

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ**

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

промислового та цивільного будівництва

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

магістр

(рівень вищої освіти)

**на тему: Розробка комплексу технічних рішень по реконструкції
шахтного колодязя у м. Кривий Ріг**

Виконав: студент 2 курсу, групи БУД-18-4мд

Фоменко О.І.

(ініціали та прізвище)

спеціальності

192 Будівництво та цивільна інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньо-професійної

програми промислове і цивільне будівництво

(код і назва освітньої програми)

Керівник доц. к.т.н. Юхименко А.І.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц. к.т.н. Самченко Р.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2020 р.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ ІНСТИТУТ**

Факультет _____ Будівництва та цивільної інженерії _____
Кафедра _____ Промислового та цивільного будівництва _____
Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____
Спеціальність _____ 192 «Будівництво та цивільна інженерія» _____
(код та назва)
Освітня програма _____ «Промислове та цивільне будівництво» _____
(код та назва)
Спеціалізація _____ - _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ ПЦБ _____
_____ проф. Арутюнян І.А. _____
« _____ » _____ 20 _____ року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ**

_____ Фоменко Олени Ігорівни _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи (проекту) _____ Розробка комплексу технологічних рішень по реконструкції шахтного колодязя у м. Кривий Ріг _____
керівник роботи _____ Юхименко Артем Ігорович, к.т.н. _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом ЗНУ від «10» вересня 2019 року №1542-с
- 2 Строк подання студентом роботи _____ 27.12.2019 р. _____
- 3 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливості розвинення проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень _____
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____ Виконати об'єктивне обґрунтування комплексу ефективних заходів по реконструкції. Розробити організаційні принципи реконструкції на основі аналізу вітчизняного та зарубіжного досвіду. Виконати розрахунок несучих елементів шахти. _____
- 5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Від восьми графічних аркушів із результатами аналітичних обґрунтувань наукового напрямку досліджень, результатами експериментальних досліджень, доказами оптимальності запропонованих _____

методик, результатами чисельних розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Юхименко А.І., доц.		
Розділ 2	Юхименко А.І., доц.		
Розділ 3	Юхименко А.І., доц.		
Розділ 4	Юхименко А.І., доц.		

7 Дата видачі завдання 03.09.2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1 Аналіз існуючого стану комплексу технологічних рішень по реконструкції шахтних колодязів	23 жовтня	
2	Розділ 2 Натурне дослідження об'єкта реконструкції у м. Кривий Ріг	11 листопада	
3	Розділ 3 Розробка технологічних рішень по реконструкції шахтного колодязя	29 листопада	
4	Розділ 4 Забезпечення міцності і надійності конструкторії шахтного колодязя	23 грудня	

Студент _____ (підпис) О.І. Фоменко (ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____ (підпис) А.І. Юхименко (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ (підпис) Н.О. Данкевич (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Фоменко О. І. Розробка комплексу технологічних рішень по реконструкції шахтного колодязя в м. Кривий Ріг.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник А. І. Юхименко. Інженерний інститут Запорізького національного університету. Факультет будівництва та цивільної інженерії, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2020.

Проведено дослідження існуючих та методів реконструкції шахтного колодязя з метою їх реконструкції найоптимальнішим конструктивно-технологічним способом посилення існуючих несучих металевих елементів конструкції. Систематизовано існуючі причини появи необхідності в реконструкції шахтного колодязя. Розглянута методика розрахунку металевих конструкцій, що підсилюються, фіброармірованими пластиками за допомогою методу граничних станів. Наведено основні положення, якими слід керуватися при проектуванні різних схем посилення металевих конструкцій. Наведені значення приватних коефіцієнтів надійності для конструкції, що підсилюється, матеріалу посилення і адгезиву.

Ключові слова: РЕКОНСТРУКЦІЯ, КОМПОЗИТНІ МАТЕРІАЛИ, СУЧАСНІ СПОСОБИ ПОСИЛЕННЯ, ВУГЛЕВОЛОКНО, ШАХТНИЙ КОЛОДЯЗЬ.

Список публікацій магістранта:

1. Фоменко О.І. Розробка комплексу технологічних рішень по реконструкції шахтного колодязя вуглеволокном / Фоменко О.І., Юхименко А.І. // матеріали XXIV науково-технічна конференція студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів ІІ ЗНУ, 26-29 листопада 2019 р. : тези доповіді – Запоріжжя 2019 р.

АННОТАЦИЯ

Фоменко Е. И. Разработка комплекса технологических решений по реконструкции шахтного колодца в г.. Кривой Рог.

Квалификационная выпускная работа для получения степеней высшего образования магистра по специальности 192 - Строительство и гражданская инженерия, научный руководитель А. И. Юхименко. Инженерный институт Запорожского национального университета. Факультет строительства и гражданской инженерии, кафедра промышленного и гражданского строительства, в 2020.

Проведено исследование существующих и методов реконструкции шахтного колодца с целью их реконструкции наиболее оптимальным конструктивно-технологическим способом усиления существующей несущих металлических элементов конструкции. Систематизировано существующие причины необходимости реконструкции шахтного колодца. Рассмотрена методика расчета металлических конструкций, что усиливаются, фиброармированными пластиками с помощью метода предельных состояний. Приведены основные положения, которыми следует руководствоваться при проектировании разных схем усиление металлических конструкций. Приведенные значения частных коэффициентов надежности для конструкции, что пидсилюється, материала усиление и адгезива.

Ключевые слова: РЕКОНСТРУКЦИЯ, КРМПОЗИТИВНІЕ МАТЕРІАЛИ, СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ УСИЛЕНИЯ. УГЛЕВОЛОКНО, ШАХТНІЙ КОЛОДЕЦ.

Список публикаций магистранта:

1. Фоменко А.И. Разработка комплекса технологических решений по реконструкции шахтного колодца углеволокном / Фоменко А.И., Юхименко А.И. // материалы XXIV научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей ИИ ЗНУ, 26-29 ноября 2019: Тезисы Доклады - Запорожье 2019

ANNOTATOIN

Fomenko OI Development of a complex of technological solutions for the reconstruction of a mine well in Kryvyi Rih.

Qualifying graduation work for higher master's degrees in specialty 192 - Construction and civil engineering, supervisor A. I. Yukhimenko. Engineering Institute of Zaporizhzhya National University. Faculty of Civil Engineering and Civil Engineering, Department of Industrial and Civil Engineering, 2020.

Investigation of existing and methods of mine well reconstruction with the purpose of their reconstruction by the most optimal structural and technological method of Strengthening of existing bearing metal structural elements is carried out. The existing reasons were systematized for the need to reconstruct the well. The method of calculation of reinforced metal structures, fibroarmirovannymi plastics by means of the boundary-state method is considered. Here are some basic guidelines that should be followed when designing different schemes for the reinforcement of metal structures. The values of the individual reliability coefficients for the reinforced construction, the Gain and the Adhesive material are given. The method of calculation is reinforced by plastics of metal structures in damage (for example, from corrosion).

Keywords: RECONSTRUCTION, COMPOSITE MATERIALS, MODERN METHODS OF STRENGTH, CARBON, MINE WELLS.

List of publications of the undergraduate:

1. Fomenko OI Development of a complex of technological solutions for the reconstruction of a mine well with carbon fiber / Fomenko OI, Yukhimenko AI // materials of the 21st Scientific and Technical Conference of Students, Undergraduates, Graduate Students, Young Scientists and Teachers of II ZNU, November 26-29, 2019: Abstracts of the Report - Zaporozhye 2019.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО СТАНУ КОМПЛЕКСУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПО РЕКОНСТРУКЦІЇ ШАХТНИХ КОЛОДЯЗІВ.....	
1.1 Реконструкція шахтних колодязів: аналіз існуючого стану та перспективи розвитку.....	
1.2 Сучасне уявлення про реконструкцію шахтних колодязів.....	
РОЗДІЛ 2 НАТУРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТА РЕКОНСТРУКЦІЇ У М.КРИВИЙ РІГ.....	
2.1 Архітектурно-будівельні рішення.....	
2.2 Об'ємно-планувальні рішення.....	
2.3 Техніко-економічні показники.....	
2.4 Конструктивні рішення.....	
2.4.1 Реконструкція металевих конструкцій.....	
2.4.2 Сучасне уявлення про реконструкцію металевих конструкцій.....	
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПО РЕКОНСТРУКЦІЇ ШАХТНОГО КОЛОДЯЗЯ.....	
3.1 Цілі і завдання дослідження.....	
3.2 Розрахунок несучої здатності колони.....	
3.3 Розрахунок підсилення.....	
3.4 Рішення по організації і виконанню робіт.....	
РОЗДІЛ 4 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЦНОСТІ І НАДІЙНОСТІ ШАХТНОГО КОЛОДЯЗЯ.....	
4.1 Загальні положення безпеки експлуатації об'єкт.....	
4.2 Забезпечення вимог безпеки експлуатації об'єкту.....	
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	
ДЖЕРЕЛА ПОСИЛАНЬ.....	

ВСТУП

Актуальність проблеми. Гірничорудна промисловість України в даний час знаходиться в завершальній фазі реструктуризації. Одними з основних завдань реструктуризації є будівництво нових, реконструкція і технічне переозброєння діючих шахт, вдосконалення існуючих і створення нових технологій видобутку вугілля. Підсумком всіх перетворень в галузі має стати створення конкурентоспроможних високоефективних гірничодобувних підприємств і підвищення рівня добробуту.

В ході реструктуризації галузі чітко проявилися складності реалізації завдання підвищення рівня повноти використання виробничого потенціалу перспективних рудних підприємств і розширення виробництва в такій топології мережі очисних, транспортних і вентиляційних виробок, а також комплексу поверхневих споруд, які не дозволяють шахтам адаптуватися до нових умов і змін внутрішньої і зовнішньої середовищ функціонування.

Особливого значення набувають питання обґрунтування необхідності і доцільності реконструкції перспективних і стабільних шахт на базі системного підходу до оцінки їх ресурсного потенціалу, кон'юнктури ринку кінцевої продукції та інвестиційної привабливості підприємств, а також обсягів робіт по вдосконаленню їх гірського господарства з виходом на показники функціонування технологічних систем, що відповідають світовим стандартам видобутку залізної руди.

Метою написання магістерської роботи є розробка технологічних рішень по реконструкції шахти залізної руди, зокрема несучих елементів – колон за допомогою вуглеволокна.

Для досягнення поставленої мети в магістерській роботі вирішуються такі основні **завдання дослідження**:

- об'єктивність обґрунтування комплексу ефективних заходів по реконструкції ;

- розробка принципів реконструкції на основі аналізу вітчизняного і зарубіжного досвіду;
- розрахунок несучих елементів шахти.

Об’єкт дослідження — організаційно-технологічні процеси реконструкції шахтного колодязя.

Предмет дослідження — технологія удосконалення організаційно-технологічних процесів реконструкції шахтного колодязя.

Методи досліджень включали вивчення та аналіз зарубіжного досвіду та узагальнення технологічних рішень, що застосовуються при реконструкції шахтних колодязів.

Наукова новизна роботи полягає в наступному: запропонована організаційно-технологічна модель реконструкції шахтного колодязя, зокрема несучих елементів – колон, за допомогою вуглеволокна;

Практична цінність полягає в впровадженні в практику будівництва чи реконструкції промислових будівель і споруд використаної організаційно-технологічної моделі, яка забезпечує підвищення працездатності несучих конструкцій в складних умовах експлуатації.

Апробація роботи. Основні положення роботи опубліковані на спеціалізованій науковій конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів ІІ ЗНУ, том ІІ «Розробка комплексу технологічних рішень по реконструкції шахтного колодязя вуглеволокном» (2019, м. Запоріжжя).

Структура і об’єм магістерської роботи.

Структурно магістерська робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків списку використаних джерел. Загальний об’єм складає 100 сторінок тексту. Включає 29 рисунків, 16 таблиць, 6 формул та 3х діаграм. Список використаної літератури з 71 пунктів.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО СТАНУ КОМПЛЕКСУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПО РУКОНСТРУКЦІЇ ШАХТНИХ КОЛОДЯЗІВ

1.1 Реконструкція шахтних колодязів: аналіз існуючого стану та перспективи розвитку

Реконструкція – перебудова існуючих об'єктів індустриального та цивільного призначення, пов'язана з удосконаленням виробництва, підвищенням його техніко-економічного рівня та якості продукції, поліпшенням умов експлуатації та проживання, якості послуг, зміною основних техніко-економічних показників.

Реконструкція – проведення будівельних робіт в цілях зміни існуючих техніко-економічних показників об'єкту і підвищення ефективності його використання, що передбачають: реорганізацію об'єкта, зміну геометричних розмірів і технічних показників, капітальне будівництво, прибудови, надбудови, розбирання та посилення несучих конструкцій, переобладнання горіщного приміщення під мансарду, будівництво та реконструкцію інженерних систем і комунікацій тощо.

До реконструкції діючих підприємств відноситься перевлаштування існуючих цехів та об'єктів основного, підсобного та обслуговуючого призначення, як правило, без розширення наявних будинків і споруд основного призначення.

Серед інших причин найпоширеніша – природний знос. Руйнування сприяють фактори середовища, які призводять до погіршення зовнішнього вигляду. Під дією опадів руйнується оздоблення, а при мінімальному уваги з боку господарів – теплоізоляція, опалення і водостік.



Рисунок 1 – Приклад реконструкції промислового комплексу

При реконструкції діючих підприємств можливе розширення окремих будівель і споруд в тих випадках, коли нове високопродуктивне і більш досконале за технічними показниками устаткування не може бути розміщено в існуючих будівлях; будують нові та розширюють існуючі цехи та інші об'єкти комплексу з метою ліквідації диспропорції; будують нові будівлі і споруди того ж призначення замість ліквідованих на території діючого підприємства, подальша експлуатація яких за технічними та економічними умовами визнана недоцільною.

Доцільності проведення реконструкції конкретної шахти можна вести мову, якщо:

- шахта в своєму розпорядженні має достатні для подальшої роботи запаси;
- не здійснюється передача шахти новому підприємству;
- можливо усунути шкідливий вплив шахти на навколишнє середовище (або утримати його в допустимих межах) і забезпечити нормальні і безпечні умови праці в будівлях і спорудах без істотних на те витрат або зниження техніко-економічних показників;

Як відомо, реконструкція в процесі свого здійснення потребує різних за величиною капітальних вкладень. Особливо в перший період, коли проходять або поглиблюють вертикальні стовбури, будують стаціонарні рудничні установки, готують нові горизонти тощо. Надалі обсяг капітальних вкладень значно скорочується і на практиці наступні роботи набирають форми підтримання потужності шахти.

Отже, як відомо, кожна вугільна шахта є багаторівневою системою, що складається з послідовно і паралельно з'єднаних елементів. Це - складна динамічна система, в яку входять окремі, але нерозривно зв'язані підсистеми.

Чи не є заходом по реконструкції та технічне переозброєння підприємства? Модифікація техніки і технології передбачає вдосконалення технологічної схеми шахти, не змінюючи її кардинально і, на відміну від технічного переозброєння, покликана в короткі терміни забезпечити підвищення пропускної спроможності якого, або «вузького місця», або підвищення обсягу видобутку за рахунок застосування нового високопродуктивного обладнання або системи машин.

«Галузева інструкція визначення економічної ефективності капітальних вкладень» говорить, що реконструкція підприємства є виконання комплексу взаємопов'язаних гірничо капітальних будівельних і монтажних робіт для докорінної перебудови недосконалих технологічних ланок з метою істотного приросту потужності підприємства і продовження терміну його служби, значного підвищення продуктивності праці і зниження собівартості продукту, а також поліпшення умов і підвищення безпеки праці.

Така реконструкція шахти передбачає оновлення активної частини основних фондів головного промислового призначення, розподіл діючих об'єктів допоміжного призначення з можливим укрупненням технічної структури за рахунок зміни способів розкриття та підготовки шахтних полів. Всі ці заходи спрямовані на збільшення виробничої потужності шахти і на поліпшення інших основних техніко-економічних показників її роботи.

При реконструкції відокремлено-розташованих шахт або групи шахт проектується: все гірничі роботи з розкриття та підготовки нового горизонту - проходка нових і поглиблення діючих стовбурів, будівництво «окоlostового» двору, проведення горизонтальних і похилих виробок, підготовка лави, монтажу обладнання та інші роботи; роботи по розширенню і перебудови діючих і будівництва нових промислових будівель і по заміні обладнання найбільш продуктивним на всіх процесах видобутку і переробки.

Реконструкція з об'єднанням декількох шахт з гірничих робіт застосовується у випадках, коли дві-три біля розташовані шахти закінчують відпрацювання верхніх горизонтів, мають складну транспортну і вентиляційну схему і застарілу механізацію. Подальша експлуатація кожної шахти в окремо не ефективна, не відповідає сучасному рівню.

При реконструкції одна з діючих шахт приймається базовою. На базовій шахті проходять один або кілька нових і поглиблюються існуючі стовбури, на новому горизонті будується навколо стовбурний двір, проходяться розкривають і підготовчі виробки, реконструюється поверхневий комплекс. Відпрацювання запасів здійснюється за допомогою прогресивної стовпової системи із застосуванням високопродуктивного очисного і транспортного устаткування. Решта об'єднані шахти ліквідуються або частково використовуються для допоміжних цілей - спуску і підйому людей, обладнання та вентиляції.

Реконструкція окремих шахт здійснюється у випадках, коли шахта має значні запаси вугілля, але техніко-економічні показники низькі, і не відповідають сучасному рівню. При реконструкції таких шахт зазвичай проводиться будівництво нового горизонту з більш ефективною схемою розкриття - проходка нових стовбурів, поглиблення існуючих стовбурів. Проводиться реконструкція поверхневого комплексу. В результаті реконструкції збільшується виробнича потужність шахти, отже, і продуктивність праці, знижується собівартість видобутку вугілля, поліпшуються санітарно-гігієнічні умови праці.

1.2 Сучасне уявлення про реконструкцію шахтних колодязів

При сучасних темпах розвитку промисловості як у нас в країні, так і за кордоном зміни видів продукції, що випускається і оснащеності промислових підприємств відбуваються у відносно короткі проміжки часу, при цьому будівлі та споруди залишаються, як правило, незмінними.

Відносні зміни технологій і заміна обладнання промислового виробництва відбуваються в машинобудуванні через 10 -15 років, в хімічній промисловості - менше 6-8 років, в електронній - через 5 років.

Фізична довговічність промислових будівель і споруд знаходиться в межах 50-100 років.

Беручи до уваги нижні межі довговічності будівель, необхідно відзначити, що за час їх експлуатації зміна основної технології походить від 3 до 5 разів і більше. При кожній зміні технології і заміни обладнання, машин і установок виникає необхідність в оновленні та реконструкції існуючих промислових будівель і споруд.

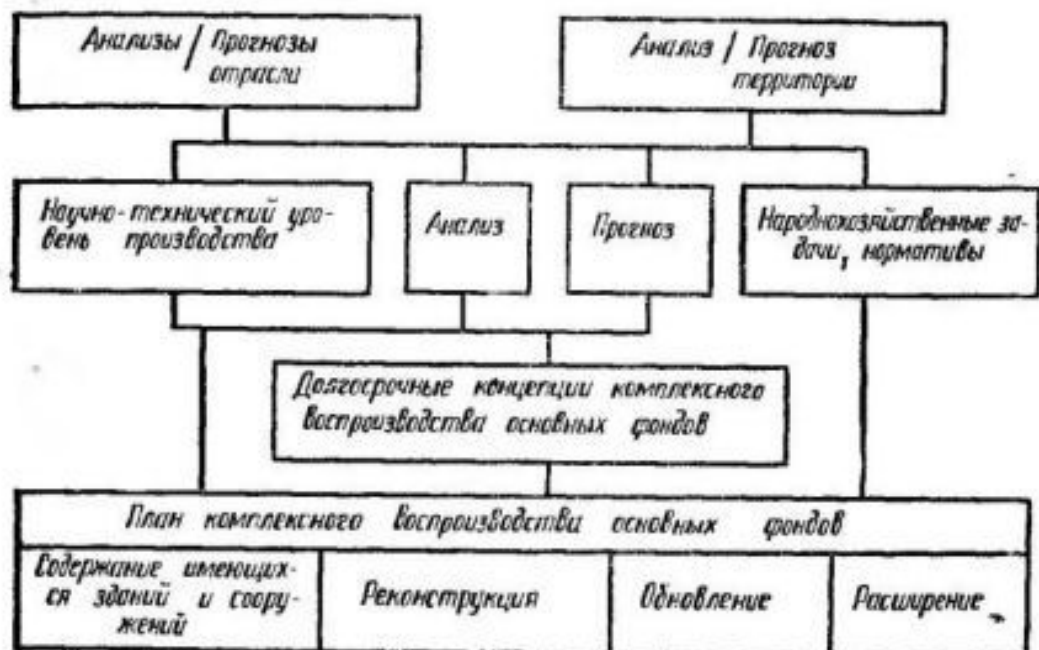


Рисунок 2 – Концепція комплексного оновлення основних фондів

Підприємствам до початку реконструкції необхідно проведення комплексу досліджень для знаходження вихідних параметрів, що визначають концепції оновлення основних фондів (рис. 2).

Реконструкція шахт - технічно доцільне і економічно вигідний напрямок вдосконалення і розвитку шахтного фонду. Систематична (кожні 15-20 років) реконструкція являє собою необхідну ланку відтворення потужності гірничого підприємства. Реконструкція, будучи радикальним способом збільшення видобутку корисних копалин, дозволяє підвищити концентрацію гірничих робіт, інтенсифікувати виробничі процеси і поліпшити техніко-економічні показники. У перспективі значення реконструкції ще більше зросте і стане вирішальним фактором вдосконалення гірничих підприємств.

Основними напрямками підвищення ефективності реконструкції є підвищення рівня концентрації гірничих робіт та інтенсифікація виробничих процесів шляхом збільшення навантаження на шахту і очисний вибій.

Завдання підвищення концентрації гірничих робіт слід вирішувати в цілому для виробничого об'єднання і родовища. Шахти виробничою потужністю, що перевищує 1 млн. т / рік, слід реконструювати індивідуально або об'єднувати з сусідніми дрібними шахтами, а потужністю менше 1 млн. т / рік - об'єднувати з гірничих робіт в одну адміністративну одиницю.

В області вдосконалення систем розробки основним завданням є забезпечення умов для подальшої інтенсифікації виробництва, концентрації гірничих робіт за рахунок збільшення навантаження на очисний вибій і пласт з метою підвищення продуктивності праці робітників і зниження собівартості сировини.

