

ОПЫТ МОНТАЖА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОНВЕЙЕРНОЙ ГАЛЕРЕИ МЕТОДОМ НАДВИЖКИ

Шеховцов И.В., к.т.н., доцент,
ORCID 0000-0003-3664-0723

Петраш С.В., к.т.н., доцент,
ORCID 0000-0002-8567-3962

Бондаренко А.В., к.т.н., доцент,
Шеховцов В.И., к.т.н., доцент

Одесская государственная академия строительства и архитектуры
v.shekhovtsov@ogasa.org.ua, ORCID: 0000-0001-9499-0188

Аннотация. Статья описывает опыт установки металлической 146 метровой конвейерной галереи, устраиваемой над железнодорожными путями, не останавливая эксплуатацию железнодорожного транспорта. Особый интерес представляет примененный метод монтажа, при котором галерея при надвижке меняет свою расчетную схему и, как следствие, усилия в элементах. Монтаж проводился на высоте более 30 м над уровнем железнодорожного полотна. Так как при надвижке расчетная схема галереи изменялась несколько раз, то выполнялся детальный численный анализ поведения опор и каждого из элементов галереи при проведении монтажных работ. Также с помощью методик заложенных в программном комплексе «ЛИРА-САПР» выполнялась оценка динамических характеристик конструкций галереи.

Ключевые слова: конвейерная галерея, монтаж методом надвижки, аванбек, отправочная марка, пролетное строение, опора.

Вступ. В апреле 2016 года была начата реконструкция одной из конвейерных линий станции погрузки вагонов на территории погрузочно-разгрузочного района № 2 МТП «ЮЖНЫЙ» расположенного на восточном берегу Малого Аджалыкского (Григорьевского лимана). Реконструкция предусматривает устройство дополнительной конвейерной галереи между станцией погрузки вагонов (в дальнейшем СПВ) и проектируемой станцией разгрузки автомобилей. Общая длина конвейерной галереи – 146 м. Галерея должна проходить над железнодорожными путями.

Цель и постановка задачи. Основным условием, которое было поставлено перед производством работ, была необходимость провести монтаж галереи, при этом не останавливая железнодорожное сообщение.

Анализ существующих публикаций и исследований. Согласно имеющимся сведениям и на основании анализа существующих способов монтажа наиболее оптимальным оказался метод постепенной надвижки секций галереи на заранее установленные опоры. Такое решение касательно метода монтажа явилось нетривиальным.

Материалы и методика исследований (конструктивные решения галереи и выбор способа монтажа). В конструктивном плане галерея представляет собой трехпролетное строение. Длина–пролетов по 46.71 м. Галерея опирается на 4 опоры (слева направо): сооружение СПВ, опора Б, опора В и опора Г (рис. 1). СПВ является действующим сооружением, опоры Б, В и Г запроектированы при реконструкции. Опора Б запроектирована по типу «качающейся». Опираение галереи на опору Б – шарнирно подвижное, предусматривающее возможные отклонения опоры от вертикали при температурном расширении. Опоры В и Г запроектированы неподвижными, башенного типа. Опираение галереи на опору В – шарнирно-подвижное, на опору Г – шарнирно – неподвижное.



Рис. 1. Общий вид конвейерной галереи

В конструктивном отношении конвейерная галерея состоит из типовых секций длиной 46,71 м и вставки в районе опоры В [2]. Секции состоят из двух стальных ферм с параллельными поясами, объединенных балками пола галереи (по нижнему поясу ферм) и балками по верхнему поясу ферм. По концам каждой секции галереи предусмотрены поперечные рамы с жестким соединением ригеля с опорными стойками ферм.

Панели ферм имеют длину 3,89 м. Фермы имеют по 12 панелей (5 с нисходящими раскосами, 5 с восходящими и по две центральные панели с крестообразной решеткой). Высота ферм в осях 3,8 м.

По нижним и верхним поясам ферм устроены крестовые связи. Конструкции конвейера опираются на второстепенные балки клетки. Настил по второстепенным балкам выполнен из стального просечного листа.

