

Державний університет "Львівська політехніка"

На правах рукопису

УДК 624.012.035:693.564

Маурак Андрій Васильович

**Міцність попередньо напружених сталобетонних балок
в зоні дії поперечних сил**

05.23.01 - Будівельні конструкції, будівлі та споруди

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів - 1996

№ 36.287

Дисертацією є рукопис
Робота виконана у Державному
"Львівська політехнічна"
Науковий керівник -

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00743822 (Q)

доктор технічних наук,
професор **Клименко Ф.Є.**
канд. техн.наук,
доцент **Варабаш В.М.**

Науковий консультант-

Офіційні опоненти -

1. Доктор технічних наук, професор **Вабич Е.М.**
2. Кандидат технічних наук, доцент **Ониськів В.М.**

Провідна організація -

Український державний інститут по проектуванню
м'ясної і молочної промисловості

"УКРДІПРОМ'ЯСОМОЛПРОМ" (м.Київ)

Захист відбудеться 26 12 1996 року о 14 годині
на засіданні спеціалізованої вченої ради К 04.06.05 у Державному
університеті "Львівська політехніка" (290646,
Львів-13, вул.Карпінського, 6, ауд.207, корп. 2).

Відгуки на автореферат у двох примірниках, завірені печаткою,
просимо надсилати на адресу: 290646, Львів-13, вул.
С.Бандери,12, Державний університет "Львівська політехніка",
вченому секретарю ради К 04.06.05.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Державного
університету "Львівська політехніка" (вул.Професорська,1)

Автореферат розісланий 23 11 1996 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н., доцент

Пелешко І.Д.

Загальна характеристика роботи

Актуальність теми. В силу невирішеності питання опору залізобетонних елементів дії поперечних сил в сучасній проєктній практиці використовуються наближені методи розрахунку, що в умовах ринкових відносин, коли реально оцінюються всі вартісні показники і складові конструкцій, призводить в одних випадках до перевитрати матеріалів і ускладнення армування, а в інших до недостатньої надійності конструкцій. Опір сталобетонних балок із зовнішнім армуванням дії поперечних сил практично взагалі не вивчений. Викладене вище визначає актуальність теми дисертаційної роботи і дозволяє класифікувати опір залізобетонних елементів, армованих попередньо-напруженою стрічковою арматурою дії поперечних сил, як наукову проблему, що має народногосподарське значення.

Об'єкт досліджень - ефективні попередньо-напружені сталобетонні балочні елементи, армовані зовнішньою стрічковою гладкою і періодичного профілю арматурою.

Ціль роботи - полягає у дослідженні, створенні методики розрахунку та впровадженні ефективних сталобетонних конструкцій пониженої матеріаломісткості.

Методологія досліджень - експериментальні та теоретичні дослідження натурних зразків а математичним моделюванням.

Наукову новизну роботи складають:

- розробка і дослідження ефективного конструктивного рішення попередньо-напруженого сталобетонного елемента;
- вперше отримані експериментальні дані про напружено-деформований стан сталобетонного елемента в зоні дії поперечних сил;
- вдосконалена і розширена методика розрахунку попе-

редньо-напружених сталобетонних елементів;

- пропозиції до математичної моделі напружено-деформованого стану сталобетонного елемента в зоні дії поперечних сил.

Практична цінність роботи:

- доведена можливість забезпечення необхідних міцнісних та інших параметрів поклик перерізів сталобетонних балок за допомогою поперечного армування.

- підтвержена можливість використання нормативної літератури, що діє для традиційних залізобетонних конструкцій, при розрахунку і конструюванні попередньо-напружених сталобетонних балок з врахуванням пропозицій даної роботи.

- розроблена методика, алгоритм і програма розрахунку на ПЕОМ сталобетонних попередньо-напружених елементів з врахуванням реальних діаграм "σ-ε" бетону і арматури.

- розроблені реальні сталобетонні балки.

Достовірність результатів підтверджується показниками співставлення дослідних результатів і теоретичних розрахунків.

Результати досліджень знайшли застосування при проектуванні і розробці сталобетонних балок з стрічковим армуванням зниженої металомісткості для покрівель виробничих і цивільних сільськогосподарських будівель (робота виконана на замовлення Мінсільгосппроду України дозовір N-6-6 від 2 січня 1993 р.).

