



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

**МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ**  
**МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ**  
**METAL CONSTRUCTIONS**

2013, ТОМ 19, НОМЕР 4, 225–234

УДК 624.014.04

(13)-0300-1

## **АНАЛІЗ ВПЛИВУ ДИНАМІЧНОГО ХАРАКТЕРУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ПРОЛЬОТНОЇ БУДОВИ ГРАТЧАСТОЇ КОНВЕЄРНОЇ ГАЛЕРЕЇ**

**В. М. Кущенко, М. В. Губарев**

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,  
вул. Державіна, 2, м. Макіївка, Донецька область, Україна, 86123.  
E-mail: 2012tv88@mail.ru*

*Отримана 29 жовтня 2013; прийнята 22 листопада 2013.*

**Анотація.** У статті виконано аналіз впливу швидкості руху конвеєра на напружено-деформований стан конструкцій ґратчастих конвеєрних галерей прольотом 18 та 30 м. Дослідження виконані на просторових стержньових розрахункових моделях з урахуванням динамічного характеру технологічного навантаження. У результаті чисельних експериментів отримані коефіцієнти динамічності за внутрішніми зусиллями для основних конструктивних елементів ґратчастих конвеєрних галерей. Для найбільш напружених елементів коефіцієнт динамічності за внутрішніми зусиллями складає діапазон від 1,20 до 1,26, збільшення напружень за відношенням до напружень, отриманих за нормативною методикою (Посібник з проектування конвеєрних галерей (до СНиП 2.09.03-85)) складає від 16,1 до 19,5 %.

**Ключові слова:** конструкції ґратчастих конвеєрних галерей, динамічні навантаження, напружено-деформований стан, коефіцієнт динамічності за внутрішніми зусиллями, коефіцієнт використання перерізів.

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОЛЁТНОГО СТРОЕНИЯ РЕШЁТЧАТОЙ КОНВЕЙЕРНОЙ ГАЛЕРЕИ**

**В. Н. Кущенко, М. В. Губарев**

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,  
ул. Державина, 2, г. Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123.  
E-mail: 2012tv88@mail.ru*

*Получена 29 октября 2013; принята 22 ноября 2013.*

**Аннотация.** В статье выполнен анализ влияния скорости движения конвейера на напряжённо-деформированное состояние конструкций решётчатых конвейерных галерей пролётом 18 и 30 м. Исследование выполнено на пространственных стержневых расчётных моделях с учётом динамического характера технологической нагрузки. В результате численных экспериментов получены коэффициенты динамичности по внутренним усилиям для основных конструктивных элементов решётчатых конвейерных галерей. Для наиболее напряжённых элементов коэффициент динамичности по внутренним усилиям составляет диапазон от 1,20 до 1,26, увеличение напряжений по отношению к напряжениям,

полученным по нормативной методике (Пособие по проектированию конвейерных галерей (к СНиП 2.09.03-85)) составляет от 16,1 до 19,5 %.

**Ключевые слова:** конструкции решётчатых конвейерных галерей, динамические нагрузки, напряжённо-деформированное состояние, коэффициент динамичности по внутренним усилиям, коэффициенты использования сечений.

## THE ANALYSIS OF INFLUENCE OF DYNAMIC CHARACTER OF TECHNOLOGICAL LOADING ON INTENSE-STATE OF STRAIN THE SUPERSTRUCTURE OF TRELLISED CONVEYOR PASSAGEWAY

**Volodymyr Kushchenko, Miroslav Hubarev**

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,  
2, Derzhavina Str., Makiivka, Donetsk Region, Ukraine, 86123.  
E-mail: 2012mv88@mail.ru*

*Received 29 October 2013; accepted 22 November 2013.*

**Abstract.** In article the analysis of influence of speed of movement of the conveyor on intense-state of strain designs of trellised conveyor passageways by span of 18 m and 30 m. has been carried out. Research on spatial rod settlement models with the account of dynamic character of technological loading has been also carried out. As a result of numerical experiments, dynamism factors on internal efforts for the basic structural components of trellised conveyor passageways have been received. For the most intense elements the dynamism factor on internal efforts makes a range from 1.20 to 1.26, the increase in pressure in relation to the pressure received by a standard technique (Textbook of conveyor gallery design (to SNIP 2.09.03-85)) makes from 16.1 to 19.5 %.

