УДК 624.074.5

НАТУРНОЕ ИСПЫТАНИЕ ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ КОНВЕЙЕРНОЙ ГАЛЕРЕИ С ЦЕЛЬЮ КОНТРОЛЯ ЕГО ЖЕСТКОСТИ

Шеховцов И.В., к.т.н., доцент,
ogasanis@ukr.net , ORCID 0000-0003-3664-0723
Петраш С.В., к.т.н., доцент,
svet_lana_petrash@ogasa.org.ua, 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. Авторами проводились натурные и численные исследования одной из конвейерных галерей строящегося терминала по перегрузке зерновых грузов в районе порта «Южный». После монтажа галереи были зафиксированы геометрические отклонения конструкций от их проектного положения. В статье приведены результаты натурных экспериментальных исследований пролетного строения конвейерной галереи с целью контроля его жесткости в построечных условиях с учетом фактических отклонений, а также результаты поверочных расчетов. Проведено сравнение экспериментальных данных с расчетными.

Ключевые слова: натурные испытания, численный эксперимент, пролетное строение, галерея, контроль жесткости.

Введение. В 2016-2017 годах выполнялся монтаж металлоконструкций на строительстве терминала по перегрузке зерновых грузов в районе порта «Южный», в том числе была смонтирована и исследуемая конвейерная галерея. При ее монтаже были возведены опоры и пролетные строения. Технологическое оборудование на галерее не монтировалось.

После окончания монтажных работ была выполнена ее геодезическая исполнительная съемка, по результатам которой было установлено, что фермы пролетного строения имеют прогиб только от собственного веса 58 мм и 78 мм, что почти в два раза больше расчетных проектных значений. Дальнейший монтаж технологического оборудования был приостановлен и были поставлены следующие **цели исследования**:

– выполнение контроля жесткости пролетного строения (Пс-3) конвейерной галереи, путем проведения его натурного испытания нагружением;

– выполнение численного расчета конструкций галереи;

– сопоставление экспериментальных данных с расчетными.

Конструктивные решения галереи. В конструктивном плане исследуемая конвейерная галерея состоит из четырех шарнирно подвижных опор, одной неподвижной опоры, трех пролетных строений (Пс-2 пролетом 18,25 м, Пс-3 пролетом 37 м и Пс-4 пролетом 21 м), балочной клетки, технологической площадки, лестницы. Общая длина конвейерной галереи – 86,25 м, ширина – 7,55 м (рис. 1).

Пролетные строения выполнены из двух параллельных ферм трапециевидного очертания высотой 2,5 м (Пс-2, Пс-4) и 2,8 м (Пс-3), раскрепленных горизонтальными и вертикальными связями по нижним и верхним поясам. Элементы несущих ферм и связей приняты из прямоугольных и круглых труб различных сечений. По верху верхнего пояса ферм пролетных строений Пс-2 – Пс-4 расположены продольные балки под конвейер и ходовой настил в виде ступенек.

