

УДК 624.01

**РЕЗУЛЬТАТИ ТЕХНІЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ
КАРКАСУ З РОЗРОБКОЮ РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ЇХ ПІДСИЛЕННЮ
ПРИ МОНТАЖІ ЛІНІЇ R-7 У БУДІВЛІ ФАНЕРНОГО ЦЕХУ**

**RESULTS OF THE TECHNICAL INVESTIGATION OF FRAME
STRUCTURES WITH THE DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS
FOR THEIR REINFORCEMENT WHEN INSTALLING THE R-7 LINE
IN THE PLYWOOD WORKSHOP BUILDING**

Караван В.В., к.т.н, доцент ORCID 0000-0002-8261-692X;

Філіпчук С.В., к.т.н, доцент ORCID 0000-0002-4464-4620;

Караван Б.В., доктор філософії, асистент ORCID ID: 0000-0002-0499-7544;
(Національний університет водного господарства та природокористування,
Рівне)

Karavan V., candidate of technical sciences, associate professor ORCID 0000-0002-8261-692X; Filipchuk S., candidate of technical sciences, associate professor ORCID 0000-0002-4464-4620; Karavan B., Ph.D., assistant, ORCID ID: 0000-0002-0499-7544 (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

В статті наведені результати технічного обстеження та розрахунку залізобетонних конструкцій каркасу будівлі, представлені рекомендації по підсиленню конструкцій при монтажі лінії R-7. Запроектована рама з металевих конструкцій під крани для монтажу лінії R-7.

The main purpose of carrying out technical inspection works by experts, in accordance with current design norms, is to establish the real bearing capacity and operational suitability of the structures of buildings and structures to determine their reliability, durability, maintainability and the possibility of reconstruction or strengthening. The experts carried out an examination of the load-bearing structures of the frame of the plywood shop building in the axes "Y-F - 6-10" in order to determine their actual technical condition and develop recommendations for strengthening the existing structure of the crane beam for the installation of the R-7 line. The building of the plywood shop is a multi-span, one-story building without a basement, built according to the frame (complete frame made of precast reinforced concrete structures) structural system. Rafter and sub-rafter trusses are intended for operation in industrial buildings with suspended bridge cranes with a load capacity of up to $Q = 5$ tons. The concrete of the trusses corresponds to class C30/35, the parameters of reinforcement of reinforced concrete truss structures have been determined. We determined the actual loads acting on the structure of the

building frame according to the current design standards. With the help of the "Lira-Sapr" software complex, the calculation of the frame made of metal structures for the cranes for the installation of the R-7 line was performed, as well as the load-bearing capacity and deformations of the reinforced concrete structures of the building frame were calculated for the operating loads, taking into account the crane loads. Based on the results of the technical inspection of the building and the performed calculations, conclusions and recommendations were provided for strengthening the structures and arranging the frame for the crane equipment. Designs in the nodes of the metal frame for the crane equipment and reinforcement columns of the rafter truss are given.

Ключові слова: бетон, міцність, деформація, напруження, навантаження, конструкція, руйнування, балка, колона, підсилення, сталь, розрахунок, кран. concrete, strength, deformation, stress, load, construction, destruction, beam, column, strengthening, steel, calculation, tap.

Вступ. Обстеження – процес отримання якісних і кількісних показників експлуатаційної придатності конструкцій та будівлі (споруди) в цілому, шляхом візуального огляду, інструментальних вимірювань та лабораторних досліджень. Основною метою проведення експертами робіт з технічного обстеження, згідно чинних норм [1, 2, 3, 4], є встановлення реальної несучої здатності й експлуатаційної придатності конструкцій будівель і споруд для визначення їх надійності, довговічності, ремонтпридатності та можливості реконструкції чи підсилення.

