

3. Мануфактура Дюваль (Usine Claudee tDuval) в Сен-Дье (Saint-Die-des-Vosges). URL: <http://corbusier.totalarch.com/duval>

4. Olisur: Olive Oilfactory / GH+A | Guillermo Hevia URL:<https://www.archdaily.com/19631/olisur-olive-oil-factory-guillermo-hevia-gha>

5. Breathing Factory / Takashi Yamaguchi & Associates URL:[https://www.archdaily.com/108832/breathing-factory-takashi-yamaguchi-associates?ad\\_medium=office\\_landing&ad\\_name=article](https://www.archdaily.com/108832/breathing-factory-takashi-yamaguchi-associates?ad_medium=office_landing&ad_name=article)

6. AD Classics: Inmos Microprocessor Factory / Richard Rogers Partnership. URL: <https://www.archdaily.com/406019/ad-classics-inmos-microprocessor-factory-richard-rogers-partnership>

7. «Vaillo + Irigaray». URL:[https://www.archdaily.com/73723/urban-solid-waste-collection-central-vaillo-irigaray?ad\\_medium=office\\_landing&ad\\_name=article](https://www.archdaily.com/73723/urban-solid-waste-collection-central-vaillo-irigaray?ad_medium=office_landing&ad_name=article)

8. Umur Printing / Nevzat Sayin URL:<https://www.archdaily.com/46048/umur-printing-nevzat-sayin>

**УДК 624.014**

## **РАЦІОНАЛЬНЕ КОНСТРУКТИВНЕ РІШЕННЯ ПРОЛІТНОЇ СПОРУДИ КОНВЕЄРНОЇ ГАЛЕРЕЇ**

*Демиденко Д.В., студ. гр. ЗПЦБ-509*

*Науковий керівник – Купченко Ю.В., к.т.н., доцент  
(кафедра Металевих, дерев'яних та пластмасових конструкцій,  
Одеська державна академія будівництва та архітектури)*

**Анотація.** Досліджується питання призначення раціонального конструктивного вирішення пролітної споруди конвеєрної галереї зернового перевантажувального комплексу.

**Ключові слова:** конвеєрна галерея, пролітна споруда, ферма, верхній пояс, нижній пояс, решітка, переріз.

В останні декілька років Україна демонструє високий приріст об'єму валового збору зернових культур і підсилює свою значущість на глобальному ринку. Дивлячись на позитивну динаміку виробництва зерна виникає питання: чи вистачить інфраструктурних потужностей для його зберігання і перевалки? Відповідно до цього в Одеському

морському торгівельному порту була вибрана ділянка для розміщення додаткового перевантажувального зернового комплексу. До складу зернового перевантажувального комплексу, призначеного для прийому, короткочасного зберігання і відпустки зернових культур, входить конвеєрна галерея. Тому актуальним є питання проектування споруди конвеєрної галереї з раціональними конструктивними рішеннями.

Одним з важливих завдань в області вдосконалення сталевих будівельних конструкцій є зниження їх матеріаломісткості, що може бути досягнуте на основі подальшого вивчення дійсної роботи конструкцій, вдосконалення розрахункових схем, розвитку конструктивної форми, вживання високоміцних сталей, використання ефективних типів поперечних перерізів елементів. Норми проектування сталевих конструкцій [1] рекомендують «обирати оптимальні за техніко-економічними показниками конструктивні схеми споруд; застосовувати прогресивні конструкції...; передбачати технологічність і найменшу трудомісткість виготовлення конструкцій; застосовувати конструкції, що забезпечують технологічність і найменшу трудомісткість монтажу».

В якості несучих конструкцій пролітних споруд конвеєрних галерей широко використовуються як балочні конструкції, так і оболонки [2, 3]. Найбільшого поширення набули балочні конструкції, які характеризуються високим рівнем технологічності, ремонтпридатності і легкістю монтажу, що дозволяє знизити капітальні і експлуатаційні витрати. Ефективним шляхом зниження металоємності є використання в балочних фермах стержнів з перерізами з квадратних труб, що володіють рівностійкістю.

Конвеєрна галерея, що проектується, входить до складу зернового перевантажувального комплексу, розташованого на території морського торгівельного порту і призначеного для прийому, короткочасного зберігання і відпустки зернових культур. Транспортно-технологічні лінії комплексу розраховані на запланований річний об'єм перевалки зернових вантажів до 2,5 млн. тонн. Споруда конвеєрної галереї має довжину 118,69 м (рис. 1).

Нерухомою опорою, що забезпечує стійкість конструкції в подовжньому напрямі, є перевантажувальна станція, до якої примикає галерея.

Конвеєрна галерея складається з чотирьох пролітних споруд (завдовжки 36, 18, 30, 30 м) і п'яти опор заввишки 5,86 м, 12,39 м, 15,65 м, 21,16 м, 26,68 м. Повздовжній ухил галереї при цьому склав  $12^\circ$ , що менше ніж  $24^\circ$  відповідно до умов нормальної експлуатації

стрічкових конвеєрів.



