

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ПРИЧАЛЬНОЇ ГАЛЕРЕЇ

Гілодо О.Ю., к.т.н., доцент,
Бобилєва А.І., студентка,
Одеська державна академія будівництва та архітектури
gil@soborka.net

Анотація. При розробці креслень Причальної галереї на стадії конструкції металеві деталювальні (КМД), для економії сталі, була проведена оптимізація, що реалізувалася в зменшенні перерізів окремих елементів та прийнятті нових конструктивних рішень зв'язків. Для оцінки несучої здатності конструкцій виконана просторова розрахункова модель. Результати розрахунку з застосуванням програмного комплексу «ЛІРА САПР» свідчать, що несуча здатність окремих елементів ґратчастих рам навісу і опор галереї не забезпечена. Для забезпечення несучої здатності конструкцій Причальної галереї, необхідно виконати їх посилення.

Ключові слова: причальна галерея, обстеження і проектування металоконструкцій, оптимізація перерізів несучих елементів.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ ПРИЧАЛЬНОЙ ГАЛЕРЕИ

Гилодо А.Ю., к.т.н., доцент,
Бобылева А.И., студентка,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
gil@soborka.net

Аннотация. При разработке чертежей Причальной галереи на стадии конструкции металлические детализировочные (КМД), для экономии стали, была проведена оптимизация, выразившаяся в уменьшении сечений отдельных элементов и принятии новых конструктивных решений связей. Для оценки несущей способности конструкций выполнена пространственная расчетная модель. Результаты расчета с применением программного комплекса «ЛИРА САПР» свидетельствуют, что несущая способность отдельных элементов решетчатых рам навеса и опор галереи не обеспечена. Для обеспечения несущей способности конструкций Причальной галереи, необходимо выполнить их усиление.

Ключевые слова: причальная галерея, обследование и проектирование металлоконструкций, оптимизация сечений несущих элементов.

OPTIMIZATION OF DESIGN SOLUTIONS OF METAL CONSTRUCTIONS OF BERTHING GALLERY

Gilodo A.Y., Ph.D., Assistant Professor,
Bobyleva A.I., student,
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
gil@soborka.net

Abstract. When designing berthing gallery to save steel, the optimization has been made, such as the reduction of cross-sections of individual elements of load-bearing constructions and the

adoption of new design solutions of ties. Berthing gallery is a horizontal, partially closed, unheated, frame construction 254,4m long, 4m wide in the axes of supports and 13,13m high to the top of joists and 20,025m to the top cover. The framework is based on the lateral frames, projected in increments of 4.8, 9.6 and 12 m; consisting of flat supports supporting span constructions and a canopy covering the conveyor mounted on the top of the load-bearing constructions of the beam cell. The survey results indicate that the overall technical condition of the examined object can be described as “satisfactory”, and steel structures correspond to the structural scheme presented in the working draft. To assess the bearing capacity of structures spatial calculation model was made. The calculation results with the use of “LIRA CAD” software package indicate that the bearing capacity of individual elements of lattice frame overhang and the gallery supports is not provided. To provide the bearing capacity of berthing gallery constructions, they have to be reinforced.

Keywords: berthing gallery, inspection and design of steel structures, optimization of cross-sections of bearing elements.

Вступ. Галереї представляють собою інженерні споруди мостового типу, що складаються з прогонових будов і опор. Усередині прогонових будов розміщуються стрічкові конвеєри для транспортування сипучих матеріалів. За необхідності в прогонових будовах можуть бути розміщені також технологічні комунікації різного призначення. Для всіх типорозмірів конвеєрів необхідно мати проходи з двох сторін.

За типом конструктивних рішень прогонові будови галереї належать до однієї з трьох груп: несучі конструкції прогонових будов із сталевих ферм з паралельними поясами, з огорожувальними конструкціями панельного типу з різних матеріалів; несучі конструкції прогонових будов з зварних двотаврових балок, з огорожувальними конструкціями покриття та перекриття різного типу; несучі конструкції прогонових будов з металевих оболонкок прямокутного або круглого перерізу, які суміщають несучі та огорожувальні функції. Внутрішні розміри поперечних перерізів прогонової будови обумовлюються: по ширині – кількістю конвеєрів, розмірами їх станин, шириною проходів для обслуговування, монтажу, ремонту конвеєрів і шириною комунікаційних зон; по висоті – висотами проходів і комунікаційних зон.