Особенностью выбранного метода монтажа являлось то, что галерея проходит над развитой сетью железной дороги (11 путей) и сопутствующей функциональной инфраструктурой. После тщательного анализа всех возможных вариантов установки галереи в проектное положение, без остановки железнодорожного сообщения, был принят вариант ее последовательной надвигки из крайнего пролета (с опор В и Г) до проектного положения.

Основные этапы надвигки галереи приведены на рис. 2.

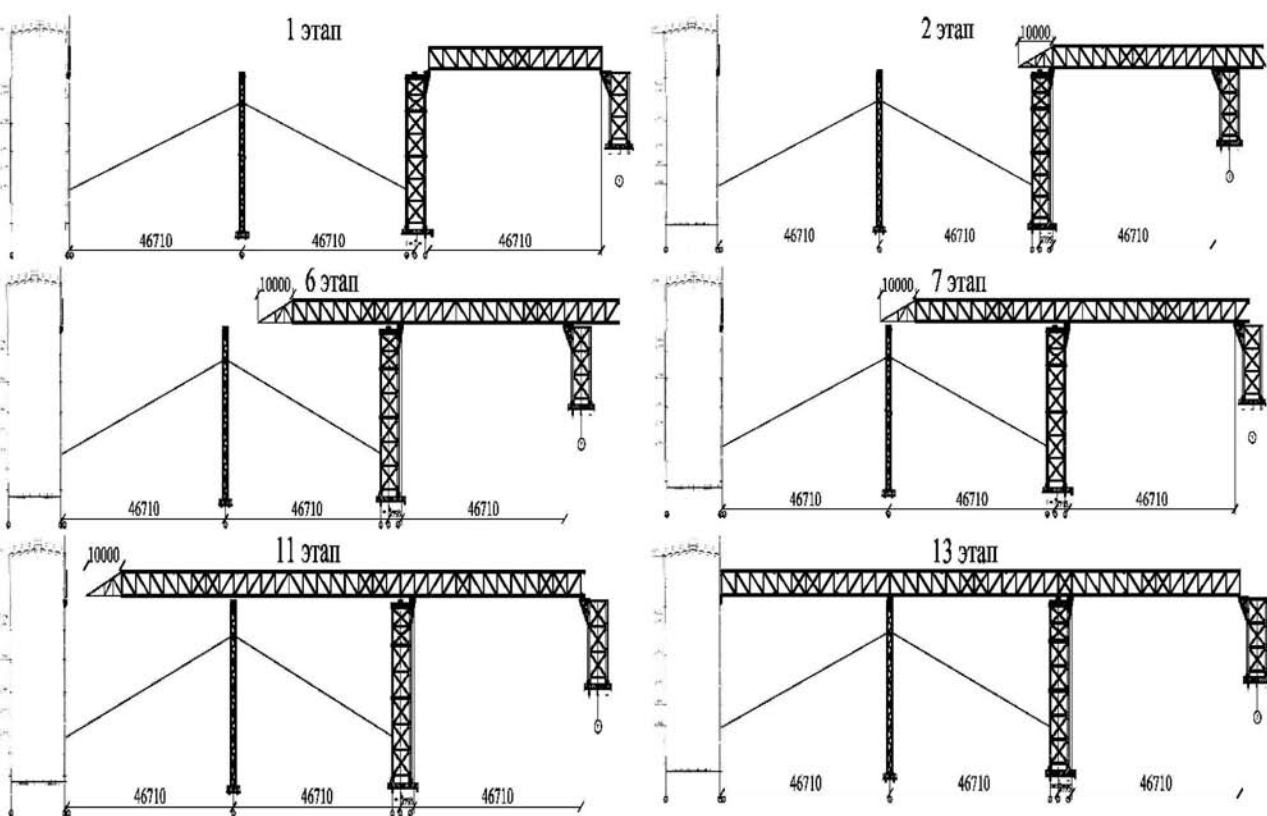


Рис. 2. Основные этапы надвигки галереи (выборочно)

Результаты исследований. Последовательность надвигки была следующей. В крайнем пролете при помощи кранов монтировалась одна секция галереи (на опоры В и Г). К ней крепился аванбек длиной 10 м с одной стороны и отправочная марка с другой стороны. При помощи гидравлических домкратов вся конструкция смещалась по опорам по направлению к СПВ на величину отправочной марки. Последовательно присоединяя при надвигке все отправочные марки, галерея устанавливается в проектное положение. При надвигке «качающаяся» опора Б раскреплялась оттяжками для компенсации горизонтальных усилий.