Основне завдання вирішується шляхом:

- збільшення частки систем розробки довгими стовпами і скорочення обсягу застосування суцільної системи;
- створення і впровадження нових варіантів стовпових систем розробки, що забезпечують прямоточне відокремлене провітрювання джерел виділення метану, а також розворот механізованого комплексу на 180 °

- і більше для відпрацювання суміжних виїмкових стовпів з метою скорочення обсягу монтажно-демонтажних робіт і підвищення коефіцієнта їх використання;
- раціонального розміщення основних і підготовчих виробок в товщі пласта і порід з метою усунення впливу опорного гірського тиску на кріплення, забезпечення умов для повторного використання, безремонтної підтримки виробок, зниження витрат на ремонтні роботи і зменшення втрат корисних копалин шляхом проведення пластових виробок до виробленого простору; забезпечення постійної довжини лави в межах виїмкового стовпа шляхом відпрацювання їх по падінню (повстанню), розширивши діапазон застосування по кутах падіння і пластів;
 - створення нових варіантів систем розробки і високопродуктивних засобів комплексної механізації, що забезпечують виїмку вугілля без постійної присутності робітників в очисному забої;
 - розробки нових і подальшого вдосконалення існуючих систем розробки потужних (особливо крутонахилених і крутих) пластів з закладкою (переважно гідравлічної) і виїмкою на повну їх потужність з тим, щоб спростити технологію видобутку вугілля, зробити її малоопераційних, збільшити навантаження на забій, створити умови для виїмки законсервованих запасів в охоронних ціликах під об'єктами;
 - розробки комплексу заходів з управління станом масиву гірських порід з поверхні до початку ведення гірничих робіт з метою виключення прояви таких грізних динамічних явищ, як раптові викиди вугілля, гірських порід і газу, гірські удари і ін .;

При реконструкції шахт слід передбачати максимальне використання існуючих виробок і обладнання; при цьому проведення нових виробок замість існуючих, має обґрунтовуватися проектом і техніко-економічним розрахунком.

2 НАТУРНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТА РЕКОНСТРУКЦІЇ У М.КРИВИЙ РІГ

2.1 Характеристика об'єкта будівництва

Корпус крупного дроблення розташований в кар'єрі у Кривому Розі, Дніпропетровської області. Споруда знаходиться на відмітці. -60,0 м концентраційного горизонту кар'єра.

Природно-кліматична характеристика майданчика розташування існуючої будівлі відноситься до другого (II) кліматичного району, який характеризує наступними умовами згідно ДСТУ-Н Б.В.1.1-27: 2010 Будівельна кліматологія:

- температура найбільш холодної п'ятиденки, забезпеченістю 0,92 - мінус 26°C;
- абсолютна максимальна і мінімальна температура зовнішнього повітря - плюс 39°C і мінус 36°C;
- відносна вологість повітря від 63% в червні до 85% у січні;
- негативна розрахункова температура - мінус 23°C;
- нормативна глибина промерзання ґрунту -0,9 м;
- середньорічна кількість опадів - 550 мм;
- середньорічна швидкість вітру - 5 м/с.

Згідно ДБН В.1.2-2006 «Навантаження і впливи» кліматичний підрайон розміщення об'єкта відноситься до другого (2) вітрового району, тип місцевості III, $W = 0,44$ кПа;

2.2 Архітектурно-будівельні рішення

Корпус крупного дроблення є шахтний колодязь глибиною 32,1 м. Діаметр колодязя в світлі складає 23,0 м. Устя колодязя розташоване на майданчику з абсолютною відміткою -59,850 м.

У верхній частині колодязя виконана форшахти з монолітного залізобетону висотою з внутрішньої сторони 8,9 м, на якій розташовані монолітні залізобетонні балки (стінки) приймального бункера. Над коміром форшахти виконано зворотна засипка скельним ґрунтом. Нижче форшахти стіни колодязя з позначки -8,900 м до відмітки -29,050 виконані з залізобетонного тубінгового кріплення. Тубінги збірні залізобетонні висотою 957 мм, шириною 600 мм, котрі за довжиною 15 м і 4,5 м. В основі тубінгового кріплення влаштовано бетонне днище з відміткою верху -29,050 м.

У внутрішній частині колодязя розташовані: фундамент під дробарку, бункер живильника, перекриття на відмітках -5,350 м; -12,220 м; -15,620 м і -20,000 м, металеві сходові марші, шахта ліфта і площадки обслуговування обладнання обладнання.

Існуючий фундамент являє собою моноліту рамну конструкцію, що складається з поперечних монолітних рам, пов'язаних між собою монолітними залізобетонними ригелями з жорстким закріпленням, а в верхньому поясі монолітною плитою. Фундамент розташований над бункером живильника на загальній монолітної залізобетонної плити з опертям через стіни бункер на дві фундаментні плити товщиною по 1500 мм. Низ фундаментних плит на позначці -32,000.

Перекриття на відмітках -5,350м, -12,220м, -15,650м і -20,000м виконані по металевим зварним і прокатним балках зі збірних і монолітних залізобетонних плит товщиною від 80 мм до 300 мм.

Фундаменти під металеві колони - монолітні залізобетонні відміткою підшви -32,000 м. По колонах виконані металеві вертикальні зв'язки.

2.3 Об'ємно-планувальні рішення

Фундаменти - монолітні залізобетонні.

Колони - металеві, двотаври 40К9 висотою 13,5м .

Вертикальні зв'язки - металеві з рівнополичного кутика 100х6, 100х7, 90х7.

Перекриття - монолітні залізобетонні по металевих балках. Балки двотаврові, застосовані №70, №60, №50, №45, №30, №26, а також швелера №20, №33.

Підлога - бетонна, металевий настил.

Стіни - збірні залізобетонні тубінги з монолітними залізобетонними по поясам.

Перегородки - товщиною 250 мм і 120 мм із силікатної цегли.

Двері - металеві.

Сходи, площадки обслуговування, огорожі - металеві.

2.4 Техніко-економічні показники

Таблиця 1 - Техніко-економічні показники

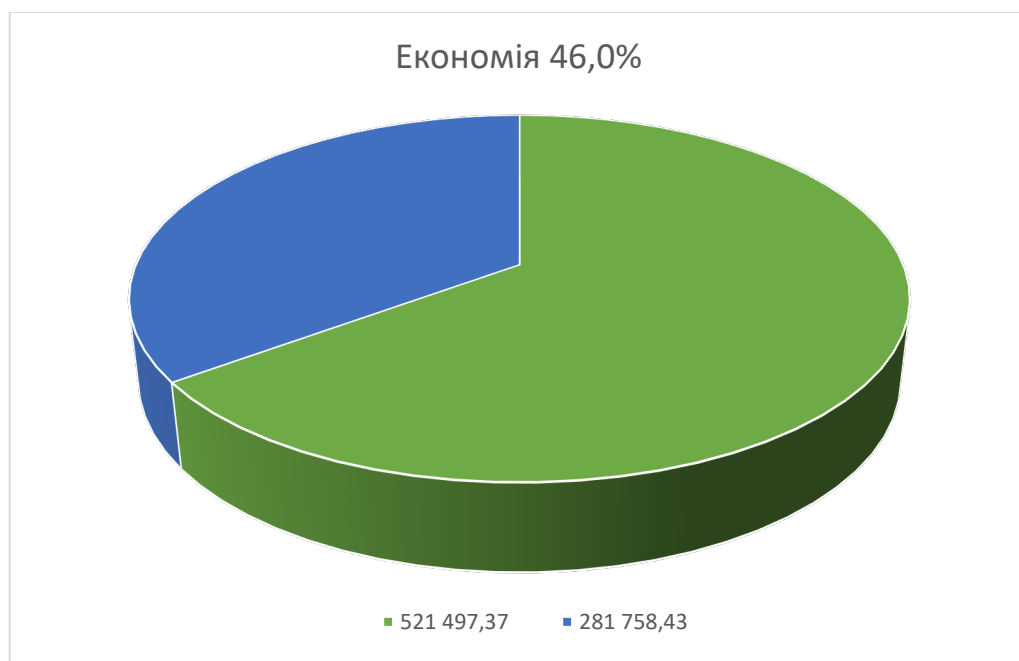
№ п/п	Найменування	Один. виміру	Кількість	Примітка
1	Корпус крупного дроблення. Шахтний колодязь. Реконструкція будівельних конструкцій.	шт.	1	
2	Характеристика будівництва		Реконструкція	
3	Код об'єкту згідно класифікатора ДК 018-2000		2301.2	Шахти та споруди підприємств
4	Поверховість	Поверх	1	
5	Загальна кошторисна вартість будівництва	тис.грн.	281 758,43	
	в т.ч. будівельних робіт	тис.грн.	200 000,0	
6	Кількість робочих місць	Чел.	-	
	Кількість робочих у зміну		-	
7	Загальна площа приміщень, що підлягають реконструкції	м ²	1245,795	
8	Будівельний об'єм	м ³	20991,7	
9	Ступінь вогнетривкості будівлі		ШБ	

Таблиця 2 – Калькуляція собівартості реконструкції системою зовнішнього армування

Стаття витрат	Сума, грн
Проектування	37 259,23
Матеріали	155 652,69
Проведення робіт	88 846,51
Разом	
Кошторисна вартість	281 758,43

Таблиця 3 – Калькуляція собівартості реконструкції металевими накладками

Стаття витрат	Сума, грн
Проектування	37 259,23
Матеріали	242 119,07
Проведення робіт	242 119,07
Разом	
Кошторисна вартість	521 497,37



Діаграма 1 - Техніко-економічне обґрунтування ефективності підсилення системою зовнішнього армування

2.5 Конструктивні рішення

Корпус крупного дроблення зведений в 1984 році і експлуатується згідно своєму функціональному призначенню.

Фактичні розрахункові схеми основних несучих будівельних конструкцій будівлі відповідають проектним розрахунковим схемам і конструктивно-компонувальних рішень. Проте за 35 років конструктивні елементи підлягали впливу різних факторів. Можливими причинами виникнення дефектів і пошкоджень в конструкціях корпусу великого дроблення на стадії його експлуатації є:

- великий термін експлуатації корпусу в умовах агресивного середовища;
- несвоєчасне і неякісне проведення ремонтно-відновлювальних робіт з підтримки несучої здатності конструкцій;
- несвоєчасне повторне нанесення лакофарбового покриття на м / к;
- механічні дії на несучі конструкції при установці технологічного обладнання;
- скупчення пилу і бруду на несучих конструкціях, підвищена вологість.

Найбільш поширеним видом дефектів і пошкоджень металоконструкцій є корозія елементів (рис.3).



Рисунок 3 – Заміри полки колони з продуктами корозії



Рисунок 4 – Заміри полки колони без корозії



Рисунок 5 – Корозія металу колон



Рисунок 6 – Корозія металу несучих елементів – колон



Рисунок 7 – Корозія металевої колони

На підставі виявлених дефектів і пошкоджень, аналізу дефектів і пошкоджень та впливу їх на технічний стан будівельних конструкцій, аналізу характеру дій постійних і тимчасових навантажень, технічний стан основних

будівельних конструкцій конструкціях корпусу великого дроблення, згідно оцінюється категорія стану 2 - задовільний, з наявністю окремих конструктивних елементів, що відносяться до категорії стану 3 - не придатний до нормальної експлуатації.

Оцінка технічного стану конструкцій виробничих будівель і споруд проводиться за категоріями, згідно ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 «Керівництво по обстеженню будівель і споруд для визначення і оцінки їх технічного стану»;

- конструкції перебувають в нормальному стані;
- конструкції перебувають в задовільному стані;
- конструкції перебувають у непридатному для експлуатації стані;
- конструкції перебувають в аварійному стані.

Відповідно до пунктів 5.3.1-5.3.4 ДСТУ-Н Б В.1.2-18: 2016 «Керівництво по обстеженню будівель і споруд для визначення і оцінки їх технічного стану» споруди рекомендується зараховувати в одну з 4х категорій залежно від технічного стану:

- категорія технічного стану об'єкта «1» - нормальне. Всі конструкції відносяться до категорії технічного стану «1»;
- категорія технічного стану «2» - задовільний. У будівлі є конструкції з технічним станом категорії «2» і відсутні конструкції категорії відповідальності А1, А чи Б з технічним станом категорії «3» або «4».
- категорія технічного стану «3» - не придатне до нормальної експлуатації. У будівлі (споруді) є конструкції категорії відповідальності А1, А чи Б з технічним станом категорії «3» і відсутні конструкції цих категорій відповідальності з технічним станом категорії «4».
- категорія технічного стану «4» - аварійний. У будівлі (споруді) є конструкції категорії відповідальності А1, А чи Б з технічним станом категорії «4». Експлуатація об'єкта повинна бути зупинена до відновлення його експлуатаційного придатності або ліквідації.

Експлуатація об'єкта повинна бути зупинена до відновлення його експлуатаційної придатності або ліквідації.

Дефекти і пошкодження елементів металевих конструкцій згідно ДСТУ Б В.2.6-210:2016 в залежності від відповідальності конкретного елемента щодо забезпечення працездатності конструкцій в цілому, а також від ступеня небезпеки дефекту або пошкодження, діляться на три категорії: - Ad, Bd, BD.

До категорії Ad належать дефекти і пошкодження особливо відповідальних елементів і сполук, що являють собою безпосередню небезпеку для руйнування сталеві конструкції в цілому.

До категорії Bd належать дефекти та пошкодження, які не становлять в момент виявлення безпосередньої небезпеки для руйнування сталеві конструкції, але можуть в подальшому спричинити пошкодження інших елементів (вузлів, з'єднань) і при подальшій експлуатації можуть перейти до категорії Ad;

До категорії BD належать дефекти та пошкодження, які не відносяться до категорій Ad і Bd, наявність яких не пов'язано із загрозою руйнування.

Таблиця 4 – Відомість технічного стану конструкцій

№ п/п	Елементи об'єкту та конструктивні елементи	Матеріал	Оцінка стану	
			4	5
1	2	3	4	5
2	Колони на відмітці – 29,750			
3	Колони каркасу (16шт)	метал	3	Не придатні до нормальної експлуатації
4	Колони на відмітці – 21,150			
5	Колони каркасу (12шт)	метал	3	Не придатні до нормальної експлуатації

Таблиця 5 – Відомість дефектів та пошкоджень будівельних конструкцій

№ П/П	Найменування обстежуваних конструкцій, їх місцезнаходження та кількість	№ на кресленні	Найменування дефекту чи пошкодження	Категорія технічного стану категорія дефекту для металевих конструкцій	Рекомендації по усуненню дефектів та пошкодження
1	Металеві колони К1 відм. -29,750 6 штук	К1 арк.Х	Корозія металу до 60% по всій довжині колони	3 Ad	Зачистити від іржі, виконати підсилення вуглеволокном
2	Металеві колони К2 відм. -29,750 6 штук	К2 арк.Х	Корозія металу до 60% по всій довжині колони	3 Ad	Зачистити від іржі, виконати підсилення вуглеволокном
3	Металеві колони К3 відм. -29,750 4 штуки	К3 арк.Х	Корозія металу до 65%	3 Ad	Зачистити від іржі, виконати підсилення вуглеволокном
4	Металеві колони К4 відм. -21,150 12 штук	К4 арк.Х	Корозія металу до 35%	3 Ad	Зачистити від іржі, виконати підсилення вуглеволокном

2.5.1 Реконструкція металевих конструкцій

Посилення металевих конструкцій може проводитися після їх розвантаження або під навантаженням:

- збільшенням поперечного перерізу окремих елементів і вузлів їх з'єднань;
- зміною розрахункової схеми конструкцій.

Особливістю посилення металевих конструкцій є доступність перетину по всій довжині елементів і зварюваність металу, що дозволяють зменшити трудомісткість забезпечення спільної роботи основного і додаткового елементів.

Однак нагрівання елементів при зварюванні може знижувати його міцність. При температурі понад 550°C метал переходить в пластичний стан і вимикається з роботи по сприйняттю зусиль. Ступінь зниження міцності металу в місці зварювання залежить від способу і режиму зварювання, товщини і ширини елемента, а також від напрямку зварних швів. Так, для поздовжніх швів зниження міцності становить до 15%, а для поперечних - досягає 40%. Виходячи з цього, забороняється застосування поперечних зварних швів при посиленні металевих конструкцій під навантаженням.

Посилення металевих конструкцій, що працюють на розтяг, стиск і вигин, збільшенням поперечного перерізу елементів проводиться приєднанням додаткових елементів. Спільна робота додаткових елементів посилення з конструкцією, що підсилюється забезпечується шляхом зварювання, а також за допомогою болтового або заклепувального з'єднання.

При виконанні посилення центрально-розтягнутих і стиснутих металевих конструкцій слід прагнути до збереження центрування підсилюються елементів і вузлів з'єднань (тобто додаткові елементи необхідно розташовувати так, щоб положення центра ваги елемента після підсилення не змінювалося), в іншому випадку, потрібна перевірка міцності посиленого елемента і вузла сполучення з урахуванням з'явився ексцентриситету.

При конструюванні підсилення зварні шви, болтові і заклепувальні з'єднання необхідно розташовувати в зручних для виконання і контролю якості місцях. Крім того, при зварних з'єднаннях слід враховувати появу додаткових і залишкових зварювальних деформацій.

Забезпечення спільної роботи додаткових деталей при посиленні розтягнутих елементів проводиться їх обов'язкової заведенням в вузли на відстань, необхідне для розміщення прикріплюють швів, достатніх для повного включення в роботу на кордоні вузловий фасонки.

В якості додаткових елементів при підсиленні центрально-розтягнутих елементів використовуються, як правило, смуги і круглі стрижні (рис. 8). При цьому в разі приварювання підсилюють смуг до полиць і перу спарених куточків потрібно зрізка виступаючих кінців з'єднувальних планок.

У разі забезпечення спільної роботи додаткових елементів з підсилюються розтягнутим елементом за допомогою зварювання зварні шви рекомендується приймати з висотою катета шва 3-6 мм (в залежності від товщини деталей, що з'єднуються), а шви, розташовані поблизу краю елемента, слід виконувати суцільними, тому що переривчасті шви створюють численні «надрізи» - концентратори напружень, що сприяють крихкому руйнуванню при розтягуванні.

Посилення стиснутих елементів сталевих конструкцій проводиться:

- збільшенням поперечного перерізу елемента при незначній зміні його гнучкості;
- збільшенням поперечного перерізу елемента зі значним зменшенням його гнучкості;
- зменшенням розрахункової довжини елемента без зміни поперечного перерізу.

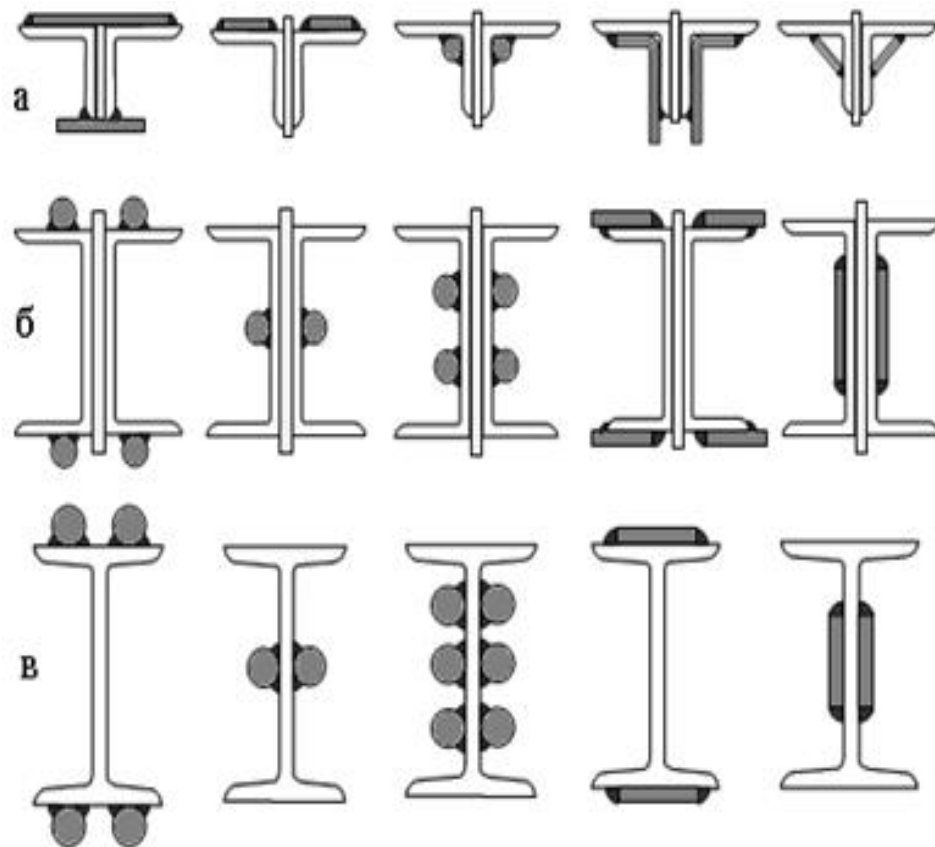


Рисунок 8 - Посилення збільшенням поперечного перерізу без зміни гнучкості металевих елементів: а - з спарених куточків; б - з спарених швелерів; в - з двотаврів

У практиці посилення металевих конструкцій перший метод застосовується для стиснутих елементів невеликої довжини (коротких), коли міцність елемента визначається площею його поперечного перерізу. Два інших методу посилення характерні для довгих стиснутих елементів, які втрачають стійкість при руйнуванні.

У першому випадку для посилення центрально-стиснутих елементів, аналогічно розтягнутим, в якості додаткових елементів можуть бути використані смуги і круглі стрижні, ефективно збільшують площу поперечного перерізу, але незначно змінюють його жорсткість при згині (рис. 8). Як і в разі розтягнутих елементів, додаткові деталі посилення повинні заводитися в вузли сполучення.

При посиленні стиснутих елементів збільшенням поперечного перерізу зі зменшенням його гнучкості в якості додаткових елементів використовуються прокатні профілі у вигляді труб, куточків, швелерів і т.п., розвиваючих перетин і ефективно підвищують його жорсткість при згині (рис. 9). При цьому якщо немає небезпеки втрати стійкості для розтину не підсиленого елемента поблизу вузла, деталі посилення можуть бути не заведені в вузол і не прикріплені до нього.

Допускається застосування переривчастих швів, які зменшують зварювальні деформації, що скорочують терміни зварювальних робіт і масу наплавленого металу.

