіцієнт K_o в кожній пробі не повинен виходити за межі: $1,1 \leq K_o \leq 0,9$.

Значення коефіцієнта K_p повинно бути не менше 0,85. Значення K_o і K_p слід визначати за 9.3.28 і 9.3.30 відповідно.

9.3.23 Середня густина готової до використання сталефібробетонної суміші повинна бути не нижче:

2400 кг/м³ – для важкого бетону;

2250 кг/м³ – для дрібнозернистого бетону.

9.3.24 Періодичність визначення виробником морозостійкості і водонепроникності сталефібробетону встановлюють у відповідності з вимогами ДСТУ Б.В.2.7-43 і не рідше одного разу на шість місяців.

9.3.25 Кожна партія сталефібробетонної суміші, прийнята технічним контролем виробника, повинна супроводжуватися документом про якість цієї суміші, при цьому зміст і форма документа повинні відповідати ДСТУ Б.В.2.7-96 (ГОСТ 7473) з додатковими відомостями про якість фібри.

9.3.26 Відповідність вигляду, якості і дозування вихідних матеріалів вимогам цього документа, а також карті виробництва та контролю якості перевіряється в умовах виробництва і будівельного майданчика у відповідності з чинними нормативними документами.

9.3.27 Відбір проб сталефібробетонної суміші проводять у відповідності з вимогами ГОСТ 10180, ГОСТ 10181, ГОСТ 18105. При цьому мінімальний об'єм проби $V_{пр}$ для контрольних випробувань сталефібробетонної суміші з метою визначення однорідності розподілу фібр в її об'ємі і показника розшарування встановлюють залежно від геометричних параметрів фібр, що використовуються, і об'ємного їх вмісту за формулами:

$$V_{пр} \geq 2 \times 10^5 \times \frac{l_f \times d_f^2}{\mu_{fv}}, \quad (9.1)$$

де l_f , d_f , μ_{fv} – довжина, діаметр фібр і коефіцієнт фібрового армування за об'ємом в %.

Слід також дотримуватися умови:

$$\sqrt[3]{V_{пр}} \geq 2,5 l_f. \quad (9.2)$$

9.3.28 Для контролю однорідності складу суміші (рівномірності розподілу фібр в її об'ємі) на стадії підбору складу суміші, а також на стадії відпрацювання режимів її приготування з різних частин замісу цієї суміші на місці її приготування відбирають не менше 10 проб з подальшим їх відмиванням і визначенням кількості фібр у кожній пробі.

Відмивання фібр, їх висушування і зважування виконують аналогічно з методикою 3.1.5 ГОСТ 10181. Після відмивання проб водою, вилучення з них фібр, їх висушування і зважування слід визначити значення коефіцієнта K_o однорідності для цієї суміші:

$$K_o = \frac{m_{f,p}}{m_f} = \frac{V_{np} \mu_{fv} \rho_{st}}{m_f}, \quad (9.3)$$

де V_{np} – об'єм сталевібробетонної суміші в кожній пробі;

μ_{fv} – задане (проектне) значення коефіцієнта фібрового армування за об'ємом;

ρ_{st} – густина сталі;

$m_{f,p}$, m_f – маса фібр, що регламентується і виявлена в об'ємі суміші кожної з проб відповідно.

9.3.29 Контрольовані режими ущільнення проб сталевібробетонної суміші визначають відповідно до тих, що призначаються режимами ущільнення збірних виробів або монолітних конструкцій на об'єкті при виконанні робіт. Останні задаються будівельною організацією, що здійснює ці роботи, і потім уточнюються спільно виробником суміші і її споживачем.

9.3.30 Для визначення коефіцієнта розшарування K_p з суміші виготовляють куб із стороною ребра 15 см. Ущільнення суміші здійснюють з урахуванням 3.1.2 ГОСТ 10181. До моменту тужавлення ущільненого бетону форма куба розкривається. В подальшому куб розділяється на дві рівні частини – верхню і нижню, кожна з яких відмивається, з них (наприклад, за допомогою магніту) витягуються фібри і зважуються.

Коефіцієнт розшарування визначають за формулою:

$$K_p = \frac{P_{tot}}{2P_{bot}}, \quad (9.4)$$

де P_{tot} – загальна маса фібр у зразку;

P_{bot} – маса фібр у нижній половині зразка.

9.3.31 Для визначення, за спеціальною вимогою, відповідності міцності вихідного бетону (без фібр) проектному класу за міцністю на стиск із замісів бетонної суміші без фібр, приготованих відповідно до режимів приготування сталевібробетону, відбирають проби для проведення випробувань.

