



УДК 624.96



СЛИПИЧ О.О.

Канд. технічних наук,
головний інженер проекту,
ТОВ «Укрстройсервіс»,
м. Одеса, Україна,
e-mail: kmsalex@ukr.net,
тел.: +38 (098) 183-35-26,
ORCID: 0000-0002-3458-007X



РОМАНЕНКО К.М.

Канд. технічних наук,
старший викладач,
Криворізький національний
університет,
м. Кривий Ріг, Україна,
e-mail: renkr83@gmail.com,
тел.: +38 (097) 071-51-80,
ORCID: 0000-0003-2861-5595

ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЬ В КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТАХ КОНВЕЄРНОЇ ГАЛЕРЕЇ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇЇ ПОТРАПЛЯННЯ У РЕЗОНАНС З УРАХУВАННЯМ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОШКОДЖЕНЬ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ОБЛАДНАННЯ

АНОТАЦІЯ

У представленій статті авторами наведено результати обстеження та обмірів конструктивних елементів конвеєрної галереї, в якій планується реконструкція конвеєрного обладнання, з урахуванням експлуатаційних пошкоджень. Також наведено розрахунок зусиль, що виникають в конструктивних елементах конвеєрної галереї, перевірку поперечних перерізів згаданих елементів, а також можливість виникнення резонансу з урахуванням експлуатаційних пошкоджень та реконструкції конвеєрного обладнання.

Виконано: комп'ютерне моделювання будівельних конструкцій конвеєрної галереї за даними обмірів, виконаних під час обстеження, та проектної документації; збір навантажень від власної ваги будівельних конструкцій, від атмосферних явищ, з урахуванням кліматичної зони, в якій вони розташовані, та від динамічного впливу після реконструкції конвеєрного обладнання. Розрахунки виконані в програмно-обчислювальному комплексі «Structure CAD» відповідно до поставленої мети.

Визначено: зусилля в конструктивних елементах конвеєрної галереї, що виникають при діючих навантаженнях, а також частоти власних коливань галереї та середню частоту динамічного збурення від конвеєра після його реконструкції.

Перевірено: достатність поперечних перерізів конструктивних елементів конвеєрної галереї при діючих навантаженнях та можливість виникнення резонансних явищ після реконструкції конвеєрного обладнання. За результатами розрахунків авторами представленої статті надані деякі рекомендації щодо зниження вібраційних навантажень в конструктивних елементах конвеєрної галереї при збільшенні швидкості стрічки конвеєра.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: конструктивні елементи, галерея, конвеєр, моделювання, розрахунок, зусилля, частоти, резонанс

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСИЛИЙ В КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ КОНВЕЙЕРНОЙ ГАЛЕРЕИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ ПОПАДАНИЯ В РЕЗОНАНС С УЧЕТОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ И РЕКОНСТРУКЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ

СЛИПИЧ А.А. Канд. технических наук, главный инженер проекта, ООО «Укрстройсервис», г. Одесса, Украина
e-mail: kmsalex@ukr.net,
тел.: +38 (098) 183-35-26,
ORCID: 0000-0002-3458-007X

РОМАНЕНКО К.М. Канд. технических наук, старший преподаватель, Криворожский национальный университет, г. Кривой Рог, Украина,
e-mail: renkr83@gmail.com,
тел.: +38 (097) 071-51-80,
ORCID: 0000-0003-2861-5595

АННОТАЦИЯ

В представленной авторами статье приведены результаты обследования и замеров конструктивных элементов конвейерной галереи, в которой планируется реконструкция конвейерного оборудования, с учетом эксплуатационных повреждений. Также приведен расчет усилий, возникающих в конструктивных элементах конвейерной галереи, проверка поперечных сечений упомянутых элементов, а также возможность возникновения



резонанса с учетом эксплуатационных повреждений и реконструкции конвейерного оборудования.

Выполнено: компьютерное моделирование строительных конструкций конвейерной галереи по данным замеров, выполненных при обследовании, и проектной документации; сбор нагрузок от собственного веса строительных конструкций, от атмосферных явлений, с учетом климатической зоны, в которой они расположены, и от динамического воздействия после реконструкции конвейерного оборудования. Расчеты выполнены в программно-вычислительном комплексе «Structure CAD» согласно поставленной цели.

Определены: усилия в конструктивных элементах конвейерной галереи, которые возникают при действующих нагрузках, а также частоты собственных колебаний галереи и средняя частота динамического возмущения от конвейера после его реконструкции.