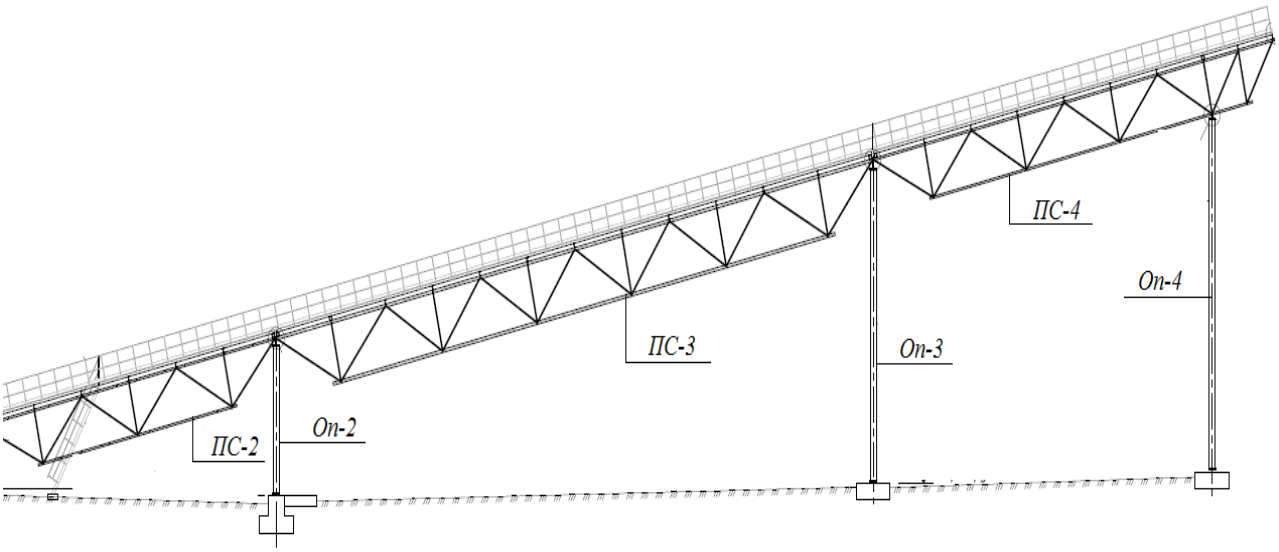

Рис. 1. Проектная схема расположения опор и пролетных строений конвейерной галереи

Методика и проведение натурных испытаний. Нагружение пролетного строения проводилось четырьмя бетонными блоками. Перед испытанием каждый блок был предварительно взвешен. Вес каждого бетонного блока – 1,25 т (12,5 кН) (рис. 2). Блоки были замаркированы: Р1, Р2, Р3, Р4. Схема расстановки приборов на испытуемом пролетном строении Пс-3 приведена на рис. 3. Во время проведения испытаний измерению подлежали вертикальные перемещения нижнего пояса ферм пролетного строения Пс-3 в середине пролета. Измерение перемещений производилось прогибомерами часового типа ПАО-6 с ценой деления 0,01мм и с помощью геодезических измерений.

Нагружение проводилось согласно расчетных ситуаций в следующей последовательности (рис. 2):

– пролетное строение Пс-3 нагружается последовательно грузами Р1-Р2-Р3-Р4;

– с пролетного строения Пс-3 последовательно снимаются грузы Р1-Р2-Р3-Р4.