Випробування на міцність вихідного бетону слід проводити згідно з ГОСТ 10180 і ГОСТ 18105.

10 КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ СТАЛЕФІВРОБЕТОНУ

10.1 Виробничий контроль міцності сталевібробетону, як правило, слід здійснювати на підприємстві-виготовлювачі сталевібробетонної суміші і на будівельному майданчику при зведенні сталевібробетонних конструкцій і споруд.

10.2 Контролю підлягають показники сталевібробетону за міцністю на стиск і на осьовий розтяг у проектному віці.

10.3 Контроль міцності сталевібробетону, а при об'єднанні вихідного бетону, за контрольними зразками повинен здійснюватися згідно з ГОСТ 18105 і ГОСТ 10180.

10.4 Контрольні зразки для визначення властивостей сталевібробетону повинні мати розміри не менше: куби – $150 \times 150 \times 150$ мм; призми – $150 \times 150 \times 600$ мм.

10.5 Контроль міцності на стиск сталевібробетону в зведених конструкціях або спорудах допускається проводити механічними методами неруйнівного контролю згідно з вимогами ГОСТ 18105 і ГОСТ 22690.

10.6 Вихідний бетон-матриця підлягає контролю тільки за міцністю на стиск, якщо цей показник був вказаний у проектній документації.

10.7 На підприємстві-виготовлювачі здійснюється контроль міцності сталевібробетону і вихідного бетону-матриці.

На будівельному майданчику при зведенні конструкцій і споруд контролюється тільки рухливість сталефібробетонної суміші і міцність сталефібробетону.

10.8 Морозостійкість сталефібробетону визначається згідно з ДСТУ Б.В.2.7-47 на контрольних зразках розміром не менше 100 × 100 × 100 мм.

10.9 Водонепроникність сталефібробетону визначається згідно з ГОСТ 12730.5.

10.10 Стираність сталефібробетону визначається згідно з ГОСТ 13087.

11 ТРАНСПОРТУВАННЯ СТАЛЕФІБРОБЕТОНОЇ СУМІШІ

11.1 Транспортування сталефібробетонної суміші при монолітному будівництві необхідно здійснювати з дотриманням вимог СНиП 3.03.01.

11.2 У цілях отримання сталефібробетону однорідного складу транспортування суміші рекомендується проводити в автобетонозмішувачах. При цьому рухливість сталефібробетонної суміші на портландцементі з мінеральними добавками і без них повинна бути не менше 5-8 см осідання конуса, сумішей на напружуваному цементі – не менше 10-12 см.

11.3 У разі приготування суміші в стаціонарних змішувачах транспортування суміші проводять автобетоновозами і автомобілями – самоскидами. Кузови самоскидів повинні бути водонепроникними, мати справні затвори і пристосування для укриття суміші від висихання або зволоження. Після кожного рейса кузови повинні промиватися водою.

11.4 За температури повітря більше 25 °С і в районах із сухим і жарким кліматом транспортування суміші слід проводити в автобетонозмішувачах; транспортування в самоскидах дозволяється проводити тільки в нічний час.

11.5 Транспортування автосамоскидами допускається тільки за технічного обґрунтування з дотриманням відповідних вимог.

ДОДАТОК А
(обов'язковий)

