

- досягнення високих результатів при комбінованому використанні інтерактивних тренажерів з традиційним відпрацюванням на практиці.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Анохін П.К. *Физиологические аспекты теории функциональной системы: Избр. труды.* – Г.: Наука, 1978. – 400 с.
2. Ларик Т. *Реалізація методу вправ з використанням комп'ютерних тренажерів в умовах дистанційного навчання \ Information Technologies in Education for All* – Київ: МННЦІТС, 2006 – С. 81-84.
3. Матвієнко Р.М., Сав'юк Л.О. *Використання інформаційних технологій при проведенні лабораторних і практичних занять з технічних дисциплін \ Збірник праць Першої Міжнародної конференції „Information Technologies in Education for All”* – Київ: Академперіодика, 2006 – С. 415-420.
4. Веренич Е.В. *Методы и средства создания мультимедиаальных дистанционных курсов: Дис.канд.техн.наук.* – Киев, 2002. – Машинопись. – 250 с.
5. *Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті. Наказ Мінтрансу №43 від 10.02.98.*

УДК 629.012.035

*О.І. Башинський, к.т.н. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)
Т.Б. Боднарчук, к.т.н. (Львівський державний аграрний університет)*

АНАЛІЗ РОБОТИ СТАЛЕБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ДІЇ ВИСОКИХ ТЕМПЕРАТУР ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ВОГНЕСТІЙКОСТІ

Проаналізовано армування залізобетонних конструкцій у вигляді зовнішньої полосової арматури гладкого і періодичного профілю. Розглянуто роботу звичайних та попередньо напружених сталобетонних конструкцій під дією різних видів навантажень, в тому числі вогневих.

Сталобетонними називаються такі конструкції, у яких в розтягнутій, а іноді і в стиснутій зонах поперечного перерізу застосовується зовнішня звичайна або високоміцна напружена полосова арматура, що розташовується на гранях залізобетонного перерізу без захисного шару. Концентроване розміщення полосової арматури на зовнішніх гранях перерізу дозволяє зменшити масу або одержати економію сталі при однаковій висоті у тому ж проценті армування порівняно з залізобетонними конструкціями з стержневим армуванням. Застосування полосової арматури виключає необхідність її багаторядного розміщення по висоті перерізу, як в залізобетонних елементах, а це сприяє більш економному використанню арматури і значно спрощує укладку та ущільнення бетону. Відкрита з одного боку поверхня полосової арматури дає можливість легкого підсилення сталобетонних конструкцій, а також використання полосової арматури як закладних деталей та елементів опорних вузлів.

До недоліків сталобетонних конструкцій відносяться: відсутність спеціальної профільної полосової арматури, менша пожежостійкість та корозостійкість порівняно з залізобетонними конструкціями.

В останній час залізобетонні конструкції з зовнішнім полосовим, листовим армуванням та перекриття по сталевому профільному настилу знаходять застосування у багатоповерхових каркасних будівлях громадського, промислового та енергетичного призначення.