Проверена: достаточность поперечных сечений конструктивных элементов конвейерной галереи при действующих нагрузках и возможность возникновения резонансных явлений после реконструкции конвейерного оборудования. По результатам расчетов авторами представленной статьи предоставлены некоторые рекомендации по снижению вибрационных нагрузок в конструктивных элементах конвейерной галереи при увеличении скорости ленты конвейера.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: конструктивные элементы, галерея, конвейер, моделирование, расчет, усилия, частоты, резонанс

DETERMINATION OF EFFORTS IN THE CONSTRUCTIVE ELEMENTS OF THE CONVEYOR GALLERY AND POSSIBILITY OF ITS IMPACT IN THE RESONANCE WITH THE ACCOUNT OF OPERATIONAL DAMAGE AND RECONSTRUCTION EQUIPMENT

SLIPICH O.O. PhD, Chief engineer of the project, LLC "Ukrstroyserwis", Odessa, Ukraine
e-mail: kmsalex@ukr.net,
tel.: +38 (098) 183-35-26,
ORCID: 0000-0003-3937-6833

ROMANENKO K.M. PhD, Senior Lecturer, Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine,
e-mail: renkr83@gmail.com,
tel.: +38 (097) 071-51-80,
ORCID: 0000-0003-2861-5595

ABSTRACT

In the article presented by the authors, the results of inspection and measurements of constructional elements of the conveyor gallery are given, in which the reconstruction of conveyor equipment is

planned, taking into account operational damage. Also, the calculation of forces arising in the structural elements of the conveyor gallery, verification of the cross sections of the elements mentioned, as well as the possibility of resonance taking into account the operational damage and reconstruction of the conveyor equipment, is given. It is executed: computer modeling of building designs of a conveyor gallery according to the measurements made at inspection, and the design documentation; collection of loads from the weight of the building structures, from atmospheric phenomena, taking into account the climatic zone in which they are located, and from the dynamic impact after the reconstruction of the conveyor equipment. Calculations were made in the software and computer complex "Structure CAD" according to the goal. Efforts were made in the structural elements of the conveyor gallery that occur under the existing loads, as well as the natural gallery oscillation frequencies and the average frequency of the dynamic disturbance from the conveyor after its reconstruction. Cross sections of constructional elements of the conveyor gallery under loads and the possibility of occurrence of resonant phenomena after reconstruction of the conveyor belt.

KEY WORDS: constructive elements, gallery, conveyor, modeling, calculation, effort, frequency, resonance

ВСТУП

Одним із основних видів транспорту на підприємствах гірничодобувної та металургійної промисловостей є стрічкові конвеєри. Встановлюють їх, як правило, в галереях та інших виробничих спорудах. У робочому режимі конвеєрів на будівельні конструкції діють статичні й динамічні навантаження, що істотно впливають на їх напружено-деформований стан (НДС). Значний вплив на НДС та частоти коливань галерей мають експлуатаційні пошкодження та реконструкції обладнання галерей. Зміни частот власних коливань галереї та частот динамічного збурення від конвеєра можуть призвести до явища резонансу, що, в свою чергу, може викликати руйнівні наслідки.

Галерея №2 ДЗФ ВАТ «Полтавський ГЗК», що розглядається в цій статті, була збудована на початку 70-х років 20-го сторіччя і експлуатується до сьогодні. За час експлуатації змінювались нормативні документи, проводились реконструкції обладнання, змінювались розрахункові кліматичні умови [1] та виникли пошкодження в металевих конструкціях у вигляді корозії.

У зв'язку з цими обставинами, а також із збільшенням вібраційного навантаження (замінено привід конвеєра для збільшення швидкості руху конвеєрної стрічки) актуальним постає питання перевірного розрахунку металоконструкцій галереї.



ОГЛЯД ОСТАННІХ ДЖЕРЕЛ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Вивченню питань врахування динамічних навантажень від конвеєрів на будівельні конструкції та їх особливості присвятили свої роботи А.В. Андреев, В.Г. Дмитриєв, В.А. Д'яков, Г.Л. Ерліх, Г.Г. Кожушко, Б.П. Пасинков, С.А. Панкратов та інші вітчизняні й зарубіжні вчені.

Автори даної статті наводять розрахунок зусиль у конструктивних елементах конвеєрної галереї, перевірку поперечних перерізів її елементів, а також можливість виникнення резонансу.

ПОСТАНОВКА МЕТИ

Метою проведеного розрахунку є: визначення зусиль в елементах галереї; перевірка перерізів елементів галереї; визначення частоти власних коливань галереї та середньої частоти динамічного збурення від конвеєра і можливості потрапляння в зону резонансу.

ОСНОВНА ЧАСТИНА І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Просторова схема галереї представлена на рис.1.

Визначення зусиль, перевірка перерізів галереї та можливості потрапляння в зону резонансу прийняті:

- за кресленнями ГПІ Ленінградський «Промстройпроект»;
- за обмірними кресленнями ВАТ «ДИОС» (з урахуванням експлуатаційних пошкоджень);
- за даними існуючого конвеєра та нового приво-ду конвеєра.

При збиранні навантажень від власної ваги будівельних конструкцій використовувалися дані обмірів та проектна документація.

Жорсткості елементів галереї, за результатами обстеження, наведено в табл. 1.

Розрахункові навантаження на галерею представлено в табл. 2.

При виконанні розрахунку використані:

1. Технічні умови на обстеження та паспортизацію галереї №1, 1а, 2 та 6.
2. Програмно-обчислювальний комплекс «Structure CAD»

Перевірочний розрахунок галереї виконаний згідно з вимогами нормативних документів [1,3-5].