Апробація роботи. Основні положення дисертації доповідались і обговорювались на міжнародній науково-практичній конференції "Удосконалення будівельних матеріалів, технологій і методів розрахунку конструкцій у нових економічних умо-

вак" м.Суми 1994; на міжнародній науково-технічній конференції "Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди" м.Рівне, 1996 р.; на наукових конференціях професорсько-викладацького складу Львівського Державного Аграрного університету за період 1993-1996 рр.

Обсяг роботи. Робота складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаної літератури та двох додатків. В роботі 199 сторінок, в тому числі 168 основного тексту, 36 рисунків, 12 таблиць.

Зміст роботи
У першому розділі дано аналіз сучасного рівня розвитку сталобетонних елементів. Особлива увага приділена розвитку сталобетонних конструкцій в Україні. Зокрема в ДУ "Львівська політехніка" під керівництвом професора, д.т.н. Клименка Ф.Є. проведені і проводяться дослідження по вивченню даної проблеми.

Розрахунок міцності залізобетонних елементів при дії поперечних сил розвивається в часу експериментальних досліджень залізобетону. Починаючи з класичних підходів (методу "фермової аналогії") через запроваджені методи граничної рівноваги в розрахунку похилих перетинів (С.С.Боришанський, А.А.Гвоздев), вчені підійшли до сучасних методів граничної рівноваги (А.С.Залесов, Ю.А.Клімов, Б.М.Ониськів та ін.) та інших методів, що базуються на певних математичних припущеннях з використанням ЕОМ.

Проте, незважаючи на численні дослідження, побудовані на їх основі методи, що використовуються для розрахунку залізобетонних конструкцій за похилими перерізами, залишаються недосконалими. потребують уточнення. Ще в більшій мірі це

стосується сталобетонних елементів, тому що міцність похилих перерізів попередньо напружених сталобетонних балок взагалі не досліджувалась.

У другому розділі поданий опис експериментальних досліджень сталобетонних балок із зовнішнім стрічковим армуванням.

Відповідно до поставлених завдань роботи запроєктовано і виготовлено три серії зразків, що охоплювали 10 балок. З них дев'ять сталобетонні, в тому числі сім - попередньо напружених і дві звичайних та попередньо напружена залізобетонна балка із стержневим армуванням. Всі вони виготовлялись з важкого бетону, з розмірами перерізу 135x270 мм, довжиною 3м (рис.1).

Робочою розтягнутою арматурою слугували: стрічкова попередньо напружена із сталі марки 16Г2АФ перерізом 4x120 мм, а також стержнева $\Phi 8$ і $\Phi 16$ А-III. Стиснута арматура застосовувалася двох типів: попередньо напружена $\Phi 12$ А-III_в і ненапружена $\Phi 10$ і $\Phi 14$ А-III. Поперечна арматура $\Phi 6$ А-І встановлювалась з кроком 120 мм.

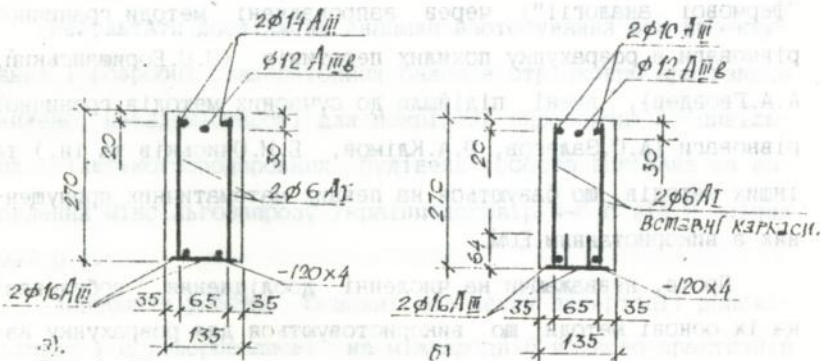


Рис.1. Принципові схеми армування сталобетонних елементів:

а) поширеного використання; б) підвищеної технологічності.

нижньої арматури коливалися в межах $2\pm 3\%$, а також сумарне подовжене армування складало $2.73\pm 3.75\%$.