Рис. 1. Загальний вигляд конвеєрної галереї.

За типом конструктивних рішень пролітні споруди галереї можуть належати до однієї з трьох груп: несучі конструкції пролітних споруд із сталевих ферм з паралельними поясами, з огорожувальними конструкціями панельного типу; несучі конструкції пролітних споруд із зварних двотаврових балок, у тому числі – з гнучкими стінками, з огорожувальними конструкціями покриття і перекриття різного типу; несучі конструкції пролітних споруд з металевих оболонки прямокутного або круглого перерізу, що поєднують функції несучих і огорожувальних. Для конструкції, що проектується, вибрана пролітна споруда з ферм з паралельними поясами, як найбільш технологічна і проста в монтажі.

Внутрішні розміри пролітної споруди галереї по ширині і висоті повинні забезпечувати нормальні і безпечні умови експлуатації і ремонту конвеєрів. Ширина з врахуванням розташування одного стрічкового конвеєра і влаштування проходів з двох сторін прийнята 3,3 м [2]. Висота пролітної споруди з врахуванням [2] (не менше ніж 2,3 м) і вимог жорсткості конструкції склала 3,2 м між осями поясів ферм. Пролітні споруди виконуються за розрізною схемою і складаються з двох плоских несучих ферм заввишки 3,2 м з паралельними поясами і трикутною решіткою з додатковими стійками, сполучених між собою в об'ємний просторовий блок шириною 3,3 м поперечними балками покриття і перекриття, горизонтальними зв'язками по нижніх і верхніх поясах ферм і опорними рамами по торцях, що мають жорстке з'єднання ригеля з опорними стійками несучих ферм.

Функцію жорсткої опори виконує перевантажувальна станція, всі інші опори проектуються плоскими, які допускають зсув в

повздожньому напрямі при температурних переміщеннях. Проектовані плоскі опори складаються з двох вертикальних гілок (стійок) і з'єднувальної розкісної решітки. Ширина опор прийнята 3,3м у відповідності з розміром пролітної споруди галереї.

Навантаження на галерею підрозділялися на наступні групи: будівельні, постійні навантаження – вага несучих будівельних конструкцій і огороження; технологічні – тривалі: вага вантажу на стрічці, вага промпроводки, вага конструкцій конвеєра, опір руху стрічки; – короткочасні: ремонтні, навантаження від пуску конвеєра, вага просипі при розрахунку елементів перекриття; епізодичні – навантаження від обриву або заклинювання стрічки, вага просипі при розрахунку повздожніх несучих конструкцій пролітної споруди, сейсмічні; атмосферні – тривалі: вага пилу на покритті; короткочасні: вага снігу, тиск вітру. Відповідно до [4] вітровий район 3, сніговий район 2. На підставі даних за інженерно-геологічними умовами майданчика будівництва і відповідно до класу відповідальності об'єкту будівництва інтенсивність сейсмічної дії була прийнята 7 балів [5].

Для даної пролітної споруди розрахунки на міцність, стійкість, деформативність і динамічні дії складаються з наступних етапів: збір місцевих навантажень на елементи покриття і перекриття та визначення розрахункових схем; розрахунок елементів покриття і перекриття на місцеві навантаження, підбір перерізів елементів за умовами міцності, стійкості і деформативності; визначення навантажень на несучі конструкції пролітних споруд; розрахунок несучих конструкцій пролітних споруд і підбір їх перерізів за умовами міцності, стійкості і деформативності; визначення найменших частот вільних коливань пролітних споруд; визначення нижчої частоти коливань балок перекриття; визначення частот динамічного збурення галереї при швидкості стрічки конвеєра  $v \geq 1$  м/с; зіставлення частот вільних коливань і збурення для визначення можливості появи резонансного режиму коливань; розрахунок вузлів і з'єднань пролітної споруди; визначення навантажень на опори і розрахунок опор; визначення навантажень на фундаменти.

Розрахунок конструкцій виконаний за допомогою проектно-обчислювального комплексу SCAD. Комплекс реалізує кінцево-елементне моделювання статичних і динамічних розрахункових схем, перевірку стійкості, вибір невідгінних поєднань зусиль [7].