Для прогонових будов розрахунки на міцність, стійкість, деформативність і динамічні дії аналогічні за структурою і послідовністю і складаються з наступних етапів: збір місцевих навантажень на елементи покриття та перекриття та визначення розрахункових схем; розрахунок елементів покриття та перекриття на місцеві навантаження, підбір перерізів елементів за умовами міцності, стійкості і деформативності; визначення навантажень на несучі конструкції прогонових будов; розрахунок несучих конструкцій прогонових будов і підбір їх перерізів за умовами міцності, стійкості і деформативності; визначення найменших частот вільних коливань прогонових будов по плоскій або просторовій схемі; визначення нижчої частоти коливань балок перекриття; визначення частот динамічного впливу на галереї при швидкостях стрічок конвеєрів $v \geq 1$ м/с; зіставлення частот вільних коливань і впливів для визначення можливості появи резонансного режиму коливань; розрахунок вузлів і з'єднань прогонової будови; визначення навантажень на опори та розрахунок опор; визначення навантажень на фундаменти.

При конструюванні галерей з несучими конструкціями з зварних двотаврових балок може прийматися як розрізна, так і нерозрізна схема прогону. Конструкція прогону утворюється двома поздовжніми несучими балками, поперечними балками по нижнім і верхнім поясам, горизонтальними зв'язками по верхніх поясах поздовжніх балок і опорними рамами по торцях. Покриття виконується плоским з профільованого настилу, перекриття, як правило, – з металевих листів, посиленого привареними ребрами. Опори, на які встановлюються прогонові конструкції, проектуються двох типів: плоскі (хитні) і просторові (нерухомі). Плоскі опори допускають зсув в поздовжньому напрямку при температурних переміщеннях прогонової конструкції. Плоскі опори, як правило, складаються з вертикальних гілок і з'єднувальних грат. Схема решітки може бути будь-яка і приймається в

залежності від типу перерізів елементів решітки, співвідношення геометричних розмірів опори і вимог щодо економної витрати металу. Гілки плоских опор виконуються, як правило, з прокатних двотаврових профілів. Мінімальна висота профілю залежить від відстані між осями опорних рам і приймається зазвичай не менше 500 мм за умови зручності розміщення опорних вузлів двох прогонових конструкцій. Максимальна висота профілю визначається чинним сортаментом. Найбільш поширеним типом перерізу для елементів решітки є прокатні кутики. Застосування таврових перерізів з парних кутиків не рекомендується за умовами корозійної стійкості. Базою гілки є опорна плита, товщина якої визначається розрахунком. Закріплення гілки на фундаменті здійснюється за допомогою анкерних болтів; відстань між анкерними бортами уздовж галереї не повинна перевищувати 250 мм. Просторові опори повинні забезпечувати стійкість галереї в поздовжньому напрямку і передачу горизонтальних сил на фундаменти. Просторові опори виконуються зазвичай двох типів: плоска опора з підкосами або в'язова опора баштового типу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням проблем оптимального проектування металевих конструкцій займалися Гордєєв В. М., Горохов С. В., Ліхтарніков Я. М., Мельніков М. П., Пелешко І. Д., Пермьков В. О., Пічугін С. Ф., Рейтман М. І., Трофимович В. В., Харченко І. Б., Шимановський В. М., та інші. В роботі [1] розглянуті основні конструктивні рішення і виконано оптимізацію конструкції покриття торговельно – розважального комплексу. Визначені оптимальні за критерієм маси параметри несучих ферм і розміри поперечних перерізів елементів покриття. У [2] розглянуті питання оптимізації стрижневих металевих просторових систем і викладені методи автоматизованого проектування з отриманням значного економічного ефекту. У [3] розглянуті стрижневі конструкції, що утворюють ефективні просторові покриття, їх оптимальні форми, що сприяють найкращому розподіленню навантажень і економії сталі. В роботі [4] розв'язуються задачі оптимального проектування споруд із покриттям вантового типу. Наведені результати розрахунків, засоби врахування фізичних особливостей матеріалів і конструкцій.