Стержні поперечної арматури, короткі анкерні стержні приварювались в тавр до стрічкової арматури напівавтоматичним зварюванням під шаром флюсу. Вони розміщувались в шаховому порядку і служили одночасно поперечною арматурою та анкерами зовнішньої арматури в бетоні.

Бетон для дослідних зразків готувався на основі портландцементу Миколаївського цементного заводу, активністю 400, і мав щільну структуру.

Методика випробувань балочних конструкцій включала в себе дві стадії:

перша - обтиск зусиллям переднього напруження арматури з наступною її тривалою витримкою 100 діб (45 діб);

друга - випробування балок на згин короточасним прикладенням навантаження.

Робочий проліт дослідних балок складав 2.8 м. Зусилля прикладалось у вигляді двох зосереджених сил на відстанях 425-800 мм від опори балки, в залежності від запланованого плеча зрізу. Навантаження прикладали частками $\Delta F = 0.1F_{\max}$ (але не більше 9.8 кН) з витримкою після кожної ступені 30 хв. Деформації в стрічковій і стержневій арматурі, а також бетону зміряли в приопорній зоні та в зоні чистого згину з допомогою тензодатчиків і мікроіндикаторів. На поперечній арматурі деформації оцінювались за допомогою тензодатчиків, наклеєних на неї, та механічних приладів - мікроіндикаторів годинникового типу, що фіксувались на випусках, влаштованих до поперечної арматури з вільним переміщенням в бетоні. З метою одержання повнішої інформації по дослідному матеріалу,

при дослідженні балок в зоні дії поперечних сил і при руйнуванні однієї з сторін, на цю сторону балки одягали металеві хомути з рівновимими затяжками. Дослідивши роботу протилежної сторони балки, було отримано додаткову інформацію про міцність похилих перерізів.

У третьому розділі наведено результати аналізу напружено-деформованого стану дослідних балок, який базується на порівнянні результатів дослідів із значеннями, отриманими згідно СНиП 2.03.01-84.

Оцінка втрат попереднього напруження.

Зміни, що виникають у напружено-деформованому стані попередньо напружених сталобетонних елементів, можна умовно розділити на два етапи. На першому етапі в момент передачі зусиль з арматури на бетон (відпуск арматури) виникають деформації, викликані короткочасною дією навантаження. Другий етап характеризується довготривалим деформуванням бетону під дією зусиль попереднього напруження.

За змінами величини деформацій арматури і бетону при обтиску (чи перед випробуванням) балок, встановлюються втрати попереднього напруження арматури.

Робота елементів в зоні дії поперечних сил.

Аналіз теоретичних і експериментальних досліджень дозволяє виділити чотири основні стадії роботи сталобетонних елементів, які сприймають поперечні сили.

На початковій стадії роботи балок в матеріалах з'являються переважно пружні деформації. Слід відзначити, що деформації арматури і бетону, визначені експериментально, близькі до деформацій, отриманих теоретично, відповідно, з епоурою агинальних моментів.

До моменту утворення тріщин деформації, відповідно і напруження в поперечній арматурі під час експериментів залишались практично невідчутними.

При зростанні навантаження в зоні чистого агину утворюються перші нормальні тріщини, які поширюються по довжині балки аж до приопорної зони. Стадія утворення і розкриття нормальних тріщин супроводжувалась зростаючим приростом деформацій асуву. Розподіл деформацій в позовжній арматурі за характером близький до епюри агинальних моментів, проте амплітуда розходжень з появою тріщин зростає на 10-15%, що обумовлено наявністю нормальних тріщин та впливом прилеглого бетону. Поперечна арматура на даній стадії роботи пасивна. Аналіз розрахункових і дослідних моментів тріщиноутворення показує добру сходиність результатів в межах 1-15%.

Утворення і розвиток похилих тріщин приводить до значних якісних і кількісних змін, як у деформаціях елемента в цілому, так і його складових: бетону, позовжньої і поперечної арматури, зокрема. З розвитком похилих тріщин максимум деформацій бетону спостерігається у верхній частині балки, поблизу зосередженої сили. З появою і розкриттям похилих тріщин розрахункова епюра деформацій позовжньої арматури перестає відповідати епюрі агинальних моментів. Розвиток похилої тріщини в напрямку стиснутої і розтягнутої зон потягує за собою зміну деформованого стану поперечної арматури, що особливо відчутно у місцях їх перетину з косою тріщиною, де деформації досягають максимуму. Важливою особливістю в розвитку похилої тріщини є нерівномірний розподіл деформацій в хомутах по довжині балки.