**Keywords:** constructions of trellised conveyor passageways, dynamic loadings, tensely-state of strain, dynamism factor on internal efforts, coefficient of utilizations of sectional views.

### Актуальность

Технологические нагрузки, действующие на строительные конструкции конвейерных галерей, имеют динамический характер, обусловленный вынужденными колебаниями конвейерной ленты с сыпучим материалом. Динамический характер технологической нагрузки учитывается нормами [7, 8] коэффициентом динамичности, на который умножается расчётное значение технологической нагрузки. Указанный коэффициент динамичности определяется независимо от скорости движения конвейера [8]. При этом в работах [9, 11, 12, 14, 15] отмечается, что интенсивность величины динамической нагрузки существенно зависит от скорости движения конвейера. Таким образом, работа посвящённая анализу влияния скорости движения конвейера на напряжённо-деформированное состояние (НДС) пролётных строений конвейерных галерей является актуальной научной задачей.

### Характеристика объекта исследования

Объектом исследования являются решётчатые конвейерные галереи, оборудованные ленточными конвейерами с жёсткими конвейерными станами. Конвейерные галереи состоят из следующих конструктивных частей: пролётного строения, конвейерного стана, плоских опор, неподвижной опоры, фундаментов (рис. 1). Пролётные строения конвейерных галерей включают: главные и ветровые фермы, ветровые рамы и плоские опоры (рис. 2). Основными конструктивными элементами пролётных строений являются: опорный раскос, раскос, верхний пояс, нижний пояс, балки перекрытия (рис. 2).

### Анализ литературных источников по теме исследования

Инженерная методика расчёта решётчатых конвейерных галерей приведена в нормативных литературных источниках [1, 3, 4–8, 17].



Рисунок 1. Общий вид конструкции решётчатой конвейерной галереи.

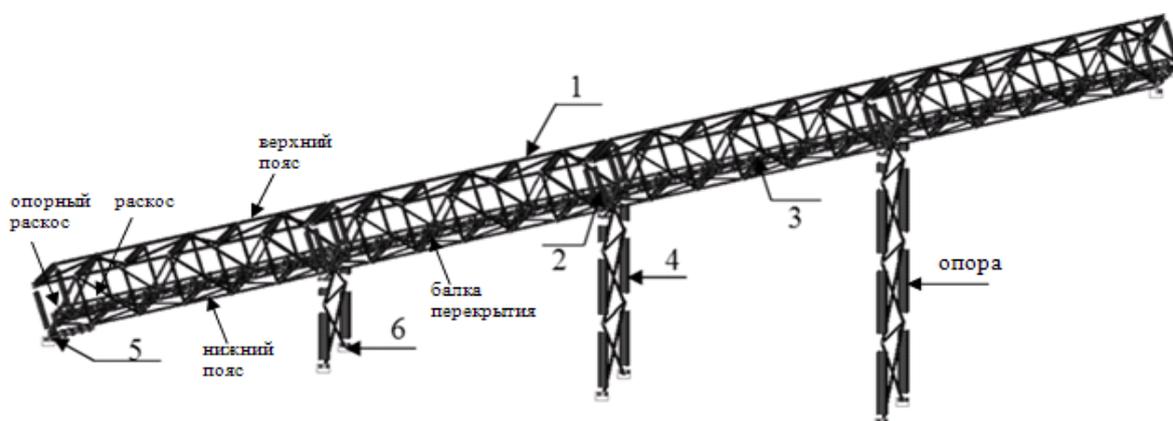


Рисунок 2. Расчётная стержневая модель решётчатой конвейерной галереи: 1 – пролётное строение, 2 – ветровая рама, 3 – конвейерный стан, 4 – плоская (шарнирная) опора, 5 – неподвижная (анкерная) опора, 6 – опорное закрепление.

