

МІСТ МЕТРО

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА РІШЕННЯ
НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ ТА БУДІВНИЦТВА ОБ'ЄКТУ



МІСТ МЕТРО: ЧОМУ ПОТРІБЕН КОМПЛЕКС ПРОТИАВАРІЙНИХ РОБІТ

- Міст Метро через р. Дніпро побудований у 1965 році та працює одночасно як автодорожня і метротранспортна споруда: 4 смуги руху та 2 колії метрополітену.
- Об'єкт має статус пам'ятки архітектури, місцевого значення, тому втручання має виконуватись як наукова реставрація: із збереженням конструктивної схеми, водночас технічний стан мосту оцінено як непрацездатний. Через корозію, деградацію бетону, зношення шарнірів і перевантаження конструкцій фактична вантажопідйомність автопроїзду обмежена обмежує рух транспорту до **16 т. (що складає 0,65 від Н30)**
- Протиаварійні роботи передбачають влаштування підтримуючих конструкцій у руслі Дніпра у прогонах 8-9 та 9-10, а також частково у прогонах 7-8 і 10-11. Основна мета — тимчасово взяти роботу аварійних зон під контроль і забезпечити безпечний період до повної реставрації.

Тому протиаварійні заходи — це не просто ремонт, а тимчасове зовнішнє підсилення, яке має взяти аварійні зони під контроль без зміни основних параметрів пам'ятки.



