

## МОНТАЖ КОНВЕЙЕРНОЙ ГАЛЕРЕИ МЕТОДОМ НАДВИЖКИ В СЕЙСМООПАСНОМ РАЙОНЕ

**Шеховцов И.В.**, к.т.н., доцент,  
**Петраш С.В.**, к.т.н., доцент,  
**Бондаренко А.В.**, к.т.н., доцент,  
**Шеховцов В.И.**, к.т.н., доцент

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры*  
ogasanis@ukr.net

**Спатарь Н.П.**  
ООО «ТИС-МИНУДОБРЕНИЕ»

**Аннотация.** В статье приводится опыт установки металлической 146 метровой конвейерной галереи над железнодорожными путями на 4 опоры методом надвигки, не останавливая эксплуатацию железнодорожного транспорта в сейсмоопасном районе Одесской области. Особый интерес представляет примененный метод монтажа, при котором галерея при надвигке меняет свою расчетную схему и, как следствие, усилия в элементах. Монтаж проводился на высоте более 30 м над уровнем железнодорожного полотна, и анализу поведения опор при монтаже уделялась значительная роль. Также выполнялись расчеты галереи и ее опор на сейсмические воздействия, как в проектом положении, так и в процессе монтажа.

**Ключевые слова:** конвейерная галерея, монтаж, сейсмика, аванбек, отправочная марка, пролетное строение, опора.

## МОНТАЖ КОНВЕЄРНОЇ ГАЛЕРЕЇ МЕТОДОМ НАСУВАННЯ В СЕЙСМОНЕБЕЗПЕЧНОМУ РАЙОНІ

**Шеховцов І.В.**, к.т.н., доцент,  
**Петраш С.В.**, к.т.н., доцент,  
**Бондаренко О.В.**, к.т.н., доцент,  
**Шеховцов В.І.**, к.т.н., доцент

*Одеська державна академія будівництва та архітектури*  
ogasanis@ukr.net

**Спатарь М.П.**  
ТОВ «ТИС-МІНДОБРИВА»

**Анотація.** У статті наводиться досвід установки металеві 146 метрової конвеєрної галереї над залізничними коліями на 4 опори методом насування, не зупиняючи експлуатацію залізничного транспорту у сейсмонезбезпечному районі Одеської області. Особливий інтерес представляє собою метод монтажу, який було застосовано. При цьому методі під час насування галерея змінює свою розрахункову схему та, як наслідок, зусилля в елементах. Монтаж проводився на висоті більш ніж 30 м над рівнем залізничних колій і важлива роль буда відведена аналізу поведінки опор. Також виконувались розрахунки галереї ті її опор на сейсмічні впливи, як у проектному положенні, так і під час монтажу.

**Ключові слова:** конвеєрна галерея, монтаж, сейсміка, аванбек, відправочна марка, прогонна споруда, опора.

## SLIDING METHOD OF CONVEYOR'S PASSAGEWAY PLACEMENT IN A SEISMIC RISK REGION

**Shekhovtsov I.V.**, PhD., Assistant Professor,

**Petrash S.V.**, PhD., Assistant Professor,

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

**Shekhovtsov V.I.**, PhD., Assistant Professor

*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*

ogasanis@ukr.net

**Spatar N.P.**

*TIS-Fertilizers*

**Abstract.** The experience of 146m length conveyor's passageway placement on four bearings with a sliding method is given in the article. The gallery passes under railroad tracks, which were in use. The assemblage takes place in seismic risk zone of Odessa's region. Rather an interesting assembly method was used. At sliding time the passageway changes its design model and as effect of this changes we have another values of stresses in elements. The assembly is carried out at a height of more than thirty meters above railways. In that case, very important calculations and analysis of bearings behavior were executed by the authors of the article. Calculation of seismic resistance of passageway construction elements and bearings was also made. Calculations were executed in two phases: assembly and design position. On September 24<sup>th</sup> the earthquake happened in Romania. At that time the seismic station, placed in Odessa region, registered the magnitude of 4 earthquake intensity. At the earthquake's time the assembly of passageway wasn't finished. Next day the visual inspection of load-carrying structures condition were made. Neither damages or faults after earthquakes were found.