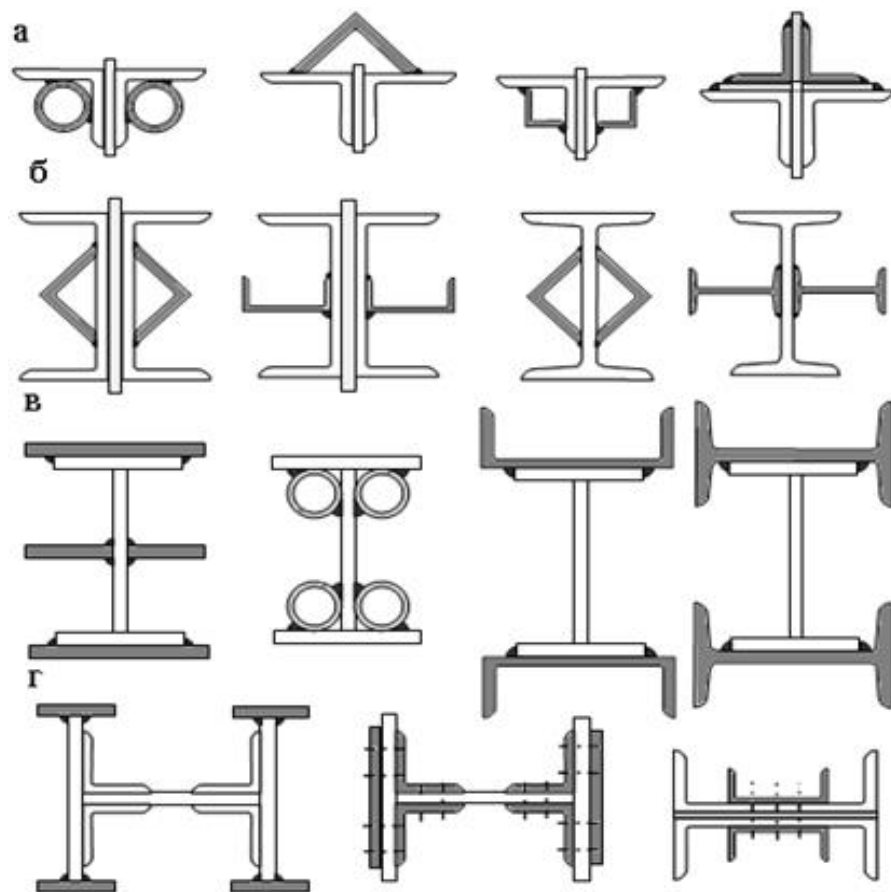


Рисунок 9 - Посилення збільшенням поперечного перерізу зі зменшенням гнучкості металевих елементів: а - з спарених куточків; б - з спарених швелерів і двотаврів; в - зварних суцільного перетину; г – клепаных(на болтах)

Зменшення розрахункової довжини окремих елементів ефективно в разі, коли не забезпечена їх стійкість. Посилення стиснутих елементів зменшенням його розрахункової довжини в площині кроквяної ферми проводиться встановленням додаткових розкосів або підвісок (рис. 10, а), з площини ферми або для окремо розташованих стійок - попередньо напружених шпренгелів (рис. 10, б, в).

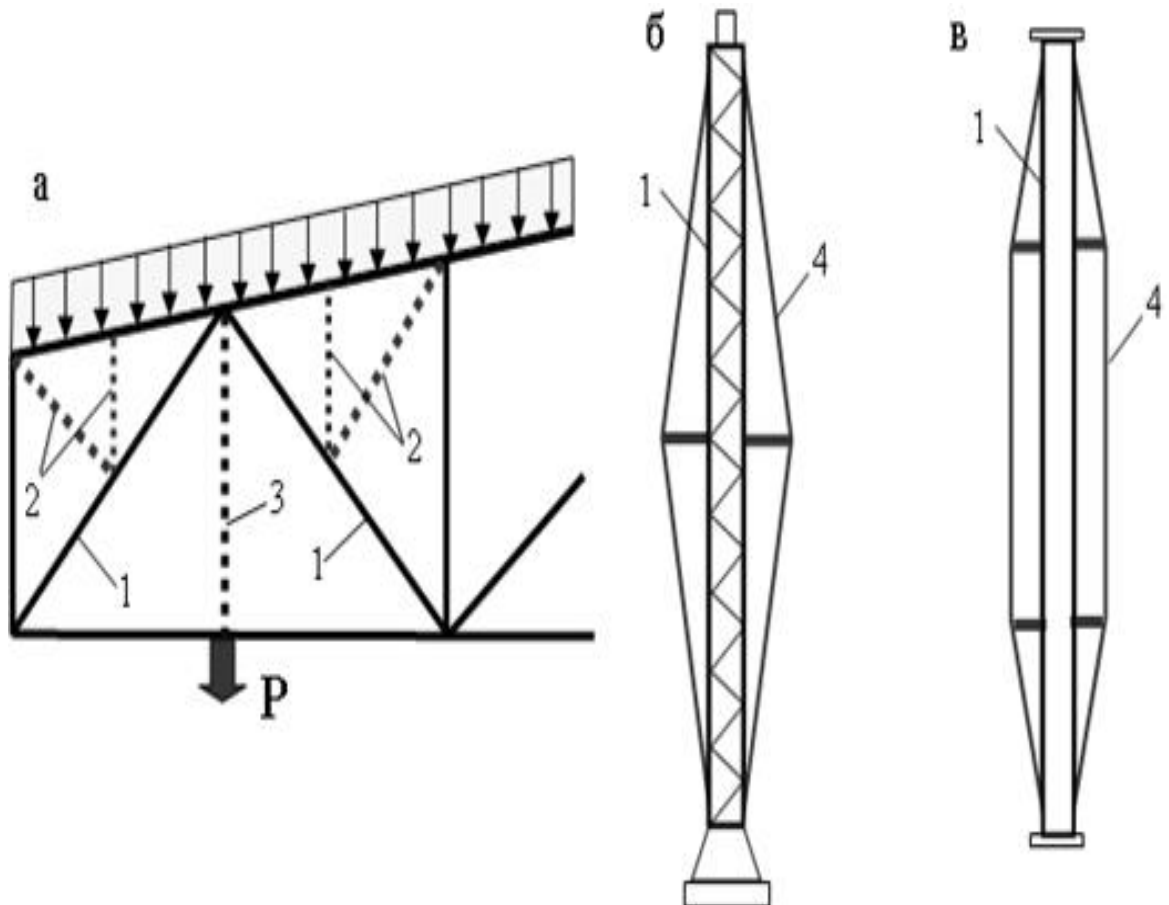


Рисунок 10 - Посилення сталевих конструкцій за рахунок зменшення їх розрахункової довжини: а - установкою додаткових розкосів; б, в - установкою попередньо напружених шпренгелів: 1 - посилений елемент, 2 - додаткові розкоси, 3 - додаткова підвіска, 4 - попередньо напружені шпренгелів

Посилення металевих конструкцій, що процюються на згин має такі особливості:

- збільшення поперечного перерізу згинаючого елемента можна обмежувати лише зоною дії максимальних згинальних моментів, де посилення потрібно за розрахунком;
- при конструюванні підсилення необхідно найефективнішого розміщення додаткових деталей (на якомога більшій відстані від нейтральної осі непідсиленого перетину);
- з огляду на вплив зварювальних деформацій при посиленні, збільшують прогин, посилення елементів, що згинаються необхідно починати з нижнього пояса, потім при необхідності слід посилити стінку, в останню чергу - верхній пояс.

Для групи колон доцільно використовувати спосіб установки додаткових зв'язків або за допомогою жорстких попередньо напружених розкосів і розпірок, так як при цьому крім посилення відбувається підвищення їх стійкості (рис.11, а-б).

Для високих колон більшої гнучкості необхідно вводити попередньо напружені відтягнення (рис.11, г) або шпренгельні затяжки (рис.11, д, е).

Можливий варіант перетворення шарнірних баз колон в жорсткі шляхом посилення черевика колони додатковим армуванням з наступним бетонуванням цієї конструкції. При цьому рекомендується вводити хомути для забезпечення монолітного з'єднання черевика з фундаментом. Для сприйняття значного навантаження на колону одночасно з посиленням черевика колони необхідно збільшити розмір опорної плити і встановити додаткові ребра на зварюванні.

Телескопічні попередньо напружені труби рекомендується використовувати для посилення під повною експлуатаційним навантаженням як центрально, так і позацентрово стиснутих колон. При підсиленні центрально стиснутих колон опори з телескопічних труб необхідно встановлювати симетрично, а при позацентрово стиснутих - в сторону

ексцентриситету. Підсилюваний елемент виготовляють з двох телескопічески з'єднаних труб, обидва нижніх торця яких приварюють до черевика.

Потім зовнішню трубу подовжують нагріванням і приварюють її верхній кінець до оголовка внутрішньої труби. При охолодженні зовнішня труба стискає внутрішню, в результаті чого створюється попередньо напружений елемент посилення. Його встановлюють в проектне положення, розклинюють і з'єднують з посилюваною колоною хомутами. Потім зовнішню трубу розрізають по колу для звільнення внутрішньої труби від стиснення зовнішнього і передачі частини навантаження з посилюваної колони на внутрішню трубу. Після чого розріз зовнішньої труби заварюють, утворюючи опору з двох спільно працюють телескопічних труб.

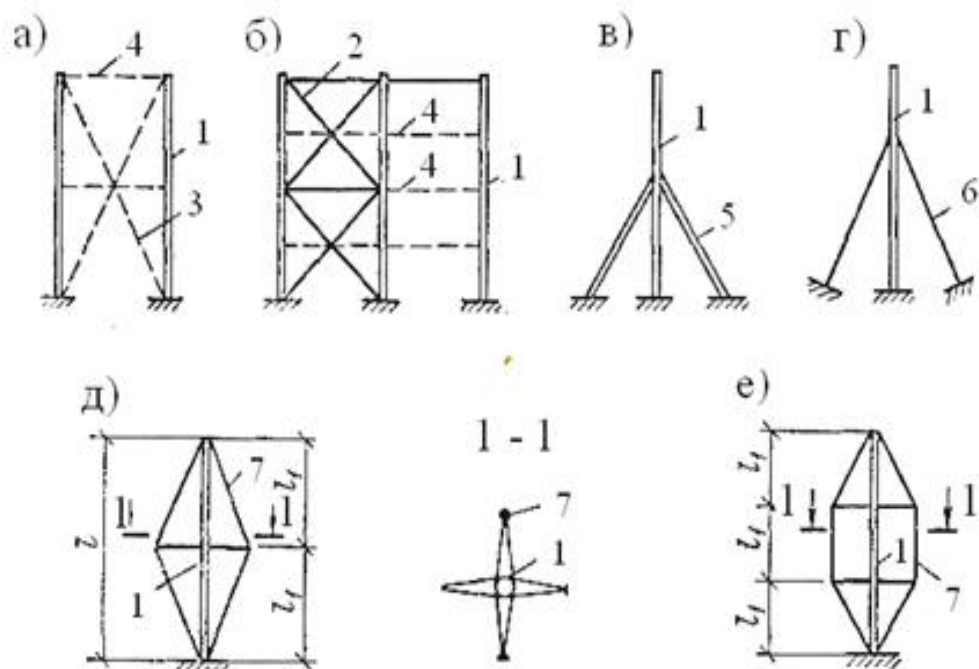


Рисунок 11 - Схема посилення металевих стиснутих колон: а - гнучкими розкосами і розпірками; б - попередньо напруженими жорсткими розкосами і розпірками; в- жорсткими підкосами; г - попередньо напруженими відтягненнями; д, е - шпренгельних затяжками;

1 - існуючі колони; 2 - існуючі зв'язки; 3 - додаткові діагональні зв'язку; 4 - додаткові розпірки; 5 - підкоси; 6 - відтягнення; 7- шпренгельні затяжки.

Підсилення колон за допомогою жорстких розпірок (рис.12, б), виготовлених з прокатних профілів, здійснюють в такій послідовності. Жорсткі розпірки встановлюють симетрично по обидва боки колони на опорні куточки, тимчасово раскрепляють, а потім за допомогою домкрата і гвинтового пристрою забезпечують їм вертикальне положення. У жорстких розпірках при цьому створюються розтягують напруги, які сприймають частину навантаження від горизонтальних ригелів і тим самим сприяють посиленню колон. Після випрямлення жорстких розпірок, їх зварюють з колоною, після чого знімають горизонтальні тяжі, траверси, домкрат і гвинтові пристрій.

Індивідуальний переносний Шпренгель складається з елемента посилення у вигляді прокатного профілю, сталевого шпренгелі і гвинтового пристрою (рис.12, в). На відміну від попередніх пристроїв попереднє напруження в індивідуальному переносному шпренгелів створюється до установки в проектне положення за рахунок розкручування гвинтового пристрою. Після установки шпренгелі в проектне положення гвинтові пристрій скручується і в елементі посилення створюється розтяжне напруження, яке передається на балки перекриття, розвантажуючи при цьому посилюється колону.

Перевагою таких пристроїв є вигреш в силі, а також можливість простого і досить точного контролю. Напруження в елементах посилення контролюють за допомогою тензодатчиків або по зміні стрілки прогину шпренгелів.

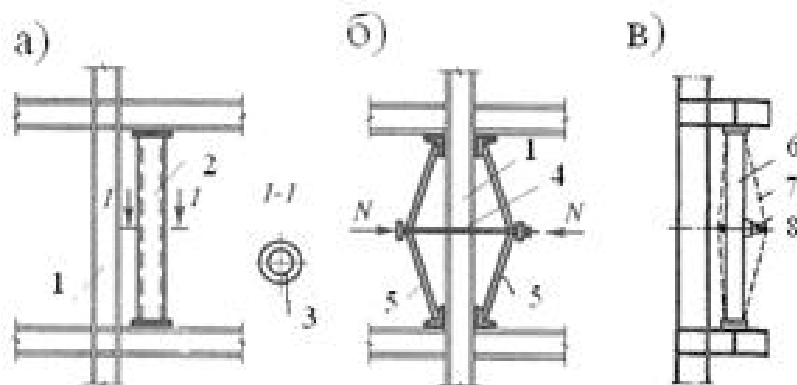


Рисунок 12 - Посилення металевих колон за допомогою індивідуальних попередньо напружених шпренгелів: а - телескопічної опорою; б - жорсткими розпірками; в - індивідуальним шпренгелем:

1 - колона; 2 - елемент посилення з труби; 3 - напружена внутрішня труба; 4 - тяг для стягування стояків; 5 - розпірні підсилюють стрижні; 6 - елемент посилення; 7- шпренгельних тяга; 8 - гвинтовий пристрій.

Найбільш поширені способи посилення металевих колон суцільного перетину двотаврового профілю представлені на рис.13, а-п:

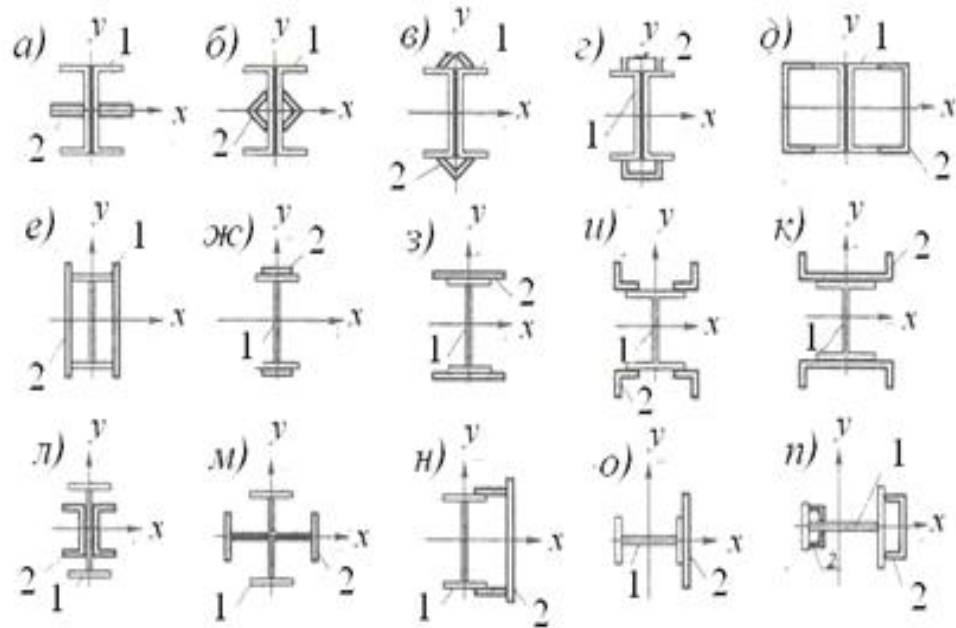


Рисунок 13 - Схеми посилення металевих колон суцільного перетину двотаврового профілю способом збільшення перерізу

1 - колона; 2- підсилюваний елемент.

На рис. 14, а-д зображені варіанти посилення металевих колон квадратного і круглого перетину збільшенням їх поперечного перерізу.

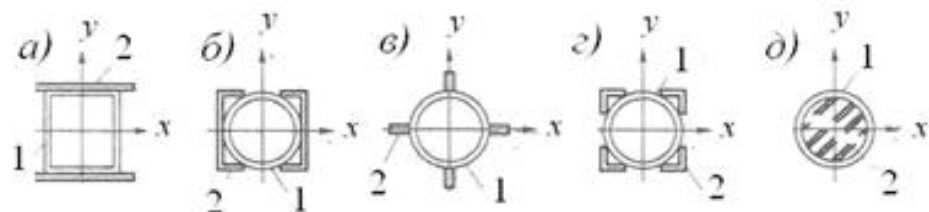


Рисунок 14 - Схеми посилення металевих колон квадратного і круглого перетину збільшенням їх поперечного перерізу

Для посилення гратчастих колон застосовують способи збільшення перерізу, представлені на рис.15, а-е.

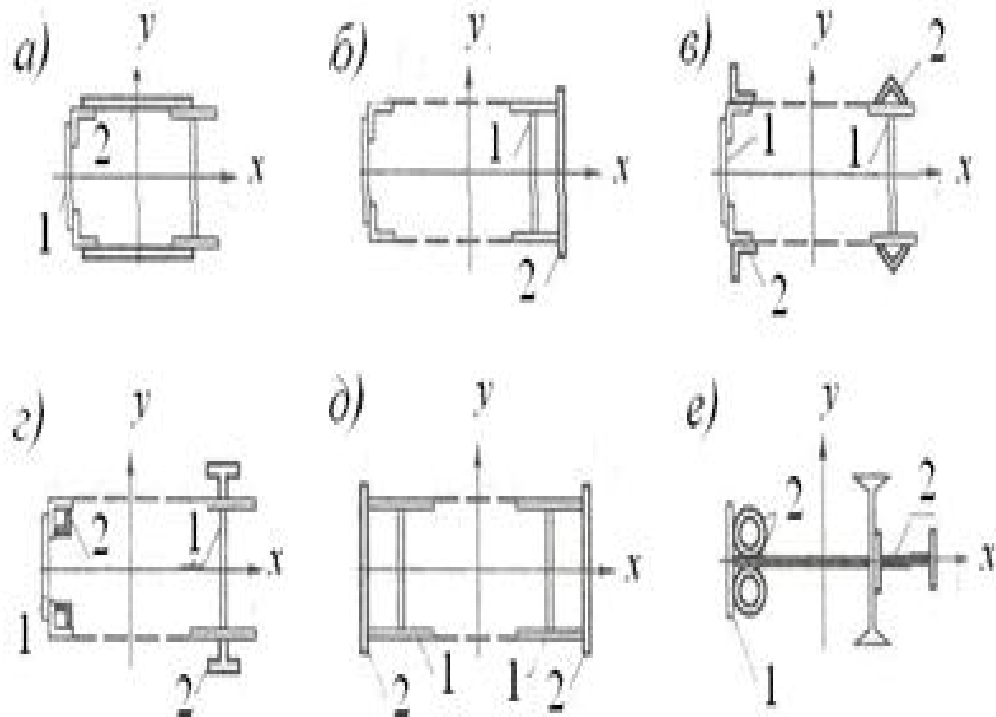


Рисунок 15 - Схеми посилення металевих наскрізних колон способом збільшення перерізу

1 - колона; 2 - підсилюваний елемент.

Недоліком методу збільшення перерізу колон є необхідність часткового розвантаження на час посилення через можливість додаткового вигину зварюються під впливом зварювальних напружень, які можуть привести до втрати несучої здатності елементів металевих колон. Тому таке посилення колон має проводитися з частковим розвантаженням, щоб напруга в них не перевищувала 40% розрахункового опору старого металу. Цей спосіб посилення вимагає виконання великого обсягу зварювальних робіт на місці посилення, що може викликати необхідність зупинки виробничого процесу.

2.5.2 Сучасне уявлення про реконструкцію металевих конструкцій

Сьогодні в сучасній будівельній індустрії спостерігається постійне зростання застосування металоконструкцій при зведенні будівель різного призначення. Такі конструкції використовуються повсюдно: в якості каркасів швидкокомтованих споруд, прогонових конструкцій транспортних мостів, конструктивних елементів покриттів і перекриттів. Різноманітні експлуатаційні фактори - силові і температурні впливи, дії агресивного навколишнього середовища, знижують несучу здатність і скорочують життєвий цикл будь-якої металевої конструкції.

Крім цього до причин посилення конструкцій з металу можна віднести: - їх пошкодження від механічних впливів;

- прогини, вм'ятини, викривлення, стирання та ін .;
- помилки проектування, монтажу та експлуатації металоконструкцій;
- реконструкція, розширення, технічне переозброєння, що викликають збільшення навантажень на конструкції в діючих підприємствах.
- пошкодження металевих конструкцій, яке призвело до зниження їх несучої здатності, жорсткості, тріщиностійкості;
- зміна умов експлуатації металевих конструкцій;
- зміна розрахункової схеми металевих конструкцій;
- необхідність підвищити надійність і довговічність металевих конструкцій;

Для посилення металевих конструкцій можуть бути використані традиційні способи, що включають збільшення і нарощування перерізів елементів, установку додаткових елементів в існуючі конструкції, пристрій додаткових опор і підкосів з метою зміни конструктивної схеми елементів, пристрій додаткових зв'язків, ребер, діафрагм і розпірок для збільшення місцевої і загальної стійкості металевих конструкцій, обетонування металевих конструкцій і інші способи.

Для посилення металевих конструкцій з метою підвищення їх несучої здатності зазвичай застосовуються металеві накладки, пластини, для прикріплення яких використовуються болтові або зварні з'єднання. Однак цей спосіб має ряд недоліків. Металеві накладки призводять до збільшення власної ваги споруди, вони схильні до руйнування від корозії і втоми. Нерідко може виявитися важким приварювання їх до підсилюються елементів.

Останнім часом для посилення металевих конструкцій все частіше стали застосовуватися сучасні способи посилення, засновані на застосуванні армованих фібрами полімерних матеріалів (композитних або композиційних матеріалів або, коротше, композитів).

У літературі композитні матеріали, армовані склотканиною, арамідними або вуглецевими волокнами, називаються композиційними матеріалами з фіброю - КМФ, або фіброармірованими пластиками - ФАП. Найбільшого поширення набули вуглепластики, тобто композити, армовані вуглеволокном.

Вуглецеве волокно (вуглеволокно, графітове волокно) - штучне волокно, що складається з вуглецю; форма графіту, в якій атоми вуглецю вишикувані в тонкі довгі графітові волокна. Вуглецеві волокна є дуже жорсткими стосовно їх маси і використовуються, зокрема, для конструкцій, виготовлених з композитних матеріалів, в яких вуглецеві волокна пов'язані з матричним матеріалом (сполучним) — таким може бути епоксидна смола.