Постановка мети і задач досліджень. Згідно договору, у травні місяці 2023 року експертами було проведено обстеження несучих конструкцій каркасу будівлі фанерного цеху в осях «Я-Ф – 6-10» з метою визначення їх фактичного технічного стану та розробка рекомендацій з підсилення існуючої конструкції кран-балки для монтажу лінії R-7. Для виконання поставленої мети були здійснені наступні роботи: вивчена наявна проектна документація на будівлю та технічна документація на кран; виконані необхідні обміри геометричних параметрів кроквяних конструкцій покриття каркасу будівлі, встановили їх вид (типорозмір); складені обмірні креслення каркасу з маркуванням конструкцій; проведено візуальне обстеження кроквяних конструкцій та їх вузлів і елементів на наявність деформацій, дефектів і пошкоджень; складена відомість дефектів і пошкоджень кроквяних конструкцій, здійснена їх фотофіксація; проведено інструментальні дослідження неруйнівними методами для визначення міцності бетону та параметрів армування залізобетонних кроквяних конструкцій; встановлено технічний стан кроквяних конструкцій будівлі; зібрані навантаження, розраховані і законструйовані з металевих прокатних профілів конструкції кран-балок та їх вузлів для монтажу лінії R-7; зібрані навантаження на несучі

залізобетонні кроквяні конструкції з урахуванням впливів від роботи 2-х кранів при монтажі лінії R-7; виконані перевірені розрахунки за деформаціями і несучою здатністю кроквяних конструкцій; розроблені креслення металевих опорних і прогонових конструкцій та їх вузлів 2-х кранів для монтажу лінії R-7; розроблені креслення металевих конструкцій підсилення кроквяної ферми при монтажі лінії R-7; подані висновки і рекомендації за результатами технічного обстеження.

Результати досліджень. Будівля фанерного цеху – багатопролітна, одноповерхова без підвалу, зведена за каркасною (повний каркас зі збірних залізобетонних конструкцій) конструктивною системою (див. рис. 1). Просторова жорсткість та стійкість будівлі забезпечена поперечними та поздовжніми рамами, а саме: жорстким з'єднанням колон з фундаментами, шарнірним з'єднанням ригелів покриття з колонами, стіновими панелями, дисками покриття, в'язями, а також внутрішніми і зовнішніми стінами.

В осях «Я-Ф – 6-10» цеху на залізобетонні колони К-1 і К-2 каркасу перерізом 500×500 мм змонтовані збірні залізобетонні попередньо напружені підкроквяні ФПМ-1 та кроквяні ФСП-1(2, 3) ферми (рис. 1). Крок колон каркасу складає: для крайнього ряду (К-1) – 6000 мм, для середнього ряду (К-2) – 12000 мм. Висота від рівня чистої бетонної підлоги цеху до низу кроквяних конструкцій складає $H_k = 7,2$ м. Висота від верху перекриття монолітної рами під обладнання (лінії) до низу кроквяних конструкцій складає $H = 4,1$ м.

Ферми кроквяні залізобетонні полігональні ФСП-1(2, 3) прольотом 24 м для покрівель будівель з малим ухилом виготовлені по серії 1.463.1-17 – типорозмір І. На верхній пояс ферм обпираються (вузлове навантаження на ширину панелі) збірні залізобетонні попередньо напружені ребристі плити покриття номінальними розмірами 6×3×0,3 м. Ферми монтується на колони каркасу та на опорні вузли підкроквяної ферми ФПМ-1. Ферми призначені для експлуатації в промислових будівлях з підвісними мостовими кранами вантажопідйомністю до $Q = 5$ т та запроектовані під значення сумарних розрахункових рівномірно розподілених навантажень від ваги покриття і снігу – ≥ 350 кг/м². У вузлах нижнього поясу ферм ФСП-1 і ФСП-2 обпираються кранові балки з прокатного двотавра №36 до яких, шляхом підвішування, кріпляться монорейки тельферів вантажопідйомністю $Q = 2$ т. Ферма підкроквяна залізобетонна безрозкісна ФПМ-1 прольотом 12 м для покрівель одноповерхових будівель з малим ухилом виготовлена по серії 1.463.1-4/87 (рис. 1). Ферма ФПМ-1 призначена для експлуатації в промислових будівлях з підвісними кранами вантажопідйомністю до $Q = 5$ т.

За результатами візуального обстеження кроквяних конструкцій будівлі в них виявили дефекти і пошкодження, які суттєво не знижують їх несучу здатність та придатність до нормальної експлуатації.