При проектуванні пролітної споруди вона розділюється на плоскі системи: дві вертикальні плоскі ферми, що сприймають все навантаження в прольоті і передають його на опори; система зв'язків і поперечних балок покриття; система зв'язків і балок перекриття, що

сприймають основні технологічні навантаження. Розрахунку на міцність, стійкість і деформативність підлягали наступні елементи: поперечні балки покриття – на вертикальні навантаження від маси снігу, пилу, будівельних конструкцій, промислових проводок, а також на дію повздовжніх навантажень і скатних складових; поперечні балки перекриття – на вертикальні навантаження від маси будівельних і технологічних навантажень, а також на повздовжні технологічні навантаження і скатні складові з врахуванням їх ексцентриситетів; вертикальні ферми – на вузлові навантаження, які передаються на них балками і зв'язками покриття і перекриття; в'язові системи по покриттю і перекриттю – на сприйняття вітрових навантажень, а також на повздовжні технологічні навантаження і скатні складові; опорні рами пролітних споруд, що складаються з крайніх балок покриття і опорних стійок і забезпечують геометричну незмінність і поперечну жорсткість пролітної споруди – на сприйняття вітрового навантаження; опорні вузли ферм – на сприйняття і передачу реакцій з пролітної споруди на рухливий і нерухомий опори.

Традиційними вирішеннями несучих конструкцій пролітних споруд галерей впродовж багатьох років були ферми з перерізами з парних кутиків. Таке рішення є застарілим, в найменшій мірі відповідає вимогам рівності стійкості, економічності, зниження трудомісткості виготовлення і корозійної стійкості. В останні роки пояса ферм виконують з прокатних широкополічних двотаврів, що також не відповідає вимогам рівності стійкості та економічності. В якості прикладу конвеєрної галереї з поясами ферм з прокатних двотаврів є галерея завдовжки 146 м, змонтована в 2016 р. на території МТП «Південний» (ТОВ «ГІС»).

Досягнення граничного стану сталевих стиснутих стержнів у більшості випадків відповідає втраті загальної стійкості. Оптимальним з точки зору витрат сталі є стержень, площа перерізу якого є найменшою при можливо максимальному значенні коефіцієнту стійкості  $\varphi$ . Значення коефіцієнту  $\varphi$  обернено залежить від гнучкості стержня і збільшується з ростом моменту інерції, тому доцільно розміщувати матеріал перерізу якомога далі від його центру ваги. Одним з головних принципів компонування ефективних перерізів стиснутих стержнів є принцип рівності стійкості стержня [6, 8]. Перевірка загальної стійкості повинна бути виконана відносно кожної з двох головних осей перерізу, тому доцільно забезпечити рівність коефіцієнтів  $\varphi_x$  і  $\varphi_y$ , тобто рівність гнучкостей  $\lambda_x = l_{ef,x}/i_x = \lambda_y = l_{ef,y}/i_y$ . Ця умова може бути виконана за рахунок рівності радіусів інерції ( $i_x = i_y$ ), якщо розрахункові довжини стержня в обох площинах дорівнюють

одна одній ( $l_{ef,x} = l_{ef,y}$ ), або регулюванням розрахункових довжин за допомогою спеціальних в'язей при  $i_x \neq i_y$ .

У відповідності з вище наведеним, для отримання стержня з мінімальною площею перерізу при конструюванні необхідно прагнути, щоб стержень її був рівностійким відносно осей  $x - x$  і  $y - y$ , а для цього потрібно, щоб його гнучкість  $\lambda_x$  дорівнювала гнучкості  $\lambda_y$ . Двотаврові перерізи і перерізи з парних кутиків не відповідають вимогам рівностійкості. Таким вимогам відповідають перерізи з круглих або квадратних труб.

Враховуючи вище наведене перерізи елементів ферм прийняті із замкнутих тонкостінних гнutoзварних квадратних профілів. При цьому такі профілі були також застосовані і для інших елементів пролітної споруди (зв'язків, балок перекриття і покриття).

**Висновки.** Для конвеєрної галереї зернового перевантажувального комплексу, що проектується, вибране раціональне конструктивне вирішення з пролітними спорудами з ферм з паралельними поясами, як найбільш технологічне і просте в монтажі.

Перерізи елементів несучих плоских ферм пролітних споруд прийняті із замкнутих тонкостінних гнutoзварних профілів з безфасонковими вузлами, що відповідає вимогам економічності, рівностійкості для стиснутих стержнів, зниження трудомісткості виготовлення і корозійної стійкості.

#### **Література:**

1. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. К.: Мінрегіон України, 2014. 199 с.
2. Пособие по проектированию конвейерных галерей (к СНиП 2.09.03/85). ГПИ Ленпроектстальконструкция. М.: Стройиздат, 1989. 111 с.
3. Руководство по проектированию транспортёрных галерей. Ленинградский Промстройпроект. М.: Стройиздат, 1979. 104 с.
4. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. К.: Мінбуд України, 2006. 75 с.
5. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. К.: Мінрегіон України, 2014. 110 с.
6. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010 Проектування сталевих конструкцій. Загальні правила і правила для споруд. К.: Мінрегіон України, 2011. 77 с.
7. Перельмутер А.В., Слівкер В.І. Расчётные модели сооружений и возможность их анализа [Structure CAD]. К.: Сталь, 2002. 597 с.
8. Купченко Ю.В., Сінгаївський П.М. Металеві конструкції. О.: ОДАБА, 2018. 228 с.