Процес руйнування означимо моментом, коли елемент пе-

рестає чинити опір дії зовнішнього навантаження. Досвід практичного використання залізобетонних конструкцій і експериментів із сталобетонними балками, зокрема, підтверджують, що основною формою руйнування елементів при дії поперечних сил є дроблення бетону стиснутої зони над похилою тріщиною.

Основні напруження в поздовжній арматурі при руйнуванні, ні в одній з балок не досягли границі текучості, хоч були близькі до $(0.78+0.9)$ межі текучості.

Аналіз дослідних міцнісних характеристик балок і значень, обчислених за СНІП 2.01.01-84, дають результати з розходженням в межах близько 20%.

В четвертому розділі розглядається математичний апарат розрахунку і математична модель напружено-деформованого стану сталобетонних балок.

По довжині балка умовно ділиться на i ділянок, а по висоті поперечного перерізу на k елементарних шарів (рис.2). Зв'язок між напруженнями та відносними деформаціями бетону і арматури подавався у вигляді реальних діаграм "б-ε".

Дискретна форма опису сталобетонних балок, дала змогу при обчисленнях диференціювання замінювати методом кінцевих розбіжностей, а інтегрування-сумуванням по ділянках з послідовним наближенням результатів обчислень.

При цьому слід відзначити, що для кожного шару k бетону використовувалися свої січні модулі деформацій, які залежали від інтенсивності напружень в ньому. З появою тріщини, шари які вона перетнула, не враховували при визначенні геометричних характеристик. Тому, із зміною модуля деформацій бетону і арматури, змінювалися і інші параметри геометричних характеристик перерізів балок.

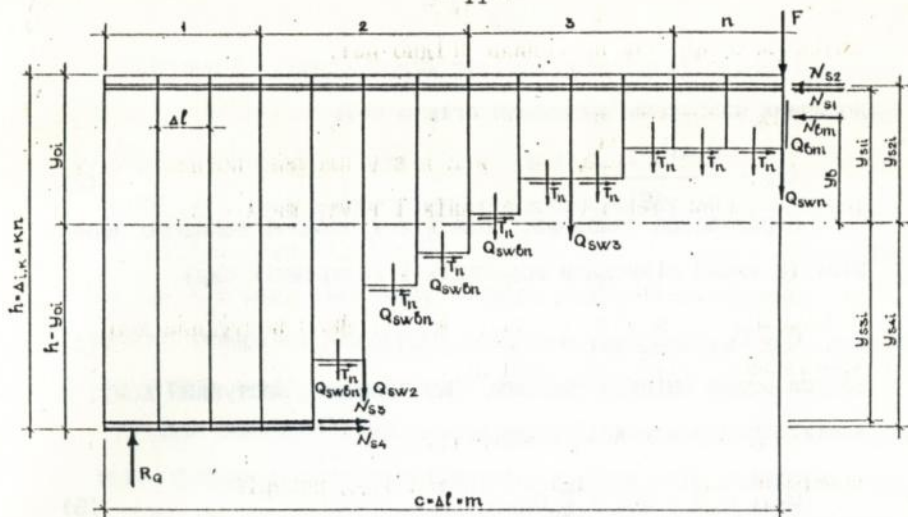


Рис.2. Розрахункова схема сталобетонного елемента після утворення тріщин.

Використовуючи відомі формули опору матеріалів, відносні деформації бетону по середині елементарного шару з врахуванням попереднього обтиску записувались:

$$\epsilon_{bik} = - \frac{P_i}{(EA)_i} \pm \frac{M_{pi} * y_{0k}}{(EI)_i} \pm \frac{M_1 * y_{0k}}{(EI)_i}, \quad (1)$$

аналогічно деформації для кожної арматури:

$$\epsilon_{sn1} = - \frac{P_i}{(EA)_i} \pm \frac{M_{pi} * y_{0sn}}{(EI)_i} \pm \frac{M_1 * y_{0sn}}{(EI)_i}, \quad (2)$$

де, $(EA)_i$ - приведена площа перерізу; $(EI)_i$ - приведений момент інерції поперечного перерізу елемента; y_{0k} - відстань від центру маси перерізу до центру маси елементарного шару k бетону; y_{0sn} - відстань від центру маси перерізу до центру маси кожної арматури.