01 ОПОРИ ПІДСИЛЕННЯ: РЕАКЦІЇ, ПАЛІ ТА ЗАХИСТ ВІД ЛЬОДУ

РИШТУВАННЯ

НАДВОДІ В'ЯЗИ

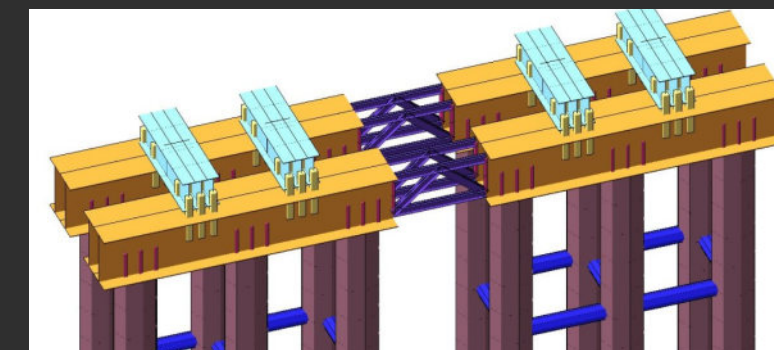
01 ПОЛЬОВА ОСНОВА

ПІДТРИМУЮЧІ
КОНСТРУКЦІЇ

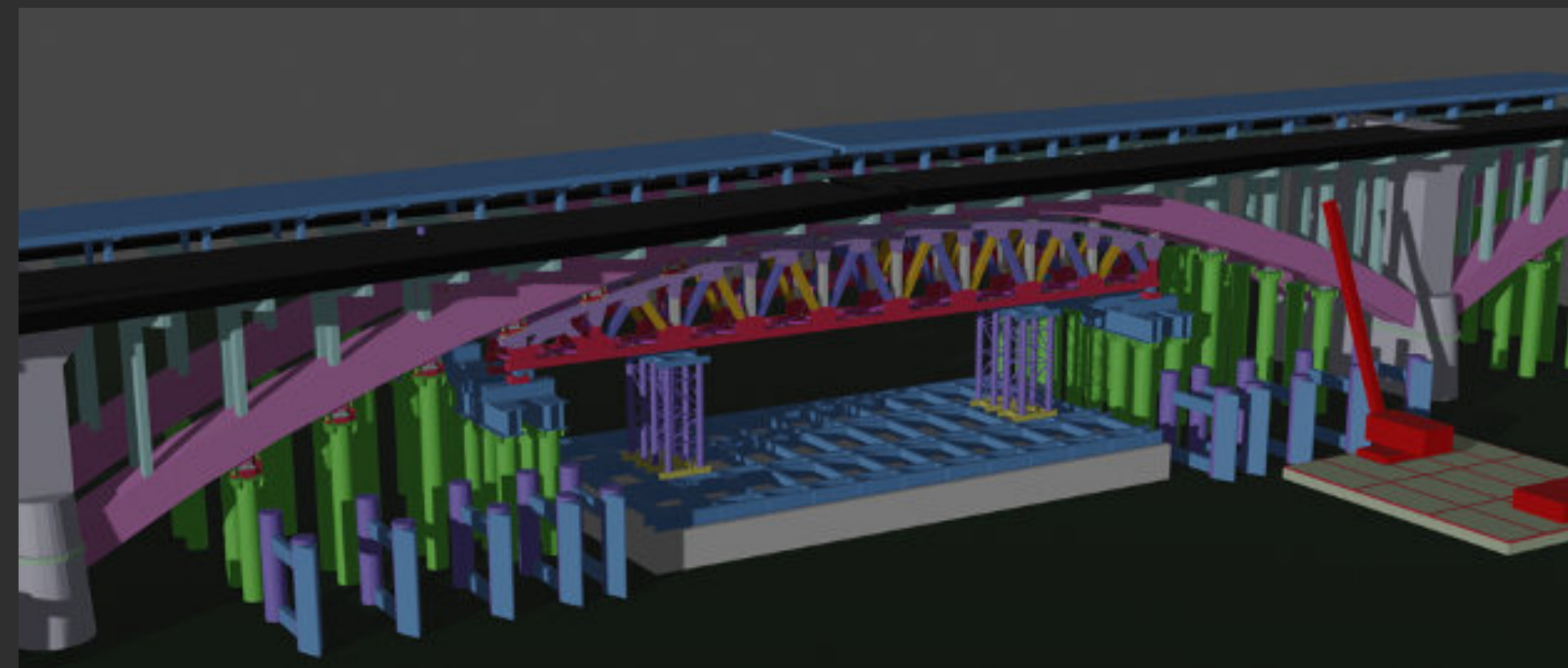
ПІДВОДНІ В'ЯЗИ

- Після аналізу роботи існуючих конструкцій мосту були визначені розрахункові реакції у вузлах, які мають сприйняти тимчасові підтримуючі опори. На цій основі сформовано 3D-концепцію опор, будівельного майданчика та загальної монтажною схеми.
- Пальове поле розміщувалося по фасаду мосту з урахуванням геологічних умов для кожної палі. Несучу здатність паль по ґрунту перевіряли у StatPile, а контрольні розрахунки коефіцієнтів постелі, бічної роботи паль і стійкості ґрунту виконували в Octave.
- Окремо перевірено шпунтове огородження будівельного майданчика та льодорізи, які захищають опори від горизонтальних навантажень льоду. Таким чином система тимчасових опор отримує не лише вертикальну несучу здатність, а й захист від руслових, льодових та монтажних впливів.

Підтримуючі конструкції



В першому наближенні була прийнята концепція та створений 3D ескіз підтримуючих конструкцій. Зокрема для визначення маси ферми



02

ФЕРМИ ПІДСИЛЕННЯ: РОЗРАХУНОК, ВУЗЛИ ТА МОНТАЖНА СХЕМА

02 ФЕРМИ

ЗБИРАЛЬНИЙ
СТАПЕЛЬ

ВИКОЧУВАЛЬНИЙ
ПІРС

ШТОВХАЮЧІ ТА
ПЕРЕКОЧУВАЛЬНІ
ПРИСТРОЇ.