Вуглецеве волокно є тип гідратцелюлозного або віскозного, або штучного волокна — пан-акрилонітрилове волокно, яке є вуглецем майже в чистому вигляді. Цей матеріал виготовлюється методом піролізу, тобто розкладання молекул сполуки під впливом високої температури без окислення та горіння.

Кожне полотно по будові кристалічної ґратки близьке до графіту, проте створює лише плоскі просторові структури. Безліч графітових полотен, переплітаючись, утворюють волокно. Вуглеволокном невірно називають також будь-які композитний матеріал, до складу якого входять вуглецеві нитки; найбільш відомим і важливим з них є пластик, посилений вуглеволокном.

Вуглеволокно (далі ВВ) – наноструктурований органічний матеріал, що містить 92-99,99% вуглецю і володіє високими значеннями міцності і модуля пружності.

Залежно від природи прекурсору і режимів виробництва отримують ВВ з різними властивостями: високоміцні, або високомодульні волокна з підвищеною міцністю і подовженням, а також багатоцільові ВВ загального призначення. У світовій практиці найбільшого поширення набули ВВ на основі ПАН-волокон.

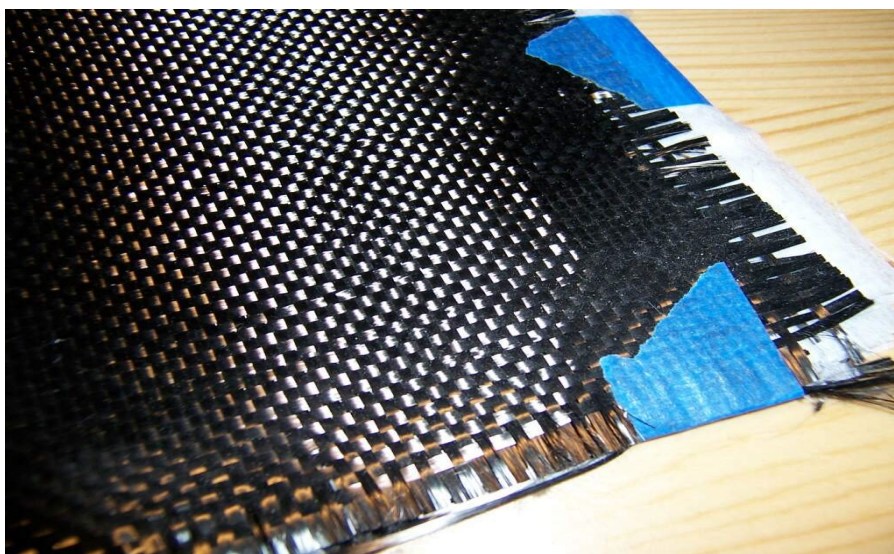


Рисунок 16 – Вуглеволокно

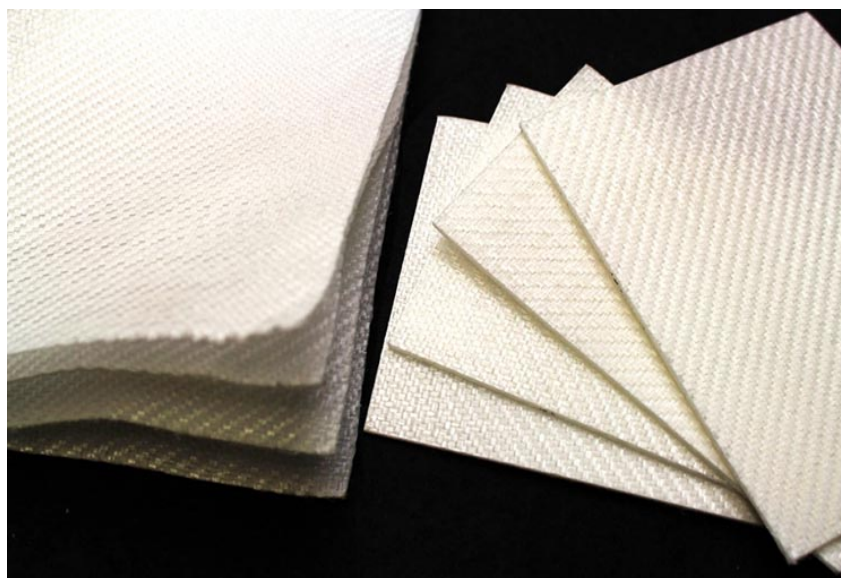


Рисунок 17 – Вуглеволокно

Таблиця 6 - Типові властивості вуглеволокон

Густина	1,8 г / см ³
Перетин волокна	7 мкм
Міцність вздовж волокон	4560 МПа (Н / мм ²)
Повздовжній модуль Юнга	395 ГПа
Усадка (Bruchdehnung)	1,1%

Загалом розглядають такі основні види вуглеродних волокон, які мають необхідні показники для широкого практичного освоєння в довгостроковій перспективі:

- на основі поліакрилонітрильного (ПАН) волокна;
- на основі віскози;
- на основі пекового волокна;
- волокно з газової фази;
- композити з полімерної матрицею (вуглепластики);
- вуглець-вуглецеві композити;
- композити з металевою матрицею;
- композити з керамічної матрицею.

Композити з вуглеволоконна - багатоскладові структури, утворені комбінацією вуглецевих волокон як армуючих елементів і сполучного (матриці).



Рисунок 17 – Композити з вуглеволоконна

Таблиця 7 - Порівняння видів вуглецевих волокон

Показники	На основі ПАН-волокон	На основі віскозного волокна	На Основі піщового волокна	Волокно з фази газу
Міцність, ГПа	1,8-7,0	0,35-0,70	1,4-4,0	1,0-4,0
Модуль пружності, ГПа	200-600	20-60	140-930	200-300
Об'єм ринку споживання	■■■	■□□	■□□	■■□
Відпрацьованість технології	■■■	■■□	□□□	□□□
Вихід волокна з сировини	■■■	■□□	■■□	□□□
Біосумісність	□	■	□	□

Примітка: Вуглецевих волокон з газової фази в даний час на ринку немає.

У перспективі можлива поява широкого ринку.

■ - наявність ознаки.

Позначення ступеня показника: ■■■ - висока; ■■□ - середня; ■□□ - низька;

□□□ - показник відсутній.

Механічні та інші властивості композиту визначаються трьома основними параметрами: високою міцністю вуглецевого волокна, жорсткістю матриці і міцністю зв'язку на кордоні матриця-волокно.

Композити на основі вуглецевих волокон відрізняються високими значеннями трьох основних показників будь-якої конструкції - міцністю, жорсткістю і низькою питомою вагою. Вуглецеві волокна перевершують всі відомі волокнисті наповнювачі композиційних матеріалів за значеннями міцності і модуля пружності.

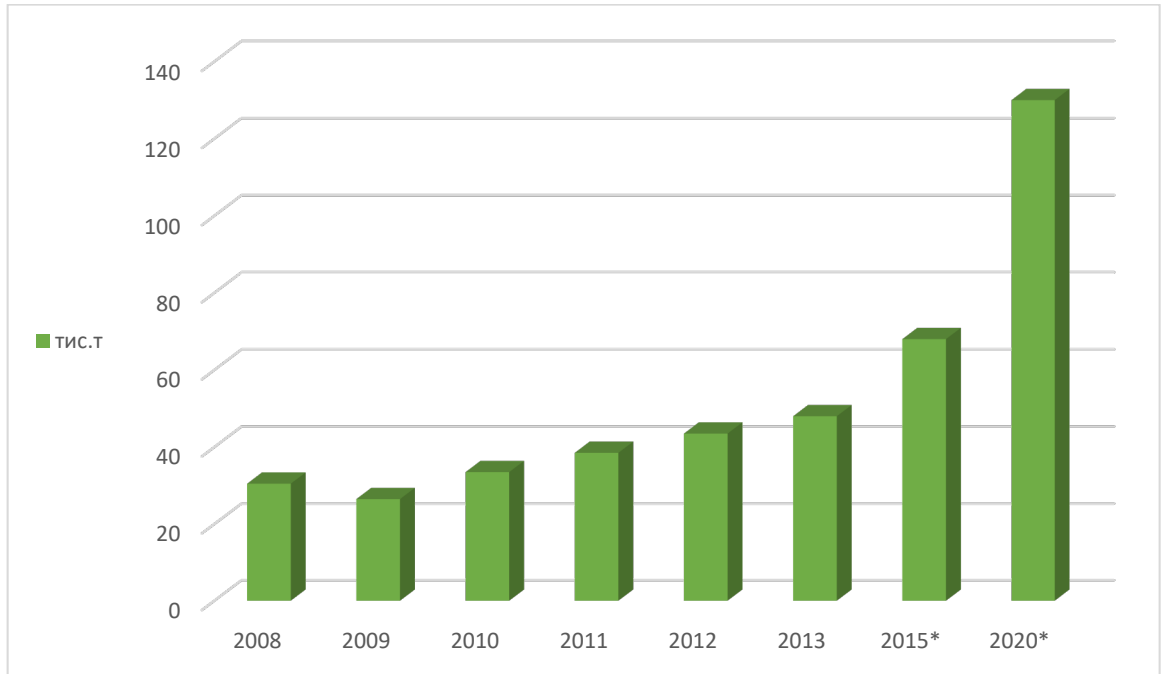
Таблиця 8 - Порівняння видів композитів з вуглеволокна

Показники	З полімерною матрицею (Вуглепластики)	Вуглець-вуглецеві композити	З металевої матрицею	З керамічної матрицею
Міцність, ГПа	0,9-3,5 ГПа	■ ■ □	■ □ □	■ ■ □
Модуль пружності, ГПа	■ ■ ■	■ ■ □	■ ■ □	■ □ □
Технологічний заділ	■ ■ □	■ ■ ■	■ □ □	□ □ □
Простота технології	■ ■ ■	■ □ □	□ □ □	□ □ □
Хімо- і термостійкість	■ ■ □	■ ■ □	■ □ □	■ ■ □
Обсяг ринку споживання	■ ■ ■	■ ■ □	■ □ □	■ □ □

■ - наявність ознаки.

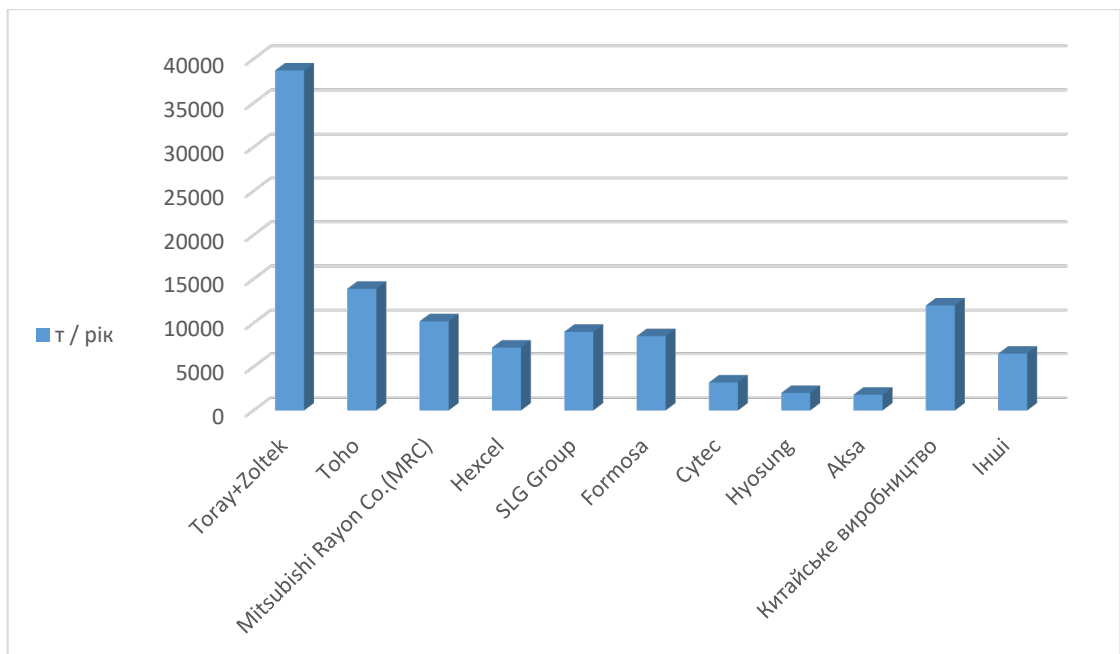
Позначення ступеня показника: ■ ■ ■ - висока; ■ ■ □ - середня; ■ □ □ - низька; □ □ □ - показник відсутній.

В результаті пружно-міцнісні характеристики композитів на їх основі значно перевищують аналогічні показники алюмінію і сталі. При цьому питома вага вуглецевих волокон не перевищує 2г/см^3 , що дозволяє отримувати конструкції вдвічі легше алюмінієвих і в'ятеро легше сталевих.



* Прогноз

Діаграма 2 – Споживання ВВ у світі



Діаграма 3 – Основні виробники ВВ у світі та їх потужності

Існують такі способи отримання вуглеволокна:

- хімічне осідання вуглецю на філамент (носій, наприклад, скловолокно);
- вирощування волоконноподібних кристалів (графіта) в світловій дузі;
- побудова органічних волокон в реакторі.

Найпоширенішим є останній спосіб.

Спочатку з хімічних розчинів отримуються поліакрілнітрильні нитки білого кольору. При високій температурній обробці вона переробляється у вуглецеве волокно - поліакрілнітрид нагрівається до 260°C , оксидується і кетонні молекулярні з'єднання стабілізуються. Потім оксидований матеріал нагрівається до 1300°C в інертному газі. При цьому відбувається обвуглювання матеріалу (карбонізація) і відторгнення неуглецевих з'єднань, так кличуть входити суха дісциляція. Таким чином отримуються HF-волокна, які після цього обробляються хімічно для використання в композитних сполуках. З волокон виготовляють тканини.

Далі, в результаті декількох технічних стадій вуглеволокна стають препревагами, з яких отримуються вуглепластик. Якщо потрібне волокно ще більшої міцності, то HF-волокно проходить ще одну ступень - графітізацію при температурі $2000-3000^{\circ}\text{C}$ в інертному газі.

Найміцніше вуглеволокно-uhm, проходить додатково ще декілька ступенів графітування в інертному газі при тій же температурі з подальшим фінішем. Процес це дуже енергоємний і складаний, тому вуглеволокно набагато дорожча за скловолокно.

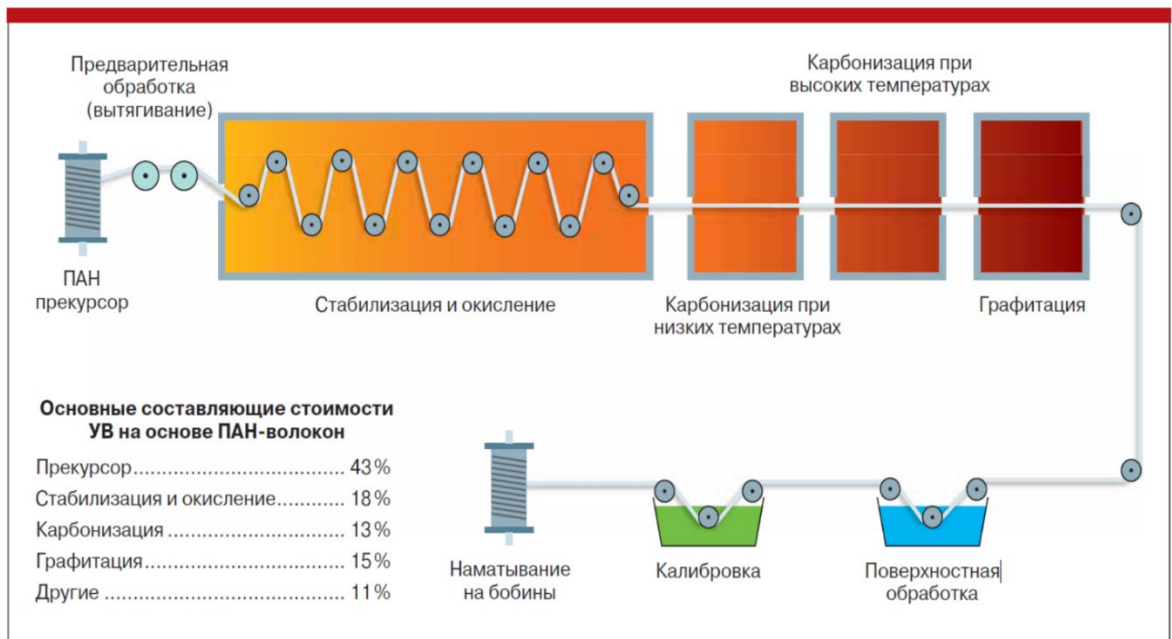


Рисунок 18 – Схема виробничого процесу отримання ВВ на основі поліакрилонитрила (ПАН)

Композитні матеріали виконуються в трьох видах:

- вуглепластикові стрічки з епоксидним клеєм: використовуються для посилення мостів, довгих прогонових будов. Довжина рулону може становити до 250 погонних метрів, матеріал володіє високою жорсткістю і несучою здатністю.
- вуглецеві полотна з епоксидним клеєм: застосовується для посилення балок, колон, перекриттів, ригелів, отворів і інших елементів цивільного будівництва. Ці полотна в достатній мірі гнучкі, що дозволяє їм надати практично будь-яку форму.
- вуглепластикові сітки на цементному сполучному: застосовуються для посилення цегляної і кам'яної кладки, а також залізобетону. До того ж до високих міцності, вони є вогнетривкими і мають високу паропроникність.

Зовнішнє армування з фіброармірованих пластиків використовується для посилення стрижневих розтягнутих елементів, що згинаються, для

створення армуючих підсилюють оболонки на колонах і опорах, для посилення елементів ферм, естакад, пластинок, оболонки і інших конструкцій.

При проектуванні підсилення металевих конструкцій з використанням фіброармірованих пластиків необхідно враховувати залишкову несучу здатність і жорсткість елементів, що піддаються посиленню. Для попередньої оцінки зусиль в елементах конструкцій, що підсилюються і в елементах самого посилення необхідно використовувати дані, отримані при обстеженні, яке в обов'язковому порядку повинно передувати посиленню.

При розрахунку конструкцій, що підсилюються зазвичай використовується метод граничних станів, розроблений в Радянському Союзі і в подальшому отримав широке поширення в світі під назвою методу приватних коефіцієнтів.

Розрахунок за першою групою граничних стану проводиться для всіх конструкцій, посиленіх фіброармірованими пластиками. За другою групою граничних станів розрахунок проводиться, якщо після посилення розрахункове навантаження збільшується. При розрахунку посиленіх фіброармірованими пластиками металевих конструкцій зазвичай розглядається кілька можливих схем руйнування і настання граничних станів посиленого елемента. Так як розрахунок може проводитися на кілька поєднань навантажень, то зазвичай використовується ітераційний підхід - тобто спочатку орієнтовно призначається, або визначається для одного з варіантів навантаження площа перетину армованого пластику, а потім ця площа перетину коригується відповідно до результатів перевірок відповідних граничних станів.

Діаграма деформування фіброармірованих пластиків являє собою лінійну залежність між напруженнями і деформаціями практично до руйнування, тому для моделювання поведінки армованих пластиків використовується закон Гука. При цьому слід враховувати, що властивості фіброармірованих пластиків залежать від типу, кількості та орієнтації армируючих фібрових волокон. При цьому також треба враховувати що

фіброармірованіе пластики зазвичай є ортотропними матеріалами, а їх коефіцієнт лінійного розширення відрізняється від такого для підсилюються металевих конструкцій.

Вельми важливою умовою надійної експлуатації металевих конструкцій, посилених за допомогою фіброармірованих пластиків, є дотримання конструктивних вимог, які є невід'ємною частиною проектування.

Досить поширеною причиною появи і розвитку пошкоджень металевих конструкцій також є відсутність моніторингу їх стану, а також практично повна відсутність систем експлуатації.

З іншого боку збільшення діючих навантажень на металеві споруди, зокрема, збільшення навантаження від рухомого складу і інтенсивності його руху на мостах може зажадати посилення існуючих металевих мостових споруд. При цьому може виявитися, що витрати, пов'язані з посиленням експлуатованих металоконструкцій будуть менше, ніж витрати, необхідні для демонтажу, реконструкції або заміни експлуатованого споруди.

Для посилення металевих конструкцій з метою підвищення їх несучої здатності зазвичай застосовуються металеві накладки, пластини, для прикріплення яких використовуються болтові або зварні з'єднання.

Однак цей спосіб має ряд недоліків. Металеві накладки призводять до збільшення власної ваги споруди, вони схильні до руйнування від корозії і втоми. Нерідко може виявитися важким приварювання їх до підсилюються елементам.

Крім того, посилення металевих конструкцій транспортних споруд, що знаходяться в експлуатації, може призвести до необхідності обмежити або взагалі припинити руху транспорту на період проведення ремонтних робіт.

Застосування для посилення металевих конструкцій зовнішнього армування з композитних матеріалів на основі вуглецевих, арамідних і скляних волокон дозволяє подолати труднощі, що виникають при використанні традиційних матеріалів і технологій.

Армовані волокнами полімерні матеріали мають більш високу, ніж сталь міцність, малу вагу (тобто більшу питому міцність), вони добре чинять опір дії корозійних експлуатаційних середовищ, зручні в застосуванні і не вимагають важкого устаткування.

Додатково зазначимо, що використання армованих волокнами полімерних матеріалів для посилення металевих конструкцій не так широко поширене, як їх застосування для посилення бетонних, залізобетонних або кам'яних конструкцій.

Застосування армованих волокнами полімерних матеріалів для посилення старих металевих конструкцій може виявитися також ефективним завдяки хорошему поєднанню властивостей композиту і матеріалу підсилюється. Висока міцність композитного матеріалу, а також використання технології попереднього напруження можуть компенсувати низьку міцність на розтягнення матеріалу підсилюється.

При цьому важливе значення має технологія приклеювання підсилює елемента до підсилюється. При виборі армованих волокнами полімерних матеріалів для підсилення конструкцій слід мати на увазі, що вуглецеві волокна нерідко більш кращі, так як вони мають модуль пружності, близьке до модуля пружності сталі або перевищує його. Арамідні або скляні волокна такими властивостями не володіють.

Однак при використанні полімерів, армованих вуглецевими волокнами, слід застосовувати спеціальний ізолюючий шар між композитом і підсилюються елементом щоб уникнути протікання електрохімічної корозії. При використанні полімерів, армованих скляними або арамідними волокнами, такої обережності не потрібно.