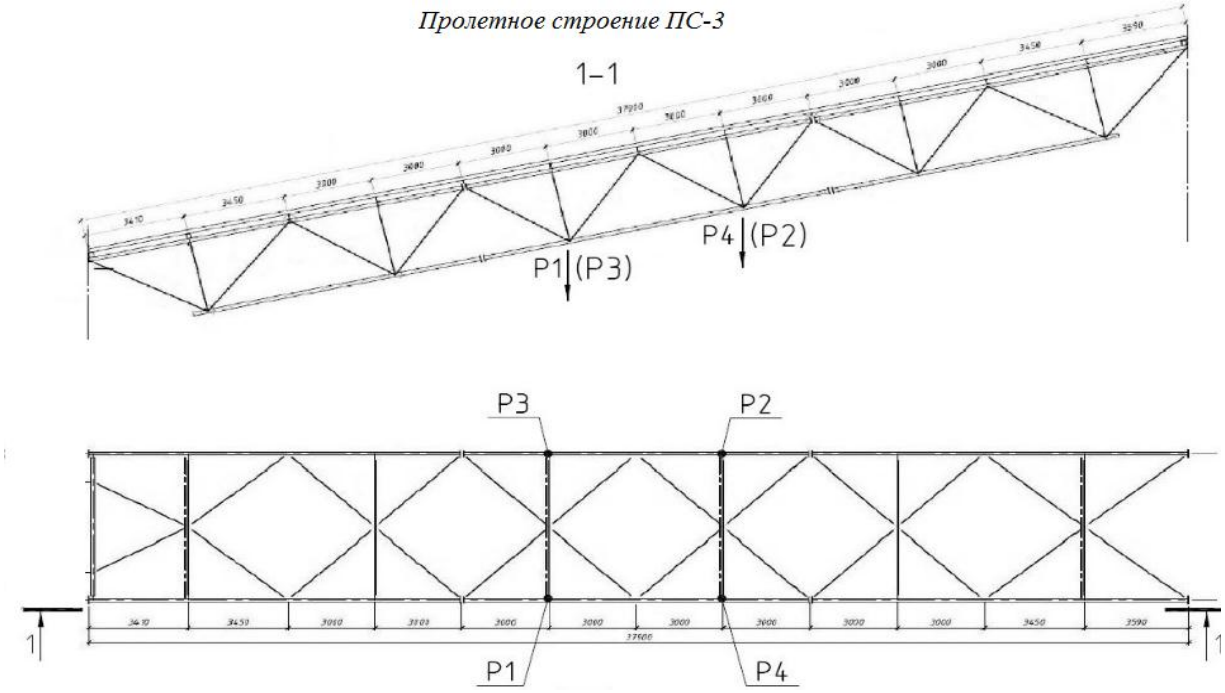

Рис. 2. Схема расположения грузов для проведения испытания
с целью контроля жесткости

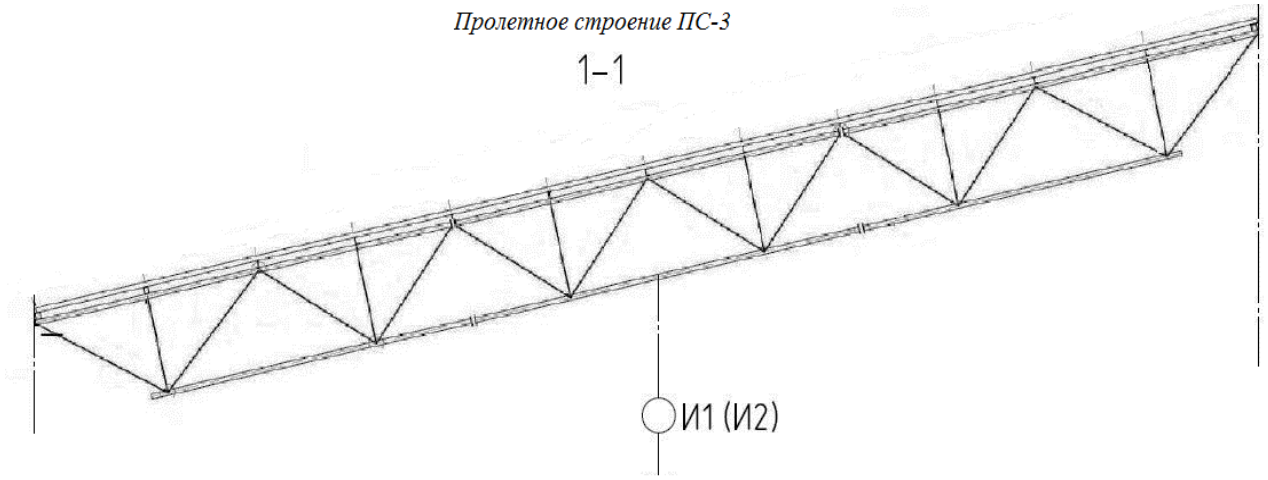

Рис. 3. Схема установки прогибомеров И-1, И-2

Загружение пролетного строения проводилось плавно, без рывков. После каждого нагружения выполнялась временная выдержка после подвеса каждого груза (Р1-Р4) не менее 15 мин. Разгрузка производилась без выдержки (рис.4).

Рис. 4. Пролетное строение Пс-3 конвейерной галереи при загрузке четырьмя блоками

Испытание нагружением производилось до достижения одного из следующих параметров:

А. Загружения пролетного строения Пс-3 четырьмя грузами по 1,25 т (12,5 кН) каждый (суммарный вес 5,0 т (50 кН)).

Б. Достижения фермами прогибов 20 мм (при максимальном расчетном значении 9,6 мм).