Враховуючи відому залежність Журавського, визначення

дотичних напружень проводили згідно неї:

$$\tau_{ik} = \frac{Q_i \cdot (ES)_i}{b_{ik} \cdot (EI)_i}, \quad (3)$$

Вертикальна складова, яка діє у площині похилого перерізу (з умови рівноваги зовнішніх і внутрішніх сил):

$$Q - Q_{bi} - \sum_{i=n}^m Q_{swi} = 0, \quad (4)$$

звідси можна оцінити зусилля, що сприймає наступний хомут з врахуванням попередніх значень;

$$Q_{swi} = Q - Q_{bi} - \sum_{i=1}^{i-1} Q_{sw(i-1)}, \quad (5)$$

поперечна сила, яку сприймає бетон i -го перерізу

$$Q_{bi} = \sum_{k=1}^n (\tau_{ik} b_{ik} \Delta l) \quad (6)$$

поперечна сила, що сприймається поперечною арматурою:

$$Q_{swi} = \sigma_{swi} \cdot A_{swi}, \quad (7)$$

площу хомутів розділених по i ділянках балки можна виразити:

$$A_{swi} = \frac{n \cdot A_{sw} \cdot S_{wi}}{\Delta l}, \quad (8)$$

де, $(ES)_i$ - приведений статичний момент відповідної частини поперечного перерізу елемента; b_{ik} - ширина балки в перерізі i ; Δl - товщина шару балки в перерізі i .

Враховуючи той факт, що елемент завантажений зосередженою силою, під нею виникають місцеві напруження, розподіл яких оцінювали згідно з теорією пружності.

В основу опису деформативних властивостей бетону і арматури покладено залежності "б-ε", отримані для лінійного напруженого стану. Але в поперечних перерізах виникають нормальні b_x і дотичні τ напруження та напруження місцевого стиску b_y , тому в будь-якій точці балки має місце складний напружений стан.

Для того, щоб описати діаграми "б-ε" при складному напруженому стані в даній роботі прийнята за основу модель

ортотропного тіла. А щоб описати міцнісні характеристики стану в складному напруженому стані R_b' і R_{bt}'' , використовувались критерії подані Генієвим Г.А., Кісюком В.Н. та Тюпіним Г.А., які підтверджені експериментально:

$$F(I_{\sigma 1}, I_{d2}, I_{d3}) - 0 \quad (9)$$

де $I_{\sigma 1}$ - перший інваріант тензора головних напружень; I_{d2} - другий інваріант девіатора головних напружень; I_{d3} - третій інваріант девіатора головних напружень.

Для визначення напружено-деформованого стану балки на всіх стадіях роботи передбачалась оцінка всіх складових: попереднього напруження, процесів усадки і повзучості бетону, прикладення зовнішнього навантаження як окремих логічно послідовних і взаємопов'язаних факторів.

У п'ятому розділі проведено аналіз результатів розрахунку згідно з запропонованою моделю, а також результати числового експерименту.

Особливість запропонованої методики полягає в тому, що вона дозволяє оцінювати напружено-деформований стан балки, її арматури і бетону не тільки при напруженнях, що відповідають межі текучості як у СНиП 2.03.01.84, але характеризувати ці залежності на всьому діапазоні навантаження аж до межі міцності.

Розрахункові і дослідні значення зусиль руйнування підтверджують надійність розрахункової моделі. Розходження теоретичних і дослідних несучих здатностей у порівняльних варіантах складало - 0.2+7%. Запропонована методика розрахунку дозволила достатньо точно визначити момент тріщинотворення сталобетонних балок, розходження складало 2+5%. Розрахункові значення прогинів від зовнішнього навантаження при

аусиллях близьких до 0.7 $F_{ружн.}$ показали добру сходиність із дослідними значеннями.