За результатами інструментальних вимірювань середнє значення непрямої характеристики міцності бетону колон (поверхнева міцність бетону) складає

$f_n = 60,45$ МПа. Значення середньої фактичної міцності бетону колон з урахуванням поправочного коефіцієнта $k=0,8$ та градуовальної залежності становить $f_{cm} = 48,4$ МПа, що відповідає бетон класу С30/35. При цьому середнє значення коефіцієнту варіації склало $V_{cm} = 7,8\%$, а середнє значення розкиду становить $W = 20,7\%$.

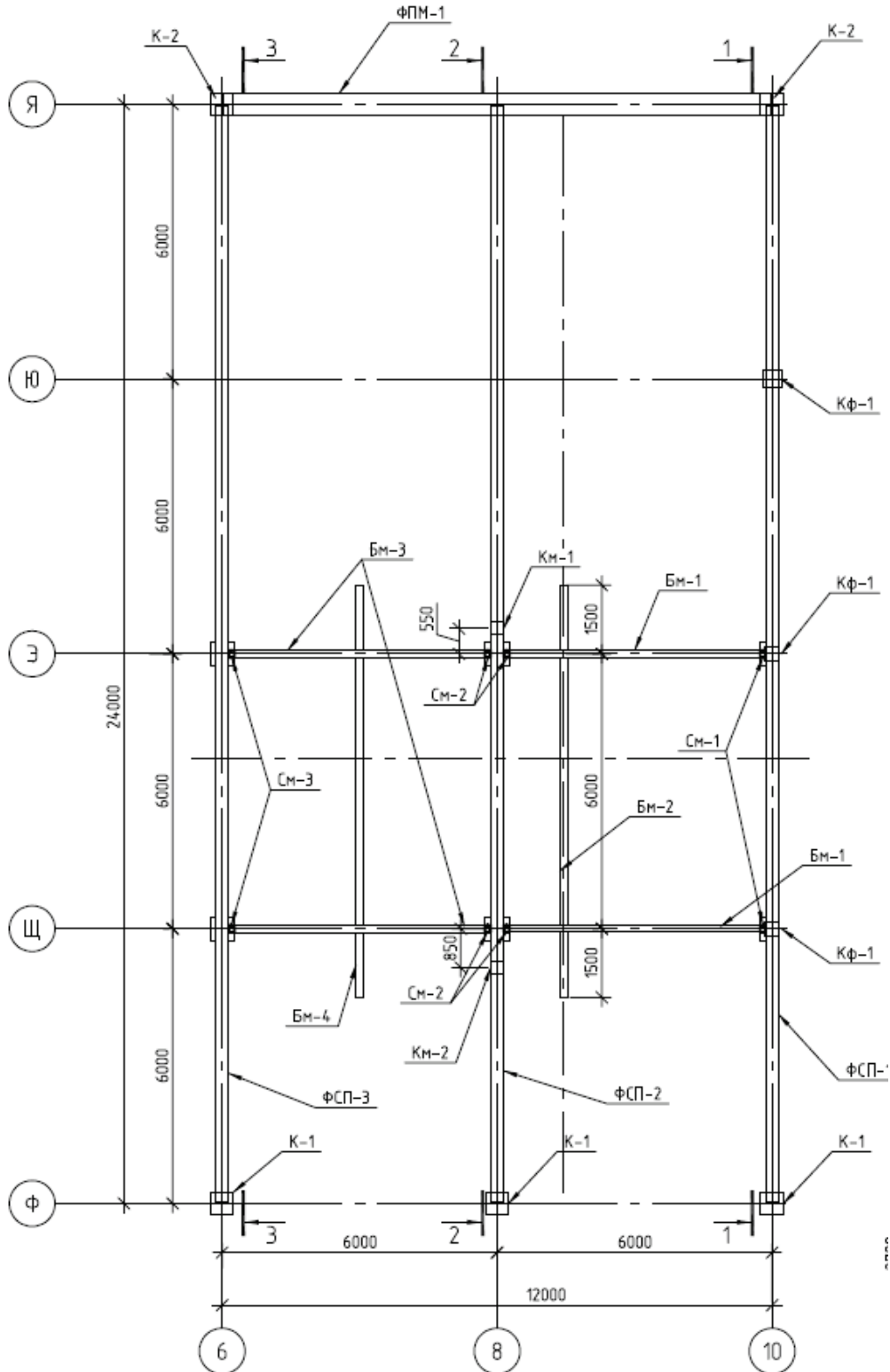


Рис. 1. Схема розміщення несучих елементів в осях «Я-Ф – 6-10» будівлі

За допомогою приладу ПОИСК-2.5 визначили параметри армування залізобетонних кроквяних конструкцій в осях «Я-Ф – 6-10», а саме: кількість та діаметр стержнів робочої арматури, захисний шар бетону. Кроквяні ферми ФСП-1(2, 3) армовані у нижньому поясі чотирма стержнями робочої попередньо напруженої поздовжньої арматури діаметром 22 мм класу А-IV. Підкроквяна ферма ФПМ-1 армована у нижньому поясі шістьма стержнями робочої попередньо напруженої поздовжньої арматури діаметром 18 мм класу АIV, захисний шар бетону для неї складає 40 мм; верхній пояс – 6Ø16 АIV.

Були визначені фактичні навантаження, що діють на конструкції каркасу згідно чинних норм проєктування [5]. Обчислені навантаження від ваги покриття, що діють на верхній пояс кроквяних ферм становлять 44,82 кН/м. В розрахунку враховували дію двох кранів в кожному прольоті, які працюють окремо один від одного. Обчислили значення вертикального та горизонтального тисків кранів:

- для крану 1 $V_{\max 1} = 88,33$ кН, $V_{hl} = 8,83$ кН;
- для крану 2 $V_{\max 2} = 38,72$ кН, $V_{hl} = 3,87$ кН.