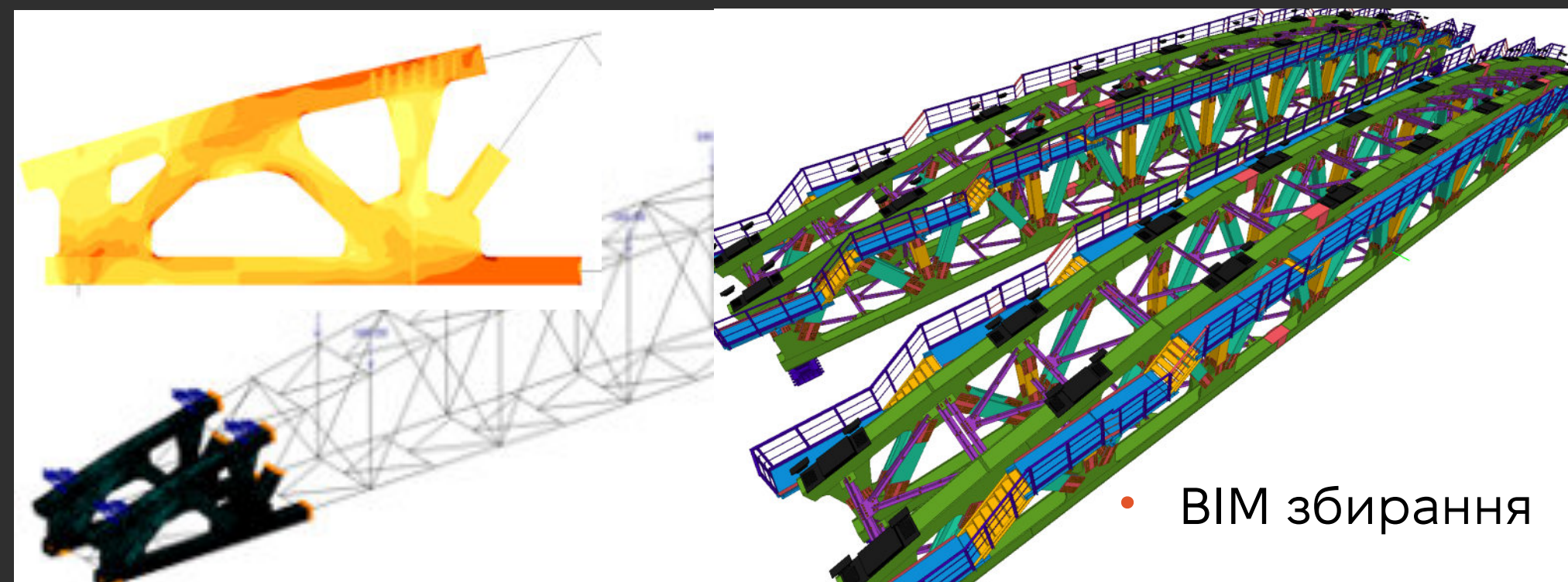
ЕСТАКАДА
КРАНОВОГО ШЛЯХУ

ШПУНТОВА СТІНКА

БУДМАЙДАНЧИК

- Ферма підсилення розраховувалась як ключовий елемент, що приймає навантаження від існуючих конструкцій мосту. Для перевірки роботи системи були виконані декілька моделей: стрижнева модель, модель із фасонками та плитна модель для аналізу локальних напружень.
- У розрахунках перевірялись поздовжні зусилля, моменти, поперечні сили, деформації та зони концентрації напружень. Розрахункове навантаження на вузол приймалось **160 т**, що дозволило оцінити роботу ферми не лише в цілому, а й у найбільш відповідальних вузлових з'єднаннях.

Ферма моделювалась декількома способами з навантаженням на вузол рівним 160 т



• ВІМ збирання

- З використанням плитних елементів для аналізу локальних перерозподілів напружень та пошуку концентраторів
- Остаточно конструкція ферми була внесена в загальну модель мосту науково-дослідного інституту та був проведений аналіз їх сумісної роботи, та розроблено **«РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВКЛЮЧЕННЯ" В РОБОТУ КОНСТРУКЦІЇ ПІДСИЛЕННЯ»**