Об'єкт обстеження – металоконструкції Причальної галереї, виготовлені відповідно до робочого проекту 325-15-КМ «Зміна проекту. Перевантажувальний комплекс зерна в тилу причалу №1-3 в районі Андрюсовського молу» в м. Одесі.

Встановлено, що в 2011р. проектною організацією в рамках Робочого проекту були розроблені металоконструкції Причальної галереї на стадії конструкції металеві (КМ) [5]. При розробці креслень на стадії КМД, для економії сталі, була проведена оптимізація, що реалізувалася в зменшенні перерізів окремих елементів несучих конструкцій та прийнятті нових конструктивних рішень зв'язків. Металоконструкції галереї виготовлені Замовником по

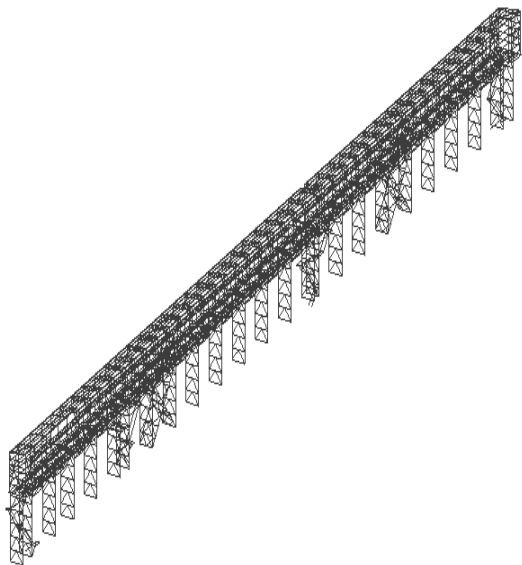


Рис. 1. Галерея. Загальний вид

кресленнях стадії КМД. Кліматичний район будівництва – II, сніговий район – 2 [6], вітровий район – 2, сейсмічність майданчика забудови – 8 балів. Корисне навантаження на технологічні майданчики – 2,4 кПа. За позначку 0.000 прийнято рівень верху покриття причалу.

Мета та завдання дослідження – оцінити технічний стан металоконструкцій, визначити оптимальні параметри Причальної галереї, їх відповідність конструктивній схемі робочого проекту на стадії КМД і їх несучу здатність при повній реалізації зазначених проектних рішень.

Методи дослідження. Для проведення перевірочних розрахунків необхідно визначити фактичний розрахунковий опір текучості сталі несучих

конструкцій галереї. Для вирішення поставленого завдання використана методика групи ГОСТ 22536.0 – ГОСТ 22536.7. Результати хімічного аналізу зразків металевої стружки показали, що склад випробуваної проби відповідає марці сталі 20 згідно ГОСТ 1050-2013 «Металопродукція з нелегованих конструкційних якісних і спеціальних сталей. Марки. Загальні технічні умови». Згідно ГОСТ 1050 для сталі 20 границя текучості регламентована (не менше) 245 МПа. Згідно ГОСТ 27772 «Прокат для будівельних конструкцій. Загальні технічні умови» даний хімічний склад сталі відповідає класу С255.

Для оцінки несучої здатності конструкцій виконана просторова розрахункова модель. Конфігурація розрахункової схеми, а також жорсткості прийняті на підставі поданої проектною документацією стадії КМД. Навантаження прийняті на підставі технічного завдання, кліматичних умов відповідно діючим нормам. Матеріал конструкцій зі сталі С255. Розрахунок виконаний на статичні (силові і деформаційні) і динамічні дії з застосуванням програмного комплексу «ЛІРА САПР», призначеним для проектування і розрахунку будівельних конструкцій – методом скінченних елементів (МСЕ). Власна вага конструкцій прийнята згідно погонній вазі профілів, коефіцієнт надійності за навантаженням – 1,05. Вага пилу на покритті згідно питомій вазі, коефіцієнт надійності за навантаженням – 1,3. Вага обладнання з порожньою і завантаженою стрічкою конвеєра прийняті згідно з технічним завданням, коефіцієнт надійності за навантаженням – 1,2. Навантаження при ремонті устаткування прийняте відповідно до посібника з проектування конвеєрних галерей до СНиП 2.09.03-85 [7]. Навантаження при запуску обладнання прийняті згідно з технічним завданням. Аварійні навантаження при обриві стрічки прийняті відповідно до посібника з проектування конвеєрних галерей до СНиП 2.09.03-85. Дія вітру за двома напрямками. Дія снігового покриву.