Використання числового експерименту дозволило промоделювати і виявити основні закономірності роботи 54 сталобетонних елементів.

Для числового експерименту прийняті балки з такими основними параметрами, що і в натурному експерименті.

Результати числового експерименту дали можливість виявити такі закономірності роботи. Несуча здатність балок при зменшенні довжини прольоту зростає. При цьому інтенсивне зростання спостерігається лише в інтервалах (1.5+2.5)с/н. На несучу здатність сталобетонних балок впливає кількість позовжнього армування. При збільшенні відсотку позовжнього армування несуча здатність виростає. Несуча здатність сталобетонного елемента, як показує числовий експеримент залежить від міцності бетону. Із збільшенням міцності бетону виростає несуча здатність конструкції, що особливо відчутно на елементах з малим плечем зрізу, при малій кількості поперечної арматури.

Висновки

1. Проведені експериментальні дослідження, а також теоретико-математичний прогноз підтверджують доцільність використання стрічкової арматури у сталобетонних конструкціях, дають можливість реально оцінити напружено-деформований стан сталобетонних конструкцій в зоні дії поперечних сил на всіх стадіях роботи аж до руйнування.

2. Запропонована методика дозволила достатньо точно визначити і оцінити міцнісні і деформативні характеристики сталобетонних елементів в зоні дії поперечних сил в процесі

випробувань сталобетонних балок з гладкою і періодичного профілю стрічковою арматурою та оцінити втрати попереднього напруження арматури.

3. Прийнята методика випробувань і обладнання балок вимірювальними приладами, дозволила досить повно і ефективно описати роботу елементів в зоні дії поперечних сил.

4. Дослідно підтверджено теоретичні припущення, що робота попередньо напруженої стрічкової арматури періодичного профілю і гладкої арматури з упором в зоні дії поперечних сил, аналогічна.

5. Експериментально встановлено нерівномірний розподіл напружень в поперечних стержнях, а також по довжині кожного поперечного стержня арматури.

6. Дослідно підтверджено вплив попереднього напруження в сталобетонних балках на міцність за похилими перетинами.

7. Розроблена математична модель сталобетонного елемента дозволила врахувати вплив фізичної нелінійності діаграм "б-ε" матеріалів на міцнісні і деформативні характеристики сталобетонних елементів, а також достатньо точно оцінити вплив усадки і повзучості бетону на загальний стан балки з врахуванням пружних і пластичних деформацій.

8. Розроблена математична модель і проведений числовий експеримент:

- відповідають роботі реальної балки;
- дозволяють порад із міцністю за похилими перерізами, визначити аусилля тріщиноутворення і руйнування, кривизну і прогини, розподіл напружень у поперечній і подовжній арматурі;
- передбачають оцінку напружено-деформованого стану в

будь-який момент часу в залежності від плеча зрізу; зусилля попереднього напруження; відсотку поздовжнього армування розтягнутою арматурою; міцності бетону;

- може використовуватись для розрахунку і перевірки втрат попереднього напруження, для визначення міцності, прогинів сталобетонних конструкцій, для варіантного проектування і вибору раціонального армування.

9. Проведений аналіз економічної ефективності натурних сталобетонних конструкцій, впроваджених в практику будівництва свідчить. При однаковій несучій здатності сталобетонних елементів, у порівнянні із залізобетонними, витрати арматури у попередньо напружених балках на 10+20% менші, при одночасній економії витрати бетону до 15%.

Основні положення і результати дисертаційної роботи опубліковані в таких працях:

1. Маурак А.В. Розрахунок попередньо напружених сталобетонних балок в зоні дії поперечних сил - Звітна конференція викладачів та аспірантів за результатами науково-дослідної роботи 1993 р. Теми доповідей. Львів 1994 с.239.
2. Маурак А.В., Боднарчук Б.І. Особливості роботи сталобетонних балок в зоні дії поперечних сил - Удосконалення будівельних матеріалів, технологій і методів розрахунку конструкцій у нових економічних умовах. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Суми 1994 р. - с.137.
3. Маурак А.В., Фамуляк Ю.Є. Вплив армування на несучу здатність попередньо напружених сталобетонних балок при дії поперечних сил - Проблеми агропромислового комплексу України. Теми наукової конференції ЛДСГІ Дубляни 1996 р. с.238.
4. Маурак А.В., Шинг Р.А., Волинець М.Е. Деформативність

сталебетонних балок в зоні дії поперечних сил - 25 років сталебетонних конструкцій з зовнішнім армуванням. Ювілейна науково-технічна конференція. Збірник матеріалів. Львів, 1996 с.100-103.