В програмному комплексі задають наступні завантаження:

- 1 – власна вага; 2 – покриття; 3 – підлога; 4 – пил; 5 – просипання; 6 – конвеєр; 7 – сніг; 8 – вітер +у; 9 – стіни; 10 – коливання; 11 – сходишки; 12 – вітер -у; 13 – пульсація; 14 – мінімальні коливання.

Навантаження від роботи конвеєра визначали за характеристиками обладнання та рекомендацій [2]. Оцінка динамічного впливу від роботи конвеєра виконана згідно з п.п. 3.14, 3.15, та 3.16 [2].

Для визначення можливості потрапляння до зони резонансу перевіряли умову:

$$\theta I' \leq \omega \leq \theta I'', \quad (1)$$

де $\theta I'$ – значення першої частоти власних коливань прольотної будівлі при максимальному навантаженні;

$\theta I''$ – значення першої частоти власних коливань прольотної будівлі при мінімальному навантаженні;
 ω – середня частота динамічного збурення конвеєра.

Середня частота динамічного збурення конвеєра визначена за формулою:

$$\omega = 2v/d, \quad (2)$$

де v – швидкість руху стрічки конвеєра (3,27 м/с);
 d – діаметр робочого ролика конвеєра (0,152 м).

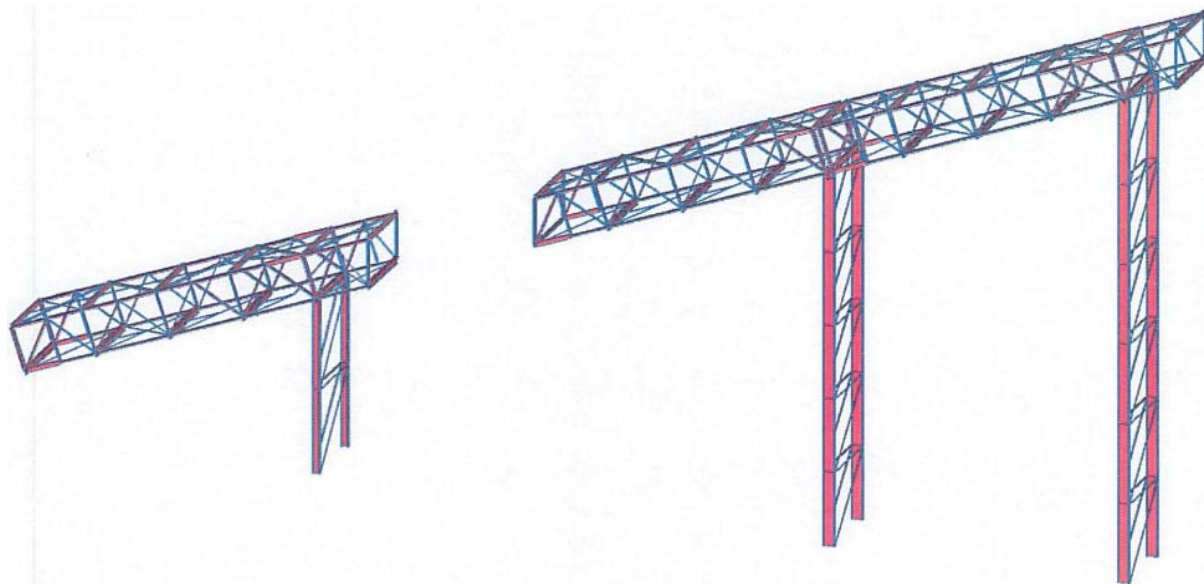


Рис. 1. Просторова схема галереї



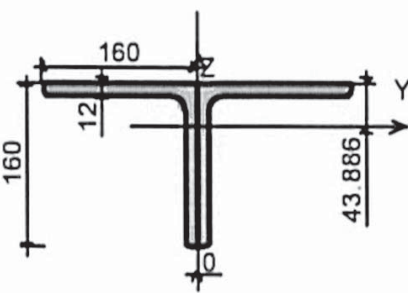
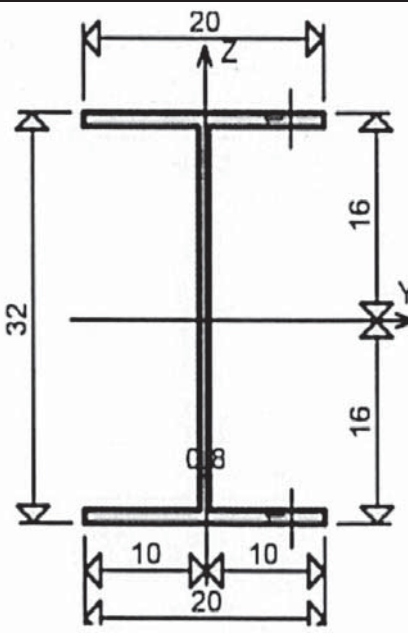
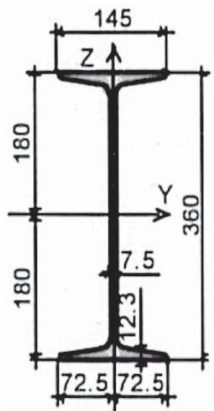
Таблиця 1. Жорсткості елементів галереї