Розрахунок рами з металевих конструкцій під крани для монтажу лінії R-7 виконали за допомогою програмного комплексу «Ліра-Сапр» (див. рис. 2). При компонованні каркасу була розроблена конструктивна схема рами, тобто визначені габаритні розміри елементів, типи окремих стержнів і обраний спосіб вузлових сполучень. Розрахункову схему рами встановлювали за конструктивною схемою. Защемлення колон вважали жорстким. Розрахунок металевих елементів для проєктування кранового обладнання виконували окремо від розрахунку всієї рами. В просторовій схемі навантаження від рам замінювали точковим навантаженням в місцях обпирання стояків рам на пояс ферм (рис. 3). Розрахунок рами виконуємо на 3 випадки розташування вертикальної сили: посередині прольоту рейки крана, на опорі та на консолі на відстані 0,4 м від місця прикріплення балок. Раму 1 розраховуємо на силу 88,33 кН (для випадку 1 та 2) та 38,72 кН (для 3-го випадку). Раму 2 розраховуємо на силу 38,72 кН (для всіх 3-х випадків). По знайденим зусиллям перевіряємо елементи рами на забезпечення міцності та жорсткості.

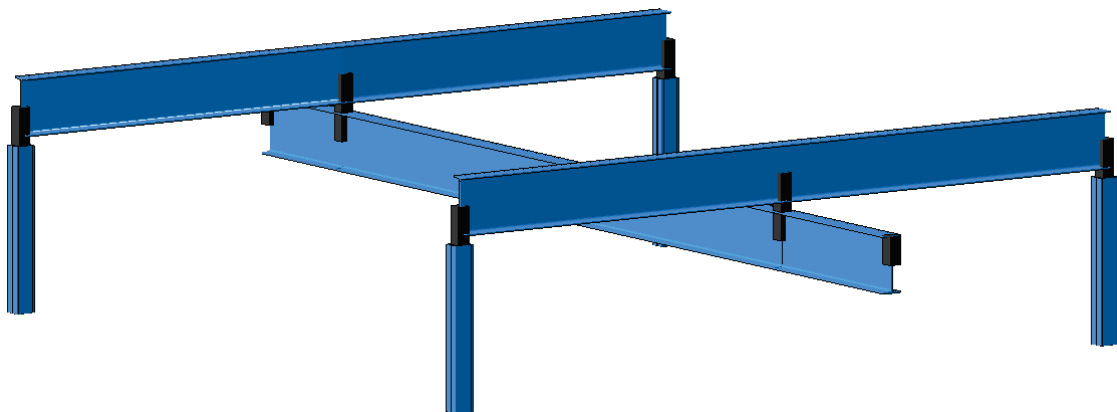


Рис. 2. Просторова схема рами під кранове обладнання

За результатами розрахунку кроквяних ферми ФСП-1(2, 3) на діючі навантаження з урахуванням кранових без влаштування додаткових колон підсилення, отримали переміщення в середині прольоту – 70 мм. При влаштуванні колон, переміщення за результатами розрахунків склали 17 мм. Для металевих колон підсилення запропонували два прорахованих варіанти поперечного перерізу: труба 168×7 мм та коробка з швелерів №22 (рис. 4). Міцність та стійкість колон в обох випадках забезпечена.