В работе авторов [13] приведены результаты анализа влияния факторов длительной эксплуатации на несущую способность конвейерных галерей. В указанной работе технологические нагрузки принимались в виде статических эквивалентов в соответствии с положениями [8], т. е. с учётом коэффициента динамичности  $K_d = 1,15$ , который не зависит от скорости движения конвейера. В работах [9, 11, 12, 14, 15] приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований в области динамики конструкций конвейерных галерей, кото-

рые показывают существенное влияние скорости движения ленточных конвейеров на величину динамических нагрузок. Анализ литературных источников также показал отсутствие работ, посвящённых исследованию влияния скорости движения конвейера на НДС элементов пролётных строений решётчатых конвейерных галерей.

**Целью работы** является анализ влияния скорости движения конвейера на НДС конструктивных элементов пролётных строений решётчатых конвейерных галерей.

### Задачи исследования

1. Построение расчётных моделей конструкций решётчатых конвейерных галерей с учётом пространственной работы пролётом 18 и 30 м и динамического характера технологической нагрузки.
2. Определение НДС характерных конструктивных элементов при статическом нагружении и с учётом динамического характера технологической нагрузки.
3. Установление зависимости коэффициентов динамичности для элементов конвейерных галерей по внутренним усилиям от скорости движения конвейера.

### Методика исследования

Исследования выполнялись методом математического моделирования НДС с использованием метода конечного элемента (МКЭ) в среде программного комплекса SCAD office.

Для анализа НДС элементов пролётных строений выбрана решётчатая конвейерная галерея по типовой серии 3.016-3 ЦНИИПроект-стальконструкция: количество пролётов – 4, длина пролёта – 18 и 30 м, ширина галереи – 4,2 м, ширина конвейерной ленты – 1 м, угол наклона к горизонту  $18^\circ$  (рис. 2), тип ограждающей конструкции – сборные ж/б панели, галерея отапливаемая, максимальная скорость движения ленты – 2 м/с.

Анализ НДС элементов пролётных строений выполнялся на расчётной модели с учётом стана конвейера (рис. 3).

Конструкция конвейерного стана аппроксимирована стержневыми конечными элементами, которые совместно с конструкциями пролётного строения образуют единую пространственную стержневую систему.

Вынужденные колебания конвейерной ленты с сыпучим материалом имеют механизм кинематического возбуждения, который заключается в том, что роликоопоры вращаются с эксцентриситетом, что является причиной периодического поступательного движения конвейерной ленты в вертикальном направлении. В данной работе рассматривалось синхронное биение всех роликоопор с частой обусловленной скоростью движения конвейера. При этом силы взаимодействия роликоопор с конвейерным станом изменяются по гармоническому закону:

$$P(t) = P_0 \cdot \sin(\omega t), \quad (1)$$

где:  $P_0$  – постоянная амплитуда силы (тс), которая принята равной 15 % от технологической нагрузки [8];

$t$  – время (с);

$\omega$  – частота возмущающей силы от вращения роликов (рад/с):

$$\omega = \frac{2 \cdot v}{d}, \quad (2)$$

$v$  – скорость движения конвейера (м/с);

$d$  – диаметр роликов (м).

Возмущающая сила  $P(t)$  прикладывалась к узлам крепления роликоопор в соответствии с расчётной схемой, приведенной на рис. 3.