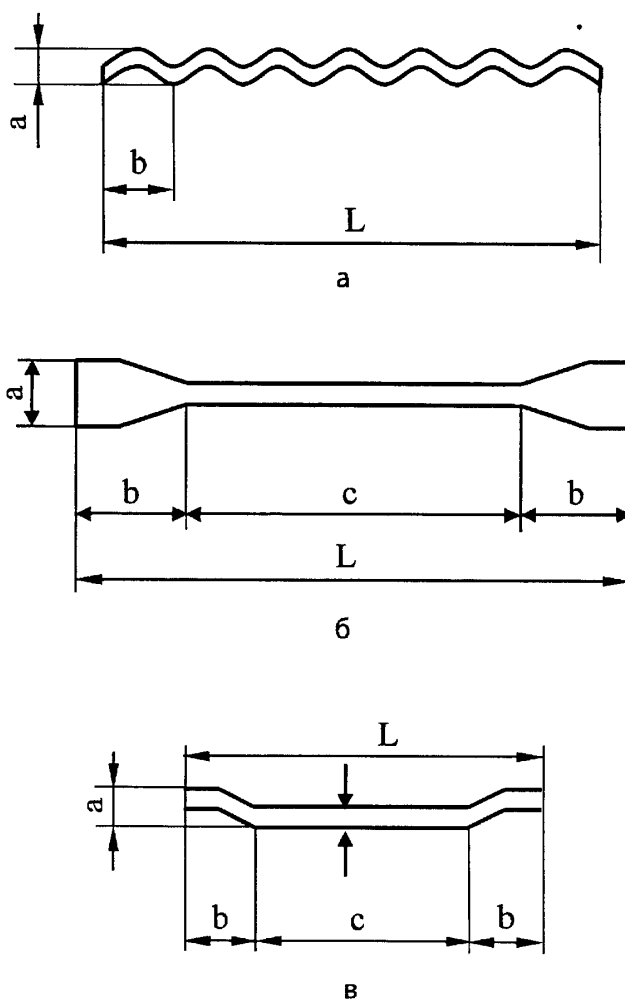
ВИМОГИ ДО СТАЛЕВОЇ ФІБРИ ДЛЯ СТАЛЕФІБРОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

А.1 Технічні вимоги

А.1.1 Для армування сталевібробетонних конструкцій слід застосовувати сталеву фібру, що виготовляється зі сталевого дроту. За конструкцією фібра має бути прямою П, хвилеподібною Х, з плющеними кінцями ПЛ і з загнутими кінцями З. Фібра виготовляється без покриття або оцинкована Ц.

А.1.2 Конструкція фібри хвилеподібної з плющеними кінцями і загнутими кінцями наведена на рисунку А.1. Прямая фібра представляє собою прямий відрізок дроту.

А.1.3 Геометричні розміри фібри повинні відповідати наведеним у таблиці А.1.



а – хвилеподібна, б – із плющеними кінцями, в – із загнутими кінцями

Рисунок А.1 – Конструкція фібри

Таблиця А.1

Тип фібри	Діаметр фібри d, мм		Довжина фібри L, мм		Геометричні розміри, мм		
	номіналь-ний	граничний відхил	номінальна	граничний відхил	a	b	c
Фібра пряма	1,00	±0,10	50,0	±5,0	—	—	—
Фібра із плуцценими кінцями	0,60	±0,06	30,0	±2,0	1,2 ±0,3	5,0 ±1,0	20,0 ±1,0
	0,70	±0,07			1,3 ±0,3		
	0,80	±0,08	50,0	±3,0	1,6 ±0,1		40,0 ±2,0
	0,85	±0,05	50,0	±3,0	1,7 ±0,3		
	1,00	±0,10	50,0	±3,0	2,0 ±0,3		
Фібра із загнутими кінцями	0,50	±0,05	30,0	±3,0	2,7 ±0,5	5,0 ±1,0	20,0 ±1,0
	0,55	±0,05			2,8 ±0,5		
	0,60	±0,06			2,8 ±0,5		
	0,80	±0,08			3,0 ±0,5		
	0,55	±0,06	35,0	±3,0	2,8 ±0,5		25,0 ±1,0
	0,70	±0,07	50,0	±5,0	2,8 ±0,5		40,0 ±2,0
	0,80	±0,08			2,9 ±0,5		
	1,00	±0,10	50,0	±5,0	3,1 ±0,5		50,0 ±2,0
	0,70	±0,07	60,0	±6,0	2,8 ±0,5		
	0,75	±0,05	60,0	±5,0	2,9 ±0,5		
	0,80	±0,08	60,0	±6,0	2,9 ±0,5		
	0,85	±0,08	60,0	±5,0	2,9 ±0,5		
	0,90	±0,09	60,0	±6,0	3,1 ±0,5		
	1,00	±0,10	60,0	±6,0			
Фібра хвиле-подібна	0,85	±0,05	55,0	±2,5	2,1 ^{+0,3} ₀	8,0 ±1,0	—
	1,00	±0,10	50,0	±5,0	2,0 ^{+0,6} ₀		
	1,05	±0,05	60,0	±5,0			
	1,20	±0,12	60,0	±6,0			

А.1.4 Тимчасовий опір хвилеподібної фібри повинен бути не менше 800 Н/мм², а для решти типів – не менше 1000 Н/мм².

Модуль пружності всіх типів фібри повинен бути не менше 190000 МПа.

А.1.5 Сталевий дріт для фібри повинен виготовлятися з катанки згідно з ДСТУ 2770 та іншою нормативною документацією.