В. Появления любого рода перекосов или отклонений от прямолинейности пролетного строения Пс-3.

Методика численных расчетов. Поверочные расчеты выполнены в программном комплексе «ЛИРА-САПР 2015». Последовательность выполнения расчета соответствует последовательности загружения пролетного строения Пс-3 грузами Р1-Р4. Расчетная модель пролетного строения Пс-3 последовательно загружалась четырьмя узловыми нагрузками Р1-Р4 по 1,25 т (12,5 кН) согласно схемы, приведенной на рис. 2.

Результаты натурного испытания и численного расчета. Максимальные значения перемещений при натурном испытании составили: по прибору И-1 – 9,75 мм; по прибору И-2 – 9,41 мм.

Значения перемещений узлов нижнего пояса фермы в середине пролетного строения Пс-3 в соответствующих местах установки приборов при испытании приведены в таблице 1 (приведены их абсолютные величины).

Таблица 1 – Перемещениям узлов нижнего пояса фермы в середине пролетного строения

Ступень нагружения	№ груза	Нагрузка на пролетное строение Пс-3, т (кН)	Значения перемещений, мм		
			Узел фермы в месте установки прогибомера И-1	Узел фермы в месте установки прогибомера И-2	Среднее значение (И-1+И-2)/2)
0	нет груза	0	0	0	0
1	груз Р1	1,25 (12,5)	4,75	0,1	2,43
2	грузы Р1, Р2	2,50 (25,0)	4,85	4,46	4,66
3	грузы Р1, Р2, Р3	3,75 (37,5)	4,95	8,86	6,91
4	грузы Р1, Р2, Р3, Р4	5,00 (50,0)	9,63	8,96	9,3

На рис. 5-7 приведены совмещенные графики экспериментальных и расчетных значений перемещений узлов нижнего пояса фермы.

На основании графиков, приведенных на рис. 5, 6, установлено:

– резкие изменения значений перемещений и вертикальные участки на графиках соответствуют нагружению соседней фермы пролетного строения;

– каждая из ферм пролетного строения Пс-3 при нагружении соседней имеет минимальные значения прогибов;

– изменения прогибов каждой из ферм пролетного строения в середине пролета при нагружении носят линейный характер;

– незначительные расхождения значений при нагружении и разгрузке связаны с проскальзыванием струны по прогибомеру вследствие незначительных рывков при подъеме грузов Р1-Р4.