№ з/п	Характеристики	Зображення поперечного перерізу елемента галереї
1	<p>Жорсткісні характеристики: $EI = 197820,0$; $EIY = 765,567598$; $EIZ = 1447,194$; $GKR = 3,581$; $GFY = 38769,23$; $GFZ = 38769,23$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1 = 0,035686$; $y_2 = 0,035686$; $z_1 = 0,072067$; $z_2 = 0,026452$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_0 = 7,8499999$ З'єднання кутиків полками вниз із зазором 0,01 Найменування: L200x12 Кутик рівнобічний ГОСТ 8509-93</p>	
2	<p>Жорсткісні характеристики: $EI = 132005,9979$; $EIY = 325,180806$; $EIZ = 629,322643$; $GKR = 1,6552306$; $GFY = 25846,1529$; $GFZ = 25846,1529$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1 = 0,028893$; $y_2 = 0,028893$; $z_1 = 0,057287$; $z_2 = 0,021054$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_0 = 7,8499999$ З'єднання кутиків полками вниз із зазором 0,01 Найменування: L160x10 Кутик рівнобічний ГОСТ 8509-93</p>	
3	<p>Жорсткісні характеристики: $EI = 800807,99924$; $EIY = 75,1589977$; $EIZ = 164,766167$; $GKR = 1,00907682$; $GFY = 16153,8467$; $GFZ = 16153,8467$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1 = 0,019418$; $y_2 = 0,019418$; $z_1 = 0,032865$; $z_2 = 0,012972$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_0 = 7,8499999$ З'єднання кутиків полками вниз із зазором 0,01 Найменування: L100x10 Кутик рівнобічний ГОСТ 8509-93</p>	



№ з/п	Характеристики	Зображення поперечного перерізу елементу галереї
4	<p>Жорсткісні характеристики: $EI_Y = 72240,00245$; $EI_Z = 83,2314021$; $EI_X = 171,725392$; $GKR = 0,57873333$; $GF_Y = 14215,3855$; $GF_Z = 14215,3855$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1 = 0,02067$; $y_2 = 0,02067$; $z_1 = 0,038405$; $z_2 = 0,014401$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_o = 7,8499999$</p> <p>З'єднання кутиків полками вниз із зазором 0,01 Найменування: L110x8 Куттик рівнобічний ГОСТ 8509-93</p>	
5	<p>Жорсткісні характеристики: $EI_Y = 36875,99964$; $EI_Z = 19,5593999$; $EI_X = 43,7264509$; $GKR = 0,16566868$; $GF_Y = 7269,23104$; $GF_Z = 7269,23104$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1 = 0,014822$; $y_2 = 0,014822$; $z_1 = 0,025748$; $z_2 = 0,00975$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_o = 7,8499999$</p> <p>З'єднання кутиків полками вниз із зазором 0,01 Найменування: L75x6 Куттик рівнобічний ГОСТ 8509-93</p>	
6	<p>Жорсткісні характеристики: $EI_Y = 103823,9984$; $EI_Z = 195,602398$; $EI_X = 385,791341$; $GKR = 1,05459374$; $GF_Y = 20353,8448$; $GF_Z = 20353,8448$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1 = 0,025626$; $y_2 = 0,025626$; $z_1 = 0,04984$; $z_2 = 0,018434$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_o = 7,8499999$</p> <p>З'єднання кутиків полками вниз із зазором 0,01 Найменування: L140x9 Куттик рівнобічний ГОСТ 8509-93</p>	



№ з/п	Характеристики	Зображення поперечного перерізу елементу галереї
7	<p>Жорсткісні характеристики: $EI_Y=157037,9929$; $EI_Z=383,413811$; $EI_Z=758,924601$; $GKR=2,83679109$; $GF_Y=31015,3835$; $GF_Z=31015,3835$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1=0,029289$; $y_2=0,029289$; $z_1=0,055615$; $z_2=0,021029$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_0=7,8499999$</p> <p>З'єднання кутиків полками вниз із зазором 0,01</p> <p>Найменування: L160x12 Кутик рівнобічний ГОСТ 8509-93</p>	
8	<p>Жорсткісні характеристики: $EI_Y=134399,996$; $EI_Z=2396,79971$; $EI_Z=280,2687$; $GKR=1,4483$; $GF_Y=28837,546$; $GF_Z=41353,8447$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1=0,020853$; $y_2=0,020853$; $z_1=0,011145$; $z_2=0,011145$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_0=7,8499999$</p> <p>Найменування: Двотавр $b=0,8$; $h=32$; $b_1=20$; $h_1=1$; $b_2=20$; $h_2=1$</p>	
9	<p>Жорсткісні характеристики: $EI_Y=129990,0021$; $EI_Z=2809,8$; $EI_Z=108,36$; $GKR=2,53616$; $GF_Y=29259,436$; $GF_Z=39996,92$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1=0,011497$; $y_2=0,011497$; $z_1=0,012008$; $z_2=0,012008$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_0=7,85$</p> <p>Найменування: Двотавр 36 з нахилом полок ГОСТ 8239-89</p>	