Хімічний склад катанки для виготовлення фібри повинен відповідати таким нормам:

C – не більше 0,23 %; S – не більше 0,056 %; Mn – не більше 0,65 %;

P – не більше 0,046 %; Si – не більше 0,30 %.

Дріт для фібри має виготовлятися з катанки, поверхня якої хімічним способом відчищена від окалини. Крім того, на поверхні катанки не повинно бути залишків кислоти та інших забруднюючих речовин. Дріт для фібри може виготовлятися з катанки без хімічного травлення, але в цьому випадку катанка повинна бути відчищена у спеціальному пристрої з застосуванням емульсії з поверхнево-активними речовинами.

Діаметр і технічні параметри дроту для виготовлення фібри повинні відповідати вимогам, що наведені у таблиці А.2.

Дріт для виготовлення фібри повинен мати тимчасовий опір не менше 1000 Н/мм² і витримувати не менше двох перегинів на 90°.

Таблиця А.2

Діаметр, мм		Поверхнева густина цинкового покриття не менше, г/м ²
номінальний	граничний відхил	
0,50	±0,05	10
0,55	±0,05	
	±0,06	
0,60	±0,06	15
0,70	±0,07	
0,75	±0,05	
0,80	±0,08	
0,85	±0,05	
	±0,08	
0,90	±0,09	
1,00	±0,10	17
1,05	±0,05	
1,20	±0,12	20

А.1.6 На поверхні дроту і фібри не повинно бути мастил, води та інших забруднень. Залишкова кількість технологічного мастила на поверхні дроту та фібри не може перевищувати 1,5 г/м².

А.2 Правила приймання

А.2.1 Фібру слід приймати партіями. Кожна з партій фібри повинна складатися з фібри одного типу, розміру і супроводжуватися одним документом з якості.

А.2.2 При прийманні фібру слід перевіряти на відповідність конструкції, геометричним розмірам і значенням тимчасового опору. Значення тимчасового опору слід визначати за результатами випробувань дроту для виготовлення фібри.

А.2.3 Тимчасовий опір дроту для виготовлення фібри, поверхневу густину цинкового покриття, випробування на перегин слід виконувати при вхідному контролі дроту.

А.3 Методи випробувань

А.3.1 Конструкцію фібри слід визначати візуально.

А.3.2 Діаметр дроту для виготовлення фібри слід вимірювати мікрометром у двох взаємно перпендикулярних площинах із точністю до 0,01 мм.

А.3.3 Геометричні розміри фібри слід вимірювати штангенциркулем згідно з ГОСТ 166 або мікрометром згідно з ГОСТ 6507.

А.3.4 Тимчасовий опір дроту для виготовлення фібри слід визначати згідно з ГОСТ 10446. Тимчасовий опір фібри дозволяється визначати за випробуваннями дроту.

А.3.5 Випробування дроту на перегин слід проводити згідно з ГОСТ 1579 навколо стержня діаметром 3,18 мм на кут 90°. При цьому зразок дроту не повинен руйнуватися або мати тріщини, які видно без застосування оптичних приладів.

А.3.6 Вхідний контроль якості катанки слід проводити згідно з ГОСТ 24297.

А.4 Пакування

А.4.1 При пакуванні фібри у картонні коробки необхідно забезпечити орієнтоване укладання.

ДОДАТОК Б
(довідковий)

БІБЛІОГРАФІЯ

- 1 ТУ У В.2.7-28.7-00191046-015:2007 Фібра із сталевого дроту.
- 2 Рекомендации по применению арматурного проката по ДСТУ 3760-98 при проектировании и изготовлении железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры (Рекомендації з застосування арматурного прокату згідно з ДСТУ 3760-98 при проектуванні і виготовленні залізобетонних конструкцій без попереднього напруження арматури), Технічний комітет з стандартизації "Арматура для залізобетонних конструкцій", Київ, 2002.

Код УКНД 91.080.40

Ключові слова: фібра, проектування, сталевібробетонні конструкції, коефіцієнт фібрового армування.

Редактор – А.О.Луковська
Комп'ютерна верстка – В.Б.Чукашкіна

Формат 60x84¹/₈. Папір офсетний. Гарнітура "Arial".
Друк офсетний.

Державне підприємство "Укрархбудінформ".
вул. М. Кривоноса, 2А, корп. 3, м. Київ-37, 03037, Україна.
Тел. 249-36-62

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців
ДК № 690 від 27.11.2001 р.