ОЗ ПЛАВСИСТЕМА ДЛЯ МОНТАЖУ ФЕРМИ L=55 М

ДОМКРАТИ СТОЛИКИ
ТА ДОМКРАТИ

ПЛАВУЧА ОПОРА

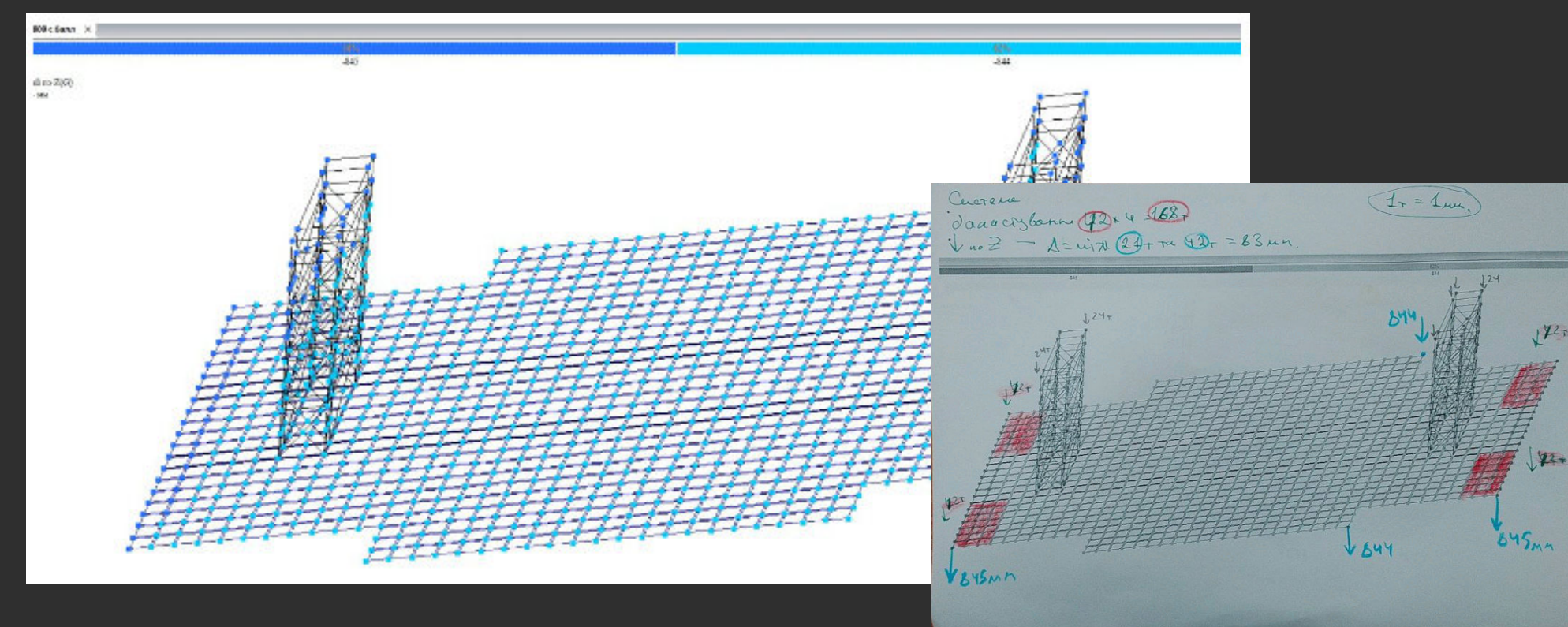
ПЛАВУЧА ОПОРА

РОЗПОДІЛЬЧА
РАМА РМ-1

ОЗ ПЛАВ СИСТЕМА

- Для монтажу ферми довжиною **55 м** та вагою близько **300 т** була розроблена окрема плавсистема, яка забезпечує транспортування, позиціонування та контрольоване встановлення конструкції під мостом.
- Розрахунок виконано у програмному комплексі **ЛІРА** з урахуванням ваги ферми, плавопори, устаткування, водного баласту, вітрових та гідростатичних навантажень. Окремо перевірялись **плавучість, остійність**, осадки у ключових точках, крен, диферент та зусилля у розподільчій рамі **РМ-1**.
- Плавсистема формується на базі **42 понтонів**. Для компенсації коливань рівня води передбачене додаткове баластування визначених понтонів: розрахунково **1 т баласту дає близько 1 мм осадки**, що дозволяє точно регулювати положення ферми під час монтажу.

Визначається крен, діферент та осадка.



- З використанням плитних елементів для аналізу локальних перерозподілів напружень та пошуку концентраторів

04

ПВР: ВКЛЮЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ПІДСИЛЕННЯ В РОБОТУ