5. Фамуляк Ю.Є., Мазурак А.В., Волинець М.Е. Вплив жорстких анкерних зв'язків зовнішньої арматури сталебетонних балок на їх міцність і жорсткість - 25 років сталебетонних конструкцій з зовнішнім армуванням. Ювілейна науково-технічна конференція. Збірник матеріалів. Львів, 1996 с.109-112.

6. Клименко Ф.Є., Мазурак А.В., і інші. Економічна ефективність попередньо напружених сталебетонних балок прольотом 12м - 25 років сталебетонних конструкцій з зовнішнім армуванням. Ювілейна науково-технічна конференція. Збірник матеріалів. Львів, 1996 с.74-77.

7. Волинець М.Е., Мазурак А.В., Шустерук В.С. Дослідження роботи пакету арматур у сталебетонних балках з зовнішнім подосовим армуванням - Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції. Рівне, 1996 с.83.

Анотація

Мазурак А.В. Прочність попередньо напружених сталебетонних балок в зоні действия поперечных сил.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 - строительные конструкции, здания и сооружения. Государственный университет "Львовская политехника", Львов, 1996.

В работе изложены экспериментальные и теоретические исследования новых предварительно напряженных сталебетонных балок с внешним армированием в зоне действия поперечных сил.

Предложен метод оценки на ЕОМ их напряженно-деформированного состояния с учетом реальных диаграм деформирования "б-ε" бетона и арматуры. Осуществлено внедрение предложенных конструкций, обеспечивающее экономию общих затрат бетона до 15% стали 10+20% по сравнению с традиционными железобетонными конструкциями.

Annotation

Mazurak A.V. The strength of the prior-tensed steel-concrete beams in the cross-force area.

Thesis on the scientific research degree of the candidate of engineering sciences on the speciality 05.23.01-structural constructions, buildings and erections. The State University "Lviv Polytechnika", Lviv, 1996.

Experimental and theoretical investigations of new prior tensed steel-concrete beams with external reinforcement in the cross-force area are given in the work. The method of evaluation on the ЕОМ of their tense deformed state with the regard of real diagrams of deformation "σ-ε" concrete and reinforcement is proposed. The implementation of proposed constructions which provides the economy of overall losses of concrete up to 15% have become 10+20% comparatively with the traditional ferrow-concrete constructions has been made.

Ключові слова: сталобетон, стрічкова арматура, поперечна арматура, напружено-деформований стан, деформації, усадка, повзучість, міцність, математичне моделювання.

AP. 20.585

43417

Представлен метод расчета на ПК

с учетом влияния д

т.е. и прочность, осуществлено внедрение предложенных кон-
струкций, обе разновидности элементов были приняты в проект в 1971
году. В 1972 г. в сравнении с традиционными железобетонными
элементами.

Annotation

Содержит А.В. The strength of the precast
steel-concrete beams in the cross-force area.

Тезисы по теме: "Исследование прочностных свойств и
надежности железобетонных конструкций, выполненных по
методу "сталь-бетон". Специальность: "Строительная механика".
Институт строительной механики Академии наук СССР, Москва.
1972 г.

Экспериментальные и теоретические исследования проч-
ности стальных железобетонных балок с внешним
расположением стержней в зоне действия поперечной
силы. Методы оценки прочности и деформации балок
представлены в виде диаграмм зависимости деформации
от нагрузки. По результатам экспериментальных исследований
представлены диаграммы зависимости деформации от
нагрузки для стальных железобетонных балок с внешним
расположением стержней в зоне действия поперечной
силы. Методы оценки прочности и деформации балок
представлены в виде диаграмм зависимости деформации
от нагрузки.

Ключевые слова: железобетон, стальные конструкции, прочность
на изгиб, деформации, экспериментальные исследования, методы
оценки прочности, диаграммы зависимости деформации от нагрузки.

Handwritten signature or stamp at the bottom left of the page.