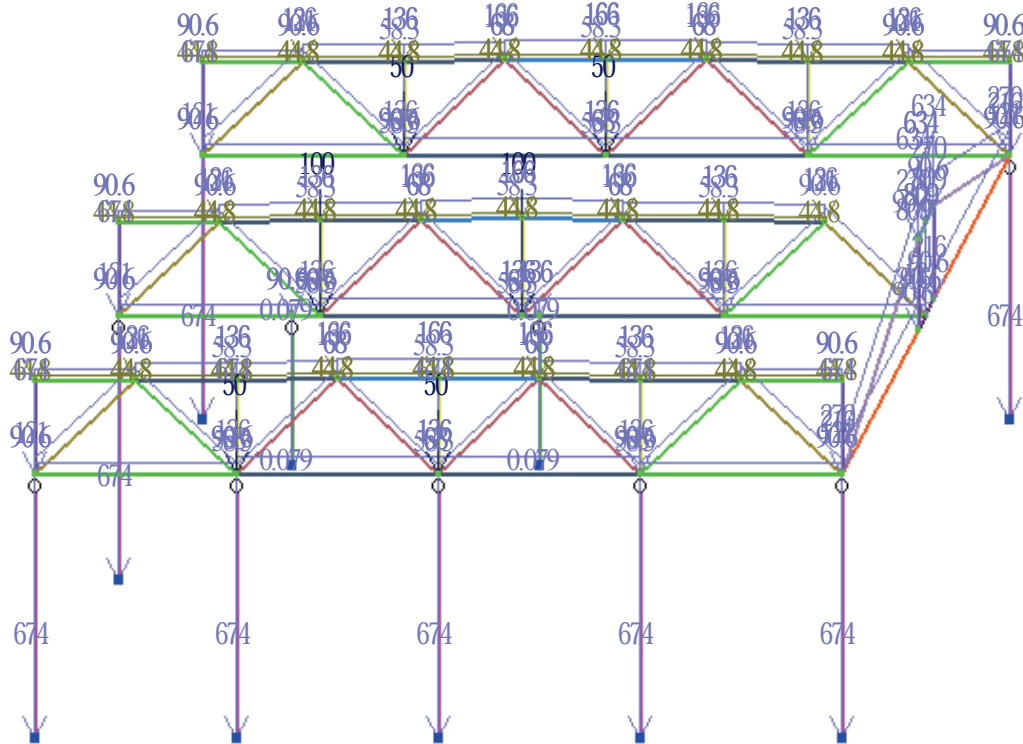


Рис. 3. Просторова розрахункова схема каркасу будівлі

За допомогою ПК «Ліра-Сапр» визначили необхідну площу арматури для забезпечення несучої здатності елементів кроквяних ферм ФСП-1(2, 3) на сприйняття діючих навантажень з урахуванням кранових. Необхідна площа армування нижнього поясу ферм (елемент №78) перевищила фактичну ($A_s = 18,76 \text{ см}^2 > 15,2 \text{ см}^2$), проте при влаштуванні колон підсилення даний переріз опиниться у стиснутій зоні через зміну розрахункової схеми. Для конструктивних елементів верхнього поясу ферм армованих 4Ø16 АІІ, стійок та розкосів несуча здатність забезпечена. Для перерізів верхнього поясу ферм армованих стержнями 4Ø14 АІІ міцність не забезпечена.

За результатами розрахунку в ПК «Ліра-Сапр» переміщення у середині прольоту підкроквяної ферми ФПМ-1 від заданого навантаження складає 4 мм, тому підсилення конструкція не потребує. Міцність нижнього та верхнього поясів, а також стійок ферми на сприйняття діючих навантажень з урахуванням кранових – забезпечена.