**Keywords:** conveyor passageway, assembly, placement, launching nose, deliverable assemblies, superstructure, bearing.

**Введение.** В апреле 2016 года была начата реконструкция одной из конвейерных линий станции погрузки вагонов ООО «Трансинвестсервис» на территории погрузочно-разгрузочного района № 2 МТП «ЮЖНЫЙ» расположенного на восточном берегу Малого Аджалыкского (Григорьевского лимана). В соответствии с картой ЗСР-2004-А [1] интенсивность сейсмического воздействия на площадке реконструкции составляет 6 баллов.

Реконструкция предусматривает устройство дополнительной конвейерной галереи между станцией погрузки вагонов (в дальнейшем СПВ) и проектируемой станцией разгрузки автомобилей. Общая длина конвейерной галереи – 146 м.

В конструктивном плане галерея представляет собой трехпролетное строение. Длина пролетов по 46,71 м.

**Конструктивные решения галереи и выбор способа монтажа.** 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.

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 (рис. 2). По концам каждой секции галереи предусмотрены поперечные рамы с жестким соединением ригеля с опорными стойками ферм.

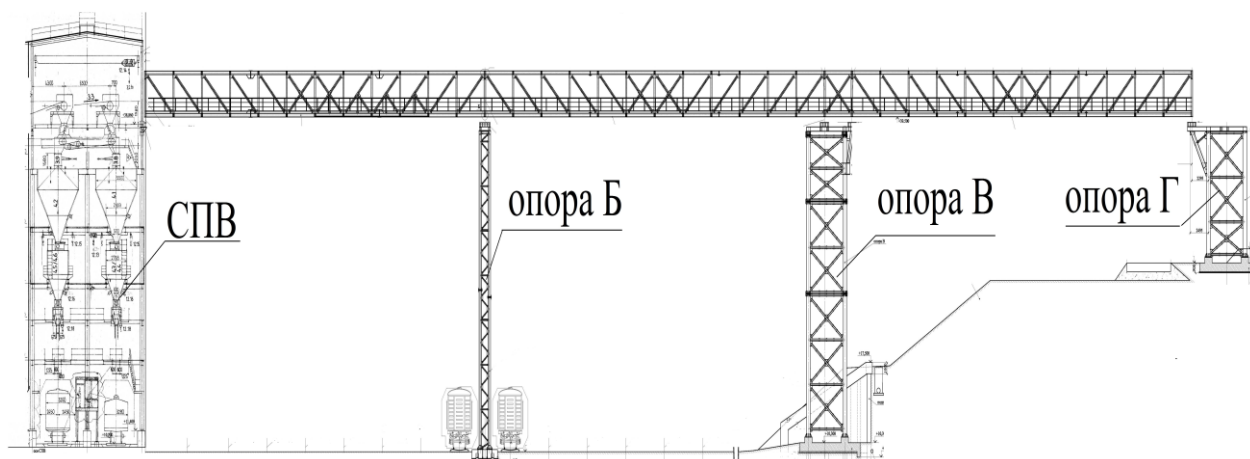


Рис. 1. Общий вид конвейерной галереи

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 монтажа стал способ установки галереи в проектное положение. Галерея проходит над развитой сетью железной дороги (11 путей) и сопутствующей функциональной инфраструктурой. Такие условия не позволяли вести монтаж конструкций двух пролетов при помощи кранов, не нарушая транспортное железнодорожное грузовое сообщение на этом участке на длительный период.

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.