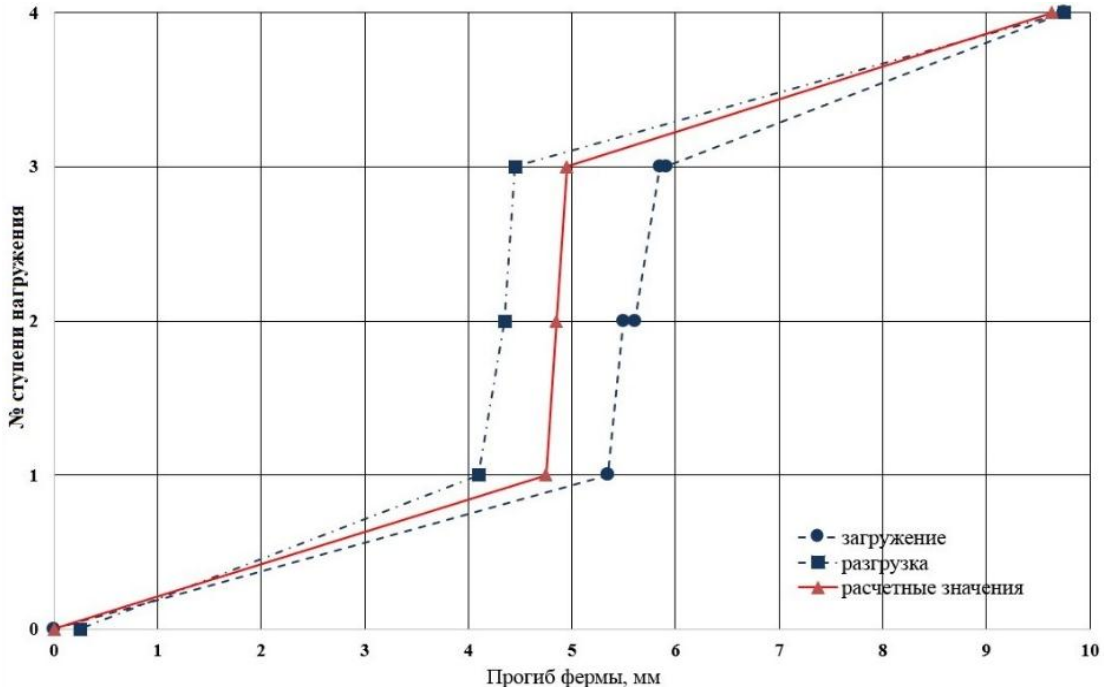

Рис. 5. Совмещенный график значений перемещений узла нижнего пояса фермы (в месте установки прогибомера И-1)

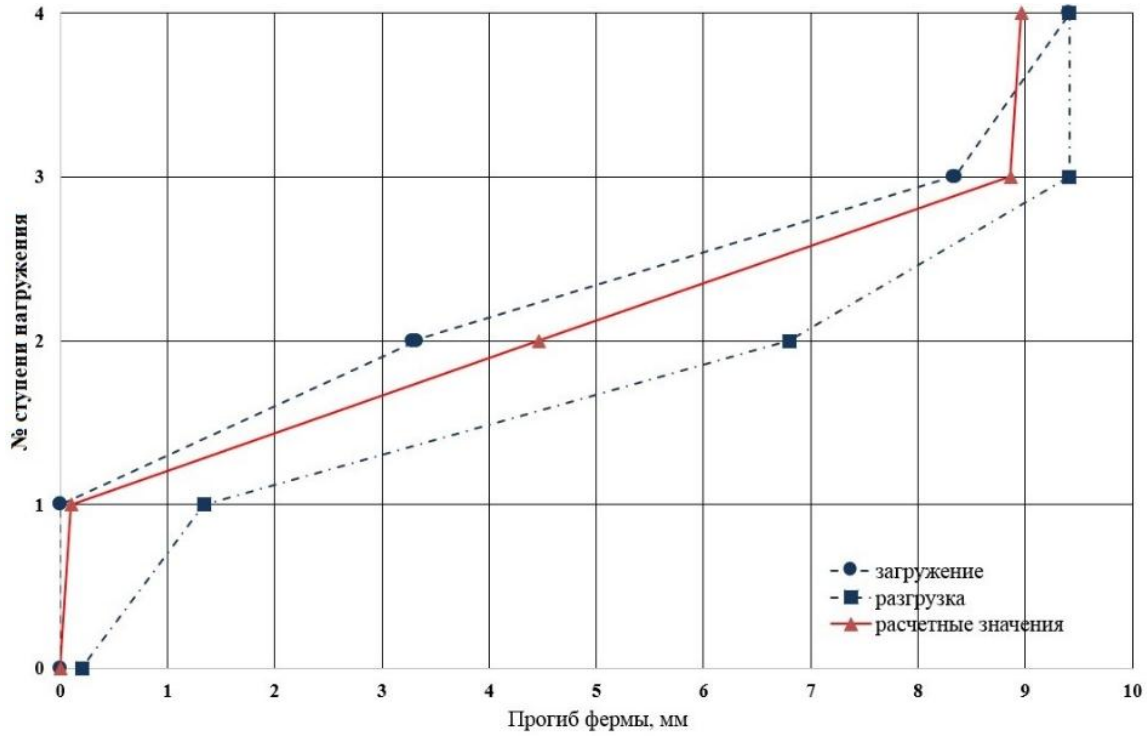

Рис. 6. Совмещенный график значений перемещений узла нижнего пояса фермы (в месте установки прогибомера И-2)