№ з/п	Характеристики	Зображення поперечного перерізу елемента галереї
10	<p>Жорсткісні характеристики: $EF=241919,984$; $EIY=4713,67627$; $EIZ=450,2937$; $GKR=8,0187$; $GFY=56577,77$; $GFZ=74436,9181$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y1=0,018613$; $y2=0,018613$; $z1=0,01107$; $z2=0,01107$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_0=7,85$ Найменування: Двотавр $b=1,6$; $h=35,2$; $b1=20$; $h1=1,6$; $b2=20$; $h2=1,6$</p>	
11	<p>Жорсткісні характеристики: $EF=18437,99982$; $EIY=15,5128$; $EIZ=4,0488$; $GKR=0,07672$; $GFY=5673,23024$; $GFZ=5673,23$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y1=0,004036$; $y2=0,007537$; $z1=0,015864$; $z2=0,015864$</p> <p>Кут повороту головних осей інерції: 45 Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_0=7,85$ Найменування: L75x6 Кутик рівнобічний ГОСТ 8509-93</p>	
12	<p>Жорсткісні характеристики: $EF=247800,009$; $EIY=11752,02$; $EIZ=284,76$; $GKR=8,0769$; $GFY=59907,69$; $GFZ=76246,1552$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y1=0,012768$; $y2=0,012768$; $z1=0,17245$; $z2=0,17245$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_0=7,85$ Найменування: Двотавр 55 з нахилом полок ГОСТ 8239-89</p>	



№ з/п	Характеристики	Зображення поперечного перерізу елемента галереї
13	<p>Жорсткісні характеристики: $EI_F=97650$; $EI_Y=1486,8$; $EI_Z=70,77$; $GK_R=1,5225$; $GF_Y=23378,4524$; $GF_Z=32550,0013$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1=0,010736$; $y_2=0,010736$; $z_1=0,1015$; $z_2=0,1015$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_0=7,85$ Найменування: Двотавр 30 з нахилом полок ГОСТ 8239-89</p>	
14	<p>Жорсткісні характеристики: $EI_F=72240,002$; $EI_Y=132,0942$; $EI_Z=211,3566$; $GK_R=0,578733$; $GF_Y=10050,3$; $GF_Z=10050,3$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1=0,035984$; $y_2=0,035984$; $z_1=0,033644$; $z_2=0,033644$</p> <p>Кут повороту головних осей інерції: 45 Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_0=7,85$ З'єднання кутиків хрестом із зазором 0,01 Найменування: L110x8 Кутик рівнобічний ГОСТ 8509-93</p>	
15	<p>Жорсткісні характеристики: $EI_F=351959,981$; $EI_Y=43210,1441$; $EI_Z=2482,713$; $GK_R=6,272$; $GF_Y=75496,2499$; $GF_Z=108295,381$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1=0,038129$; $y_2=0,038129$; $z_1=0,029654$; $z_2=0,029654$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_0=7,85$ Найменування: Двотавр $b=0,8$; $h=82,8$; $b_1=37$; $h_1=1,4$; $b_2=37$; $h_2=1,4$</p>	



№ з/п	Характеристики	Зображення поперечного перерізу елементу галереї
16	<p>Жорсткісні характеристики: $EF=67115,99766$; $EIY=94,76039$; $EIZ=4868,9387$; $GKR=0,52953$; $GFY=16153,8469$; $GFZ=10338,46$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y1=0,21983$; $y2=0,21983$; $z1=0,034861$; $z2=0,016708$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_0=7,8499999$</p> <p>З'єднання кутиків полками вниз із зазором 0,5</p> <p>Найменування: L125x80x8</p> <p>Кутик нерівнобічний ГОСТ 8510-86</p>	
17	<p>Жорсткісні характеристики: $EF=301559,988$; $EIY=16123,1722$; $EIZ=2482,444$; $GKR=5,875$; $GFY=55188,32$; $GFZ=92787,6917$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y1=0,044497$; $y2=0,044497$; $z1=0,020252$; $z2=0,020252$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_0=7,85$</p> <p>Найменування: Двотавр $b=0,8$; $h=52,8$; $b1=37$; $h1=1,4$; $b2=37$; $h2=1,4$</p>	
18	<p>Жорсткісні характеристики: $EF=58506,001$; $EIY=72,046795$; $EIZ=49,7422$; $GKR=0,49889$; $GFY=15400,001$; $GFZ=9800,0003$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y1=0,011336$; $y2=0,011336$; $z1=0,034111$; $z2=0,016663$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_0=7,85$</p> <p>З'єднання кутиків полками вниз із зазором 0,01</p> <p>Найменування: L110x70x8</p> <p>Кутик нерівнобічний ГОСТ 8510-86</p>	