Результати опублікованих досліджень і випробувань, присвячених застосуванню полімерів, армованих волокнами різного типу, для посилення металевих конструкцій показують, що отримуються сполуки є досить універсальними і надійними, і тому їх застосування постійно розширюється.

Слід відразу ж зазначити, що проблема посилення металевих конструкцій зовнішнім армуванням з використанням композитних матеріалів не так розроблена, як скажімо проблема посилення бетонних, залізобетонних і кам'яних конструкцій.



Рисунок 19 – Приклади посилення залізобетонних балок вуглеволокном



Рисунок 10 – Приклади посилення залізобетонних колон вуглеволокном



Рисунок 21 – Приклади посилення залізобетонних колон вуглеволоконном

Різні конструкції (ферми, рами, опорні системи, естакадні конструкції і так далі) представляють собою поєднання тонкостінних стержневих, пластинчастих і оболонкових елементів, що працюють, на розтяг, стиск, зсув, кручення, вигин. Тому посилення цих, складних на перший погляд, конструкцій зводиться до посилення складових їх металевих елементів - стрижнів, що працюють на розтяг - стиск, балок, що працюють на вигин, елементів, що працюють на зрушення і пластинчастих або оболонкових елементів, що працюють найчастіше на двовісне розтягнення.

В роботі [5] «Інноваційні методи підсилення конструкцій мостів» описано технологій посилення елементів автодорожніх мостів і наведені результати розрахунку посилення залізобетонної балки і мостової опори. Відзначено, що застосування композитів дозволяє не тільки підсилити

ослаблені конструкції прогонових будов в найкоротші терміни але і збільшити нормативну вантажопідйомність морально застарілих мостів до сучасного рівня виключаючи дорогу заміну несучих елементів прогонових будов, застосування важкої техніки, будівництво під'їзних доріг і так далі.

У технічних умовах [6] наведені вимоги у вуглецевим односпрямованим стрічок, що застосовуються в якості наповнювачів в полімерних композиційних матеріалах для систем зовнішнього армування.

У Стандарті організації [7] наведено методика розрахунку підсилюються залізобетонних конструкцій зовнішнім армуванням композитними матеріалами на основі вуглецевих, арамідних і скляних волокон (фіброармірованими пластиками) приклади розрахунку і рекомендації з технології посилення. Так як в основу розробки цього стандарту організації покладено досвід проектування і виконання робіт з підсилення конструкцій, наукові дослідження, проведені в НіїЖБе, ТОВ «ІнтерАква», ЗАТ «Тріада-Холдинг», то очевидно, що стандарт [7] є певного роду модернізацією керівництва [4].

Стандарт організації [8] - система зовнішнього армування з полімерних композитів FibARM для ремонту і підсилення будівельних конструкцій - встановлює загальні вимоги до проведення робіт, вимоги до обладнання, пристосуванням, інструменту та матеріалів, що використовуються в технологічному процесі, послідовність виконання окремих технологічних операцій, включаючи прийоми виконання окремих видів робіт, вимоги до технологічних режимів, методи контролю якості робіт і матеріалів, а також вимоги безпеки і охорони навколишнього середовища.

Цікавим є керівництво щодо посилення залізобетонних прогонових будов залізничних мостів системою зовнішнього армування на основі вуглецевих волокон [12], в якому наведені основні положення, норми і практичні вказівки по визначенню вантажопідйомності балкових залізобетонних прогонових будов експлуатованих залізничних мостів, посилені композиційними матеріалами. Розрахункові формули побудовані

на основі методики розрахунку інженерних споруд по граничним станам. Розрахунок вантажопідйомності не підсиленних прогонових будов проводився по Керівництву по визначенню вантажопідйомності залізобетонних прогонових будов залізничних мостів, а методологія розрахунку посиленних прогонових будов розроблена авторами керівництва [12].

Звід правил «Посилення залізобетонних конструкцій композиційними матеріалами» [13] поширюється на проектування відновлення і посилення залізобетонних конструкцій будівель і споруд різного призначення шляхом влаштування зовнішнього армування композиційними матеріалами на основі вуглецевих, арамідних і скляних волокон. Норми встановлюють вимоги до проектування відновлення і посилення залізобетонних конструкцій, виготовлених з важкого і дрібнозернистого бетону.

При аналізі даного зводу правил (СП) автори даної статті свого часу висловили наступні зауваження та рекомендації:

- в області застосування композитів для підсилення конструкцій поставлено не так вже й багато експериментів, причому їх результати не завжди однозначні. Тому вважаю, що не завжди обґрунтований пряме перенесення формул і положень документів щодо посилення залізобетонних конструкцій сталевими елементами на випадок посилення композитами.
- може бути, тому має сенс забезпечити СП додатками, в яких будуть в певній мірі обґрунтовуватися, або хоча б пояснюватися ті пропозиції, формули, положення, які закладаються в СП.
- як розумію, СП відноситься не до технічних регламентів і не до стандартів підприємств (організацій), тобто не є обов'язковим для використання документом, а має статус національного стандарту (в рамках ФЗ 184 «Про технічне регулювання ...»). А значить треба переконати розраховувача (проектувальника) використовувати його не тому, що в ньому все жорстко прописано - як, коли, що робити, а тому, що зрозуміло, чому робити саме так і, значить, проектувальник,

виконавши розрахунок по СП, зможе переконливо обґрунтувати правильність виконаного розрахунку і проекту розумними міркуваннями, а не тупий посиланням на СП, де цих міркувань і обґрунтувань немає.

- слід мати на увазі, що розрахунок по деформованій моделі набагато складніше розрахунку за граничними станами і тому виходить незрозуміло, що простий розрахунок наводиться детально, а складний розрахунок з недомовками і недомовленості і без вказівки про прийнятих гіпотезах (суцільність, однорідність, не лінійність - є чи ні розвантаження або циклічне навантаження, чи враховуються де - то властивості (повзучість) матеріалів. Про це якось не йдеться.
- при якій температурі проводиться розрахунок? Які характеристики бетону, сталі та композитів для цієї температури приймати? Враховувати чи ні температурні напруги, деформування в часі? Як бути з деформаціями, накопиченими в конструкції до посилення? Прибирати їх (розвантажуючи конструкцію) чи ні?
- вважаю, що кожен методу розрахунку в силу новизни предмета слід супроводити чисельними прикладами розрахунку з конкретними цифрами, розмірами, коефіцієнтами, з поясненням, чому робиться так, а не інакше. І це зауваження відноситься і до розрахунку за граничними станами і, тим більше до розрахунку за деформаційною моделлю. Слід враховувати, що нинішні молоді інженери багатьох речей недовчили в вузі і не завжди є, кому підказати і пояснити, тому відоме правило, що навчають приклади, ох як важливо.
- треба на початку чітко сформулювати, що існують два підходи до розрахунку залізобетонних елементів: один заснований на методі граничних станів і включає в себе те-то і те-то. Він застосуємо тоді-то і тоді-то. Другий підхід, заснований на деформаційній моделі залізобетону, (а правильніше на використанні загального методу розв'язання задач будівельної механіки і теорії пружності шляхом

спільного розгляду рівнянь рівноваги, геометричних і фізичних співвідношень) має більш широку сферу застосування і характеризується тим-то і тим-то. Він складніше, ніж перший, але коректніше, оскільки спирається на несуперечливі (як в першому випадку) гіпотези і тому не призводить до суперечливих висновків.

- виникає також питання. На скільки можна підвищити вантажопідйомність (несучу здатність) конструкцій при використанні композитів. Друге питання. Наскільки довговічним буде таке посилення. Чи не вийде, що для забезпечення достатньої довговічності краще замінити повністю залізобетонні елементи на більш потужні - це і підвищить несучу здатність і забезпечить необхідну довговічність (років 30-50). А посилення композитами гарантуватиме тільки довговічність років 10, а потім доведеться повертатися до заміни залізобетону новим. Тобто ми маємо на увазі те, що треба чітко визначити сферу застосування композитів і за несучою здатністю і по довговічності. В СП ми цього не знайшли.
- у зводі правил відсутні положення за технологією і контролю якості виконання робіт при підсиленні залізобетонних конструкцій композиційними матеріалами.

Відзначимо ще раз, що практично всі вітчизняні нормативні документи засновані на використанні зарубіжних нормативних документів. Тому коротко вкажемо на ці нормативні документи.

Документ [14] представляє собою рекомендації з проектування і конструювання бетонних споруд армованих композитними матеріалами, розроблені Японським товариством цивільних інженерів.

Японська будівельна асоціація щодо запобігання руйнувань розробила керівництво по модернізації існуючих бетонних споруд в зоні сейсмічної активності за допомогою армування композитними матеріалами [15].

Міжнародною Федерацією з армування бетону, що є групою експертів, що включає представників більшості Європейських університетів, науково-

дослідних інститутів і промислових підприємств, що працюють в області армування бетонних конструкцій композитної арматурою в 1999 році підготовлений документ з армування бетонних конструкцій композитної арматурою [16].

Американський інститут бетону 2004 році випустив посібник з методів випробування композитної арматури для армування бетонних конструкцій [17].

У 2006 році італійський національний дослідницький рада розробила керівництво з проектування і конструювання бетонних споруд армованих композитної арматурою [18].

Американським інститутом бетону в 2007 році підготовлений документ «Арматура з фіброармірованих пластиків для бетонних конструкцій» [19], а в 2008 році підготовлено посібник з проектування і конструювання зовнішнього армування бетонних конструкцій з використанням композитної арматури [20]. У цьому документі зазначається, що фіброармірування системи є альтернативою традиційним методам посилення, які використовують метал, причому фіброармірування пластики використовуються в якості додаткової зовнішньої арматури. Системи армування з застосуванням ФАП мають переваги в порівнянні з традиційними методами посилення - вони легкі, відносно прості в установці, не піддаються корозії. У зазначених рекомендаціях наведена інформація про історію і використанні систем посилення з фіброармірованих пластиків, описуються унікальні властивості ФАП і даються рекомендації з проектування, застосування і контролю систем посилення з ФАП, що застосовуються для посилення бетонних конструкцій. Розглянуті в керівництві принципи засновані на знаннях, отриманих в процесі експериментальних досліджень, теоретичного аналізу і натурних дослідженнях.

У 2001 році Канадська корпорація «Інтелектуальні розробки для інноваційних структур» підготувала документ «Залізобетонні конструкції з фіброармірованою арматурою» [21], а в 2007 році Канадська асоціація

стандартів випустила документ під назвою «Проектування і розробка будівельних конструкцій з використанням композитної арматури» [22].

У 2004 році Американський інститут бетону випустив, а в 2011 році перезатвердив документ «Попередньо напружені бетонні конструкції з стрижневий композитної арматурою» [23].

Міжнародна федерація будівельного бетону в 2007 році випустила в Швейцарії документ «Композитна арматура в залізобетонних конструкціях» [24].

В Італії Консультативний комітет з розробки технічних рекомендацій для будівництва при Національному дослідницькому раді стимулював розробку ряду важливих документів, в тому числі «Керівництва з проектування та будівництва бетонних конструкцій, армованих композитами» [25], «Керівництва з проектування та монтажу фіброармірованих систем для посилення існуючих конструкцій. Металеві конструкції» [26], «Керівництва з проектування та монтажу фіброармірованих систем для посилення існуючих конструкцій. Залізобетонні і переднапружені конструкції, кам'яні конструкції» [27], «Керівництва з проектування та монтажу фіброармірованих систем для посилення існуючих конструкцій. Дерев'яні конструкції» [28].

Як видно, переважаючий обсяг нормативних документів, а значить і теоретичних та експериментальних досліджень, відноситься до проблеми посилення залізобетонних конструкцій композитними матеріалами. Отже, в цій сфері є досить великий обсяг проведених досліджень, що дозволяє сподіватися на достатню опрацьованість методів розрахунку залізобетонних конструкцій, посиленних композитними матеріалами.

У роботах [29 -55] розглянуті загальні питання застосування композитних матеріалів (фіброармірованих пластиків (для посилення металевих конструкцій, а також проблема посилення металевих конструкцій, що піддаються вигину.

Проблеми посилення металевих конструкцій, що піддаються циклічному навантаженню, розглянуті в роботах [56 - 63].

3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПО РЕКОНСТРУКЦІЇ ШАХТНОГО КОЛОДЯЗЯ

3.1 Цілі і завдання дослідження

Метою магістерської роботи є розробка комплексу технологічних рішень по реконструкції шахтного колодязя, зокрема його конструктивних елементів, що дозволяє скоротити терміни проведення реконструкції у специфічних та складних умовах без зупинки виробництва.

Для досягнення поставленої мети в магістерській роботі вирішуються такі основні завдання дослідження:

- аналіз шляхів підвищення ефективності реконструкції колон;
- розробка організаційних принципів реконструкції;
- вдосконалення технології та організації виконання основних видів робіт (опалубних, арматурних, бетонних) за рахунок розробки та впровадження нових організаційно-технологічних рішень;
- об'єктивність обґрунтування комплексу ефективних заходів по реконструкції ;
- розрахунок несучих елементів шахти.

3.2 Розрахунок несучої здатності колони

Розрахунок виконаний по ДБН В.2.6-163: 2010 [1] у SCAD Kristall V21.1.1.1

Загальні характеристики:

- Сталь: С255;
- Група конструкцій за додатком Е ДБН В.2.6-163: 2010 – 1;
- Коефіцієнт надійності за відповідальністю 1,15;
- Коефіцієнт умов роботи 1;
- Довжина елемента 13,5 м;

- Відстань між точками розкріплення з площини 1 м;
- Гранична гнучкість для стиснутих елементів: $180 - 60\alpha$;
- Гранична гнучкість для розтягнутих елементів: 300;
- Профіль: Двутавр колонний (К) по ГОСТ 26020-83 40К5;

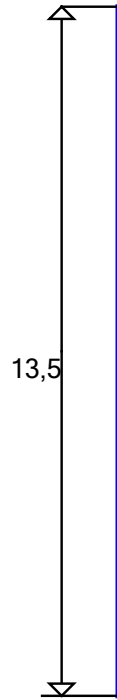


Рисунок 22 – Схема колони

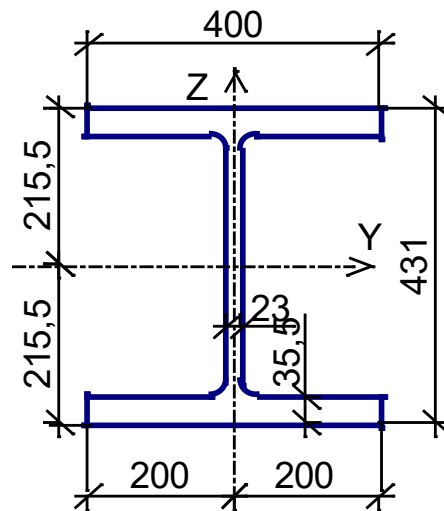


Рисунок 23 – Переріз

Таблиця 9 - Геометричні характеристики

	Параметр	Значення	Одиниці виміру
A	Площа поперечного перерізу	371	см ²
A _{v, y}	Умовна площа зрізу вздовж осі U	201,114	см ²
A _{v, z}	Умовна площа зрізу вздовж осі V	85,829	см ²
α	Кут нахилу головних осей інерції	0	град
I _y	Момент інерції відносно центральної осі Y1 паралельної осі Y	121569,994	см ⁴
I _z	Момент інерції відносно центральної осі Z1 паралельної осі Z	37910,001	см ⁴
I _t	Момент інерції при вільному крученні	1434,868	см ⁴
I _w	Секторіальний момент інерції	14824728,888	см ⁶
i _y	Радіус інерції щодо осі Y1	18,102	см
i _z	Радіус інерції щодо осі Z1	10,109	см
W _{u +}	Максимальний момент опору щодо осі U	5641,299	см ³
W _{u -}	Мінімальний момент опору щодо осі U	5641,299	см ³
W _{v +}	Максимальний момент опору щодо осі V	1895,5	см ³
W _{v -}	Мінімальний момент опору щодо осі V	1895,5	см ³
W _{pl, u}	Пластичний момент опору щодо осі U	6434,043	см ³
W _{pl, v}	Пластичний момент опору щодо осі V	2894,43	см ³
I _u	Максимальний момент інерції	121569,994	см ⁴
I _v	Мінімальний момент інерції	37910,001	см ⁴
i _u	Максимальний радіус інерції	18,102	см
i _v	Мінімальний радіус інерції	10,109	см
a _{u +}	Ядра відстань уздовж позитивного напрямку осі Y (U)	5,109	см
a _{u -}	Ядра відстань уздовж негативного напрямку осі Y (U)	5,109	см
a _{v +}	Ядра відстань уздовж позитивного напрямку осі Z (V)	15,206	см
a _{v -}	Ядра відстань уздовж негативного напрямку осі Z (V)	15,206	см
P	Периметр	237,823	см

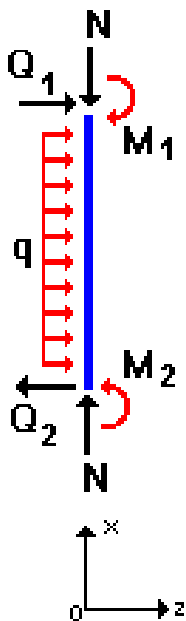


Рисунок 24 – Навантаження

Таблиця 10 - Завантаження 1

Тип: постійне	
Враховано власну вагу	
Коефіцієнт включення власної ваги: 1,05	
N	50 Т
M_{y1}	0 Т·м
Q_{z1}	0 Т
M_{y2}	0 Т·м
Q_{z2}	0 Т
q_z	0 Т/м

Таблиця 11 – Результати розрахунку

Перевірено по ДБН	Перевірка	Коефіцієнт використання
п.1.6.1.1	Міцність при спільній дії поздовжньої сили і згинальних моментів без урахування пластики	0,072
п.1.4.1.3	Стійкість при стисненні в площині XOY (XOU)	0,116
п.1.4.1.3	Стійкість при стисненні в площині XOZ (XOV))	0,083
п.1.4.1.3	Міцність при центральному стиску / розтягу	0,072
п.1.9.4.1	Гранична гнучкість в площині XOY	0,623
п.1.9.4.1	Гранична гнучкість в площині XOZ	0,348

Коефіцієнт використання 0,623 - Гранична гнучкість в площині XOY

3.3 Розрахунок підсилення

Основні положення, якими слід керуватися при проектуванні різних схем посилення металевих конструкцій [п. 2 - 5]:

1. Основні цілі посилення металевих конструкцій фіброармірованими полімерами (ФАП): збільшення або відновлення міцності на розтягнення; збільшення або відновлення згинальної міцності; збільшення втомної міцності. Нещодавно проведені дослідження також свідчать про можливість збільшення або відновлення несучої здатності тонкостінних елементів, що працюють на стиск. Однак кількість таких

досліджень недостатньо для того, щоб розробити досить надійну процедуру проектування.

2. Посилення металевих елементів проводиться за допомогою ламінатів, отриманих пултрузії, або просочених полотен, що приклеюються до зовнішньої поверхні конструктивних елементів.
3. Правильно запроектована посилення повинно забезпечувати поява тільки напруг, що розтягують в елементах посилення. При цьому підсилюють елементи будуть повністю включені в роботу на додаток до розтягнутого елемента, що підсилюється. Застосування композитного посилення в стислих зонах не рекомендується в зв'язку з відсутністю адекватних розрахункових схем для аналізу можливого ефекту відшарування під дією стискаючих напружень.
4. Стан металевих конструкцій, посилені композитами, і піддаються дії циклічних напружень, включаючи термічні цикли, може з плином часу погіршуватися. Для зменшення можливості такого руйнування в зоні зміцнення можуть встановлюватися додаткові зв'язку.
5. Посилення композитами може застосовуватися для конструктивних елементів з відповідними характеристиками. Якщо посилений елемент (підкладка) піддався корозії, то оксиди (іржа) повинні бути повністю видалені, а поверхня елемента, що підсилюється повинна бути очищена.
6. Елементи підсилення повинні бути підібрані з урахуванням умов експлуатації (температура, вологість, ультрафіолетове опромінення, і т.п.), яким вони будуть піддаватися. При цьому слід уникати можливості появи гальванічних струмів.
7. У разі посилення композитами елементів, чутливих до втоми, а також при використанні технології попереднього напруження слід враховувати можливість появи повзучості адгезиву (клею). У певних випадках може використовуватися комбіноване метало - композитне.
8. Посилення композитами експлуатованих металевих конструкцій можна робити тільки тоді, коли підсилюється конструкція знаходиться в

граничному стані при розрахунковому сполученні навантажень з урахуванням коефіцієнтів надійності для особливих випадків навантаження.

9. При проектуванні підсилення необхідно враховувати можливе випадкове пошкодження або руйнування композитної арматури в процесі виконання робіт із підсилення, а також можливе пошкодження захисту.
10. При посиленні конструктивних елементів споруд, що мають історичну цінність, слід враховувати необхідність такого посилення і повну сумісність посилення з конструкцією, що підсилюється. Вимоги восьмого положення в цьому випадку не застосовні.

Згідно ГОСТ 27751 «Надійність будівельних конструкцій і основ» будівельні конструкції і підстави слід розраховувати за методом граничних станів, основні положення якого повинні бути направлені на забезпечення безвідмовної роботи конструкцій і основ з урахуванням мінливості властивостей матеріалів, грантів, навантажень і впливів, геометричних характеристик конструкцій, умов їх роботи, а також ступеня відповідальності (і народногосподарської значущості) проєктованих об'єктів, яка визначається матеріальним і соціальним Щерба при порушенні їх працездатності.

Зараз метод граничних станів затверджений і в ІСО і єврокодів, при цьому використовується більш коректне назву «метод приватних коефіцієнтів надійності», що відразу пояснює структуру методу.

Нижче розглянемо застосування цього методу, як найбільш простого і вимагає значно менше експериментальної інформація для проведення розрахунків металевих конструкцій, що підсилюються, композитами в порівнянні з розрахунком за деформаційною моделлю. Хоча певні некоректності при використанні методики розрахунку за граничними станами.

Приватний коефіцієнт надійності для матеріалу посилюваної металевої конструкції (підкладки) (γ_s)

У загальному випадку, приватний коефіцієнт надійності для пластичного металу (сталь, «старе» залізо) відрізняється від приватного коефіцієнта надійності для крихкого металу (чавун). У разі тендітних металів, з урахуванням наслідків руйнування повинні бути прийняті більш високі значення приватних коефіцієнтів надійності.

При розрахунку металевих конструкцій їх тендітних металів зазвичай застосовується метод розрахунку по «допускаються напруженням» (тобто розглядається пружна стадія роботи).

Приватні коефіцієнти надійності для фіброармірованого пластика, використовуваного для посилення (γ_f)

Приватні коефіцієнти надійності для ФАП залежать як від методу установки посилення, так і від якості виконання робіт з підсилення.

У табл. 12 наведені значення приватних коефіцієнтів для граничного стану.

