



**Art Building**

строительная компания

# ПОСИЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

## 1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

1.1. Дані Рекомендації призначені для застосування при проектуванні підсилення залізобетонних конструкцій без попереднього напруження арматури, виготовлених з важкого і легкого бетонів щільної структури, композиційними матеріалами в умовах експлуатації при розрахунковій температурі від мінус 30°C до 100°C включно, в неагресивному та слабо агресивному середовищах і які сприймають, як правило, статичні навантаження.

1.2. Для підсилення залізобетонних конструкцій зовнішнім армуванням композитними матеріалами необхідно використовувати вироби в вигляді стрічок і тканин, які відповідають вимогам відповідних стандартів або затверджених, в установленому порядку технічних умов.

1.3. Рекомендації розповсюджуються на проектування підсилення: - залізобетонних конструкцій, які не мають пошкоджень, але їх необхідно підсилити у зв'язку зі збільшенням в результаті реконструкції (в т.ч. перепрофілювання) споруд, розрахункових експлуатаційних навантажень або через зміни схем роботи конструктивних елементів будівель і споруд; - залізобетонних конструкцій, які пошкоджені в ході експлуатації (руйнування захисного шару, корозія арматури і бетону, наявність тріщин, надпроектних прогинів і т.д.) з метою відновлення їх експлуатаційних властивостей і підвищення довговічності.

1.4. Рекомендації поширюються на проектування та підсилення залізобетонних конструкцій об'єктів будівництва відповідно з ДБН В 2.6- 98:2009.

1.5. У рекомендаціях розглядається підсилення конструкцій композитними матеріалами як заводського виготовлення (стрічки), так і створюваними безпосередньо на будівельному об'єкті з тканин за рахунок просочення і наклейки їх спеціальними полімерними сумішами (в основному на епоксидній основі).

1.6. Одиниці фізичних величин, наведені в даних рекомендаціях: сили виражені в ньютонх (Н) або кілоньютонх (кН); лінійні розміри - в "мм" (для перерізів) або в "м" (для елементів або їх ділянок); міцність матеріалів, напруження, опір і модуль пружності - у мегапаскалях (МПа); розподілені навантаження і зусилля - в кН/м або Н/мм.

1.7. Для залізобетонних конструкцій, які експлуатуються при впливі багаторазово повторних навантажень і розраховуються на витривалість при впливі динамічних навантажень, а також при впливі низьких температур (нижче мінус 30°C) та середньоагресивних або сильноагресивних середовищ, застосування підсилення з композитних матеріалів не допускається без узгодження.

1.8. Підсилені конструкції повинні відповідати вимогам щодо вогнестійкості згідно з ДБН В.1.1-7 та ДБН В.1.2-7 [14, 15].

## 2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

- 1 ДБН В 2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення.
- 2 ДСТУ Б В.6.2-7-95 Вироби будівельні та залізобетонні збірні. Методи випробовувань навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та тріщиностійкості.
- 3 ДСТУ Б В 2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування.
- 4 ДСТУ Б В 2.7-214:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками.
- 5 ДСТУ Б В 2.7-217:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення призмової міцності, модуля пружності і коефіцієнта Пуассона.
- 6 ДСТУ Б В 2.7-219:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи прискореного визначення міцності на стиск.
- 7 ДСТУ Б В 2.7-220:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Визначення міцності механічними методами неруйнівного контролю.
- 8 ДСТУ Б В 2.7-223:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій.
- 9 ДСТУ 3058-95 (ГОСТ 7566-94) Металлопродукція. Приемка, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение. Металлопродукція. Приймання, маркування, пакування, транспортування та зберігання
- 10 ДСТУ 3760:2006 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови (ISO 6935-2:1991, NEQ).
- 11 Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. Київ – 2003.
- 12 ДБН В.3.1-1:2002 Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій і основ промислових будинків та споруд
- 13 ДСТУ Б В 2.7-43:1996 Бетони важкі. Технічні умови
- 14 ДБН В.1.1-7:2002 Пожежна безпека об'єктів будівництва
- 15 ДБН В.1.2-7:2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека
- 16 ДБН В 1.2-14: 2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ

# ВИКОНВНІ РОБОТИ ПО ПОСИЛЕННЮ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

м. Київ, БЦ Grand

Посилення монолітного перекриття та ригелів вуглецевими стрічками та ламелями



м. Київ, ЖК Верховина, пентхаус  
Посилення монолітного перекриття вуглецевою стрічкою та ламелями



Київська обл., автосалон Aston Martin  
Посилення монолітних колон вуглецевою стрічкою



м. Київ, ЖК Володимирський  
Посилення монолітного перекриття вуглецевою стрічкою



м. Київ, територія заводу Радар  
Посилення плит перекриття и ригелів вуглецевою стрічкою та ламелями



м. Харків, ТРЦ Nikolsky

Посилення монолітного перекриття, стін та ригелів вуглецевою стрічкою та ламелями



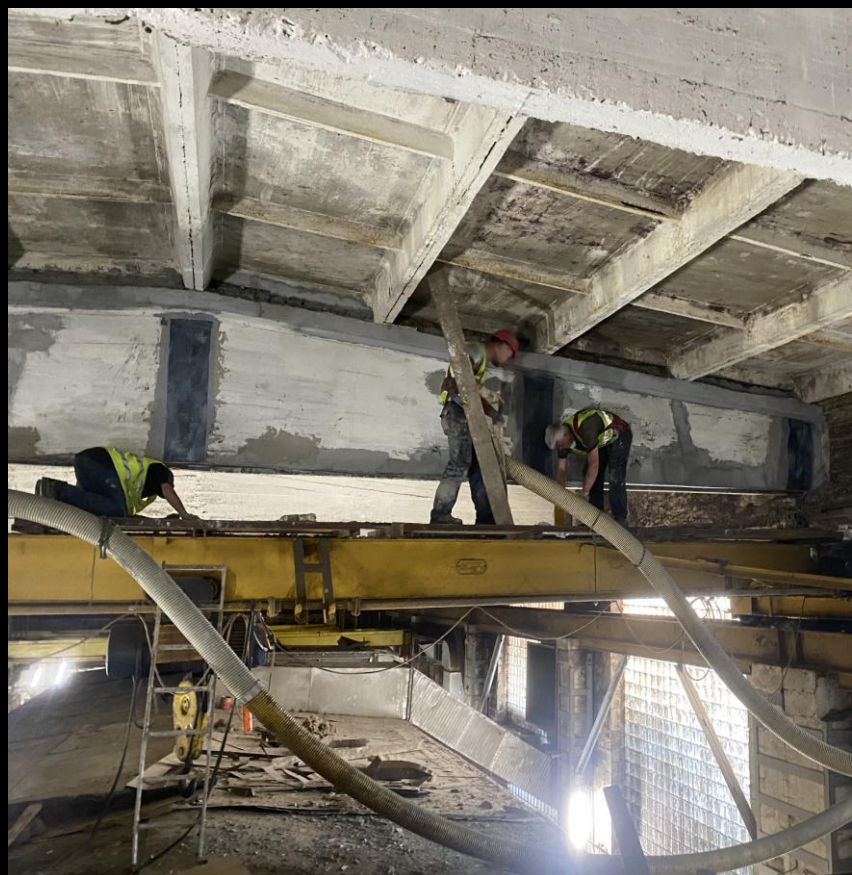
м. Харків, ТРЦ Nikolsky

Посилення монолітного сходового маршу вуглецевою стрічкою та ламелями



м. Житомир, Картонний комбінат Україна

Посилення монолітного ригеля вуглецевою стрічкою та ламелями



## 3 Основні положення посилення залізобетонних конструкцій

### 3.1 Способи підсилення конструкцій

Під посиленням будівельної конструкції розуміється комплекс заходів, спрямованих на підвищення її несучої здатності, жорсткості, тріщиностійкості та інших фізичних якостей, необхідних за умовами її подальшої експлуатації.