№ з/п	Характеристики	Зображення поперечного перерізу елемента галереї
19	<p>Жорсткісні характеристики: $EI_Y = 192863,982$; $EI_Z = 4468,053$; $EIZ = 428,2549$; $GKR = 5,58746$; $GF_Y = 40285,93$; $GF_Z = 59342,7622$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1 = 0,020186$; $y_2 = 0,020186$; $z_1 = 0,16567$; $z_2 = 0,092976$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_o = 7,85$</p> <p>Найменування: Двотавр $b = 0,9$; $h = 38,9$; $b_1 = 14,2$; $h_1 = 1,1$; $b_2 = 22$; $h_2 = 2$</p>	
20	<p>Жорсткісні характеристики: $EI_Y = 308468,987$; $EI_Z = 12975,467$; $EIZ = 1633,614$; $GKR = 9,889$; $GF_Y = 66001,86$; $GF_Z = 94913,5315$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1 = 0,03009$; $y_2 = 0,03009$; $z_1 = 0,23032$; $z_2 = 0,12074$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_o = 7,85$</p> <p>Найменування: Двотавр $b = 1,1$; $h = 53,1$; $b_1 = 16,7$; $h_1 = 1,3$; $b_2 = 35,2$; $h_2 = 2$</p>	
21	<p>Жорсткісні характеристики: $EI_Y = 286628,997$; $EI_Z = 12274,279$; $EIZ = 1052,117$; $GKR = 8,8138$; $GF_Y = 63513,27$; $GF_Z = 88193,54$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1 = 0,024471$; $y_2 = 0,024471$; $z_1 = 0,21872$; $z_2 = 0,12774$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_o = 7,85$</p> <p>Найменування: Двотавр $b = 1,1$; $h = 53,1$; $b_1 = 16,7$; $h_1 = 1,3$; $b_2 = 30$; $h_2 = 2$</p>	



№ з/п	Характеристики	Зображення поперечного перерізу елемента галереї
22	<p>Жорсткісні характеристики: $EI_F=342677,978$; $EI_Y=16749,16$; $EI_Z=1767,722$; $GKR=12,746$; $GF_Y=69882,687$; $GF_Z=105439,38$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1=0,029309$; $y_2=0,029309$; $z_1=0,22464$; $z_2=0,15253$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_o=7,85$ Найменування: Двотавр $b=1,1$; $h=53,8$; $b_1=19$; $h_1=2$; $b_2=35,2$; $h_2=2$</p>	
23	<p>Жорсткісні характеристики: $EI_F=159137,999$; $EI_Y=658,6397$; $EI_Z=378,877$; $GKR=3,07786773$; $GF_Y=42000,0$; $GF_Z=26250,0$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1=0,018313$; $y_2=0,018313$; $z_1=0,063284$; $z_2=0,030748$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_o=7,8499999$ З'єднання кутиків полками вниз із зазором 0,01 Найменування: L200x125x12 Куттик нерівнобічний ГОСТ 8510-86</p>	
24	<p>Жорсткісні характеристики: $EI_F=67115,99766$; $EI_Y=94,76039$; $EI_Z=11783,2$; $GKR=0,52956$; $GF_Y=16153,847$; $GF_Z=10338,46$</p> <p>Розміри ядра перерізу: $y_1=0,36576$; $y_2=0,36576$; $z_1=0,034861$; $z_2=0,016708$</p> <p>Коефіцієнт Пуассона: 0,3 Питома вага: $R_o=7,8499999$ З'єднання кутиків полками вниз із зазором 0,8 Найменування: L125x80x8 Куттик нерівнобічний ГОСТ 8510-86</p>	



Таблиця 2. Атмосферні навантаження визначені за вказівками [1]

№ з/п	Найменування навантаження	Одиниця вимірювання	Нормативне навантаження	Коефіцієнт надійності за навантаження	Розрахункове навантаження	Примітка
Постійні навантаження						
1	Покрівля					
1.1	3 шари руберойду на бітумній мастиці	кг/м ²	16	1,1	18	
1.2	Асфальтова стяжка – 15 мм	кг/м ²	30	1,2	36	
1.3	Утеплювач пінобетон $\gamma=700$ кг/м ³ – 80 мм	кг/м ²	56	1,2	67	
1.4	Збірні залізобетонні плити покриття	кг/м ²	175	1,1	192	
1.5	Промпроводки	кг/м ²	50	1,2	60	
1.6	Залізобетонна балка 0,25x0,3 м	кг/м ²	30	1,1	33	
1.7	Власна вага металоконструкцій					Враховується програмою
2	Стіни					
2.1	Власна вага панелей $\gamma=1200$ кг/м ³	кг/м ²	370	1,1	410	
2.2	Віконні панелі дерев'яні	кг/м ²	38	1,1	42	
3	Підлога галереї					
3.1	Залізобетонні сходинок	кг/м ²	136	1,1	150	
3.2	Бетон по ухилу $\delta_{ср.}=80$ мм	кг/м ²	207	1,1	228	
3.3	Холодна асфальтова мастика	кг/м ²	27	1,2	32	
3.4	Утеплювач пінобетон $\gamma=700$ кг/м ³ – 80 мм	кг/м ²	56	1,2	67	
3.5	Збірні залізобетонні плити покриття	кг/м ²	295	1,1	325	
3.6	Власна вага металоконструкцій					Враховується програмою
Тимчасові навантаження						
4	Навантаження від конвеєра та матеріалу, що транспортується	кг/м			730	
5	Просипання	кг/м ²	67	1,2	80	
Атмосферні навантаження						
6	Снігове навантаження	Па			1280	Характеристичне значення
7	Вітрове навантаження	Па			430	Характеристичне значення
8	Пил	кг/м ²	50	1,2	60	



$$\omega = 2 \times 3,27 / 0,152 = 43,0263 \text{ рад/с.}$$

На рис. 2 наведена перевірка елементів галереї з коефіцієнтами їх використання (K_{max}).