Таблиця 12 - Приватні коефіцієнти надійності γ_f для граничного стану

Випадок А	Випадок В
1,10	1,25

Випадок А – система, що підлягає підсиленню з сертифікацією кожного компонента і всієї посилюваної системи. Випадок В - посилюються системи з сертифікацією тільки кожного компонента. Для граничних станів по непридатності до експлуатації величина приватного коефіцієнта надійності γ_f дорівнює 1.

Приватний коефіцієнт для адгезиву (зони зчеплення) (γ_a)

Приватний коефіцієнт надійності для адгезиву, використовуваного для зчеплення композиту з підкладкою (підсилює елемента з підсилюються), залежить від методу посилення і якості виконання робіт. При визначенні величини приватного коефіцієнта надійності особливу увагу слід приділяти оцінці товщини шару адгезиву. Для випадку А товщина адгезиву повинна

контролюватися. Для методу граничних станів в табл. 10 наведені значення приватного коефіцієнта надійності γ_a для випадків А і В.

Таблиця 13 - Приватні коефіцієнти γ_a для граничного стану

Випадок А	Випадок В
1,20	1,50

Приватні коефіцієнти надійності для різних схем (моделей) деформування (γ_{Rd})

Для граничного стану значення приватних коефіцієнтів надійності γ_{Rd} наведені в табл. 14.

Таблиця 14 - Приватні коефіцієнти надійності γ_{Rd}

Схеми деформування	γ_{Rd}
Вигин або комбінація вигину з осьовим навантаженням	1,00
Зрушення / кручення	1,00
Розшарування	1,20
Втома	1,20

Облік умов експлуатації і тривалих ефектів

Цей облік виконується за допомогою коефіцієнта приведення:

$$\eta = \eta_a \cdot \eta_1 \quad (1)$$

Коефіцієнт умов роботи η_a (враховує вплив навколишнього середовища).

Механічні властивості (наприклад, міцність на розтягнення, гранична деформація і модуль Юнга) фіброармірованих пластиків погіршуються під впливом певних умов експлуатації, таких як: лужне середовище, волога (вода і сольові розчини), екстремальні температури, коливання температури (термальні цикли), цикли заморожування і відтавання, вплив ультрафіолетового випромінювання (УФ).

Вплив лужного середовища. Пошкодження такого компонента ФАП, як смола, під впливом лужного середовища, як правило, більш небезпечно, ніж ушкодження, викликане дією вологи. Процес затвердіння смоли повинен завершитися до початку впливу лужного середовища.

Вплив вологи. Основні ефекти, викликані абсорбцією вологи смолами, зводяться до наступного: пластифікація, зниження температури склування, зміна міцності і жорсткості (останнє менш значно). Абсорбція вологи залежить від типу смоли, складу і якості шаруватого ФАП (ламініату), товщини, умов затвердіння смоли, умов взаємодії волокон зі смолою, і умов експлуатації. Для морського середовища, де осмотичні ефекти можуть викликати появу повітряних бульбашок в смолі, рекомендується використовувати захисні покриття.

Вплив екстремальних температур і термічних циклів. Основним ефектом впливу температури є в'язкість і смоли і композиту. У міру підвищення температури, модуль Юнга і жорсткість смоли знижуються. Якщо температура перевищує температуру склування, то експлуатаційні властивості ФАП значно знижуються. У загальному випадку теплові цикли не роблять шкідливого впливу на композити, проте вони можуть викликати появу мікротріщин в матеріалах, в яких використовуються смоли з високим модулем пружності. Для значень температур, характерних для промислових і цивільних інженерних конструкцій, небажаних ефектів можна уникнути підбором ФАП, в яких температура склування завжди вище, ніж максимальна робоча температура конструкції або елемента, що підсилюється.

Вплив циклів заморожування і відтавання. У загальному випадку вплив заморожування і відтавання не впливають на експлуатаційні властивості ФАП, незважаючи на те, що експлуатаційні властивості смоли знижуються, а також погіршується зчеплення волокон зі смолою. При температурах нижче 0°C, експлуатаційні властивості полімерних систем на основі смоли можуть покращитися через підвищення міцності і жорсткості. Ефекти деградації,

викликані поперемінним заморожуванням і розморожуванням, можуть збільшитися при наявності вологи.

Вплив ультрафіолетового випромінювання. Ультрафіолетове випромінювання рідко погіршують механічні експлуатаційні характеристики ФАП, хоча воно може привести до деякого охрупчіванню і ерозії поверхні деяких смол. У загальному випадку, найбільш шкідливий вплив, пов'язане з УФ - опроміненням зводиться до проникненню вологи і інших агресивних речовин через пошкоджену поверхню. Для захисту ФАП від таких пошкоджень в смолу додають спеціальні наповнювачі або використовують відповідні покриття.

У табл. 12 наведені значення коефіцієнта умов роботи η_a в залежності від типу зв'язку волокно / смола і умов роботи. Ці значення є консервативною оцінкою, що залежить від довговічності різних типів волокон. Величини, представлені в таблиці, можуть бути збільшені на 10%, якщо використовуються захисні покриття (проте умова $\eta_a < 1$ завжди має виконуватися). Такі покриття повинні бути збережені на конструкцію, що підсилюється протягом всього терміну служби, вони повинні бути експериментально перевірені і забезпечувати ефективний захист композиту від впливу навколишнього середовища.

Коефіцієнт, що враховує тривалі ефекти (η_1)

Механічні властивості (такі як міцність на розтягнення, гранична деформація, модуль пружності) ФАП знижуються під впливом повзучості, релаксації, втоми.

Вплив повзучості і релаксації. Для фіброармірованих пластиків (ФАП), які використовуються для підсилення конструкцій, ефекти повзучості і релаксації залежать і від смол і від волокон. Як правило, термореактивні смоли (ненасичені поліефіри, вінілові ефіри, епоксидні і фенольні смоли) мають меншу в'язкість, ніж термо-пластичні смоли.

Таблиця 15 - Коефіцієнт умов роботи η_a для різних умов і видів композиту

Умови експлуатації	Тип системи волокно / смола	η_a
Усередині приміщень	Скло / епоксидної смоли	0,75
	Арамід / епоксидної смоли	0,85
	Вуглець / епоксидної смоли	0,95
Зовні	Скло / епоксидної смоли	0,65
	Арамід / епоксидної смоли	0,75
	Вуглець / епоксидної смоли	0,85
В агресивному середовищі	Скло / епоксидної смоли	0,50
	Арамід / епоксидної смоли	0,70
	Вуглець / епоксидної смоли	0,85

Оскільки наявність волокон знижує повзучість смол, то такі ефекти зазвичай більш виражені, коли навантаження прикладається поперек волокон або коли зміст волокон в ФАП низька. Повзучість може бути зменшена шляхом створення низьких рівнів робочих напруг. ФАП на основі вуглепластика, араміда і скла є матеріалами найменш, помірно і найбільш схильними до руйнування внаслідок повзучості.

Вплив втоми. Опір ФАП втоми також має бути враховано в розрахунках. Ця опірність залежить від складу матриці і, до певної міри, від типу волокна. У ФАП, армованих в одному напрямку, волокна, як правило, мають ряд дефектів; тому, вони можуть ефективно затримувати утворення тріщин. Поширення тріщини також запобігає взаємодією з сусідніми волокнами.

Для того, щоб запобігти руйнуванню конструктивних елементів, посилені ФАП і постійно знаходяться в напруженому стані або під дією циклічного навантаження, в розрахунках використовується коефіцієнт η_1 , що враховує тривалі ефекти, значення якого наведено в таблиці 16.

Таблиця 16 - Коефіцієнт η_1 , що враховує тривалі ефекти для різних типів ФАП

Характер навантаження	Тип системи волокно / смола	η_1
Безперервний (повзучість і релаксація)	Скло / епоксидної смоли	0,30
	Арамід / епоксидної смоли	0,50
	Вуглець / епоксидної смоли	0,80
Циклічний (втома)	все	0,5

Дія ударної і вибуховою навантажень.

Поведінка ФАП під дією ударного навантаження або вибухового навантаження ще до кінця не вивчено і не зрозуміле. Є попередня інформація про те, що арамідні композити більш стійкі до впливу ударної навантаження і / або склопластики більш стійкі, ніж вуглепластики.

Протидія актам вандалізму.

ФАП особливо чутливі до порізів, розрізах, подряпин, нанесеним ріжучим інструментом. Для захисту конструкцій, посилені ФАП і призначених для експлуатації в громадських місцях, де можуть проявлятися акти вандалізму, повинні використовуватися спеціальні системи. Безпека конструктивних елементів повинна бути перевірена і для випадку можливого пошкодження підсилює елемента. Розрахунок повинен проводитися на різні поєднання тимчасових навантажень з використанням приватних коефіцієнтів надійності для можливих граничних станів.

Робота підсилює елемента в разі пожежі.

Фіброармірованіе пластики (ФАП) особливо чутливі до високих температур, які можуть бути під час пожежі. Коли температура в приміщенні перевищує температуру склування смоли (або температуру плавлення в разі частково кристалічних матеріалів), міцність і жорсткість ФАП, використаних для посилення, зменшується.

У разі, коли ФАП застосовуються в якості зовнішнього армування сталевих елементів, вплив високої температури призводить до швидкого порушення зв'язку підсилює і посилюваної систем. В результаті може статися зниження ефективності посилення і порушення зчеплення ФАП з конструкцією, що підсилюється.

Під час дії вогню, механічні властивості посиленних ФАП елементів можуть бути поліпшені шляхом збільшення товщини захисних покриттів. Слід використовувати покриття, здатні запобігти поширенню полум'я, а також виділення диму. При цьому рекомендується використовувати захисні системи покриттів, підтвержені офіційними сертифікатами. Технічні умови і особливості застосування захисних систем покриттів наведені у відповідних нормативних документах.

Посилення розтягнутих елементів.

Розглянемо задачу підсилення розтягнутих сталевих елементів конструкцій фіброармірованими пластиками. Таке посилення може використовуватися для відновлення несучої здатності елементів, частково уражених корозією (рис. 25), а також для збільшення руйнівного навантаження непошкоджених елементів (рис. 26).



Рисунок 25 - Розтягується сталевий частково прокорродірований елемент з симетричним зовнішнім армуванням

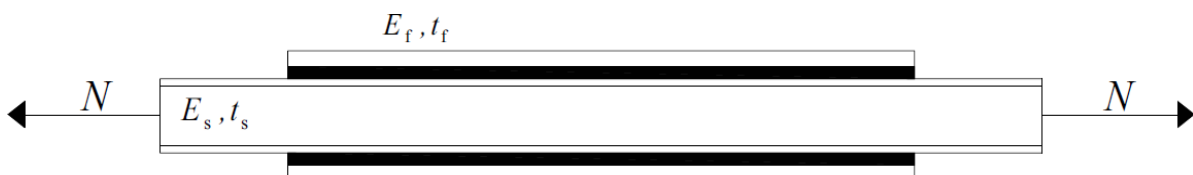


Рисунок 26 - Непошкоджений розтягується елемент з симетричним зовнішнім армуванням

Надалі розглядаємо посилення симетричним зовнішнім армуванням, так як в цьому випадку не виникають додаткові згинальні моменти. Руйнування розтягнутих елементів, посиленних ФАП, можливо за такими схемами:

- руйнування металеві підкладки (металевого елемента, що підсилюється);
- руйнування зовнішньої фіброармірованої арматури (підсилюючих елементів);
- руйнування шляхом розшаровування ФАП.

Оцінка несучої здатності підсиленого перерізу проводиться на основі наступних гіпотез:

- поперечний переріз посиленого елемента, плоске до деформації, залишається плоским після деформації;
- забезпечується ідеальне зчеплення елемента, що підсилюється з арматурою посилення;
- вважається, що матеріал підсилюється і матеріал посилення деформуються пружно (матеріал елемента, що підсилюється вважається ізотропним, а матеріал посилення - композит, вважається ортотропними).

Відновлення несучої здатності пошкоджених елементів.

З консервативної точки зору, відновлення несучої здатності пошкоджених елементів, що не піддаються втомним впливів, виконується в припущенні, що напруги через пошкоджену ділянку передаються за допомогою підсилюючих елементів.

Посилення розраховується за формулою:

$$2 \cdot A_f \cdot \frac{f_{fk}}{\gamma_f} \cdot \eta \geq A_s \cdot f_{sk,sup} \quad (2)$$

де: A_f - площа поперечного перерізу підсилює елемента з ФАП;

f_{fk} - нижнє значення міцності ФАП на розтягнення;

γ_f - приватний коефіцієнт надійності армуючого матеріалу (ФАП);

η - коефіцієнт приведення;

A_s - площа поперечного перерізу підсилюється металевим елементом;

$f_{sk, sup}$ - верхнє значення межі текучості (f_y) для пластичного матеріалу або межі міцності (f_u) для крихкого матеріалу.

Зауваження.

В (2) приватний коефіцієнт надійності моделі γ_{Rd} відсутня, так як передбачається, що він дорівнює 1. Якщо точніша інформація відсутня, то верхнє значення межі текучості або межі міцності може бути отримано шляхом множення номінального значення на 1,35.

Посилення елементів, що згинаються.

У згинаються елементах (балках) можуть мати місце такі схеми руйнування:

- руйнування від розтягуючих зусиль або металеві балки (рис. 27 (а) і 27 (б)) від стиснення металеві балки (рис. 27 (с));
- відшарування ФАП від металеві балки, розшарування всередині ФАП, або розшарування всередині металеві балки;
- руйнування від зсуву шляхом місцевого витріщення в опорних зонах балки;

У будь-якому випадку враховуватися повинна робота ФАП тільки в розтягнутій зоні.

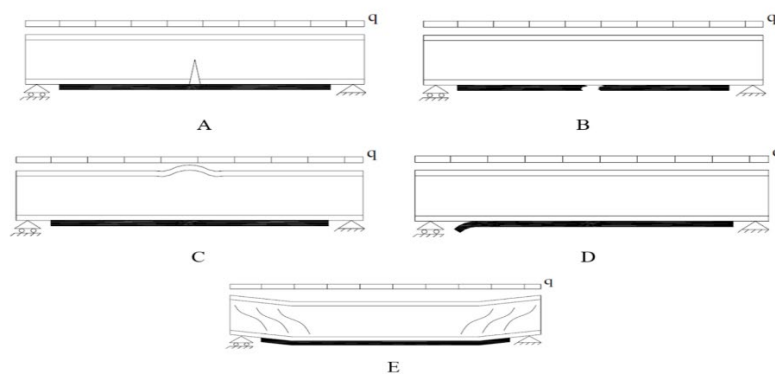


Рисунок 27 - Схеми руйнування металеві балки, що згинається, з посиленням ФАП. А) руйнування від розтягування в посилювані балці; В) руйнування від розтягування ФАП; С) місцеве випинання посилювані балки; D) відшарування ФАП; E) руйнування від зсуву.

Посилення непошкоджених елементів.

Нормальна напруга σ_s в металевому підсилюється елементі з урахуванням різниці в коефіцієнтах температурного розширення матеріалів підсилюється і підсилює елементів визначається за формулою:

$$\sigma_s = \frac{[N_{sd} + 2 \cdot E_f \cdot A_f \cdot (a_f - a_s) \cdot \Delta T] \cdot E_s}{2 \cdot E_f \cdot A_f + E_s \cdot A_s} \quad (3)$$

Нормальна напруга σ_f в підсилюючої арматурі буде:

$$\sigma_s = \frac{[N_{sd} + E_s \cdot A_s \cdot (a_s - a_f) \cdot \Delta T] \cdot E_f}{2 \cdot E_f \cdot A_f + E_s \cdot A_s} \quad (4)$$

де: N_{sd} - розрахункове навантаження;

E_f і A_f - модуль пружності і площа поперечного перерізу підсилює елемента;

α_f - коефіцієнт температурного розширення матеріалу посилення (композиту);

α_s - коефіцієнт температурного розширення матеріалу елемента, що підсилюється;

T - зміна температури після посилення конструкції;

E_s і A_s - модуль пружності і площа поперечного перерізу підсилюється металевого елемента;

Для елемента, що підсилюється слід дотримуватися умов:

$$\sigma_s \leq \frac{f_{sk}}{\gamma_s \cdot \gamma_{Rd}} \cdot \eta \quad (5)$$

$$\sigma_s \leq \frac{f_{fk}}{\gamma_f \cdot \gamma_{Rd}} \cdot \eta \quad (6)$$

де величини f_{fk} , f_{sk} , γ_s , γ_{Rd} , η визначені раніше.

Тож для даного випадку для посилення колон ФАП приймаємо:

- приватний коефіцієнт надійності для ФАП $\gamma_f = 1$;
- приватний коефіцієнт для адгезиву $\gamma_a = 1,5$;
- приватний коефіцієнт надійності $\gamma_{Rd} = 1$;

- коефіцієнт умов роботи $\eta_a = 0,95$;
- коефіцієнт, що враховує тривалі ефекти $\eta_1 = 0,8$;

Розрахуємо за формулою (1) : $\eta = 0,95 \cdot 0,8 = 0,76$

- площа поперечного перерізу підсилюючого елемента з ФАП
 $A_f = 372 \text{ см}^2$;
- нижнє значення міцності ФАП $f_{fk} = 1,8$ (на основі ПАН-волокон) ;
- площа поперечного перерізу підсилюючого елемента $A_s = 371 \text{ см}^2$;
- розрахункове навантаження $N_{sd} = 50 \text{ т}$;
- модуль пружності $E_f = 400 \text{ ГПа}$;
- коефіцієнт температурного розширення композиту – 2,6 ;
- коефіцієнт температурного розширення елемента – 0,2 ;
- модуль пружності $E_s = 200 \text{ ГПа}$.

Розрахуємо за формулою (2) : $2 \cdot 372 \cdot ((1,8 \cdot 50)/1) \cdot 0,8 \geq 371 \cdot 3,89$
 $1446,336 > 1443,19$

Розрахуємо за формулою (3) :

$$((50 + 2 \cdot 400 \cdot 372 \cdot (2,6 - 0,2)) \cdot 200) / (2 \cdot 400 \cdot 372 + 200 \cdot 371) = 3,84$$

Розрахуємо за формулою (4) :

$$((50 + 200 \cdot 372 \cdot (0,2 - 2,6)) \cdot 400) / (2 \cdot 400 \cdot 372 + 200 \cdot 371) = 1,2$$

Розрахуємо за формулою (5) :

$$3,84 \leq (5,06 / (1 \cdot 1)) \cdot 0,76$$

$$3,84 < 3,85$$

Розрахуємо за формулою (6) :

$$1,2 \leq (1,8 / (1 \cdot 1)) \cdot 0,76$$

$$1,2 < 1,368$$

Всі умови виконуються.

Для посилення колон використовуємо вуглеволокно на основі ПАН-волокон.

Розглянемо також можливі види руйнувань, а також розрахунок при руйнуванні від розтягування, стиснення або відшаровування.

Руйнування при розтягуванні або металеві балки або фіброармірованого пластика (ФАП).

Деякі металеві конструктивні елементи, виготовляються з чавуну, який є матеріалом, крихке напівзруйнованих при розтягуванні. У такому випадку розрахунок зазвичай виконується на менші нормальні напруги, що викликаються дією постійних і тимчасових навантажень з метою підвищення опору руйнуванню на розтягнутій стороні металевого елемента.

У цьому полягає основна відмінність від випадку зміцнення залізобетонних балок, де зазвичай допускається поява тріщин на розтягується стороні.

Для випадку чавунних балок використання попереднього напруження ФАП може виявитися корисним, якщо навіть не обов'язковим рішенням, так як в цьому випадку зменшуються розтягують напруги в підсилюється елементі (підкладці) без попереднього зменшення напружень, викликаних дією тимчасового навантаження.

У разі металевих балок з матеріалу, що володіє пластичністю (коване залізо, сталь) посилення ФАП призводить до зменшення напружень в металевій балки від дії експлуатаційних навантажень (підвищує опір втоми), а також збільшує несучу здатність балки, посиленою ФАП, в порівнянні з не посиленою (неармовані) балкою, наслідок розвитку деформаційного зміцнення металевій балки завдяки високій міцності на розтягнення ФАП. Фактично, якщо руйнування ФАП від напруг, що розтягують є крихким, розвиток непружних деформацій в металевій балки призводить до пластичного деформації системи посилення до тих пір, поки не відбудеться відшарування підсилює елемента з ФАП.

Руйнування від стиснення металеві балки.

Руйнування від стиснення металеві балки може відбуватися по - різному, в залежності від матеріалу і форми поперечного перерізу. Деякі метали, такі як чавун, характеризуються сильною нелінійністю при розтягуванні, зі

значним зниженням жорсткості при деформації. У той же час коване залізо і сталь є чисто пластичними. Якщо вид залежності напруга - деформація відомий, то характер руйнування буде визначатися формою поперечного перерізу.

Справді, в залежності від місцевої гнучкості і співвідношення між модулем Юнга і межею пружності, місцева втрата стійкості може відбутися або до або після деякого непружного деформування. Для випадку сталевих балок в існуючих нормативних документах наводяться методики визначення характеру руйнування при стискуванні.

Для литого і кованого заліза для встановлення форми руйнування при стискуванні потрібні додаткові дослідження. Однак наближена оцінка напружень, при яких відбувається випинання, може бути виконана з використанням класичної формули для металевих балок, з використанням інерційних характеристик однорідної балки, еквівалентних характеристикам посиленою балки.

Розшарування.

При аналізі складеного перерізу, що складається з металевої балки і фіброармірованого пластика (ФАП) приймається, що між балкою і ФАП має місце ідеальна зв'язок. Зрозуміло, що в реальності все не так, і зчеплення ФАП із металевими балками здійснюється через досить тонкий, але кінцевої товщини деформується шар адгезиву. На кордоні між металевою балкою і ФАП, в місцях, де виконуються розриви зв'язку, виникає сильна концентрація напружень і деформацій, така концентрація має місце там, де закінчується шар ФАП або ж там, де виникають тріщини в металевої балки. Така концентрація напружень провокує початок руйнування шляхом відшаровування, що буде більш детально розглянуто далі.

Руйнування від зсуву.

Так як посилення згинаного елемента передбачає збільшення діючих вертикальних навантажень, необхідно перевірити балку на дію напруг зсуву і можливість місцевої втрати стійкості в зоні обпирання.

Загальна втрата стійкості балки.

Складова метало - фіброармірована балка має кращі, в порівнянні з чисто металевою балкою, інерційні характеристики. Це дозволяє поліпшити опірність посиленою балки загальної втрати стійкості.

Розрахунок металевої балки зміцненої ФАП повинен враховувати ефекти втоми. Втома може наступити не тільки в металевій балці, але також і в підсилює конструкції з ФАП і навіть в шарі адгезиву.