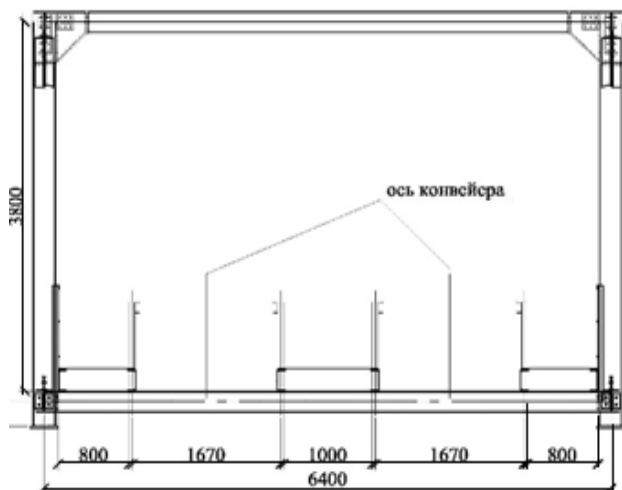


Рис. 2. Поперечное сечение конвейерной галереи

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.

Основные этапы надвигки галереи приведены на рис. 3.

#### **КЭ-расчеты конвейерной галереи, учет динамических (сейсмических) воздействий.**

Расчет галереи проводился при различных сценариях, включающих в себя все монтажные варианты и проектное положение галереи с учетом требований норм [3]. Наихудшем случае при монтаже был сценарий, при котором галерея при надвигке достигает промежуточной опоры (этапы 6 и 11 рис. 3). 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 действуют совместно продольная сила и значительный изгибающий момент.