Висновки та рекомендації. За результатами проведеного технічного обстеження в осях «Я-Ф – 6-10» будівлі фанерного цеху надали висновки:

1. Технічний стан залізобетонних кроквяних ферм ФСП-1(2, 3) та залізобетонної підкроквяної ферми ФПМ-1 на час обстеження – нормальний.

2. Технічний стан існуючих металевих опорних конструкцій кранових балок кроквяних ферм ФСП-1(2, 3) на час обстеження – нормальний.

3. Несуча здатність кроквяних ферм ФСП-1, ФСП-3 та підкроквяної ферми ФПМ-1 на сприйняття фактичних експлуатаційних а також кранових навантажень, які виникнуть при монтажі лінії R-7 та при подальшій експлуатації – забезпечена.

4. Розраховані та запроектовані металеві колони підсилення Км-1(2) кроквяної ферми ФСП-2, необхідні для забезпечення її несучої здатності та деформативності при монтажі лінії R-7 (див. рис 4, 5).

На основі виконаних перевірочних розрахунків та проведеного проектування надали рекомендації для замовника. Демонтувати існуючі металеві конструкції (кранові балки, монорельс) тельферів, зберігши при цьому опорні конструкції вузлів на кроквяних фермах ФСП-1 і ФСП-2. Очистити існуючі металеві конструктивні елементи опорних вузлів від бруду та пилу, здійснити монтаж сталевих елементів підсилення у вузлах. Змонтувати на опорні вузли ферм, шляхом зварювання конструктивних елементів, виготовлені металеві опорні стійки См, влаштувати з'єднання конструкцій у вузлах (рис. 4, 5). Змонтувати на опорні стійки, шляхом зварювання конструктивних елементів, підкранові шляхи Бм-1 та Бм-3, влаштувати з'єднання конструкцій у вузлах. Монтаж кран-балок здійснити за рекомендаціями виробника кранів.

Перед монтажем обладнання лінії R-7 краном необхідно змонтувати під нижнім поясом кроквяної ферми ФСП-2 металеві колони підсилення Км-1 та Км-2, обперши їх у вказаних місцях на монолітне залізобетонне перекриття рами під лінію (див. рис. 4, 6). Низ колон Км-1 і Км-2 заанкерити у перекритті рами, а їх верх розкріпити до нижнього поясу ферми ФСП-2. Після виконання всіх робіт по монтажу лінії R-7 демонтувати металеві колони підсилення Км-1 та Км-2.

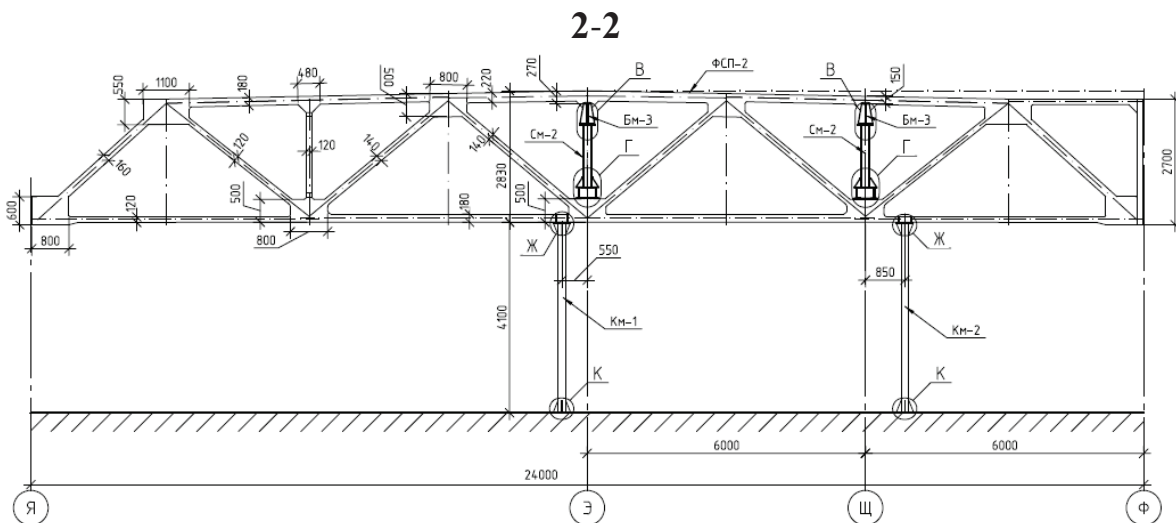


Рис. 4. Розріз по каркасу будівлі, влаштування колон підсилення ферми ФСП-2, обпирання металевих конструкцій рами під крани для монтажу лінії R-7