Основи проектування

Аналіз напружено-деформованого стану в поперечному перерізі металевої балки, посиленою ФАП, повинен виконуватися з урахуванням початкового напружено-деформованого стану перед посиленням. Якщо конструкція деформується пружно, то напруги і деформації в металевій балки знаходяться суперпозицією напруг і деформацій, що викликаються навантаженнями, що діють до посилення, і виникають в посиленою ФАП металевої балки від дії навантажень, прикладених після посилення.

Для перевірки граничного стану початкові напруги повинні підсумовуватися з напругою, що виникають в посиленою ФАП металевої балки після посилення її за допомогою ФАП. У граничному стані початкові деформації можуть підсумовуватися з тими, які виникають в посиленою ФАП металевої балки після накладення підсилює системи з ФАП.

У разі посилення існуючих балкових конструкцій, що мають корозійні пошкодження або пошкодження іншої природи, геометричні розміри, використовувані в розрахунках, повинні бути визначені шляхом вимірювання на місці.

Аналіз напружено-деформованого стану металевих балок, посилених ФАП, і піддаються вигину проводиться з використанням наступних основних припущень:

- має місце ідеальне зчеплення (без прослизання) металевої балки і підсилює системи з ФАП;

- перетину, плоскі до деформації, залишаються плоскими після деформації, але повертаються, залишаючись перпендикулярними до серединної лінії;
- товщина підсилює системи з ФАП вважається пренебрежимо малою в порівнянні з висотою перетину;
- вплив жорсткості адгезивного (клейового) шару на жорсткість згинаного елемента дуже малий.

Перші два припущення давно відомі і їхній зміст зрозумілий. Третє припущення дозволяє вважати, що товщина шару ФАП може не враховуватися і підсилює система знаходиться на тому ж рівні, що і поверхня металевої балки, до якої шар ФАП приклеєний. Останнє припущення виправдовується дуже малою величиною модуля пружності адгезиву (клею, смоли) по відношенню до модуля пружності металу (близько 1/100) і малою товщиною адгезійного шару.

3.4 Рішення по організації і виконанню робіт

Виконання посилення, моніторинг та експлуатація.

Посилені фіброармірованими пластиками металеві конструкції потребують регулярного контролю і моніторингу, як під час, так і після установки системи посилення, в процесі експлуатації. У разі конструкцій, посилених з використанням ФАП, такий моніторинг особливо важливий, так як надійна інформація про довготривале поведінці конструкцій, посилених композитними матеріалами практично відсутня.

Правильне виконання робіт з підсилення конструкцій з використанням ФАП залежить від декількох факторів, серед яких:

- зберігання матеріалів;
- підготовка підкладки (поверхні елемента, що підсилюється);
- підготовка підсилюють матеріалів;
- зовнішні умови (температура, вологість);

- організація роботи на місці проведення робіт (чистота, техніка безпеки, заходи проти настання нещасних випадків).

Матеріали для посилення (фібри, смола, композити) повинні зберігатися в умовах, необхідних їх постачальниками.

Підготовка підсилюють (армуючих) систем повинна проводитися в суворій відповідності до вимог постачальника. Наприклад, смола для адгезиву часто виходить змішуванням двох компонентів, кількісне співвідношення повинно бути в точності таким, як це записано в вимогах постачальника.

Якість зчеплення металевих елементів з ФАП може визначатися температурно-вологісними умовами. Зокрема, температура і конструкції і навколишнього середовища впливає на час, необхідний для досягнення заданого рівня міцності адгезійного з'єднання. Постачальники надають інформацію про температурні інтервалах, що забезпечують протікання хімічних реакцій, необхідних для досягнення необхідної міцності адгезійного з'єднання і ці умови повинні дотримуватися. Підвищена вологість може несприятливо вплинути на кінцеву міцність адгезійного з'єднання і його довговічність. Тому адгезійний шар повинен бути добре захищений від попадання в нього води протягом всього часу, необхідного для набору міцності.

Правильна організація робіт на робочому місці також важлива для забезпечення гарної якості системи посилення. Зокрема, велика увага повинна бути приділена очищенню поверхні підсилюються елементів (підкладки), щоб виключити попадання частинок, які можуть негативно вплинути на якість зчеплення підсилює і підсилюється елементів.

Підготовка поверхні підкладки (елемента, що підсилюється).

Якісна підготовка поверхні є фундаментальною вимогою для забезпечення гарного зчеплення підсилює композиту (ФАП) і металевого елемента, що підсилюється (підкладки). Підготовка включає обробку поверхні підкладки, що включає наступні кроки:

- видалення наявного покриття (тобто старої фарби), шлаку та інших продуктів корозії. Ця операція може бути виконана з використанням дротяних щіток або терок для механічного видалення шлаку і окалини. Особлива обережність потрібна при очищенні тендітних елементів (чавуну), слід уникати використання перфораторів та інших подібних інструментів.
- знежирення розчинником. Для цього використовуються спеціально підібрані відповідні розчинники, які дозволять видалити жир і уникнути поширення забруднення по склеюваній поверхні.
- абразивна очищення. Для цього повинна застосовуватися суха або волога піскоструминне очищення, щоб поверхня елемента, що підсилюється була хімічно активна перед склеюванням. Все сміття після очищення повинен бути вилучений за допомогою тільки води.
- сушка поверхні. Якщо поверхня волога після абразивної очистки та змиву сміття, вона повинна бути просушена негайно, щоб виключити швидке утворення оксидних шарів на очищеній поверхні.
- хімічне травлення. У разі формування оксидних шарів, на оцинкованій або нержавіючій сталі, потрібно кислотне травлення з наступною нейтралізацією продуктів травлення. Ця операція не потрібна в разі сталі і чавуну.
- нанесення праймера (грунтовки). Перший шар адгезійної смоли повинен бути нанесений так швидко, як тільки можливо відразу ж після очищення поверхні підкладки, не пізніше двох годин після очищення. У деяких випадках застосування праймера потрібно для того, щоб забезпечити сумісність існуючої металевої поверхні з наноситься згодом композитним матеріалом (ФАП).
- заповнення нерівностей. Невеликі нерівності на поверхні металу можуть бути заповнені з використанням праймера і наступного шару смоли. Значні нерівності, як наприклад, в разі сильно проіржавілих ділянок або

сильно викривлених металевих елементів можуть бути заповнені з використанням спеціального шару смоли.

Контроль якості в процесі посилення

Контроль якості в процесі посилення за допомогою ФАП може включати частково руйнують або неруйнівні випробування.

Якщо використовується попередньо отвердний ФАП, то необхідні випробування композитних матеріалів повинні бути проведені постачальником. У разі якщо затвердіння ФАП відбувається на робочому місці, то потрібні лабораторні випробування. В обох випадках повинні бути підготовлені зразки для оцінки міцності проти розшаровування.

Для проведення частково руйнують випробувань повинні бути підготовлені додаткові спеціальні випробувальні зони (свідки), посилені за допомогою ФАП. Загальна площа зразків -свідетелей повинна бути не менше 0,5% від фактичної площі посилення і в будь-якому випадку не менше не менше 0,1 м². Зони, що є зразками свідками, поділяються на прямокутні області розміром 500 мм x 200 мм. Система посилення ФАП в цих спеціальних випробувальних зонах повинна бути такою ж і з тих же матеріалів, що і фактично працюють зонах посилення. Крім того, зони - «свідки» повинні піддаватися таким же впливів навколишнього середовища, що і фактично працюють системи посилення. Якщо потрібно більше, ніж одна прямокутна спеціальна.

«Випробувальна» зона, то ці зони повинні бути рівномірно розподілені по підсилюється. У будь-якому випадку, зони - «свідки» повинні бути обрані таким чином, що подальше проведення напів-руйнують випробувань не вплинуло на поведінку елемента, що підсилюється.

Частково руйнівні випробування

Частково руйнівні випробування проводяться на зразках - свідках, розташованих, по можливості, в некритичних зонах посилення, в кількості одного випробування на кожні 5 м² посиленою площі, і, в будь-якому випадку, не менше ніж 2 випробувань для кожного типу випробувань.

Випробування на розтяг призначене для оцінки правильності підготовки поверхні підкладки і для перевірки сумісності обраної адгезійної смоли з металевою підкладкою. Випробування проводиться з використанням круглої сталеві пластики товщиною 20 мм і діаметром не менше 40 мм. Фіброармірований пластик розрізається за допомогою колонкового бура, що обертається зі швидкістю не менше 2500 оборотів в хвилину і особливою обережністю, щоб уникнути нагріву системи посилення з ФАП.

Випробування на зрушення використовується для перевірки якості зчеплення між ФАП і підкладкою. Воно може бути здійснено тільки тоді, коли можна витягти частину ФАП, розташовану близько до краю підкладки.

Випробування на кручення проводиться за допомогою спеціального пристрою, який може створювати крутний момент.

Неруйнівні випробування

Існують різні типи неруйнуючих випробувань з метою ідентифікації різних типів дефектів і пошкоджень. Зокрема, неруйнівні випробування використовуються для ідентифікації присутності пустот в Адгезійний шарі. Однак, на жаль, немає неруйнуючих випробувань, які дозволили б визначити ослаблення зчеплення ФАП з підкладкою через наявність корозійного ураження або жирових плям на металеві поверхні. Неруйнівні випробування можуть використовуватися для оцінки однорідності прилягання ФАП до двомірної посилюваної поверхні з різним просторовим дозволом в залежності від площі посилення.

Композиційні матеріали не вимагають спеціальних заходів за змістом. Якщо шар смоли на поверхні втрачається внаслідок зносу або погіршення стану навколишнього середовища, то його можна замінити за допомогою сумісного матеріалу. Існуючі металеві конструкції повинні піддаватися звичайній інспекції та змістом. Зокрема, варто поновлювати фарбу до втрати нею захисних властивостей, щоб уникнути в подальшому піскоструминної обробки конструкції, що може зажадати відповідного захисту підсилюючих елементів з фіброармірованого пластика.

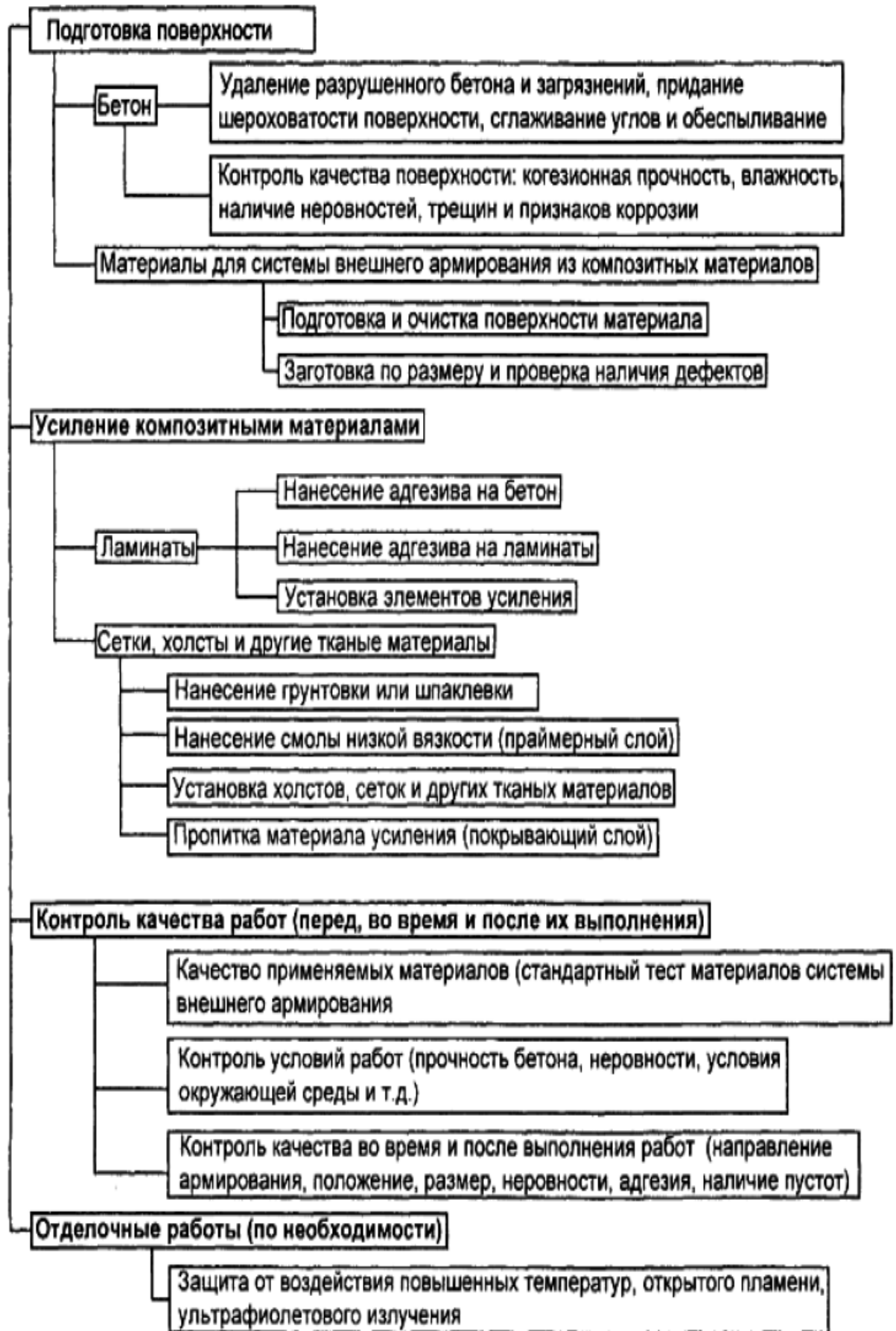


Рисунок 28 – Схема-алгоритм выполнения работ



Рисунок 29 – Монтаж углеволокна

4 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЦНОСТІ І НАДІЙНОСТІ ШАХТНОГО КОЛОДЯЗЯ

4.1 Загальні положення безпеки експлуатації об'єкту

Безпека експлуатації об'єкта забезпечується на всіх етапах, а саме:

- вишукування і проектування;
- виготовлення, транспортування і зберігання будівельних виробів;
- освоєння будівельного майданчика і зведення об'єкта, приймання об'єкта в експлуатацію;
- використання об'єкта за призначенням протягом встановленого терміну експлуатації, оцінка технічного стану, ремонт.

4.2 Забезпечення вимог безпеки експлуатації об'єкту

Прийняті в проекті технічні рішення спрямовані на виявлення аварійних ситуацій, запобігання аварій і забезпечення безпеки:

- постійне проведення моніторингових спостережень;
- технічні засоби (відповідно до вимог п.6 ДСТУ-Н CEN / TS 54-14-2009, ДБН В.2.5-56: 2014 року) для виявлення факторів можливої пожежі.

Проектом передбачені заходи, спрямовані на зменшення небезпечних наслідків для населення і навколишнього середовища.

Проектом передбачені наступні заходи, спрямовані на забезпечення здорових і безпечних умов для перебування людей і забезпечення їх безпеки:

- розташування обладнання, організація місць, проходів відповідає вимогам діючих норм і правил;

Прийняті конструктивні рішення на будівлях і спорудах відповідають вимогам ДБН В.1.2-14: 2009 та забезпечують:

- безпеку для здоров'я і життя людей, майна та навколишнього середовища;
- збереження цілісності об'єкта і його основних частин і виконання інших вимог, що гарантують можливість використання об'єкта за призначенням і нормального функціонування технологічного процесу, включаючи вимоги до жорсткості будівельних конструкцій та основ;
- забезпечують можливість розвитку об'єкта і його пристосування до технічних, економічних чи соціальних умов, що змінюються;
- створення необхідного рівня зручностей і комфорту для користувачів і експлуатаційного персоналу, включаючи вимоги до кліматичного режиму в приміщеннях (повітрообмін, температура, вологість, рівень освітленості і т.д.), а також доступність для оглядів і ремонтів, можливість заміни і модернізації окремих елементів;
- мінімальний ступінь ризику шляхом виконання вимог до вогнестійкості, без-відмовні роботи захисних пристроїв, надійності систем і мереж життєзабезпечення, живучості будівельних конструкцій.

Перед прийняттям і введенням в експлуатацію закінченого будівництвом об'єкта повинні бути виконані всі роботи, передбачені проектною документацією за державними будівельними нормами, стандартами і правилами роботи, а також змонтоване і випробуване обладнання.

Експлуатація об'єктів, не прийнятих в експлуатацію, забороняється.

Закордонне обладнання, вироби та матеріали повинні мати сертифікат відповідності або свідоцтво про визнання сертифіката відповідності, виданий або визнано Комітетом України по стандартизації, метрології та сертифікації.

Робочі комісії зобов'язані:

- перевірити якість і відповідність виконання будівельно-монтажних робіт (в тому числі прихованих робіт) проектно-кошторисної документації, чинним стандарт, будівельним нормам і правилам ведення робіт, а при необхідності - передбачити проведення контрольних вимірів;

- перевірити готовність обладнання та будівельної частини об'єкта до експлуатації в обсязі відповідно до проектної документації;
- перевірити наявність узгодження відхилень від проектної документації проектною організацією і замовником;
- прийняти обладнання після індивідуальних і комплексних випробувань і з-ставити відповідні акти;
- перевірити окремі споруди, конструкції, вузли та комунікації об'єктів і прийняти їх в експлуатацію. У разі виявлення дефектів і недоробок скласти їх перелік і встановити термін усунення;
- перевірити забезпечення необхідних умов праці в відповідності з вимогам техніки безпеки і виробничої санітарії, вимоги пожежної безпеки і виконання заходів щодо захисту навколишнього середовища.

За результатами перевірок та випробувань робоча комісія складає акт ра-робочої комісії про готовність закінченого будівництвом об'єкта для пред'явлення державній приймальній комісії за формою, затвердженою приказом Держбуду України та передає його замовнику під охорону і зберігання для пред'явлення державній приймальній комісії.

Державна приймальна комісія зобов'язана перевірити усунення недоробок і дефектів на об'єкті, виявлених робочими комісіями, і готовність об'єкта до приймання в експлуатацію вибірковими перевітками.

За результатами роботи державної приймальної комісії складають Акт державної приймальної комісії про прийняття в експлуатацію закінчений-ного будівництвом об'єкта.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Напівфабрикати з композитів і вуглецевих матеріалів доцільно використовувати для посилення будівельних конструкцій, будівель і споруд, тому що вони:

- міцні за фізико-механічними характеристиками (модулю пружності і меж міцності на розтягнення, згинання та зріз) матеріали на основі вуглецевих волокон в кілька разів перевершують конструкційну сталь;
- довговічні вуглецеві тканини, джгути і сітки для посилення несучих конструкцій не схильні до корозії, мають високу стійкість до агресивних середовищ і практично необмеженим терміном служби;
- легкі при рівній міцності вуглецеві матеріали важать в 10 разів менше стали, тому їх зручно застосовувати для посилення конструкції старих будівель і історичних об'єктів, що не допускають збільшення навантажень на фундамент, стіни і перекриття.

Композитні та вуглецеві матеріали для посилення будівельних конструкцій справляються зі своїми завданнями без зміни конструктивних схем.

Технологія їх використання не вимагає масштабних робіт і дозволяє виконувати ремонт, не перериваючи нормальне функціонування об'єкта.

Роботи з підсилення конструкцій будівель і споруд за допомогою композитів і матеріалів на вуглецевій основі виконуються невеликими бригадами в стислі терміни можливо також без припинення технологічного процесу виробництва.

ДЖЕРЕЛА ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування [Чинний від 01.01.2015]. Київ: Держстандарт України, 2014. 199 с.
2. FIP Task Group 9.3 - FRP reinforcement in RC structures, 1999. Fib CEB-FIP
3. ACI 440.3R-04 - Guide Test Methods for Fiber-Reinforced Polymers (FRPs) for Reinforcing or Strengthening Concrete Structures. American Concrete Institute (ACI). Farmington Hills, Mich., (2004), 40 p.
4. CNR-DT 203/2006 - Guide for the Design and Construction of Concrete Structures Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer Bars, 2006. Consiglio Nazionale Delle Ricerche.
5. ACI 440R-07 "Report on Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Reinforcement for Concrete Structures," ACI Committee 440, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., (2007), 100p.
6. Design Manual No. 3, «Reinforcing Concrete Structures with Fiber Reinforced Polymers», Intelligent Sensing for Innovative Structures Canada Corporation, Winnipeg, Manitoba, Canada, (2001), 158 p.
7. CAN/CSA-S806-02 - Design and Construction of Building Components with Fibre- Reinforced Polymers. Canadian Standards Association (CSA). Toronto, Ontario, Canada, (2007), 218p.
8. ACI 440.4R-04 "Prestressing Concrete Structures with FRP Tendons (Reapproved 2011)," ACI Committee 440, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., (2004), 35p.
9. Bulletin No. 40, "FRP Reinforcement in RC Structures", International Federation for Structural Concrete, Lausanne, Switzerland, (2007), 160p.
10. CNR-DT 203/2006 «Guide for the Design and Construction of Concrete Structures Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer Bars». ROME – CNR, 2007. 39 p.
11. CNR-DT 202/2005 «Guidelines for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Existing Structures». Metallic

- structures. Preliminary study. ROME – CNR, 2007. 57 p.
12. CNR-DT 200/2004 «Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Existing Structures». Materials, RC and PC structures, masonry structures. ROME – CNR, 2004. 154 p.
 13. CNR-DT 201/2005 «Guidelines for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Existing Structures». Timber structures. Preliminary study. ROME – CNR, 2007. 58 p.
 14. Al-Saidy, A.H, Klaiber, F.W. and Wipf, T.J. (2004), “Repair of Steel Composite Beams with Carbon Fiber-Reinforced Polymer Plates,” ASCE Journal of Composites for Construction, 8, pp. 163-172.
 15. Angus, C.C., Cheng, J.J. and Yam, C.H. “Study of the Tensile Strength of CFRP/Steel Double Lap Joints,” Proceedings of the 4th International Conference on Advanced Composite Materials in Bridges and Structures, Calgary, Canada. 2004.
 16. Bruyne, N.A. (1944), “The Strength of Glued Joints”, Aircraft Engineering, 16, 115-118, 140p.
 17. Hart-Smith, L.J. (2001), “Bolted and Bonded Joints”, in Composites, Vol. 21, ASM andbook, American Society for Materials (ASM) International, 271-289.
 18. Hollaway L.C., Cadei J. (2002). Progress in the technique of upgrading metallic structures with advanced polymer composites. Prog. Struct. Engng. Mater., 4, 131- 148 p.
 19. Kennedy, G.D. (1998), “Repair of Cracked Steel Elements Using Composite Fibre Patching,” M.S. Thesis, University of Alberta, Canada, 150 p.
 20. Lanier, B.K. (2005), “Study in the Improvement in Strength and Stiffness Capacity of Steel Multi-sided Monopole Towers Utilizing Carbon Fiber Reinforced Polymers as a Retrofitting Mechanism,” M.S. Thesis, North Carolina State University, Raleigh, NC, 138 p.
 21. Liu, X., Silva, P., Nanni, A. 2001. Rehabilitation of Steel Bridge Members with FRP Composite Material. In Proc., CCC 2001, Composite in Construction, Porto, Portugal, 10-12 October, 115 p.