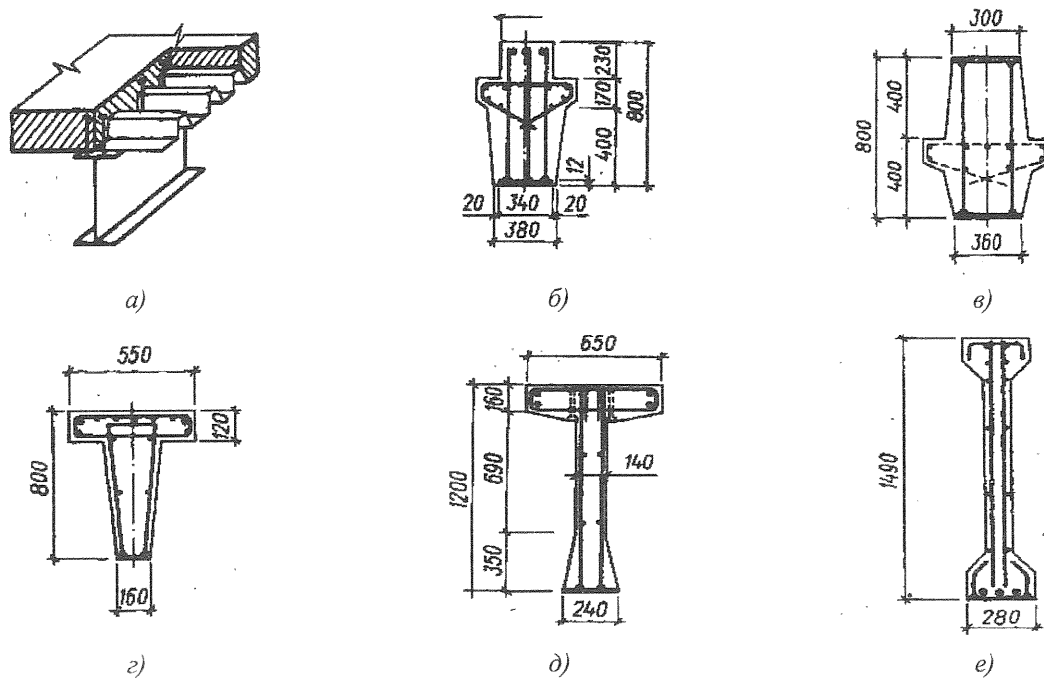


Рис. 1. Поперечні перерізи сталобетонних балок із зовнішнім армуванням:
 а) сталобетонні плити армовані профільованим сталевим листом;
 б), в) попередньо напружені ригелі з одиночним та подвійним полосовим армуванням 1-12.0 м;
 г), д) попередньо напружені підкранові балки прольотом 6.0, 12.0 м;
 е) попередньо напружена балка покриття прольотом 12.0 м.

Оскільки в сталобетонних конструкціях зовнішнє армування відкрите для різних впливів, то при пожежі воно скоро прогривається і конструкція руйнується. Тому для більш широкого впровадження таких конструкцій необхідно підвищити їх вогнестійкість. Застосування вогнезахисних покриттів типу ВПМ – 2 потребує великих трудозатрат і коштів, тому більш раціональним методом підвищення вогнестійкості є впровадження спеціальних конструктивних рішень.

Відомо, що нерозрізні конструкції мають більшу вогнестійкість в результаті перерозподілу зусиль в процесі пожежі. Вивчивши характер перерозподілу зусиль, можна проектувати конструкції з великою межею вогнестійкості. Ця ідея була покладена в основу великої серії випробувань [2].

Для дослідження використовувалися зразки – трьохпролітні сталобетонні балки з зовнішньою арматурою у вигляді профільованого сталевго настилу марки Н 80А-674-1.0 по ТУ67-452-82 шириною у дві хвилі, довжиною прольоту 2 м. Розміри зразків – 6,5*0,34*0,2 м та 5,5*0,34*0,14. Всього випробувано 10 зразків. Випробування проводилися на спеціальній установці з горизонтальною вогневою камерою, в якій створювався температурний режим «стандартної пожежі» згідно СТ СЕВ 1000-78. Дослідні зразки завантажувалися рівномірним розподіленим навантаженням 50 кН/м². В ході випробувань заміряли реакції крайніх опор, температуру в різних точках конструкції і вогневої камери, прогини посередині трьох прольотів і осадки чотирьох опор.

В ході випробувань було імітовано дію локальної пожежі, а також нерівномірне осідання опор нерозрізної конструкції, що часто трапляється в умовах реальної пожежі.