Значення періодів та частот власних коливань прольотної будівлі при максимальному та мінімальному завантаженні отримані з розрахунку в програмі «Structure CAD» та наведені в табл. 3.

Згідно з п 3.13 [2]:

$$\Theta I' = 0,9 \times \Theta I_{min} = 0,9 \times 25,31 = 22,8 \text{ рад/с.}$$

$$\Theta I'' = 0,9 \times \Theta I_{max} = 1,1 \times 25,191 = 27,71 \text{ рад/с.}$$

Таким чином,

$$\omega > \Theta I' > \Theta I'' \quad (43,0263 > 22,28 > 27,71).$$

Згідно з п 3.13 [2] резонансні явища відсутні.

Найбільше поздовжнє навантаження, що діє на конструкції галереї від конвеєра, виникає в момент пуску або розгону стрічки по всій довжині галереї.

Таблиця 3. Періоди власних коливань (5 форм коливань)

Завантаження	№ з/п	Власні значення	Періоди коливань		Періоди
			Частота		
			1/С	Гц	
10	1	0,04	25,191	4,011	0,249
10	2	0,04	25,212	4,015	0,249
10	3	0,04	25,283	4,026	0,248
10	4	0,04	25,292	4,027	0,248
10	5	0,04	25,294	4,028	0,248
14	1	0,04	25,31	4,03	0,248
14	2	0,039	25,506	4,077	0,45
14	3	0,039	25,72	4,096	0,244
14	4	0,038	26,252	4,18	0,239
14	5	0,038	26,292	4,187	0,239

Поздовжнє навантаження на 1 п.м. галереї визначається за формулою:

$$T = [g_m + 2g_d] \sin\beta + 1,5 \cos\beta [(g_m + g_a + g_p) \times W_p - (g_a + g_x) W_d] + 0,9(g_p - g_x)a/g, \quad (3)$$

де

g_m – вага матеріалу, що транспортується на 1 п.м. стрічки;

g_d – вага 1м² стрічки;

g_p, g_x – вага (кг/м) робочих та холостих роликів;

β – кут нахилу галереї;

W_p, W_x – коефіцієнти тертя роликів;

a – прискорення руху стрічки при пуску (м/с²).

При ширині стрічки конвеєра $b = 1,6$ м:

$$g_a = 25,3 \times 1,6 = 40,5 \text{ кг/м.}$$

$$g_m = 510 \text{ кг/м.}$$

$$g_p = 23 \times 3 / 1 = 75 \text{ кг/м.}$$

$$g_x = 69 / 3 = 23 \text{ кг/м.}$$

$$\beta = 20^\circ;$$

$W_x = W_p = 0,05$ (прийнято умовно);

$$a = 5,0 \text{ м/с}^2 \text{ (прийнято умовно);}$$

g – прискорення вільного падіння 9,81 м/с².

Таким чином:

$$T = [510 + 2 \times 40] \sin 20^\circ + 1,5 \cos 20^\circ [(510 + 40,5 + 75) 0,05 - (510 + 40,5 + 75) 0,05]$$