Результати досліджень. Причальна галерея являє собою горизонтальне, частково закрите, неопалюване, каркасне спорудження довжиною 254,4 м, шириною 4 м в осях опор і висотою 13,13 м до верху балок перекриття і 20,025 м до верху покриття (навісу). Для зниження зусиль від температурних деформацій, галерея розділена деформаційним швом на два блоки по 151,2 м і 100,8 м. Відстань в осях між блоками 2,4 м. Основа каркасу – поперечні рами, запроектовані з кроком 4,8, 9,6 і 12 м; складаються з плоских опор, що підтримують прогонові конструкції, і навісу, який закриває конвеєр, встановлений по верху несучих пролітних конструкцій балочної клітки. Для забезпечення поздовжньої стійкості споруди передбачена система вертикальних зв'язків і розпірок, також в середині кожного з блоків запроектований жорсткий диск, що складається з двох стійок, хрестового зв'язку між опорами, хрестових зв'язків між стійками шатрової частини, в'язевої ферми, балок і прогонів. Опори виконані з прокатних двотаврів, пов'язаних розкосами з гнutoзварних замкнутих профілів, стійки навісу двохгілкові з гнutoзварних замкнутих профілів, балки покриття з прокатних двотаврів. Фундаменти – залізобетонні буронабивні палі з залізобетонними ростверками.

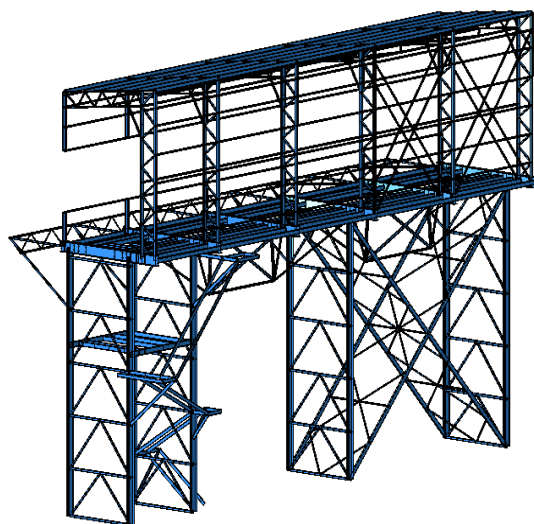


Рис. 2. Фрагмент галереї

Опори – запроектовані з двох стояків із прокатних двотаврів №36, пов'язаних напівромбічними ґратами, що складаються з розпірок і розкосів, виконаних з квадратних труб Гн 120×6, елементи решітки кріпляться один до одного і до двотаврів через листові фасонки шарнірно, на болтах. До головних балок, обпертих на стійки, решітка також кріпиться на болтах. Стійки опори з двотаврів №36 закріплені до фундаменту чотирма анкерними болтами Ø42мм, квадратні опорні плити баз стійок 450×450мм, товщиною 30мм на підливі з цементного розчину товщиною 100мм, зафіксовані шляхом приварки до закладних з двох швелерів [16 забетонованих в