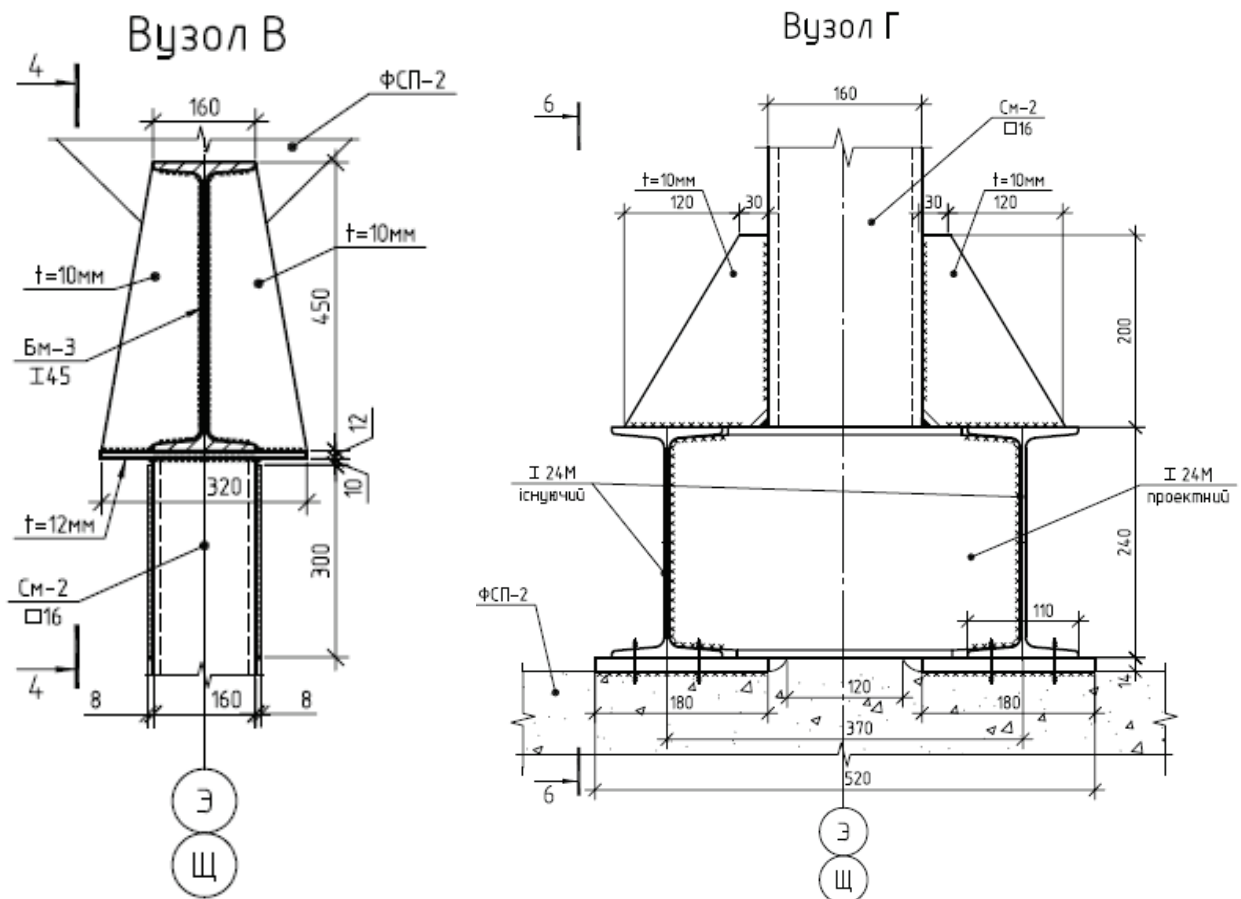


Рис. 5. Вузли обпирання на ферму конструкцій рами під крани для монтажу лінії R-7