При дії на нерозрізну конструкцію навантаження і температури проходить перерозподіл зусиль, який можна характеризувати моментом на середніх опорах M_0 . Він збільшується до максимального значення через 15-20 хв. дії вогню зарахунок появи температурного моменту M_T . Зменшення M_0 при подальшому нагріванні обумовлюється зменшенням M_T за рахунок повзучості бетону і арматури при нагріванні.

Вже на 30 хвилині експерименту профільований настил в середині прольоту нагрівається вище 500°C і виходить з ладу, тому для більшої вогнестійкості потрібна додаткова стержнева арматура в прольоті, яка повинна розраховуватися на момент $M_{\text{пр}}-M_{\text{т}}$.

Досліди показали, що дія локальної пожежі викликає менші температурні моменти в сусідніх прольотах, це приводить до незначного зменшення прольотних моментів в процесі пожежі і ці прольоти руйнуються швидше. Через те локальні пожежі є більш небезпечні.

Нерозрізна конструкція дуже чутлива до нерівномірного осідання опор. Це підтвердив експеримент, при якому імітація осадки одної з середніх опор привела до різкого зменшення опорного моменту на другій середній опорі і руйнування в місці обриву верхньої надопорної арматури. Тому при конструюванні нерозрізних конструкцій необхідно уникати різких обривів по довжині верхньої робочої арматури.

Результати даних досліджень були перевірені при випробуванні фрагментів монолітних нерозрізних плит по профільованому настилу розмірами в плані $6,5*0,72*0,2$ м (всього 12 зразків) на одноразову дію навантаження 50 кН/м^2 і «стандартної пожежі». Висновки зроблені при випробуваннях балок повністю підтвердились.

На основі проведених експериментів розроблені рекомендації по проектуванню сталобетонних нерозрізних конструкцій з високою межею вогнестійкості (60-180 хв.) з використанням додаткового армування в прольотах і опорах. Такий шлях збільшення вогнестійкості приводить до значного зменшення трудозатрат і вартості робіт.

Застосування і надійність в експлуатації сталобетонних балок перекриття, ригелів, балок каркасних будівель потребувало наукового обґрунтування по їх розрахунку і конструюванні з вимог вогнестійкості.

З цією метою були проведені дослідження, які передбачали виготовлення і випробування на горизонтальній вогневій установці Науково-дослідного інституту бетону і залізобетону (м. Москва) шести серій однопролітних сталобетонних балок з зовнішньою полосовою арматурою періодичного профілю, а також дослідження впливу підвищених і високих температур на зміну фізико-механічних характеристик високоміцного бетону класу В40 і полосової арматури із сталі марки 12ХНЗА.

Дослідженнями встановлено, що в сталобетонних однопролітних балках втрата несучої здатності при вогневих випробуваннях по стандартній кривій пожежі проходить незалежно від наявності вогнезахисту зовнішнього армування по нормальному поперечному перерізу в зоні чистого згину в результаті дроблення бетону стиснутої зони.

Середнє значення межі вогнестійкості сталобетонних однопролітних балок без вогнезахисту зовнішнього армування складає 24 хв., а з вогнезахистом – 45 хв. Вогнезахисне покриття ОВПН-1 товщиною 5 мм в повітряно сухому стані сповільнює прогрів полосового армування до критичної температури $624...645^{\circ}\text{C}$, що відповідає моменту, досягнення межі вогнестійкості балок на 22 хв., або в 1,9 рази в порівнянні з балками без вогнезахисту.

Сталобетонні однопролітні балки з зовнішнім полосовим армуванням без вогнезахисту зовнішньої полосової арматури рекомендується у відповідності з вимогами ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» застосовувати в будівництві для елементів покриття в усіх будинках і спорудах крім I, II ступенів вогнестійкості і для несучих конструкцій перекриттів - в усіх будинках і спорудах крім I, II, III ступенів вогнестійкості.