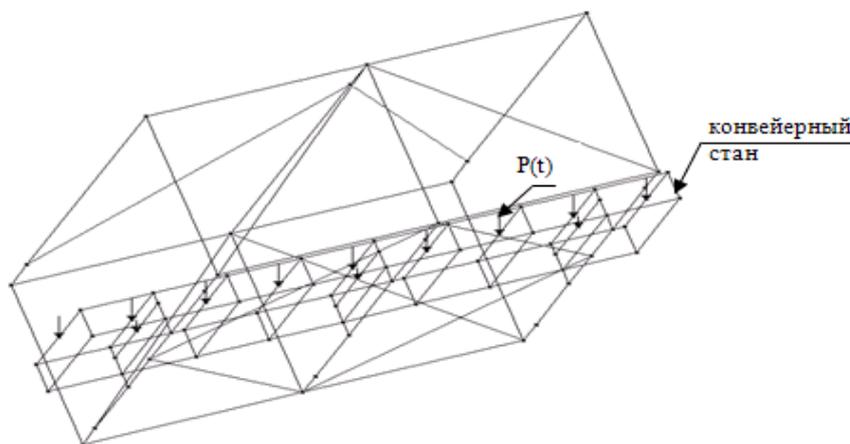


Рисунок 3. Фрагмент расчётной модели конструкции решётчатой конвейерной галереи пролётом 18 и 30 м.

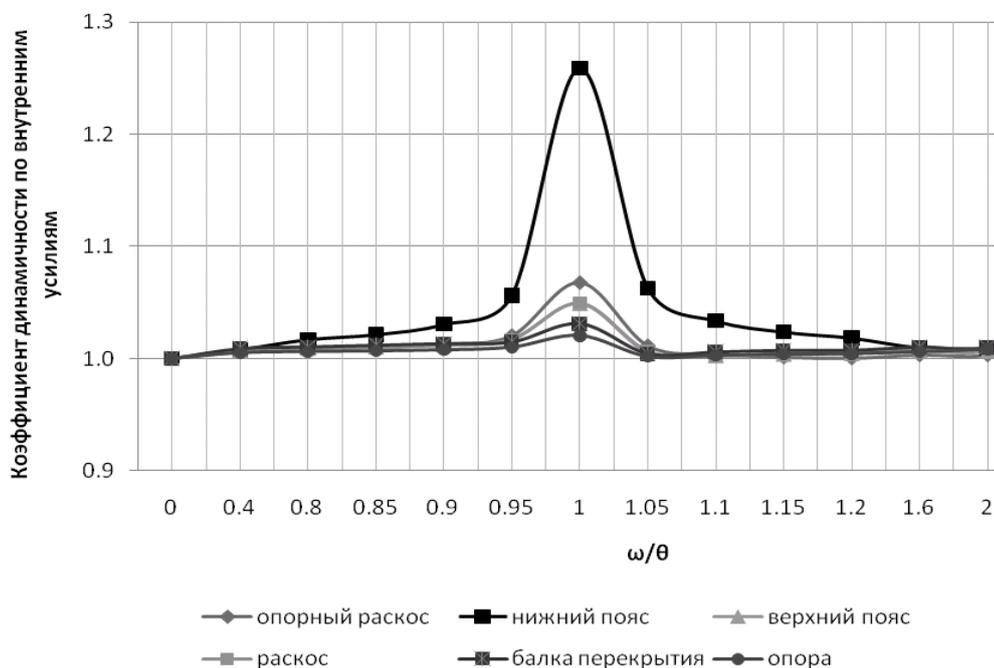
**Основная часть**

В результате анализа НДС элементов пролётных строений получены зависимости коэффициентов динамичности по внутренним усилиям от скорости движения конвейера для основных конструктивных элементов конвейерных галерей (рис. 4).