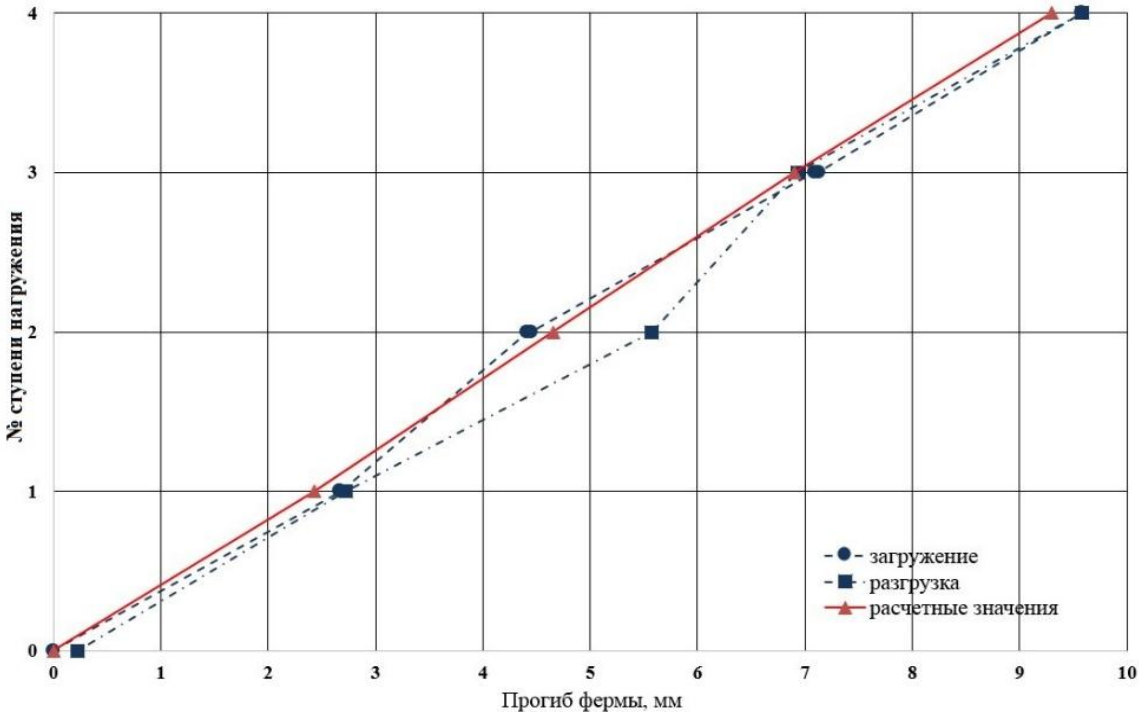

Рис. 7. Совмещенный график средних значений перемещений нижнего пояса пролетного строения в середине пролета, мм ((И-1+И-2)/2)

На рис. 7 приведен график усредненных значений перемещений нижнего пояса пролетного строения Пс-3 в середине пролета.

Сравнение значений перемещений узлов нижних поясов ферм пролетного строения Пс-3 в середине пролета (в местах установки прогибомеров И-1 и И-2) приведено в таблицах 2, 3.

При нагружении ферм пролетного строения Пс-3 грузами Р1-Р4 суммарным весом 5,0 т (50 кН) точность совпадения экспериментальных данных с расчетными составляет для

индикатора И-1 – 1,2% для индикатора И-2 – 5,0% (табл. 2).

Точность совпадения значений прогибов пролетного строения Пс-3 в середине пролета при нагрузках Р1-Р4 составляет 3% (табл. 3).