Дослідження прокатної полосової арматури періодичного та гладкого профілю виконувалося під час випробування звичайних та попередньо напружених балок з розмірами поперечного перерізу $100*200$, $120*240$ та довжиною 2300 мм. Робоча арматура – полосова сталь марки 16Г2АФ з нормативним опором $R_{\text{sn}}=470$ МПа, міцність бетону $R_{\text{b}} = 35,0-45,0$ МПа. Для порівняння виготовлялись як сталобетонні балки з зовнішньою арматурою, так і залізобетонні з стержневим армуванням. Конструктивне рішення балок та схема випробування подані на рис. 2.

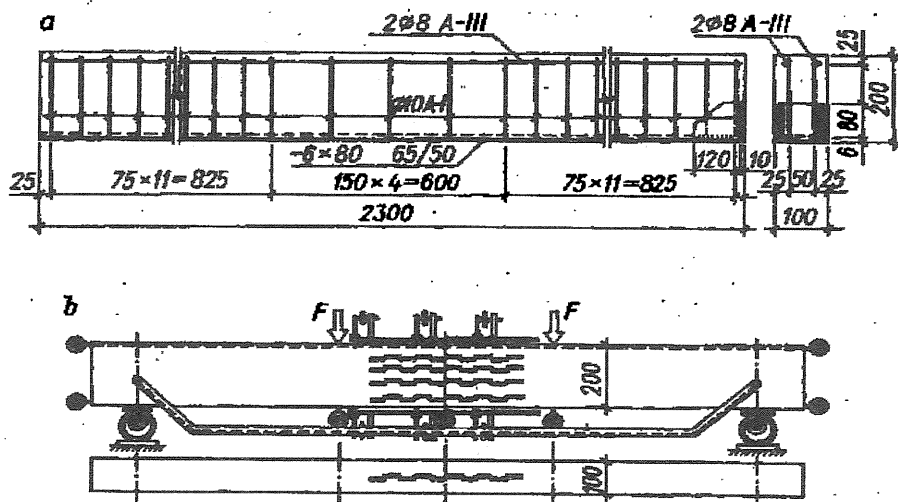


Рис. 2. Взірці дослідних сталобетонних балок:
 а) арматурний каркас з напруженою полосовою арматурою;
 б) схема випробування взірців з розставленими приладами.

Контроль за напруженням зчеплення під час дослідження балок проводився за допомогою тензодатчиків, які наклеювалися по довжині полосової арматури з інтервалом 120 мм. Дослідна величина зусилля зчеплення визначалась по різниці найбільших внутрішніх зусиль в сусідніх перерізах полосової арматури балки, в основу яких прийняті деформації сталі.

Одночасно вивчалися міцність та деформативність попередньо напружених сталобетонних балок з прокатною полосовою арматурою періодичного профілю з врахуванням витрат напруження при обтиску, від усадки та повзучості бетону.

Дослідження моделей, дозволили розробити попередньо напружену сталобетонну балку для покриття прольотом 18,0 м. В основу проектування сталобетонної балки прийнята типова залізобетонна попередньо напружена балка покрівлі БНС-18-і. для конструкції сталобетонних балок БНД-18-4 поперечна арматура стиснутої зони і розміри перерізів прийняті без змін. Виключення становить армування розтягнутої зони, яке виконувалося в виді пакета із поздовжньої полосової арматури перерізом 12x200 мм (сталь класу С 70/60) з нормативним опором $E_p=600$ МПа і три стержні діаметром 22 мм класу А-IV, Конструктивні розміри та армування балок показані на рис. 2.

Розрахункова несуча здатність сталобетонної балки становить $M_p=2230$ кНм. Згинальний момент, що відповідає найбільшому значенню навантаження в процесі випробування складає $M^d = 2763$ кНм. При обстеженні дослідної балки не було виявлено ніяких ознак руйнування стиснутої зони бетону або текучості сталі арматури.

Прогин сталобетонної балки при найбільшому навантаженні складає 47,7 мм, що в 1,6 рази менше розрахункового прогину, рівного 77,2 мм.