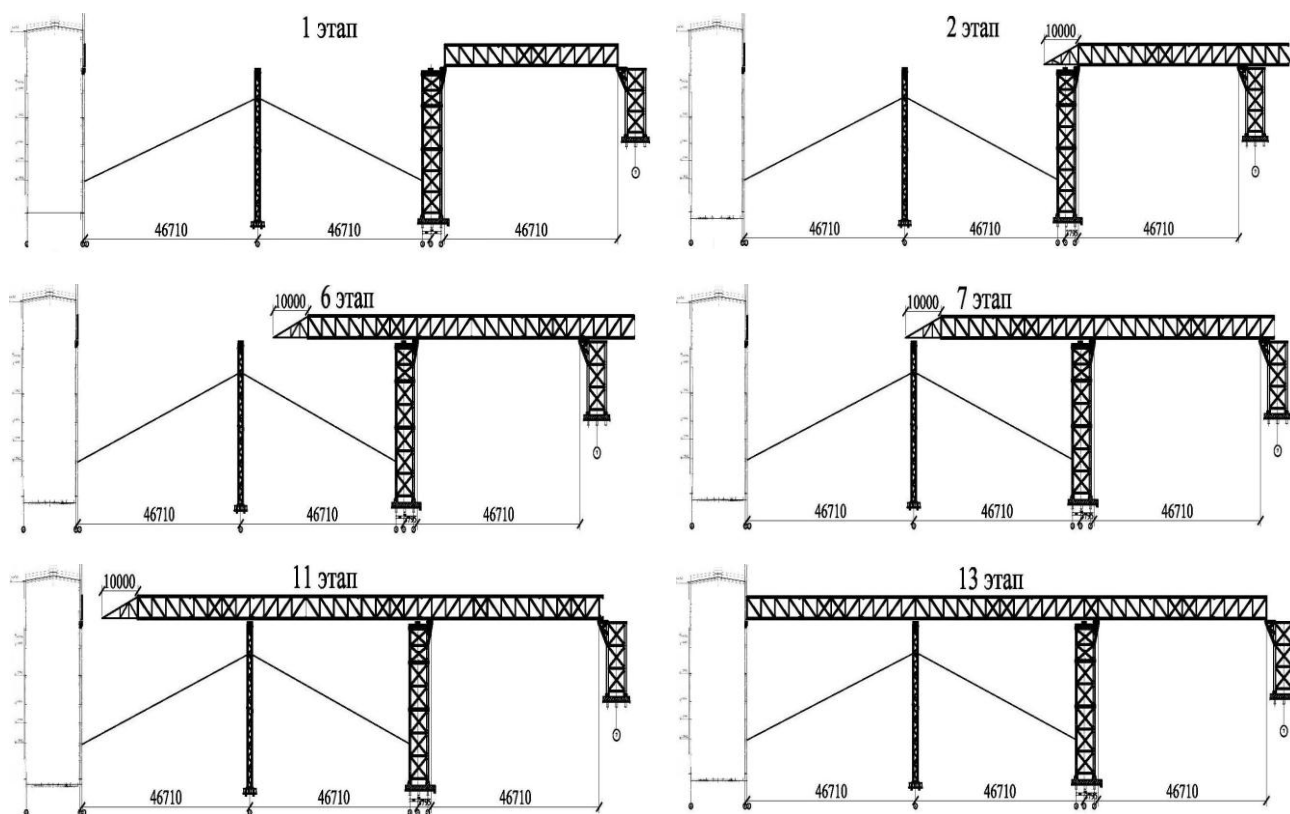


Рис. 3. Основные этапы надвигки галереи (выборочно)

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.

На основании данных по инженерно-геологическим условиям площадки строительства и в соответствии с классом ответственности объекта строительства интенсивность сейсмического воздействия была принята 7 баллов.

Расчеты конвейерной галереи проводились при помощи программного комплекса «ЛИРА-САПР 2015» (рис. 4). 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. 5). Максимальный расчетный прогиб галереи составил 230 мм при максимальном вылете консоли, равном 46,7 м.

Так же было определено максимальное отклонение «качающейся» опоры Б при надвигке галереи через нее. Максимальное расчетное ее отклонение от вертикали составило 20 см. Расчет на сейсмические воздействия выполнялся, как для проектного положения галереи, так и на стадии ее монтажа. Наиболее неблагоприятные формы колебаний галереи (соответствующие максимальным модальным массам при расчете) на стадии монтажа систематизированы и выборочно представлены на рис. 6.

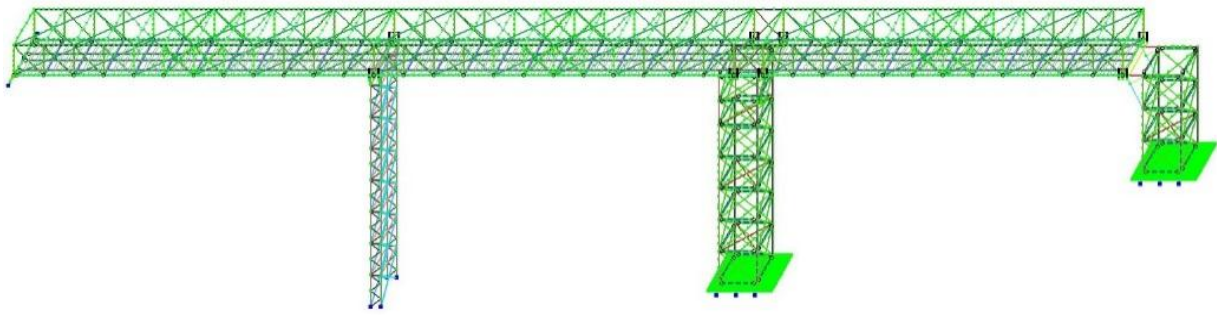


Рис. 4. Расчетная схема в программном комплексе «ЛИРА-САПР 2015»