Потреба в посиленні будівельних конструкцій може бути викликана наступними основними факторами:

- збільшенням розрахункових навантажень на конструкцію, викликаним модернізацією технології виробництва, зміною функціонального призначення приміщень будівлі або інженерної споруди, збільшенням пропускної здібності, а, отже, і рухомий тимчасового навантаження, наприклад, на бруківку конструкцію;
- втратою несучої здатності конструкції або її експлуатаційних якостей внаслідок аварії, фізичного зносу, корозії арматури або агресивного впливу зовнішнього середовища;
- зміною габаритів будівель і споруд, внутрішніх приміщень, прольотів, висот, кроку колон і т. д.;
- необхідністю збільшення несучої здатності конструкції додатковим армуванням внаслідок помилок при її проектуванні, виготовленні, транспортуванні, монтажі та експлуатації;
- виявленям при обстеженні і діагностиці несприятливих якостей матеріалів конструкції або зміною її розрахункової схеми і умов експлуатації в порівнянні з проектними;
- особливими умовами експлуатації: сейсмічні та техногенні впливи (землетрусу, пожежі, катастрофи, вибухи і т. д.).

Як випливає з перерахованих вище факторів, в більшості випадків посилення конструкції супроводжується її попередніми ремонтом. Основні способи посилення будівельних конструкцій досить докладно описані в науково-технічній літературі [1-5]. Розглянемо коротко найбільш поширені в світовій практиці способи посилення: збільшення площі поперечного перерізу, застосування полімербетонних композитних матеріалів, попереднє напруження зовнішніми пасмами, установка дублюючих елементів, зміна розрахункових і геометричних схем конструкцій і установка сталевих пластин, що мають зчеплення з бетоном.

Збільшення площі поперечного перерізу залізобетонного елемента є одним з найстаріших методів посилення будівельних конструкцій. Суть його полягає в приєднанні додаткової кількості залізобетону до несе елементу конструкції, що вже перебуває в експлуатації. Доданий матеріал повинен мати необхідну зчеплення зі старим бетоном для освіти єдиної несучої системи. Для збільшення перерізу конструкції на невелику товщину використовується спеціальний будівельний розчин або торкретбетон, які завдають на посилювати поверхню вручну або методом набризку. Найбільш широке застосування цей спосіб знайшов в теплоенергетиці, гідроенергетиці, а також транспортному будівництві при відновному ремонті і підсиленні плит дорожнього покриття мостів. Причому відчутна вигода від збільшення висоти перетину при укладанні поверх наявної плити дорожнього полотна додаткового шару зносу можлива тільки в разі спільної роботи цих шарів як єдиного цілого аж до досягнення граничного стану. Хороше зчеплення між шарами дозволяє сприймати зсувні навантаження між ними протягом заданого терміну служби.

Метод збільшення площі поперечного перерізу елемента відносно простий і економічний. Крім цього, він в будь-якому випадку підвищує жорсткість конструкцію, що підсилюється і, отже, знижує гнучкість, що для стислих і стиснуто-зігнутих елементів має важливе значення. Недоліком цього методу є зберігається можливість подальшої корозії арматури і руйнування бетону. Старий і новий бетони володіють різними властивостями, в тому числі деформаційними характеристиками (в новому бетоні протікають процеси повзучості і усадки). В умовах обмеження свободи деформацій це викликає додаткові напруження розтягу, що призводять до утворення і розвитку тріщин в новому бетоні. Дана обставина може призвести до відшарування нового бетону від існуючої конструкції.

Посилення будівельних конструкцій полімер бетонних композитними матеріалами, по суті, також засноване на збільшенні площі поперечного перерізу елемента. Вперше цей метод був застосований в 1953 р для посилення дорожнього полотна в м Сакраменто (Каліфорнія). полімер композитні матеріали можна класифікувати наступним чином:

- полімер цементний бетон, що виготовляється шляхом додавання полімерів або мономера в цемент в процесі перемішування;
- бетоно-полімер, що виготовляється шляхом просочення полімером або мономером затверділого бетону на основі цементу;
- полімер-бетон, що виготовляється шляхом змішування полімерної смоли або мономера, що виконують функції в'язучого, з заповнювачем.