Максимальна ширина розкриття тріщин опадала 0,25 мм, а після розвантаження тріщини закрились до ширини 0,01 мм і стали недоступні для бачення неозброєним оком.

Конструктивне рішення попередньо напруженої сталобетонної балки порівняно з залізобетонними балками однакової міцності дозволяють одержати економію високоміцної арматури до 23,2% при загальному зменшенні витрат сталі на 18,3% на одиницю конструкції.

Проведені також дослідження моделей нерозрізних трьохпрольотних сталобетонних балок з зовнішнім полосовим армування монолітного і збірного варіантів, поперечного перерізу 80x200 мм з прольотом 2,0 м. Полосова арматура застосовувалася як гладкого, так і періодичного профілю. Бетони використовувалися класів В30..В60. Нерозрізні сталобетонні

балки, що мають високі проценти армування, при напруженнях в арматурі, близьких до $0,7 \cdot K_s$ працюють з незначними пластичними деформаціями. Інтенсивний перерозподіл згинальних моментів спостерігався лише при навантаженнях, які викликали в над опорній і полосовій арматурі напруження близькі до K_s , в результаті чого виникли пластичні шарніри над середніми опорами балки.

Подальше навантаження привело до виникнення нових пластичних шарнірів в прольоті балки і порушенню статичної незмінності конструкції. В цьому випадку нерозрізні сталобетонні балки по своєму характеру руйнування близькі до сталевих.

Дослідження моделей сталобетонних нерозрізних балок дозволило для будівель різного призначення розробити та дослідити нерозрізні 12-метрові сталобетонні ригелі з зовнішнім армуванням висотою 800 мм. Такі ригелі є єдиним конструктивним рішенням, так як при проектуванні традиційних залізобетонних ригелів обмеженої висоти із-за конструктивних вимог трудно розмістити необхідну стержневу арматуру в границях розтягнутої зони поперечного перерізу балки.

Дослідженню підлягали ригель РС-1 без попереднього напруження для розрахункового навантаження 145 кН/м та попередньо напружений ригель РСн-£5 запроєктований для рівномірно розподіленого розрахункового навантаження інтенсивністю 180 кН/м.

Руйнування ригелів відбулося пек нормальних перетинах в прольоті внаслідок текучості стадії в полосовій арматурі. В обох ригелях досягнуто опорними згинальними моментами розрахункових значень. Руйнуючі значення моментів перевищують контрольні.

Техніко-економічні порівняння показали, що сталобетонні її ригелі із зовнішнім армуванням дешевші залізобетонних з стержневим армуванням в середньому на 10.3% при економії арматурної № сталі 15...20% на одиницю виробу.

Метою подальших досліджень зовнішнього листового армування було створення сталобетонної конструкції циліндричної оболонки, яка відповідала б вимогам міцності, технологічної безпеки і довговічності та могла бути застосовано для захисної оболонки реактора, акумулятора тепла АЕС та інших енергетичних ємностей. Були проведені експериментальні дослідження кілець з зовнішньою листовою арматурою на дію внутрішнього тиску та високої температури. В результаті проведених досліджень розроблені конструкції ємностей, в основу армування яких вперше покладені просторові каркаси циліндричної оболонки у вигляді зовнішньої подвійної листової арматури періодичного профілю.

Взірці мали кільцеву форму діаметром серединної осі 1500 мм, висоту 150 мм і товщину стінки 240 мм. Зовні та з середини кільця мали листове армування гладкого і періодичного профілю. Серії кілець відрізнялися класом бетону (В20-В40), видом анкерування, процентом армування 1.5-4% (арматура класу А-III). В результаті випробування восьми кілець одержані результати по їх тріщиностійкості, міцності, переміщенням, зчепленню листа та бетону.

При досягненні кільцевим елементом граничного стану його міцність можна визначити за пропозиціями норм з введенням дослідних коефіцієнтів умов роботи арматури. При цьому відхилення від дослідних значень не перевищувало 10-15%.