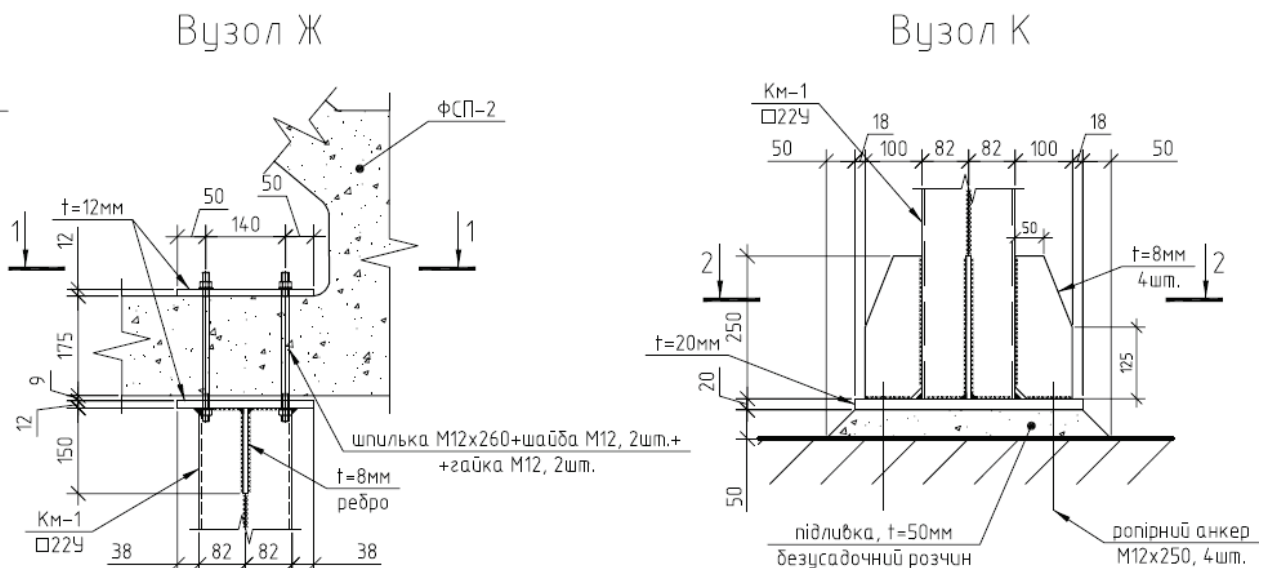


Рис. 6. Опорні вузли колон підсилення по фермі ФСП-2

За результатами проведеного технічного обстеження будівлі фанерного цеху в осях «Я-Ф – 6-10», розрахунків, запропонованих проєктних рішень, розробки рекомендацій з підсилення конструкцій була влаштована металева рама під кран-балки та змонтована на існуючому монолітному залізобетонному перекритті технологічна лінія R-7 (див. рис. 7).



Рис. 7. Опорні вузли колон підсилення по фермі ФСП-2

1 ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 44 с.

DSTU-N B V.1.2-18:2016 Nastanova shchodo obstezhennia budivel i sporud dlia vyznachennia ta otsinky yikh tekhnichnoho stanu. – Kyiv: DP «UkrNDNTs», 2017. – 44 s.

2. ДБН В.1.2-6-2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 15 с.

DBN V.1.2-6-2008 Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh obiektiv. Osnovni vymohy do budivel i sporud. Mekhanichnyi opir ta stiikist. – Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2008. – 15 s.

3. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та безпеки будівель і споруд. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. – 30 с.

DBN V.1.2-14:2018 Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh obiektiv. Zahalni pryntsypy zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivel i sporud. – Kyiv: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy, 2018. – 30 s.

4. ДБН В.1.2-9-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 21 с.

DBN V.1.2-9-2008. Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh obiektiv. Osnovni vymohy do budivel i sporud. Bezpeka ekspluatatsii. – Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2008. – 21 s.

5. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – Київ: Мінбуд України, 2006. – 75 с.

DBN V.1.2-2:2006 Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh obiektiv. Navantazhennia i vplyvy. Normy proektuvannia. – Kyiv: Minbud Ukrainy, 2006. – 75 s.