Полімер композитні матеріали широко застосовуються для ремонту і підсилення залізобетонних конструкцій, особливо в умовах агресивного зовнішнього середовища. Це пояснюється їх порівняно високою міцністю, низькою проникністю, ізносостійкістю і стійкістю до дії багатьох хімічних речовин. До недоліків полімер бетонних композитних матеріалів можна віднести: низьку вогнестійкість; зміна властивостей при впливі ультрафіолетового випромінювання; можливе утворення тріщин при зміні обсягу в умовах обмеження свободи деформацій. Фізико-механічні властивості цих матеріалів схильні до впливу температурних коливань. При високих температурах вони розвивають значні деформації повзучості.

Попереднє напруження зовнішніми пасмами арматури використовувалося в будівельній практиці вже в 1950-х рр. В даний час воно широко застосовується для посилення залізобетонних конструкцій в Росії, США, Швейцарії, Японії та інших країнах. Особливо ефективним є застосування попереднього напруження зовнішніми пасмами для зменшення неприпустимих прогинів конструкції.

Даний спосіб посилення може застосовуватися як на внутрішній поверхні балок коробчастого перетину, так і на зовнішній розтягнутої стороні двотаврових балок мостових конструкцій. Він підвищує несучу здатність конструкції і перешкоджає утворення тріщин.

До переваг способу посилення попереднім напруженням зовнішніми пасмами можна віднести:

- просту технологію виробництва робіт;
- можливість заміни напружених пучків або пасом в будь-який момент часу;

- можливість подальшого моніторингу посиленої конструкції протягом всього періоду експлуатації за допомогою неруйнівних методів контролю.

До недоліків способу слід віднести:

- корозію металу зовнішніх пасом;
- низьку вогнестійкість;
- незахищеність від актів вандалізму.

Захист попередньо напружених зовнішніх пасом від агресивного впливу зовнішнього середовища і вогню зазвичай здійснюється нанесенням захисної оболонки з торкретбетону.

Суть посилення будівельних конструкцій постановкою дублюючих елементів полягає в їх установці поруч або в проміжку між існуючими конструкціями. Дублюючі елементи розвантажують несучі та сприймають всю або частину розрахункового навантаження. При цьому необхідно передбачити заходи щодо включення їх в роботу спільно з посилюваною конструкцією. Зазвичай це досягається установкою додаткових зв'язків або піддомкращування плит перекриття з закладом в зазори між плитами і дублюючими елементами клинових прокладок, через які після зняття домкратів передаються навантаження від плит перекриття. Перевагами даного способу посилення є його простота і включення в роботу безпосередньо після виконання робіт. Недоліком є обмежена область застосування для будівельних конструкцій з наявністю великої кількості інженерних комунікацій.

Зміна розрахункових схем конструкцій зазвичай використовується для перетворення однопрогонових схем в багато прольотні. Так, ряд однопрогонових підкранових балок можна з'єднати на опорах накладками і створити нерозрізні балки, розрахункові зусилля в яких від тих же кранових навантажень будуть менше на 30 - 40%. Цей спосіб доцільно застосовувати при заміні кранів на більш потужні і недостатній несучій здатності однопрогонових підкранових балок.

В кінці 1980-х рр. в світовій практиці широкого поширення набув спосіб посилення будівельних конструкцій зовнішнім армуванням з застосуванням полімерних композитних матеріалів на основі вуглецевих, арамідних, поліефірних і скловолокна. Посилення будівельних конструкцій композитними матеріалами полягає в приклеюванні останніх на спеціально підготовлену поверхню залізобетонних конструкцій, що надає їм необхідну міцність практично без збільшення ваги конструкцій. Як справедливо відмічено в [1] при розробці будь-якого посилення експлуатуються інженерних конструкцій доводиться стикатися з труднощами, відсутніми при новому будівництві: недостатньо розроблена інструктивно-нормативна документація з проектування і виробництва робіт щодо посилення; посилювати доводиться конструкції, фізико-механічні властивості і типорозміри яких можуть відрізнятися від вживаних в даний час; скрутність виконання робіт з підсилення.