04 ВКЛЮЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПІДСИЛЕННЯ

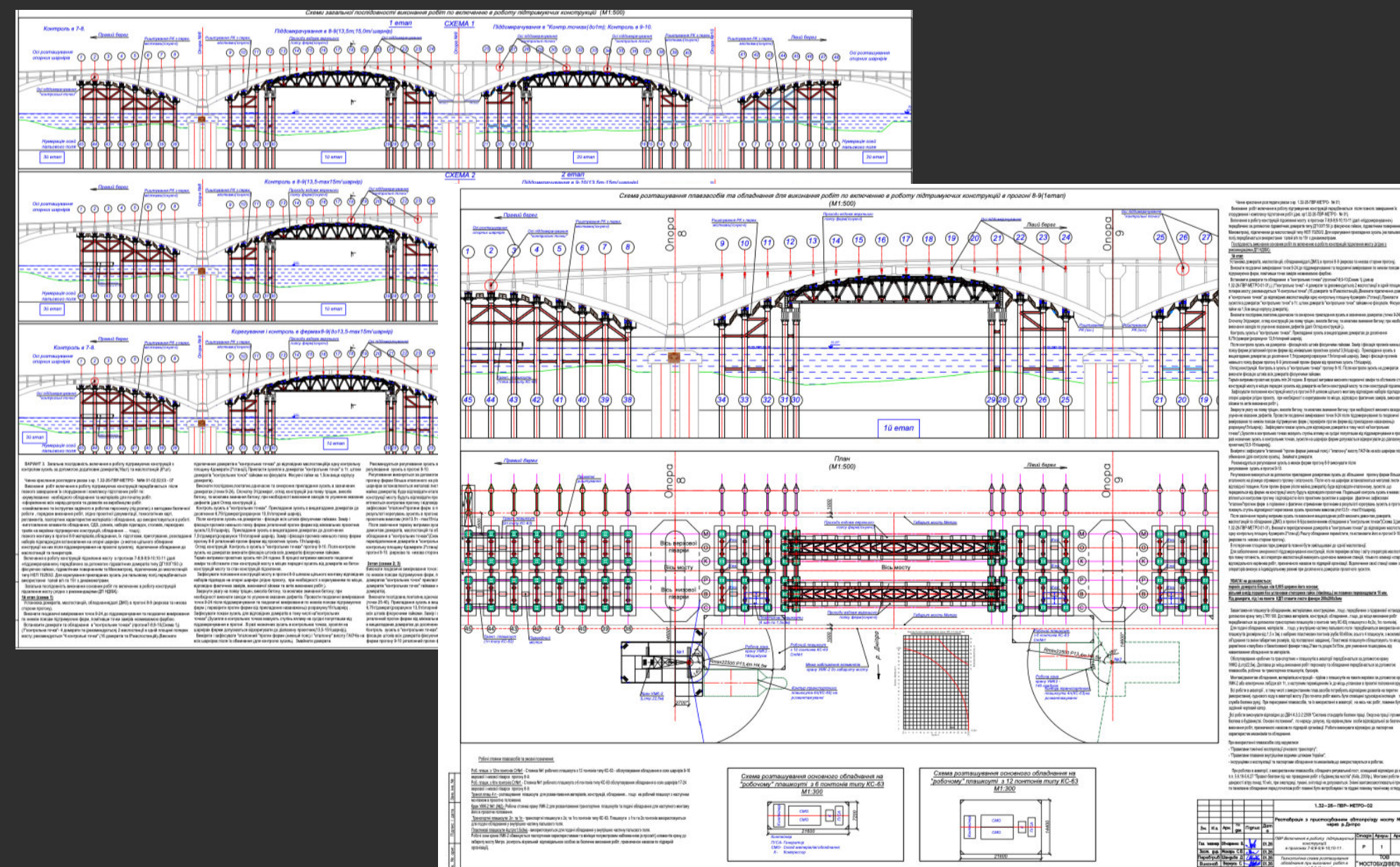
ОПОРНІ ШАРНІРИ

КОНТРОЛЬ ЗУСИЛЬ

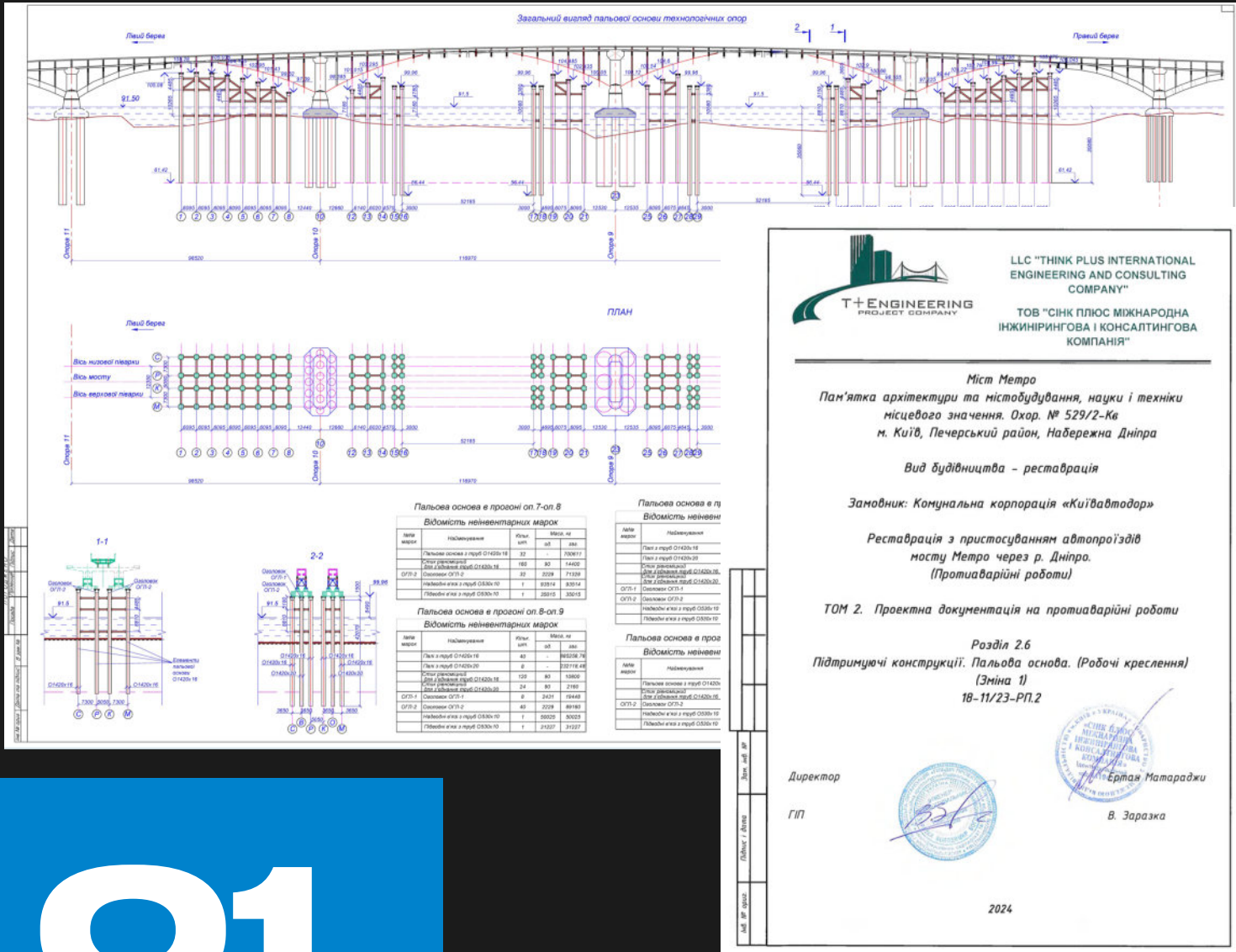
ПІДПИРАННЯ ФЕРМИ

- На основі рекомендацій ДП НДІБК розроблено ПВР, який переводить наукові вимоги у чітку технологію виконання робіт: де встановити домкрати, у якій послідовності навантажувати конструкції та як контролювати фактичне включення підсилення в роботу.
- Ключова вимога — синхронно прикласти навантаження до **15 т у кожному опорному шарнірі**. Роботи виконуються поетапно: спочатку прогін **8-9**, потім **9-10**, після цього — крайні ділянки **7-8** та **10-11** з контролем впливу на вже включені конструкції.
- Контроль виконується через покази домкратів, геодезичні заміри, прогини ферм, деформації опорних частин та огляд бетону в місцях передачі зусиль.

ПРОЕКТ ВИКОНАННЯ РОБІТ:



НАУКОВИЙ СУПРОВІД НА ВСІХ ЕТАПАХ БУДІВНИЦТВА



01

Комплексний проєкт протиаварійних робіт

- Робочий проєкт «Реставрація з пристосуванням автопроїздів мосту Метро через р. Дніпро»
- Повний склад документації
- Окремі розділи для монтажноі інфраструктури: стапелі, плашкоути, плавопори, кранові шляхи, електропостачання, ОДР, ОВНС, кошториси
- Мета проєкту: тимчасово стабілізувати міст без зміни його геометрії та створити безпечні умови для подальшої рставрації.