Расчет галереи проводился при различных сценариях, включающих в себя все монтажные варианты и проектное положение галереи с учетом требований норм [3.4]. Наихудшем случае при монтаже был сценарий, при котором галерея при надвигке достигает промежуточной опоры (этапы 6 и 11 рис. 2). В этом случае расчетная схема галереи представляла собой консоль длиной 46,7 м. При таком расположении опора галереи, через которую происходит надвигка, приходит не в узел фермы, а в ее панели, в результате чего на стержни нижних поясов ферм воздействуют совместно продольная сила и значительный изгибающий момент.

Нагрузки, на которые рассчитывалась галерея, были подобраны на стадии проектирования. Основными монтажными нагрузками были: собственный вес облегченной галереи (без оборудования конвейерами и без обслуживающих площадок); нагрузки от монтажного оборудования; вес монтажников; вес монтажных площадок.

Для определения ветровых нагрузок на стадии монтажа был проведен мониторинг метеорологических статистических данных. Монтаж конструкций предполагался на август-сентябрь месяц. По результатам анализа данных были приняты ветровые нагрузки, соответствующие скорости ветра равной 10 м/с.

Расчеты конвейерной галереи проводились при помощи программного комплекса «ЛИРА-САПР» (рис. 3). Использование программного комплекса позволило отслеживать напряженно-деформированное состояние элементов конструкций на всех этапах монтажа. Контроль проводился для двух групп предельных состояний как для каждого отдельного элемента галереи, так и для всей конструкции в целом.

По результатам расчетов был построен график зависимости вылета консоли от прогиба для крайней точки аванбека (выборочно материалы представлены на рис. 4). Максимальный расчетный прогиб галереи составил 230 мм при максимальном вылете консоли, равном 46,7 м.

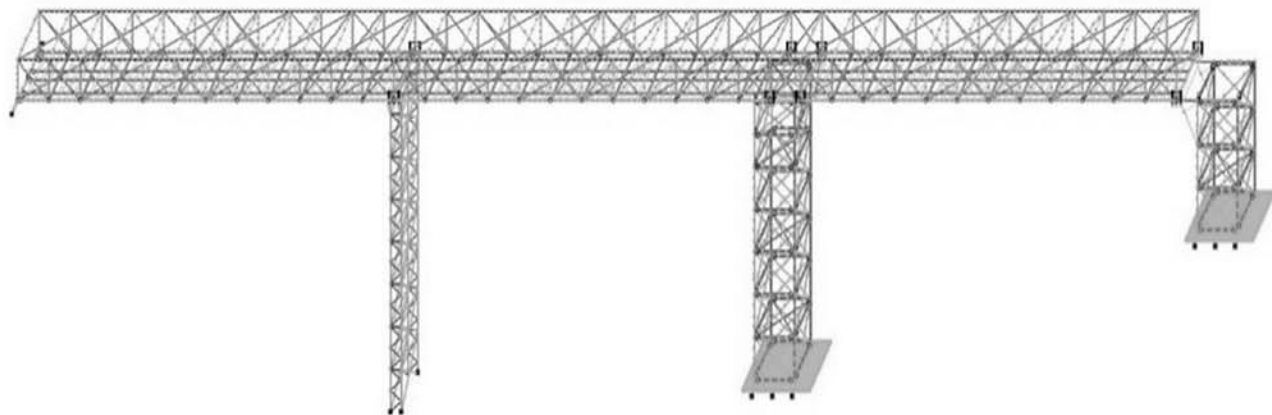


Рис. 3. Расчетная схема в программном комплексе «ЛИРА-САПР»