Таблица 2 – Сравнение экспериментальных данных с расчетными (по индикаторам)

Индикаторы	Значения перемещений узлов нижних поясов ферм пролетного строения Пс-3 в середине пролета (в местах установки прогибомеров И-1 и И-2)		Разница, %
	по экспериментальным данным (мм)	по расчету (мм)	
И-1	9,75	9,63	1,2%
И-2	9,41	8,96	5,0%

Таблица 3 – Сравнение экспериментальных данных с расчетными (среднее)

Индикаторы	Значения прогибов пролетного строения Пс-3 в середине пролета		Разница, %
	по экспериментальным данным (мм)	по расчету (мм)	
((И-1)+(И-2))/2	9,58	9,3	3%

Выводы:

1. Точность совпадения значений прогибов (экспериментальных данных с расчетными) составляет для индикатора И-1 – 1,2%, для индикатора И-2 – 5,0%.

2. Графики зависимости прогибов ферм пролетного строения от нагрузки, построенные в процессе испытания, носят линейный характер, что свидетельствует об упругой стадии работы металлических элементов ферм.

3. Экспериментальными исследованиями методом нагружения пролетного строения Пс-3 с целью контроля жесткости подтверждены данные, полученные по результатам поверочных расчетов. Геометрические отклонения элементов конструкций пролетного строения, не повлияли на жесткостные характеристики смонтированных конструкций. Приведение элементов конструкций к расчетным геометрическим параметрам или их усиление не требуется.

Литература

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

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

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

4. Шеховцов І.В. Монтаж конвейерной галереи методом надвижки в сейсмоопасном районе / І.В. Шеховцов, С.В. Петраш, О.В. Бондаренко, В.І. Шеховцов, Н.П. Спатарь // Збірник наукових праць «Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури». – Одесса: ОДАБА, 2016. – Вип. №65. – С.81-86.

5. Авдейчиков Г.В. Испытание строительных конструкций / Г.В. Авдейчиков. – М.: Издательство ассоциации строительных вузов, 2009. – 159 с.

References

1. Navantazhennia i vplyvy. DBN V.1.2-2:2006 [chynnyi vid 2007-01-01]. [Loads and actions. DBN V.1.2-2:2006 [effective from 2007-01-01]. K. Minrehionbud Ukrainy, 2006.

2. Zahalni pryntsypy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel, sporud, budivelnih konstrukciy ta osnov. DBN V.1.2-14-2009 [chynnyi vid 2009-12-01]. [General rules of guaranteeing reliability and mechanical safety of building, structures, building constructions and foundations. DBN V.1.2-14-2009 [effective from 2009-12-01]. K. Minrehionbud Ukrainy, 2009.

3. Konstruktsii budynkiv i sporud. Vyroby budivelni betonni i zalizobetonni zbirni. Metody vyprobuvan navantazhuvanniam. Pravyla otsinky mitsnosti, zhorstkosti ta tryshchinostiikosti. DSTU B V.2.6-7-95 (GOST 8829-94) [chynnyi vid 1996-01-01]. [Struvtures of building and erections. Concrete and reinforced concrete prefabricated building products. Loading test methods. Assessment rules of strength, rigity and crack resistance. DSTU B V.2.6-7-95 (GOST 8829-94) [effective from 1996-01-01]. K. Derzhavnyi komitet Ukrainy u spravakh mistobuduvannia i arkhitektury, 1997.

4. Shekhovtsov I.V., Petrash S.V., Bondarenko O.V., Shekhovtsov V.I., Spatar N.P. Montazh konveiernoi galerei metodom nadvyzhky v seismoopasnom rayone [Assembling of conveyor gallery by sliding method y in seismic region]. Zbirnyk naukovykh prats «Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury», Odessa: ODABA, Vol. 65, pp. 81-86, 2016.

5. Avdeichykov H.V. Ispitanie stroitelnih konstruktsyi [Testing of building structures]. M.: Yzdatelstvo assotsyatsyy stroytelnikh vuzov, 2009.

НАТУРНЕ ВИПРОБУВАННЯ ПРОЛЬОТНОЇ СПОРУДИ КОНВЕЄРНОЇ ГАЛЕРЕЇ З МЕТОЮ КОНТРОЛЮ ЇЇ ЖОРСТКОСТІ

Шеховцов І.В., к.т.н., доцент,
ogasanis@ukr.net , ORCID 0000-0003-3664-0723
Петраш С.В., к.т.н., доцент,
svet_lana_petrash@ogasa.org.ua, 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. У статті наведено результати натурних експериментальних досліджень прольотної споруди конвеєрної галереї з метою контролю її жорсткості на будівельному майданчику, а також результати перевірочних розрахунків.