Основними факторами, що впливають на прийняття рішення про посилення, є: причини і ступінь корозійного пошкодження матеріалу конструкції, виявлені в процесі її обстеження та діагностики; розподіл цих пошкоджень за обсягом конструкції; розробка першочергових заходів щодо захисту і лікуванню елементів будівельної конструкції з метою подальшого проведення робіт по її посилення

Всі рішення по ремонту та підсилення конструкцій в кожному конкретному випадку є індивідуальними, і мають свою специфіку. Однак існують і загальні, які зазвичай використовуються рекомендації по ремонту і посилення. Так, ремонт зазвичай включає ін'єктування тріщин в бетоні, очищення пошкоджених ділянок конструкції, захист арматурного каркаса, нанесення праймера на бетон і арматуру, нанесення ремонтного складу і т. д. Всі ці роботи спрямовані на відновлення первісної або збереження існуючої несучої здатності конструкції. Тільки після якісного виконання ремонтних робіт можна проводити посилення конструкції.

Основними областями застосування технології підсилення залізобетонних елементів композитними матеріалами за умовами роботи конструкції є:

- збільшення несучої здатності згинається залізобетонної балки або плити шляхом приклеювання композитного матеріалу в розтягнутій зоні перерізу;
- збільшення несучої спроможності перетину балок на дію поперечної сили установкою КМФ на припорних ділянках конструкції, де існує ризик виникнення і розвитку похилих тріщин;
- збільшення несучої здатності і позацентрово стиснутих колон приклеюванням КМФ по периметру конструкції (що охоплює посилення).

Композитні матеріали виготовляються і використовуються в практиці посилення будівельних конструкцій у вигляді стрічок або полотен будь-якої необхідної довжини, а довжина сталевих пластин через складність виконання монтажних робіт в основному обмежена 6 метрами. Можливість використання матеріалу посилення великої довжини і гнучкості призводить до спрощення технології робіт і має наступні переваги:

- композитні матеріали легко піддаються попереднього напруження;
- відпадає необхідність в додаткових стикування матеріалу посилення;
- матеріал можна використовувати для посилення будь-яких за формою залізобетонних конструкцій, так як в силу своєї гнучкості він буде повторювати їх обриси;
- композитні матеріали можна застосовувати для посилення конструкцій з будь-яким радіусом кривизни, аж до круглих;
- технологічний процес допускає установку композитного матеріалу без зупинки експлуатації підсилюється споруди;
- мала товщина смуг композитного матеріалу (до 1,5-2,0 мм) дозволяє встановлювати їх одночасно в двох напрямках для збільшення несучої здатності конструкції

Складові композитного матеріалу (волокна і отвержаючий полімер) є довговічними і мають високу надійність при прийнятті багаторазово повторюваних навантажень. В процесі експлуатації вони не вимагають додаткових заходів по захисту від впливу агресивного зовнішнього середовища. У разі виникнення непередбаченої експлуатаційної ситуації вони легко ремонтуються і посилюються установкою ще одного додаткового шару композитного матеріалу.

### 3.2 Застосовувані композитні матеріали і їх властивості

Вибір композитного матеріалу для різних систем посилення є одним з найбільш важливих питань, що вирішуються при проектуванні підсилення будівельних конструкцій.

Композитні матеріали з фіброю (волокнами) виготовляються з власне волокон (вуглецевих, поліефірних, арамідних і інших), омоноличених (ламінованих) в полімері у вигляді жорстких смуг або пластин, безпосередньо приклеюються на спеціально підготовлену поверхню підсилюється. Загальноприйнята назва таких композитних матеріалів - ламелі. Другим поширеним типом композитних матеріалів є полотна, що представляють собою гнучку тканину з одне - або двонаправленим розташуванням волокон (фібри). При установці на конструкції вони утворюються в полімерний склад, що клеїть - матрицю, що забезпечує їх щільне прилягання до поверхні підсилюється. Такий спосіб застосування композитних матеріалів називається «за місцем». Фізико-механічні властивості композитних матеріалів визначаються типом і кількістю застосовуваних волокон, їх орієнтацією і розподілом в поперечному перерізі стрічки. роль полімеру зводиться до передачі діючих напружень між волокнами, а також їх захисту від зовнішніх впливів.