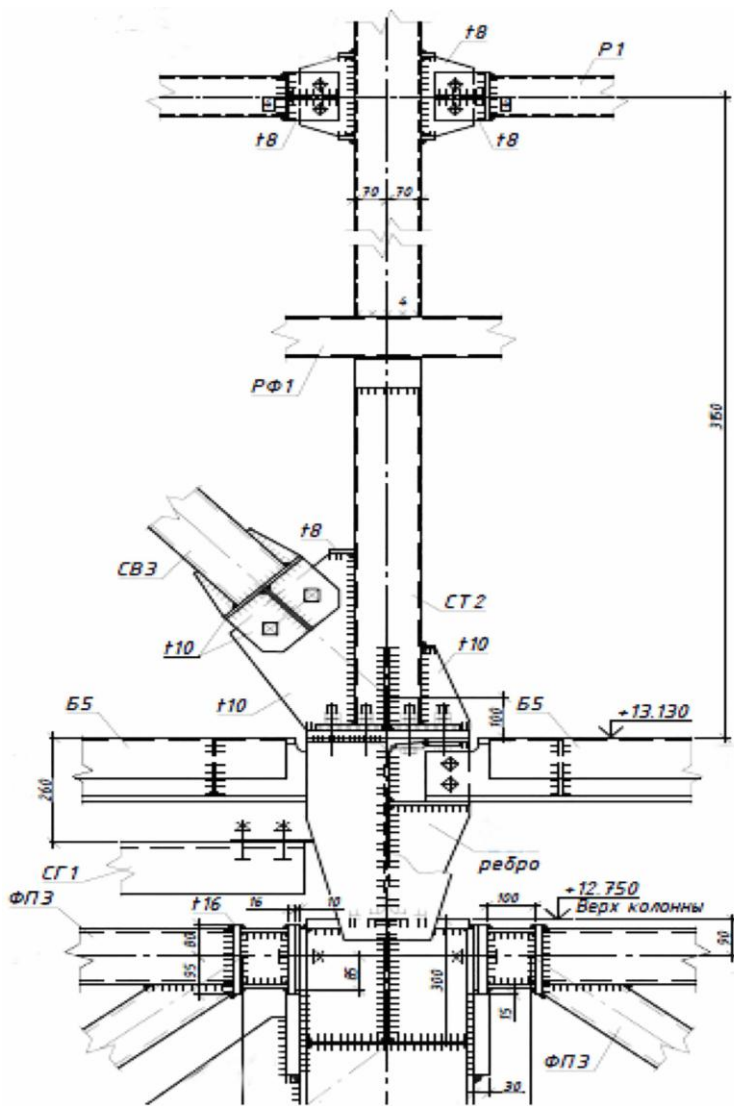


Рис. 3. Вузол обпирання навісу на опору

фундаменті. Бази стійок посилені ребрами жорсткості з листової сталі товщиною 8 і 16 мм. Перекриття, оперте на стійки, є балочною кліткою з шарнірними з'єднаннями балок в рівень. Головні балки з двотаврів №45, другорядні балки з [16, I24 і [24 відповідно. Стійкість балок балочної клітки з площини забезпечується системою горизонтальних зв'язків з кутиків 75×6. Навіс виконаний в двох варіантах: рама суцільно-стіночата з труб і рама наскрізна, решітчаста. Рами навісу спираються по осях на стійки опор, а між стійками на балочну клітку. В осях стійки навісу запроєктовані з квадратної труби – 140×8, на які спирається ригель з двотавра №24. Покриття по ригелю з прогонів у вигляді [16. Крім основних стійок навісу запроєктовані стійки фахверка з Гн 140×8, які кріпляться листовими шарнірами до ригелів. Зв'язки між рамами – розпірки з квадратної труби Гн 100×4; в торцевих кроках – хрестові з труби Гн100×60×4 і порталні з розкосами з труб Гн 100×4 і Гн 140×8 – СВЗ. У всіх кроках між опорними стійками поперечних рам, крім торцевих

кроків, – в'язові ферми у вигляді просторового структурного блоку з круглих труб 133×4, 159×5, 89×4, 102×4,5. Результати обстеження свідчать про те, що в цілому, технічний стан об'єкта обстеження, відповідно до класифікації існуючих норм, можна охарактеризувати, як «задовільний», а обстежені металоконструкції відповідають конструктивній схемі, представленій в робочій документації на стадії КМД і суттєво відрізняються від конструктивної схеми, представленій в робочому проекті на стадії КМ. В тому числі:

- решітка опор з прямокутних труб в кресленнях КМД (80×6, 100×6) прийнята меншого перерізу, ніж в кресленнях КМ (120×6);
- стійки опорної частини навісу в кресленнях КМД (120×6, 180×100×6) прийняті меншого перерізу, ніж в кресленнях КМ (140×8, 140×8 + 2-54×8);
- пояси і решітка ригеля навісу в кресленнях КМД (120×4, 180×100×6, 100×60×4, 60×4) прийняті меншого перерізу, ніж в кресленнях КМ (140×8, 100×60×4, 120×6);
- вертикальні зв'язки між опорами з опертям на їх оголовки оголовки запроєктовані на стадії КМ у вигляді плоских ферм з квадратних труб: верхні пояси 140×8, нижні пояси 120×6, решітка 100×4; на стадії КМД вертикальні зв'язки між опорами виконані у вигляді просторового структурного блоку з круглих труб 59×5, 89×4, 102×4,5.

Результати розрахунку основних конструкцій свідчать, що несуча здатність окремих елементів гратчастих рам навісу і опор галереї не забезпечена.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. Об'єкт обстеження – металоконструкції Причальної галереї, виготовлені відповідно до робочого проекту 325–15–КМ «Зміна проекту. Перевантажувальний комплекс зерна в тилу причалу №1–3 в районі Андросівського молу в м. Одесі».

2. Результати обстеження свідчать про те, що конструкції галереї відповідають конструктивній схемі робочої документації на стадії КМД, а їх технічний стан можна охарактеризувати, як «задовільний».

3. Конструктивні рішення Причальної галереї, розроблені в робочому проекті на стадії КМ, мають суттєві відмінності від оптимізованих конструктивних рішень із зменшеними перерізами обстежених металоконструкцій, виготовлених відповідно до робочої документації на стадії КМД.

4. Перевірочні розрахунки конструкцій Причальної галереї, виготовлені відповідно до робочої документації на стадії КМД, показали, що несуча здатність окремих елементів не забезпечена.

5. Для забезпечення несучої здатності конструкцій Причальної галереї, виготовлених відповідно до робочої документації на стадії КМД, необхідно виконати їх посилення.

Практика проектування зумовлює напрямок подальших досліджень. Економічна ефективність залежить від загального компонованого рішення. Визначальними стають питання форми і розміщення конструкції в спорудженні. Найбільш актуальна задача, що вимагає подальших досліджень, – визначення найкращого розподілу внутрішніх зусиль і матеріалу в статично невизначеній системі, тобто визначення проектувальником оптимальної геометричної схеми.

Література

1. Пелешко І.Д. Оптимальне проектування сталеві стержневої конструкції покриття торговельно – розважального комплексу / І.Д. Пелешко, Р.В. Лісоцький, І.М. Балук // Збірник наукових праць Укрндіпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського. – К., Сталь, 2010. – Вип. 5. – С. 181 – 191.

2. Пермяков В.А. Оптимальное проектирование стальных стержневых конструкций / В.А. Пермяков, В.А. Перельмутер, В.В. Юрченко. – К.: Сталь, 2008. – 537 с.

3. Шимановский В.Н. Оптимальное проектирование пространственных решётчатых покрытий / В.Н. Шимановский, В.Н. Гордеев, М.Л. Гринберг. – К.: Будівельник, 1987. – 224 с.

4. Харченко Р.Б. Оптимальное проектирование металлоконструкций зданий с вантовым покрытием / Р.Б. Харченко, Л.В. Царик // Збірник наукових праць Укрндіпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського. – К., Сталь, 2009. – Вип. 3. – С. 49 – 54.

5. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування – [Чинний від 2015–01–01]. – К: Мінрегіонбуд України, 2014. – 199 с.

6. ДБН В.1.2–2: 2006. Навантаження та впливи – [Чинний від 2007-10-01]. – К: ВАТ Укрндіпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського, 2007. – 75 с.

7. Пособие по проектированию конвейерных галерей (к СНиП 2.09.03-85). Ленинград: приказ ГПИ Ленпроектстальконструкция Госстроя СССР от 7 мая 1987 г. №29. – 78 с.

Стаття надійшла 9.03.2017