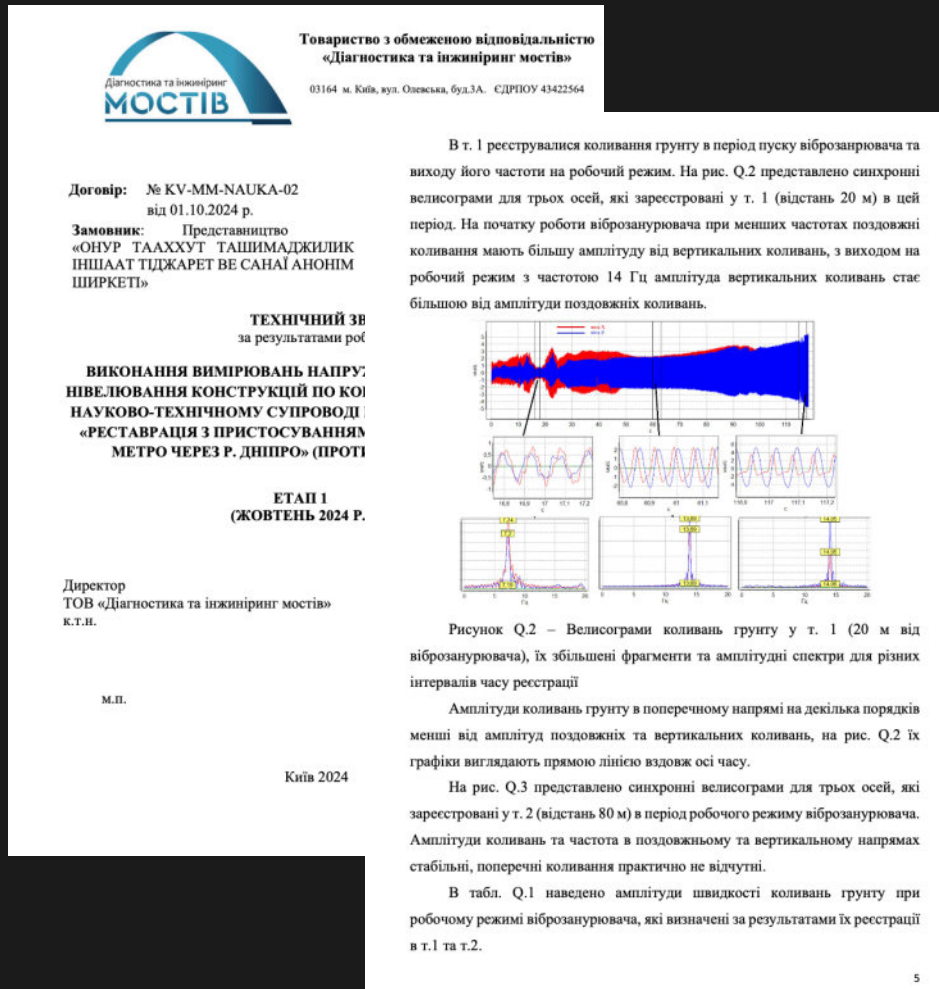
02



Науковий супровід і включення підсилення в роботу

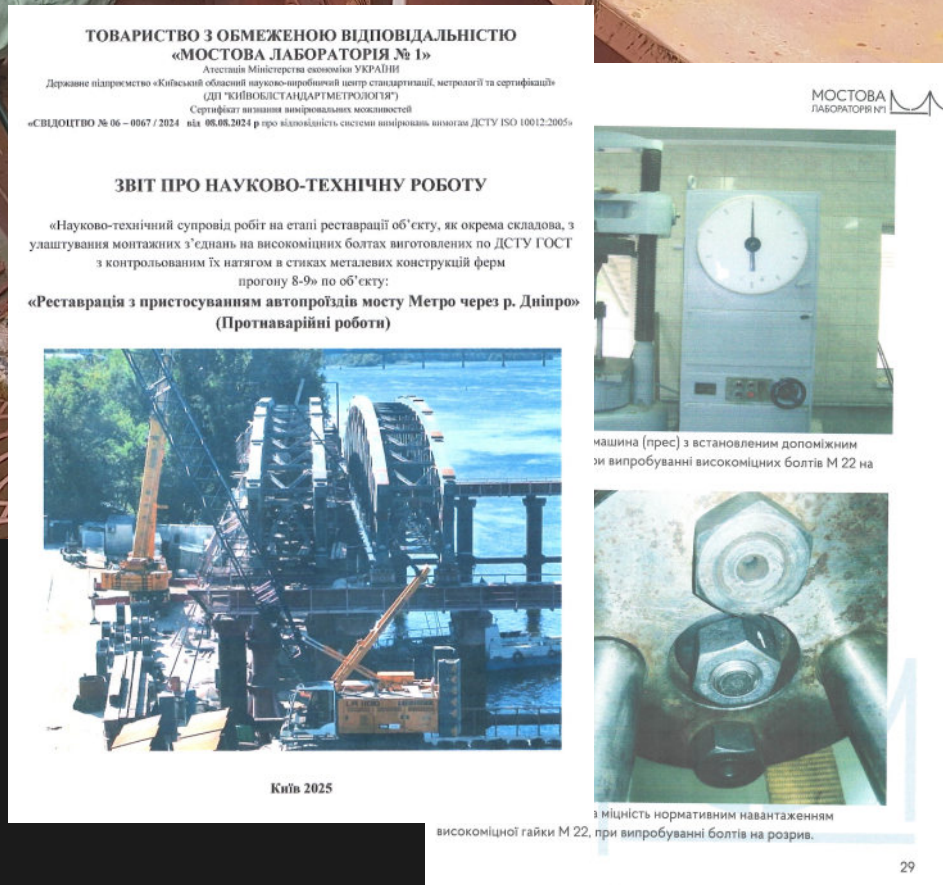
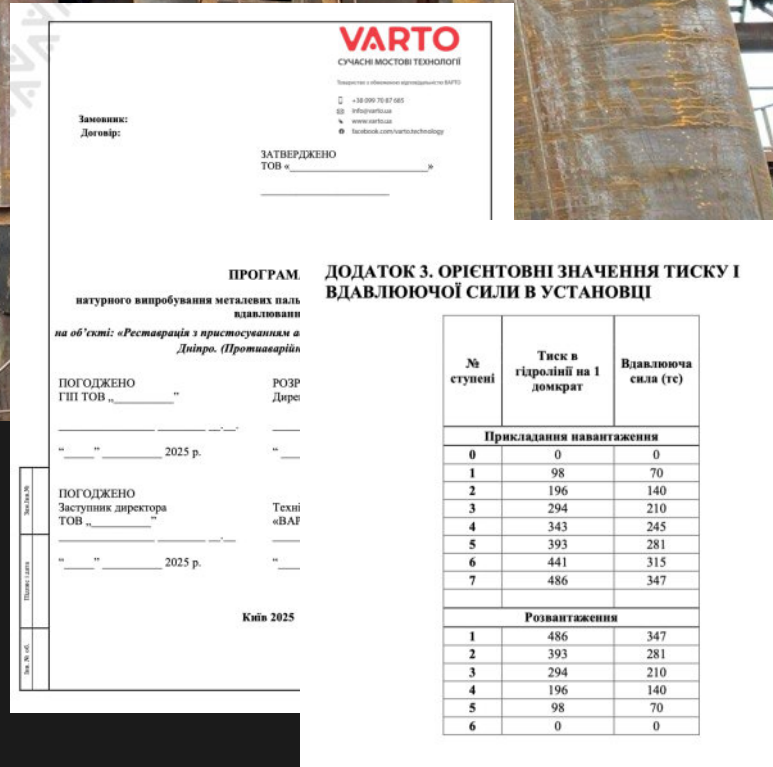
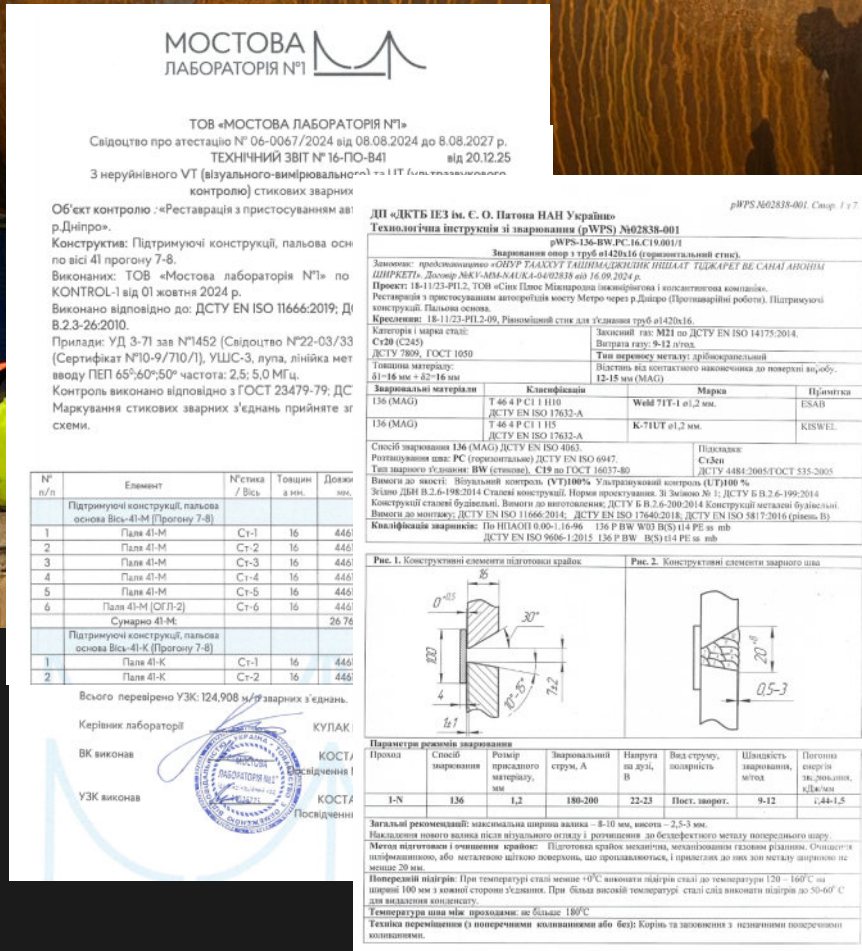
- Аналіз фактичного стану мосту, щодо технічного стану всіх конструкцій мосту та придатності до експлуатації.
- Розробити рекомендації щодо можливості продовження будівельних робіт.
- Визначення раціональної послідовності включення в роботу конструкцій підсилення мосту
- Розробка рекомендацій для контрольованого навантаження шарнірів до **15 т**

03



Виконання вимірювань напружень деформацій та нівелювання конструкцій по контрольних точках при науково-технічному супроводі на стадії будівництва

- виконання інструментального контролю переміщень і динамічних характеристик конструкцій мосту
- реєстрація та аналіз коливань конструкцій мосту при роботі будівельного технологічного обладнання (віброзанурювач) з визначенням величини динамічного впливу на конструкції мосту
- проведення динамічних випробувань прогонових будов із визначенням частот власних коливань конструкцій при русі реального експлуатаційного навантаження



05

Натурні випробування паль

- Використання спеціалізованого обладнання для визначення координат та внутрішніх дефектів ультразвуковим методом
- Ультразвукова дефектоскопія (прямий і кутовий ввід)
- Оцінку твердості та глибини провару
- Контроль геометрії, розшарувань, несплавлень, пористості та тріщин

З'єднання на високоміцних болтах

- Розробка технологічного регламенту складання болтових стиків
- Визначення **Кз, Мкр, μ** , перевірка зусиль натягу, контроль шорсткості
- Випробування зразків на розтяг, зсув, коефіцієнт тертя
- Контроль роботи піскоструменю, вологості піску, тарирування динамометричних ключів

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ