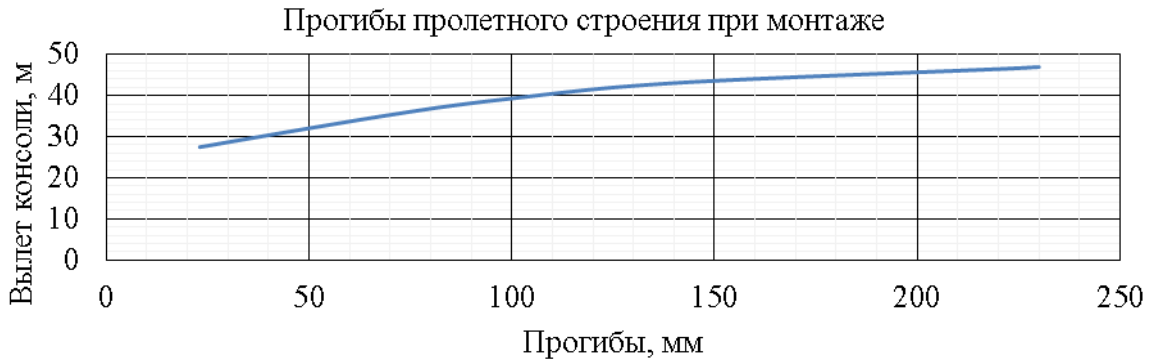


Рис. 5. График зависимости вылета консоли от прогиба

**Монтаж на строительной площадке.** 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 внесения изменений в конструкцию аванбека. На рисунках 7 и 8 приведены фотографии галереи во время надвижки и в проектное положение.

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.

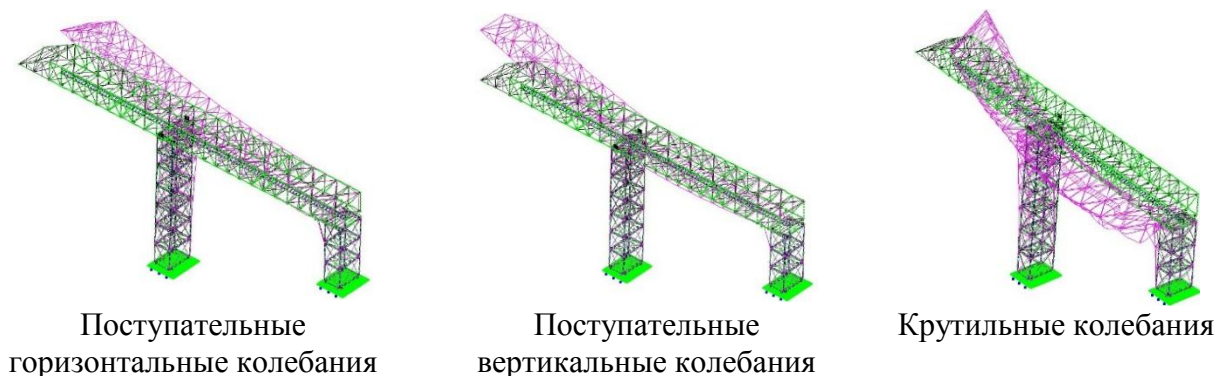


Рис. 6. Наиболее опасные формы колебаний галереи при ее надвижке

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 первого пролета состоялась в период с 13 по 16 сентября 2016 года, начало надвижки второго пролета планировалась с 22...23 сентября. По техническим причинам начало было перенесено на 26 сентября и успешно закончено 30 сентября 2016.



Рис. 7. Галерея во время надвижки



Рис. 8. Галерея в проектном положении

24 сентября около 3 часов ночи в Румынии случилось землетрясение в сейсмоактивной зоне Вранча магнитудой 5,6 в эпицентре. По данным сейсмостанций на территории Одесской области зафиксированы показания магнитудой до 4.

При визуальном осмотре несущих конструкций галереи и опор после землетрясения каких-либо повреждений или отклонений не зафиксировано.

#### **Выводы:**

1. Проведен монтаж конвейерной галереи методом надвижки в сейсмоопасном районе.
2. Проведенные испытания конвейерной галереи на монтажные нагрузки, до установки ее в проектное положение, позволили уточнить полученные результаты расчетов и уточнить конструкцию аванбека.
3. При землетрясении случившемся 24 сентября 2016 года каких-либо повреждений и отклонений в конвейерной галерее не зафиксировано.

#### **Литература**

1. ДБНВ.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. На заміну ДБН В.1.1-12:2006. Набрання чинності з 2014.10.01. Київ: Мінрегіон України, 2014. – 110 с.
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.
3. 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. Набрання чинності: наказ Мінрегіону України від 10.06.2014 р. № 167, чинні з 2015.01.01. Київ: Мінрегіон України, 2014. – 199 с.

Стаття надійшла 4.11.2016