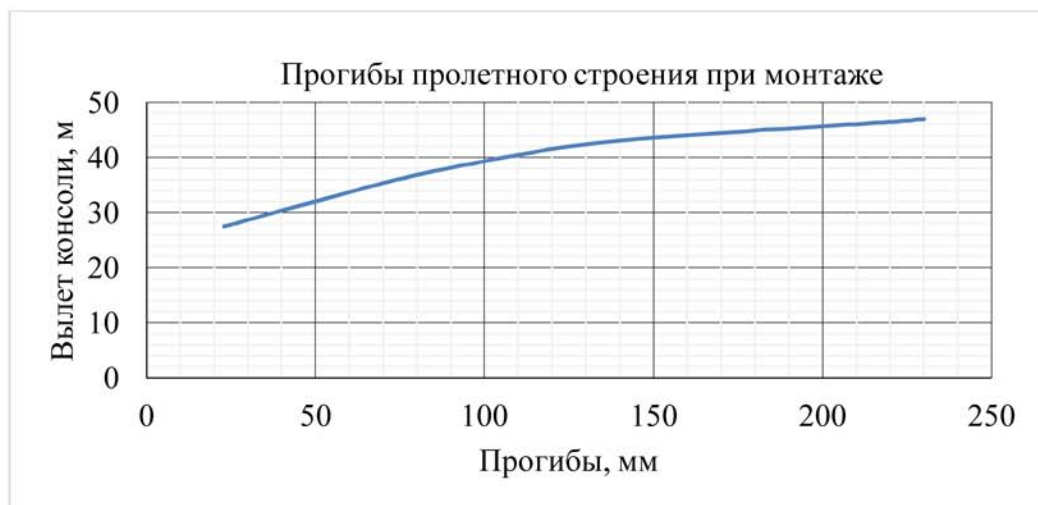


Рис. 4. График зависимости вылета консоли от прогиба

Так же було определено максимальное отклонение «качающейся» опоры Б при надвижке галереи через нее. Максимальное расчетное ее отклонение от вертикали составило 20 см.

Непосредственно перед началом монтажа галереи была выполнена ее укрупненная сборка. Это позволило провести испытание галереи на монтажные нагрузки до установки в проектное положение, а также проверить расчетные сценарии при надвижке. Прогибы пролетных строений галереи в проектное положение от действия собственного веса конструкций практически совпал с расчетными значениями. Прогиб при максимальном вылете консоли 46,7 м превысил расчетные значения на 50 мм и составил 280 мм. Прочность элементов галереи по результатам испытаний была обеспечена. Превышение фактического прогиба консоли галереи при монтаже потребовало внесение изменений в конструкцию аванбека. На рисунках 7,8 приведены фотографии галереи во время надвижки и в проектное положение.



Рис. 5. Галерея во время надвижки

Превышение прогибов консоли объясняется наличием строительного подъема в каждой секции галереи и сложностью корректного учета его при расчете, а также неизбежными незначительными неточностями при сборке конструкции галереи.

Контролировать прогиб консоли галереи при надвижке на всем этапе не предоставлялось возможным по техническим причинам.



Рис. 6. Галерея в проектном положении

Контроль прогибов велся по контрольным точкам. Максимальный прогиб галереи величиной 300 мм был зафиксирован при максимальном вылете консоли 46,7 м, что незначительно превысило значение, полученное при испытании.

По данным геодезических наблюдений максимальное фактическое отклонение опоры Б от вертикали не превысило 170 мм, что на 30 мм меньше расчетного.

Надвижка галереи с учетом технологических перерывов и работы в одну смену была успешно осуществлена за 9 дней (рис. 5-6).

Выводы

1. Проведен монтаж конвейерной галереи методом надвижки над эксплуатируемой железной дорогой.

2. Конечно-элементные расчеты, выполненные в программном комплексе «ЛИРА-САПР» дали возможность полноценно проанализировать поведение опор и элементов конвейерной галереи на стадии монтажа, а также учесть возможные динамические воздействия при надвижке.