В 2016-2017 роках виконувався монтаж металоконструкцій при будівництві термінала по перевантаженню зернових вантажів у районі порту «Південний». Однієї з конструкцій термінала була змонтована досліджувана конвеєрна галерея. Після її монтажу була виконана геодезична виконавча зйомка, за результатами якої були встановлені геометричні відхилення конструкцій від їхнього проектного положення. На підставі цього були сформовані цілі наведеного в даній статті дослідження: 1. Виконання контролю жорсткості пролітної будови (Пс-3) конвеєрної галереї (шляхом проведення натурного випробування навантаженням); 2. Виконання чисельного розрахунку конструкцій галереї; 3. Порівняння експериментальних даних з розрахунковими. Натурне випробування прольотної споруди конвеєрної галереї було здійснено методом навантаження вантажами (загальна маса дорівнює фактичному навантаженню від устаткування в період експлуатації). Навантаження проводилося послідовно в чотирьох вузлах пролітної споруди. Після останнього ступеня навантаження проводилося розвантаження. Під час проведення випробувань контролю підлягали

вертикальні переміщення нижнього поясу ферм прольотної споруди в середині прольоту. Вимір проводився прогиномірами годинникового типу та за допомогою геодезичних вимірів. Чисельний експеримент виконувався в програмному комплексі «ЛІРА-САПР 2015». Послідовність виконання розрахунків відповідає послідовності навантаження пролітної споруди вантажами при її випробуванні. Порівняння значень переміщень вузлів нижніх поясів ферм прольотної будови Пс-3 у середині прольоту показує збіг експериментальних даних з розрахунковими (від 1,2% до 5,0%).

Ключові слова: конвеєрна галерея, пролітна споруда, випробування, дослідження, галерея, контроль жорсткості.

FULL-SCALE TEST OF CONVEYOR GALLERY'S SPAN FOR STIFFNESS CONTROL

Shekhovtsov I.V., PhD, Assistant Professor,
ogasanis@ukr.net , ORCID 0000-0003-3664-0723
Petrash S.V., PhD, Assistant Professor,
svet_lana_petrash@ogasa.org.ua, ORCID 0000-0002-8567-3962
Bondarenko O.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 results of full-scale test of conveyor gallery's span for stiffness control in building conditions and numerical work are given.

In 2016-2017 at grain terminal's building near 'Yujniy' port assemblage of metalware was in progress. One of the assembled constructions was under test gallery. After it assemblage geodetic survey was done, that shows geometrical declinations from design position. For given reasons goals of research were generated: 1. Gallery's span (Ps-3) stiffness control (full-scale test by loading method); 2. Numerical calculation of gallery's constructions; 3. Comparison of experimental and calculated data. Full-scale test of gallery's span was realized by loading method. This method means that in characteristik points is mounted static weights. Weights were used to load the span (their weight was identical to the real load of equipment in exploitation period). Loading was sequentially in four nodes of span. Each block step had 15-minutes time lag. After last block step unloading was made. No time lags were made during unloading. At test time vertical displacement of bottom chord of span were measured. Measuring were made in central points of a span. The measuring equipment were clock-type deflection indicators with division value of 0.01 mm. Simultaneously geodetic control of characteristic points displacement was made.

Numerical experiments were made in finite element complex 'LIRA-SAPR 2015'. The order of calculations was the same as order of weight's loading at full-scale test. Calculated displacements of bottom chord of gallery's span (Ps-3) shows good convergence with experimental data (difference between 1.2% to 5.0%). Comparison for nodes in center of gallery's span was given in article. In article shows recommendations for further using the construction of the conveyor gallery.

Keywords: conveyor gallery, span, full-scale test, analysis, stiffness control.

Стаття надійшла 8.10.2018