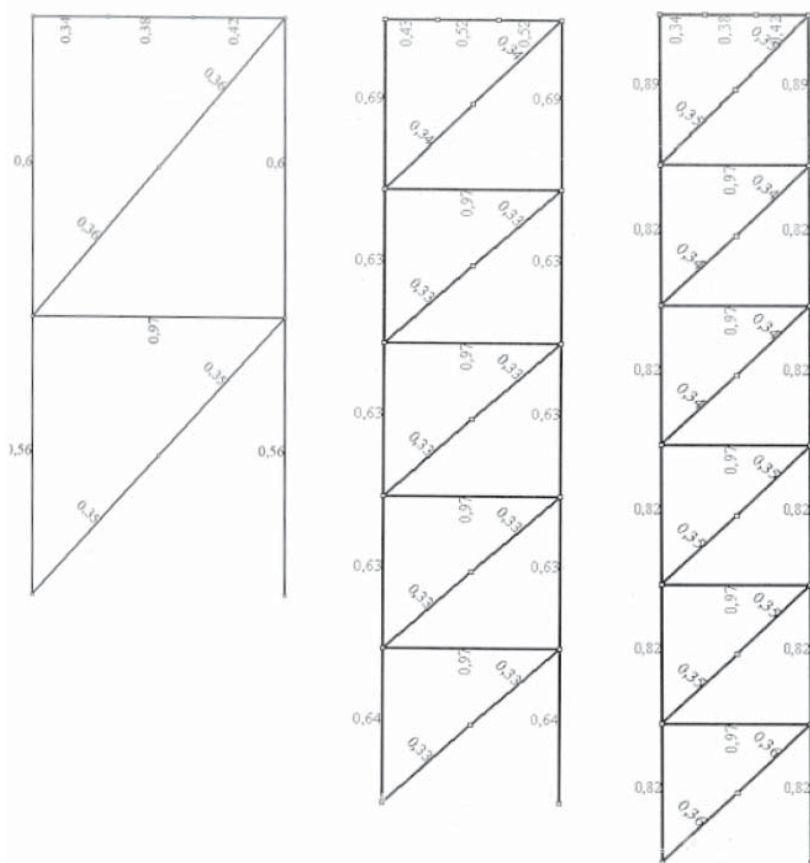


Рис. 2. Перевірка елементів галереї з коефіцієнтами їх використання



$$-(40,5+23)0,05]+0,9(72-23)5/9,81=202,13+44,08-$$

$$-3,175+23,85=266,9 \text{ кг/м.}$$

Навантаження, що прикладене до будівельних конструкцій підлоги і направлене вгору по ухилу галереї, при роботі конвеєра «розвантажує» розтягнуті пояси ферми галереї. При перевірці несучої здатності ферм дія цього навантаження не враховувалась. Оцінка поздовжнього навантаження визначена за [6].

ВИСНОВКИ

В результаті перевірконого розрахунку галереї встановлено, що її конструкції сприймають фактичні навантаження з урахуванням коефіцієнтів динамічності $k=1,15$ (навантаження від конвеєра) та $k=1,2$ (пульсаційна складова вітрового навантаження). Рівень напружень та деформацій металоконструкцій не перевищує вимог нормативних документів.

Вібраційне навантаження на будівельні конструкції галереї виникає від роликів опор конвеєра при швидкості стрічки 2,09 м/с ($\omega_1=2 \times 2,09/0,152=27,5$ рад/с), а при збільшенні швидкості до 3,27 м/с ($\omega_2=2 \times 3,27/0,152=43$ рад/с) в 1,56 рази більше, ніж до реконструкції галереї, але складова частина цього навантаження менше 1% від загального.

Кругова частота збурюючого навантаження в обох випадках більша кругової частоти будівельних конструкцій при мінімальному та максимальному навантаженні і тому явища резонансу від збурюючого навантаження не буде.

Згідно з табл. 7 державних санітарних норм [7], для загальної вібрації категорії 3 (технологічна типу А) гранично допустимі рівні по осях x_z , y_z , z_z віброприскорення складають для частот $4 \div 8$ Гц – 56 мм/с², що в 1,30...1,84 рази менше значень, одержаних при вимірюваннях 29.01.2015 року та 02.02.2015 року.

При збільшенні швидкості стрічки конвеєра до 3,27 м/с для зниження вібрації рекомендовано:

- замінити дефектні ролики на нові або відремонтовані;
- забезпечити якісне кріплення роликів до конструкцій конвеєра;
- забезпечити прилягання конвеєрної стрічки до всіх роликів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2-2:2006. – [Чинні від 2007-01-01]. - Київ: Сталь, 2006. – 60 с. – (Держ. буд. норми України).

2. Пособие по проектированию конвейерных галерей (к СНиП 2.09.03-85) / ГПИ Ленпроектстальконструкция Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1989. – 108 с.
3. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу: ДБН В.2.6-163:2010. - [Чинні від 2011-12-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2011. – 202 с. – (Держ. буд. норми України).
4. Сталеві конструкції, Норми проектування: ДБН В.2.6-198:2014. - [Чинні від 2015-01-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2014. – V, 199 с. - (Держ. буд. норми України).
5. Сооружения промышленных предприятий: СНиП 2.09.03-85 / Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 56 с.
6. Справочник проектировщика инженерных сооружений / В.Ш. Козлов и др.; под ред. Д.А. Коршунова. - Киев: Будивельник, 1988. - 352 с.
7. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. ДСН 3.3.6.039-99 / Міністерство охорони здоров'я України. – Київ, 2000, 39 с.

REFERENCES

1. System of reliability and safety of construction objects. Load and impact. Design standards. DBN V.1.2-2: 2006. - K.: Steel, 2006. - 60 p.
2. A manual for SNiP 2.09.03-85 - Manual for designing conveyor galleries. Stroyizdat, 1989.
3. Structures of buildings and structures. Steel structures. Design, manufacturing and installation standards: DBN V.2.6-163: 2010. [Effective from 2011-12-01]. - K.: DP "Ukrarhbudinform", 2011 - 216 p. - (Bud. normu of Ukraine).
4. DBN V.2.6-198: 2014. Steel structures, Design standards. 2014. [Effective from 2015-01-01]. - K.: DP "Ukrarhbudinform", - V, 199 p.
5. SNiP 2.09.03-85 Facilities of industrial enterprises / State Committee of the USSR on construction.
6. Directory of designer of engineering structures / V.Sh. Kozlov et al. ; Ed. D.A. Korshunova-2 ed., Pererab. and add-on: Budivelnik, 1988.-352 p.
7. State sanitary norms of production of general and local vibration. DSN 3.3.6.039-99.

Стаття надійшла до редакції 14.08.2018 р.