3. Проведенные натурного испытания конвейерной галереи на монтажные нагрузки, до установки ее в проектное положение, позволили уточнить полученные результаты расчетов и откорректировать конструкцию аванбека.

4. Монтаж всех пролетов конвейерной галереи был успешно осуществлен за 9 дней с отсутствием нештатных ситуаций.

Литература

1. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. [Чинний від 2007-01-01]. - К. Мінрегіонбуд України, 2006. – 78с.(Національний стандарт України).

2. Серия 3.016-1. Неотапливаемые транспортерные галереи пролетами 18, 24, 30 м с ограждающими конструкциями из волнистых асбестоцементных листов. Выпуск 2. Стальные конструкции. Чертежи КМ. Госстрой СССР, 1973. -49с.

3. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. [Чинний від 2009-12-01]. - К. Мінрегіонбуд України, 2009. – 41с.(Національний стандарт України).

4. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. [На заміну ДБН В.2.6-163:2010 у частині розділу 1 та ДСТУ Б В.2.6-194:2013, чинні з 2015.01.01]. - Київ: Мінрегіон України 2014. - 199 с. (Національний стандарт України).

5. ДСТУ Б В.2.6-7-95 (ГОСТ 8829-94). Конструкції будинків і споруд. Вироби будівельні бетонні і залізобетонні збірні. Методи випробувань навантаженням. Правила оцінки міцності, жорсткості та трищільності. [Чинний від 1996-01-01]. - К. Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997. – 45с.(Національний стандарт України).

References

- [1] DBN V.1.2-2:2006. Navantazhennia i vplyvy. [Chynnyi vid 2007-01-01]. - K. Minrehionbud Ukrainy, 2006. – 78s.(Natsionalnyi standart Ukrainy).
- [2] Seryia 3.016-1. Neotaplyvaemie transportnie halerey proletamy 18, 24, 30 m s ohrazhdaiushchymy konstruktsiyamy iz volnystikh asbestotsementnykh lystov. Vipusk 2. Stalnie konstruktsyy. Chertezhy KM. Gosstroj USSR, 1973. -49s.
- [3] DBN V.1.2-14-2009. Zahalni pryntsypy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel, sporud, budivelnykh konstruktsii ta osnov. [Chynnyi vid 2009-12-01]. - K. Minrehionbud Ukrainy, 2009. – 41s.(Natsionalnyi standart Ukrainy).
- [4] DBN V.2.6-198:2014. Stalevi konstruktsii. Normy proektuvannia. [Na zaminu DBN V.2.6-163:2010 u chastyni rozdil 1 ta DSTU B V.2.6-194:2013, chynni z 2015.01.01]. - Kyiv: Minrehion Ukrainy 2014. - 199 s. (Natsionalnyi standart Ukrainy).
- [5] DSTU B V.2.6-7-95 (HOST 8829-94). Konstruktsii budynkiv i sporud. Vyroby budivelni betonni i zalizobetonni zbirni. Metody vyprobuvan navantazhuvanniam. Pravyla otsinky mitsnosti, zhorstkosti ta tryshchinostiikosti. [Chynnyi vid 1996-01-01]. - K. Derzhavnyi komitet Ukrainy u spravakh mistobuduvannia i arkhitektury, 1997. – 45s.(Natsionalnyi standart Ukrainy).

ДОСВІД МОНТАЖУ МЕТАЛЕВОЇ КОНВЕЄРНОЇ ГАЛЕРЕЇ МЕТОДОМ НАСУВАННЯ

Шеховцов І.В., к.т.н., доцент,
ORCID 0000-0003-3664-0723

Петраш С.В., к.т.н., доцент,
ORCID 0000-0002-8567-3962

Бондаренко О.В., к.т.н., доцент,
Шеховцов В.І., к.т.н., доцент

Одеська державна академія будівництва та архітектури
v.shekhovtsov@ogasa.org.ua, ORCID: 0000-0001-9499-0188

Анотація. Стаття описує досвід установки металевої 146 метрової конвеєрної галереї. Згідно проекту галерея повинна бути влаштована над залізничними коліями, не зупиняючи при цьому на тривалий час експлуатацію залізничного транспорту. Проаналізувавши усі можливі варіанти монтажу та урахувавши можливості підрядної організації був обраний нетривіальний метод проведення робіт по влаштуванню конвеєрної галереї. Для цього застосовувався метод монтажу, при якому галерея поступово насувається на влаштовані опори. При насуванні вона змінює свою розрахункову схему і, як наслідок, зусилля в конструктивних елементах. Додаткових труднощів додавало те, що монтаж проводився на висоті понад 30 м над рівнем залізничного полотна, що накладало багато обмежень при виконанні монтажних робіт. Для зменшення зусиль в елементах галереї при насуванні до її краю був змонтований аванбек, довжиною 10 м. Так як при насуванні розрахункова схема галереї змінювалася кілька разів, то виконувався детальний чисельний аналіз поведінки опор і кожного з елементів галереї при проведенні монтажних робіт у скінченоелементному програмному комплексі «ЛІРА-САІР». У розрахунках враховувалися додаткові монтажні навантаження та вітрове навантаження, значення якого було прийнято за даними, що були

отримані від метеорологічної моніторингової служби. Швидкість вітру приймалась до 10 м/с. Також за допомогою методик, які закладені в програмному комплексі виконувалося оцінювання динамічних характеристик конструкцій галереї. Перед проведенням монтажних робіт були проведені натурні випробування конструкцій галереї, де вимірювалися прогини при максимальній довжині консолі при насуванні. При випробуваннях моделювалось насування галереї та були перевірені різноманітні монтажні випадки. Чисельні розрахунки та натурні випробування підтвердили можливість проведення монтажних робіт з влаштування металевої конвейерної галереї обраним методом, що й було успішно зроблено за 9 днів.

Ключові слова: конвеєрна галерея, монтаж методом насування, аванбек, відправна марка, прогінна будова, опора.

EXPERIENCE FOR SLIDING METHOD OF STEEL CONVEYOR'S GALLERY PLACEMENT

Shekhovtsov I.V., PhD., Assistant Professor,
ORCID 0000-0003-3664-0723

Petrash S.V., PhD., Assistant Professor,
ORCID 0000-0002-8567-3962

Bondarenko A.V., PhD., Assistant Professor,

Shekhovtsov V.I., PhD., Assistant Professor

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
v.shekhovtsov@ogasa.org.ua, ORCID: 0000-0001-9499-0188

Abstract.

The article describes the experience of installing a metal 146 meter conveyor gallery. According to the project, the gallery should be arranged above the railway tracks, without interrupting the operation of railway transport for a long time. After analyzing all possible installation variants and considering the possibilities of the contractor, a non-trivial method of carrying out works on the arrangement of the conveyor gallery was chosen. For this purpose, the sliding method was used, which suppose the gallery gradually moved to the arranged supports. As it moves, it changes its design scheme and, as a consequence, efforts in the structural elements. Additional difficulties were added by the fact that the installation was carried out at height of more than 30 m above the level of the railway track, which imposed many restrictions when performing the installation work. To reduce the effort in the elements of the gallery when moving, there was mounted a backbone, 10 m long to its edge. In a case that the design scheme of the gallery has been changing several times, a detailed numerical analysis of the behavior of the supports and every elements of the gallery during the installation work by the finite elements software program "LIRA-SAPR" was performed. The calculations took into account additional installation loads and wind loads, the which value was taken from the data from the meteorological monitoring service. Wind speed was up to 10 m / s. Also, using the techniques which was performed in the software, the dynamic characteristics of the gallery were evaluated. Before the installation works there were carried out full-scale tests of the gallery's structures, where the deflections were measured at the maximum length of the console when pushed. During the tests, the drawing of the gallery was simulated and various mounting cases were checked. Numerical calculations and full-scale tests confirmed the possibility of installation work on the arrangement of the metal conveyor gallery by the chosen method, which was successfully done in 9 days.

Keywords: conveyor gallery, assemblage, sliding method placement, launching nose, deliverable assemblies, superstructure, bearings