Використання листової арматури періодичного профілю дозволяє зменшити кількість анкерів на 30% при збереженні надійного зчеплення з бетоном, що дозволяє врахувати внутрішню листову арматуру при розрахунку міцності конструкцій. Стійкість внутрішньої листової арматури кільця при різноманітних температурних та силових режимах забезпечується підбором оптимального співвідношення його площі перерізу в порівнянні із зовнішньою листовою арматурою.

ВИСНОВКИ.

1. Проаналізований метод армування залізобетонних конструкцій у вигляді зовнішньої полосової арматури гладкого і періодичного профілю, а також дослідження звичайних та попередньо напружених сталобетонних конструкцій під дією різних видів навантажень, в

тому числі вогневих.

2. Досліджена зовнішня полосова, листовая арматура періодичного профілю, знайдено оптимальний її поперечний переріз, одержані рівняння для визначення напруження зчеплення бетону з арматурою нового виду.

3. Запропонований метод армування дозволяє зменшити витрати арматури і спростити укладку та ущільнення бетону.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Клименко Ф.Е. Сталебетонные конструкции с внешним полосовым армированием. – К.: Будівельник. – 1984.
2. Клименко Ф.Е., Демчина Б.Г., Добрянський І.М., Жуков В.В. Дослідження вогнестійкості сталебетонних балок в зовнішнім штабовим армуванням // Вісник, ЛПІ.- №252. Резерви прогресу в арх. і буд-ві. Львів. - 1991.
3. “Проблеми теорії та практики будівництва”, збірник матеріалів конференції, Львів, 1994. - Т. 1.
4. ДБН В.1.1-7 2002 “Пожезна безпека об'єктів будівництва”.

УДК 614.28.42

Я.М. Ханик, д.т.н., професор, О.В. Станіславчук, к.т.н. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ПРОМИСЛОВОЇ І ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ – ПРІОРИТЕТНИЙ НАПРЯМОК РОЗВИТКУ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Серед всіх інших проблем сучасності постає проблема підвищення рівня промислової та екологічної безпеки, з метою зменшення негативного впливу на самопочуття, працездатність, здоров'я та життя людини. На основі аналізу існуючих методів сушіння та досліджуваного фільтраційного методу, доведено переваги способу сушіння фільтрацією теплоносія крізь шар висушувального матеріалу. До них належать: енергоощадність, покращення виробничих умов, зменшення антропогенного впливу на довкілля за одночасного збільшення продуктивності виробництва та підвищення якості одержуваного продукту.

Однією з основних ознак економічного і науково-технічного розвитку держави є наявність розвиненої хімічної промисловості, яка створює матеріальну основу для функціонування економіки з високою ефективністю суспільного виробництва [1]. Однак ця промисловість є найбільш енергоємною галуззю України, вона споживає понад 8% всіх паливно-енергетичних ресурсів країни, причому частка тільки природного газу в галузевому енергоспоживанні перевищує 50%. Енергетична складова в собівартості багатьох видів продукції становить від 40 до 85% [1].

На процеси сушіння, які, крім хімічної промисловості, застосовуються в агропромисловому комплексі, хіміко-фармацевтичній, будівельній, паливній та деревообробній промисловості, витрачається 8-10% всієї енергії в світі [2]. Основну кількість тепла, яку витрачають на реалізацію існуючих методів сушіння, отримують шляхом спалювання первинних енергоресурсів, к.к.д. використання яких становить ~ 40 – 50% [2]. Це призводить до значних викидів продуктів горіння в довкілля, більшість з яких є надзвичайно шкідливими. Відомо, що щорічно в Україні викидається в атмосферу близько 20 млн. тон шкідливих речовин (Кривий ріг – 1,56 млн. тон, Маріуполь – 824 тис. тон, Дніпропетровськ –