22. Matta, F. (2003), "Bond between Steel and CFRP Laminates for Rehabilitation of Metallic Bridges", Thesis, University of Padova, Padova, Italy, 171 pp.
23. Mertz, D.R., and Gillespie, J.W. Jr (1996), "Rehabilitation of Steel Bridge Girders through the Application of Advanced Composite Materials," IDEA Project Final Report, Contract NCHRP-93-ID011, Transportation Research Board, 30 pp.
24. Mertz, D.R., Gillespie, J.W. Jr. and Edberg, W. (1996), "Rehabilitation of Steel Bridges with Composite Materials", Recent Advances in Bridge Engineering, Evaluation, Management and Repair, J.R. Casas, F.W. Klaiber and A.R. Mari, eds., CIMNE, Barcelona, Spain, 556-569p.
25. Mertz, D. M., Gillespie, J. W., and Edberg, W. 1996. Rehabilitation of Steel Bridges with Composite Materials. In Proc., Recent Advances in Bridge Engineering, Barcelona.
26. Mosallam, A. S., Chakrabarti, P. R., and Spencer, E. 1998. Experimental Investigation on the Use of Advanced Composites & High-Strength Adhesives in Repair of Steel Structures. In 43rd International SAMPE Symposium May 31- June 4.
27. Moy, S. S. J., Nikoukar, F. 2002. Flexural Behaviour of Steel Beams Reinforced with Carbon Fibre Reinforced Polymer Composite. In Proc., ACIC 2002, Southampton University, UK, 15-17 April, edited by R. A. Sheno, S. S. J. Moy, L. C. Hollaway. Thomas Telford.
28. Nozaka, K., Shield, C.K. and Hajjar, J.F. (2005), "Effective Bond Length of Carbon- Fiber-Reinforced Polymer Strips Bonded to Fatigued Steel Bridge I-Girders," ASCE Journal of Composites for Construction, 10[2], pp. 195-205.
29. Ono, K., Sugiura, K., Sasaki, A., Wakahara, N. and Komaki, H. (2001), "Bond Characteristics of Carbon Fiber Reinforced Plastics to Structural Steels" Proc. Int. Conf. on High Performance Materials in Bridges, Kona, Hawaii, ASCE, Reston, VA, 34-43.
30. Photiou, N., Hollaway, L.C., Chryssanthopoulos, M.K. (2004). Strengthening of an artificially degraded steel beam utilising a carbon/glass composite system. In

- L.C. Hollaway, M.K. Chryssanthopoulos and S.S.J. Moy (eds), Proc. Int. Conf., Advanced Polymer Composites for structural applications in construction ACIC 2004, 20-22 April 2004, Guilford UK. Cambridge, England:Woohead Publishing Limited.
- 31.Schnerch D., Stanford K., Sumner E.A., Rizkalla S. (2004). Strengthening steel structures and bridges with high modulus carbon fiber reinforced polymers: resin selection and scaled monopole behaviour. TRB 2004 Annual Meeting, CD-ROM.
 - 32.Sebastian, W.M. (2003), “Nonlinear Influence of Contraflexure Migration on Near- curtailment Stresses in Hyperstatic FRP-Laminated Steel Members,” Computers and Structures, 81[16], pp. 1619-1632.
 - 33.Sen, R. and Liby L. (1994), “Repair of Steel Composite Bridge Sections using CFRP Laminates”, Final Report submitted to the Florida Department of Transportation (FDOT), University of South Florida, Tampa, FL.
 - 34.Sen, R., Liby, L., Mullins, G. 2001. Strengthening Steel Bridge Sections Using CFRP Laminates, Composites: Part B, 32: from 309-322.
 - 35.Tavakkolizadeh A., Saadatmanesh H. (2003a). Repair of damaged steel-concrete composite girders using carbon fiber-reinforced polymer sheets. Journal of Composites for Construction, 7(4), Novemeber 1, 311-322.
 - 36.Tavakkolizadeh, M., Saadatmanesh, H. 2001. Repair of Cracked Steel Girder Using CFRP Sheets. In Proc.,ISEC-01, Creative Systems in Structural and Construction Engineering, Hawaii, January 24-27.
 - 37.Tavakkolizadeh, M., Saadatmanesh, H. 2002. Repair of Steel Bridges with CFRP Plates. In Proc., ACIC 2002, Southampton University, UK, 15-17 April, edited by R.A. Shenoi, S. S. J. Moy, L. C. Hollaway. Thomas Telford.-
Tavakkolidazeh, M. and Saadatmanesh, H. (2003), “Strengthening of Steel-Concrete Composite Girders Using Carbon Fiber-Reinforced Polymer Sheets,” ASCE Journal of Structural Engineering, 129, pp. 30-40.
 - 38.Matovec, M., Kelley, P.L., Brainerd, M.L. and Kivela, J.B. (2002), “Post Strengthening of Steel Members with CFRP”, Proceedings of the 47th

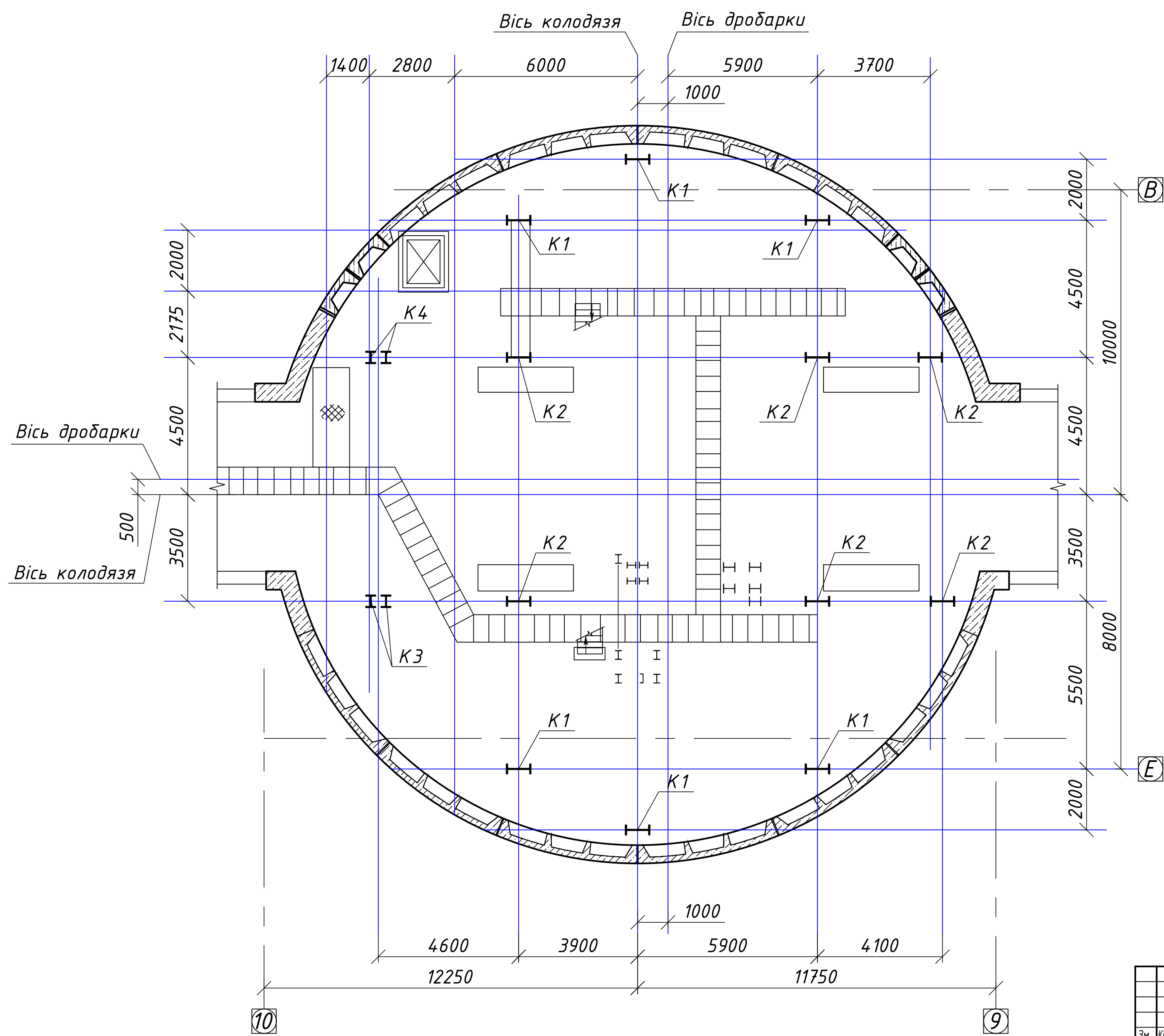
- International SAMPE Symposium and Exhibition, Long Beach, CA, May 12-16, 2002, Society for the Advancement of Material and Process Engineering (SAMPE), pp. 941-954.
39. Albrecht, P. (1987), "Fatigue Strength of Adhesively Bonded Cover Plates," ASCE Journal of Structural Engineering, 113, pp. 1236-1250.
40. Bassetti, A., Nussbaumer, A., Hirt, M. 2000. Crack Repair and Fatigue Life Extension of Riveted Bridge Members using Composite Materials. In Proc., Bridge Engineering Conference, ESE-IABSE-FIB, 26-30 March 2000, Sharm El Sheik (Egypt).
41. Bassetti, A. 2001. Lamelles Précontraintes en Fibres de Carbone pour le Renforcement de Ponts Rivetés Endammées Endommagés par Fatigue. Ph.D. Thesis no. 2440, Swiss Federal Institute of Technology, (EPFL), Lausanne, Switzerland.
42. Jones, S.C. and Civjan, S.A. (2003), "Application of Fiber Reinforced Polymer Overlays to Extend to Steel Fatigue Life," ASCE Journal of Composites for Construction, 7, pp. 331-338.
43. Matta, F., Karbhari, V.M., Tinazzi, D., Vitaliani, R. Static and fatigue behaviour of steel/CFRP adhesive bonds for the rehabilitation of metallic bridges. In Di Tommaso A, editor. Mechanics of masonry structures strengthened with FRP – materials modelling, testing, design, control, Padova (I): Libreria Cortina; 2004, p. 411-420.
44. Miller, T.C. (2000), "The Rehabilitation of Steel Bridge Girders Using Advanced Composite Materials", M.S. Thesis, University of Delaware, Newark, DE, 58-79.
45. Nussbaumer, A., Bassetti, A., Colombi, P. Elements en acier sous charges de fatigue renforcés par des lamelles precontraintes en materiau composite. Construction Metallique 2004; 3:3-13.
46. Tavakkolizadeh, M., and Saadatmanesh, H. 2003. Fatigue Strength of Steel Girders Strengthened With Carbon Fiber Reinforced Polymer Patch, Journal of Structural Engineering, ASCE, 2(129): from 186-196.

47. Buyukozturk, O., Gunes, O. and Karaca, E. (2004), "Progress on Understanding Debonding Problems in Reinforced Concrete and Steel Members Strengthened Using FRP Composites", *Construction and Building Materials*, Vol. 18[1], 9-19.
48. Buyukozturk, O., Gunes, O., Karaca, E. (2003). Progress on Understanding Debonding Problems in reinforced Concrete and Steel Members Strengthened using FRP Composite. In Proc., 10th International Conference and Exhibition London, UK, 1-3 July.
49. Colombi, P., Panzeri, N., Poggi, C. Experimental characterization of steel elements reinforced by adhesively bonded CFRP plates. In: Chryssanthopoulos M, Hollaway LC, editors. *Advanced Polymer Composites for Structural Applications in Construction*, Abington (UK): Woodhead Publishing Limited; 2004, p. 245-257.
50. Colombi, P., Bassetti, A. and Nussbaumer, A. (2003), "Analysis of Cracked Steel Members Reinforced by Pre-Stress Composite Patch", *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures*, 26(1), 59-66.
51. Colombi, P., Bassetti, A., Nussbaumer, A. (2003). Delamination Effects on Cracked Steel Members Reinforced by Prestressed Composite Patch, *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, Elsevier, 39: from 61-71.
52. Deng J., Lee M.M.K., Moy S.S.J. (2004). Stress analysis of steel beams reinforced with a bonded CFRP plate. *Composite Structures*, Vol. 65, 205-215.
53. Lenwari, A., Thepchatri, T. and Watanabe, E. (2002), "Prediction of Premature Separation of Bonded CFRP Plates from Strengthened Steel Beams Using a Fracture Criterion", *Structural Engineering and Mechanics*, 14(5), pp. 565-574.
54. McKnight, S. H., Bourban, P. E., Karbhari, V. M., and Gillespie, J. W. 1994. Surface Preparation of Steel for Adhesive Bonding in Rehabilitation Applications. In Proc. Of the Third Materials Engineering Conference, Infrastructure: New Materials and Methods of Repair, edited by Basham KD. San Diego, CA: ASCE.
55. Photiou, N., Hollaway, L.C., Chryssanthopoulos, M.K. (2003). Characterization of adhesively bonded plates for upgrading structural steelwork. In M.C. Forde

- (ed.), Proc. Int. Conf., Structural Faults and Repair, London. Edinburgh: Engineering Technics Press.
56. Carolin, A. 2003. Carbon Fiber Reinforced Polymers for Strengthening of Structural Elements. Doctoral Thesis no. 2003:18, Lulea University of Technology, Lulea, Sweden.
57. Cecchi A., Zerbo V. 2004. Analisi di stabilità di travi metalliche rinforzate con FRP- materials. In 2nd Nat. Symp. Mechanics of Masonry Structures strengthened with FRP-materials: modeling, testing, design, control“, Venezia, 6-8 Dicembre, edited by Ceriolo L., Zerbo V. Libreria internazionale Cortina:Padova.
58. Hill P. S. 2000. Use of High Modulus Carbon Fibers for Reinforcement of Cast Iron Compression Struts within London Underground – Project Details.
59. Liu, X., Nanni, A., Silva, P. 2003. Rehabilitation of Steel Bridge Columns with Composite Materials. In Proc., 10th International Conference and Exhibition London, UK, 1-3 July 2003.
60. Shaat, A. and Fam, A. (2004), “Strengthening of Short HSS Steel Columns Using FRP Sheets,” Proceedings of the 4th International Conference on Advanced Composite Materials in Bridges and Structures, Calgary, Canada.
61. Teng J.G., Hu Y.M. 2004. Suppression of local buckling in steel tubes by FRP jacketing in FRP Composites in civil Engineering, CICE 2004, Seracino ed., Taylor & Francis Group, London 2005.
62. Aylor, D.M. (1993), “The Effect of a Seawater Environment on the Galvanic Corrosion Behaviour of Graphite/Epoxy Composites Coupled to Metals”, High Temperature and Environmental Effects on Polymeric Composites, ASTM STP 1174, C.E. Harris and T.S. Gates, eds., American Society for Testing and Materials
63. Bellucci, F. (1991), “Galvanic Corrosion between Nonmetallic Composites and Metals: I. Effect of Metal and of Temperature”, Corrosion, National Association of Corrosion Engineers (NACE), 47(10), pp. 808-819.
64. Bellucci, F. (1992), “Galvanic Corrosion between Nonmetallic Composites and

- Metals: II. Effect of Area Ratio and Environmental Degradation”, Corrosion, National Association of Corrosion Engineers (NACE), 48(4), pp. 281-291.
65. Bonk, R.B., Ostendorf, J.F., Ambrosio, A.M., Pettenger, B.L. and Froelich, K.A. (1996), “Evaluation of Adhesives for Adhering Carbon/Epoxy Composites to Various Metallic Substrates”, Proceedings of the 41st International SAMPE Symposium and Exhibition, Anaheim, CA, March 24-28, 1996, Society for the Advancement of Material and Process Engineering (SAMPE), pp. 1472-1485.
66. Boyd, J., Chang, G., Webb, W., Speak, S., Gerth, D. and Reck, B. (1991), “Galvanic Corrosion Effects on Carbon Fiber Composites”, Proceedings of the 36th International SAMPE Symposium and Exhibition, San Diego, CA, April 15-18, 1991, Society for the Advancement of Material and Process Engineering (SAMPE), pp. 1217-1231.
67. Bourban, P.E., McKnight, S.H., Shulley, S.B., Karbhari, V.M. and Gillespie, J.W. Jr., (1994), “Durability of Steel/Composite Bonds for Rehabilitation of Structural Components,” Proceedings of the 1994 ASCE Materials Engineering Conference, San Diego, CA, pp. 295-302.
68. Ceriolo, L., Di Tommaso, A. (2001). Cast Iron Bridge Failure Due to Impact: reduced Vulnerability through FRP Composite Materials Strengthening. In National Conf. on Structure failures and reliability of civil constructions, Istituto Universitario di Architettura di Venezia, 6 – 7 December.
69. Colombi P, Fanesi E, Fava G, Poggi C. Steel elements strengthened by FRP materials: durability under mechanical and environmental loads. In Di Tommaso A, editor. Mechanics of masonry structures strengthened with FRP – materials modelling, testing, design, control, Padova (I): Libreria Cortina; 2004, p. 387-398.
70. Gettings, M. and Kinloch, A.J. (1977), “Surface Analysis of Polysiloxane/Metal Oxide Interfaces”, Journal of Materials Science, 12(12), pp. 2511-2518.
71. Karbhari, V.M., and Shulley, S. B. 1995. Use of Composites for Rehabilitation of Steel Structures – Determination of Bond Durability, Journal of Materials in Civil Engineering, ASCE, 4(7): from 239-245.

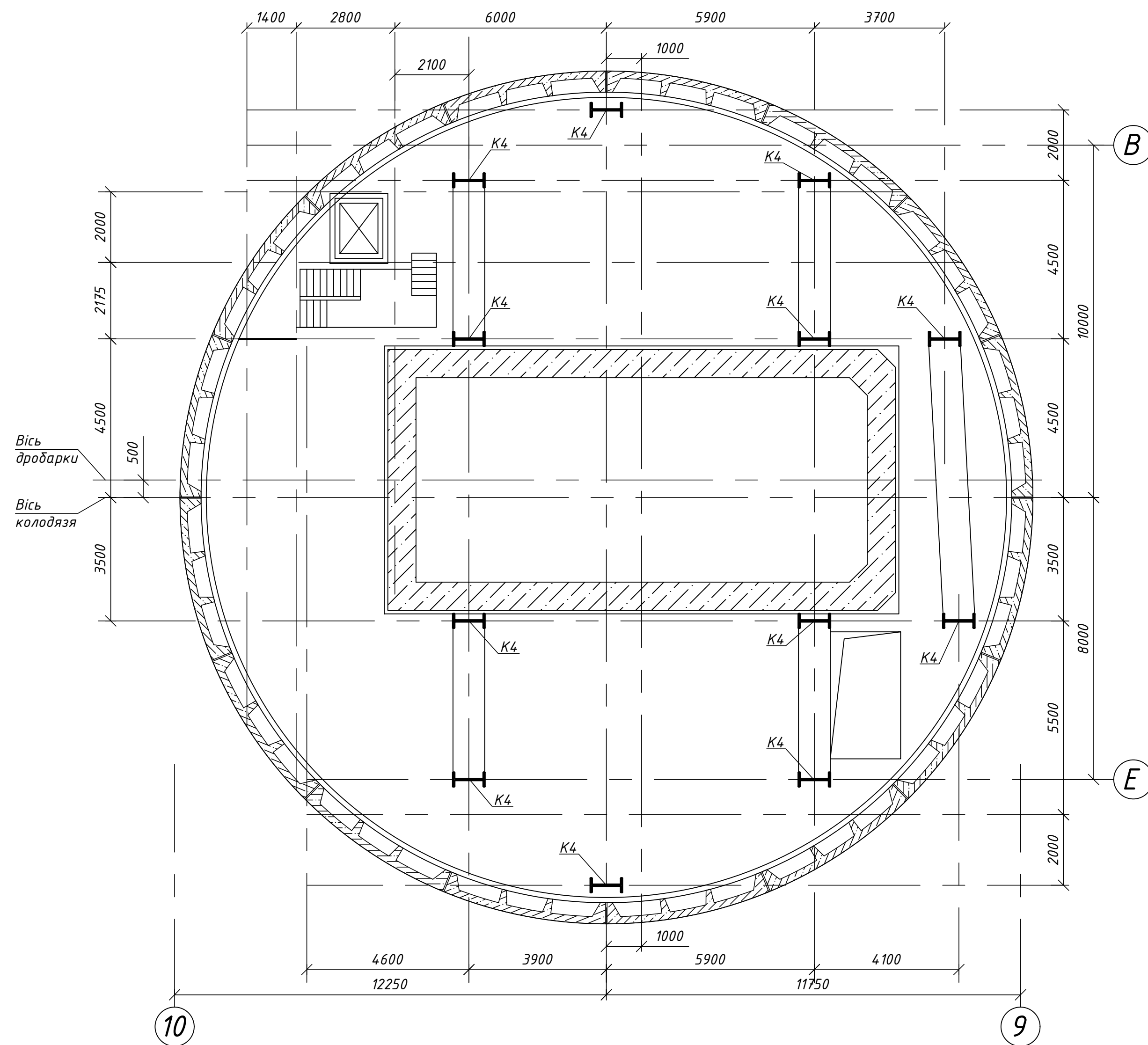
Схема розташування елементів каркасу колодязя на відм. -89,750(-29,750)



Погоджено	
Зам. інв. №	
Ліценз. і дата	
Інв. № ор.	

II ЗНУ ФБЦІ 180323 ПЦБ КРМ					
Розробка комплексу технологічних рішень по реконструкції шахтного колодязя					
Зм.	Кіл. уч.	Лист	№ док.	Підп.	Дата
Зав. каф.	Артунян І.А.				
Н.контр.	Данкевич Н.О.				
Керівник	Юхименко А.І.				
Магістрант	Фоменко О.І.				
Шахтний колодязь				Стадія	Лист
				КВР	22
Схема розташування елементів каркасу колодязя на відм. -89,750(-29,750)				БЧД-18-4мд	

Схема розташування елементів каркасу колодязя на відм. -81,150 (-21,150)



Погоджено				
Зам. інв. №				
Ліценз. і дата				
Інв. № ор.				

II ЗНУ ФБЦІ 180323 ПЦБ КРМ					
Розробка комплексу технологічних рішень по реконструкції шахтного колодязя					
Зм.	Кіл. уч.	Лист	№ док.	Підп.	Дата
Зав. каф.	Арутюнян І.А.				
Н.контр.	Данкевич Н.О.				
Керівник	Юхименко А.І.				
Магістрант	Фоменко О.І.				
Шахтний колодязь				Стадія	Лист
				КВР	23
Схема розташування елементів каркасу колодязя на відм. -81,150(-21,150)				БЧД-18-4мд	