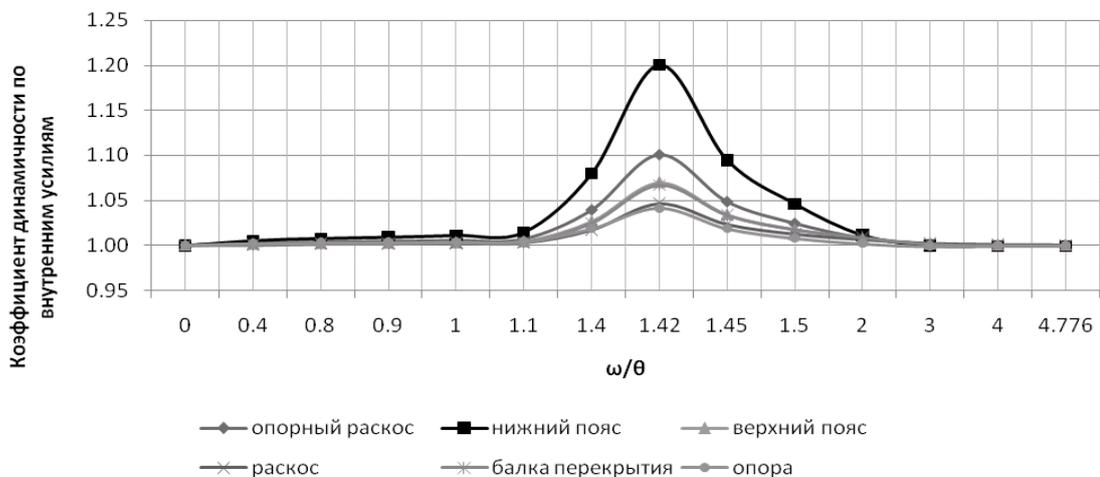
На графиках, приведенных на рис. 4, можно выделить три области:

- для конвейерной галереи пролетом 18 м рис. 4а:
- первая область соответствует изменению безразмерного параметра  $\omega/\theta = 0...0,95$  (скорость движения конвейера от 0 до 0,50 м/с – начало движения конвейера), для которой коэффициент динамичности по внутренним усилиям для характерных конструктивных элементов изменяется от 1,00 до 1,06, что не

а)



б)



**Рисунок 4.** График зависимости коэффициента динамичности по внутренним усилиям от скорости движения конвейера в конструктивных элементах: а) пролёт 18 м, б) пролёт 30 м.  $\theta$  – частота тона собственных колебаний (Гц),  $\omega$  – частота вынужденных колебаний (Гц).

- превышает результаты, полученные по нормативной методике [8];
- вторая область соответствует изменению безразмерного параметра  $\omega / \theta = 0,95 \dots 1,00$  (скорость движения конвейера от 0,5 до 0,6 м/с – резонансный режим), для которой коэффициент динамичности по внутренним усилиям для характерных конструктивных элементов достигает значения **максимума** и изменяется от 1,06 до 1,26, что превышает результаты, полученные по нормативной методике [8];
  - третья область соответствует изменению безразмерного параметра  $\omega / \theta = 1,05 \dots 2,00$  (скорость движения конвейера от 0,62 до 2,00 м/с – установившийся режим), для которой коэффициент динамичности по внутренним усилиям для характерных конструктивных элементов изменяется от 1,00 до 1,06, что не превышает результаты, полученные по нормативной методике [8];
  - для конвейерной галереи пролетом 30 м рис. 4б:
    - первая область соответствует изменению безразмерного параметра  $\omega / \theta = 0 \dots 1,10$  (скорость движения конвейера от 0 до 0,50 м/с – начало движения конвейера) для которой коэффициент динамичности по внутренним усилиям для характерных конструктивных элементов изменяется от 1,00 до 1,02, что не превышает результаты, полученные по нормативной методике [8];
    - вторая область соответствует изменению безразмерного параметра  $\omega / \theta = 1,10 \dots 1,42$  (скорость движения конвейера от 0,50 до 0,60 м/с – резонансный режим), для которой коэффициент динамичности по внутренним усилиям для характерных конструктивных элементов достигает значения **максимума** и изменяется от 1,02 до 1,20, что превышает результаты, полученные по нормативной методике [8];
    - третья область соответствует изменению безразмерного параметра  $\omega / \theta = 1,45 \dots 4,78$  (скорость движения конвейера от 0,61 до 2,00 м/с – установившийся режим), для которой коэффициент динамичности по внутренним усилиям для характерных конструктивных элементов изменяется от 1,00 до

1,10, что не превышает результаты, полученные по нормативной методике [8].

Сопоставление расчётных значений внутренних усилий в характерных конструктивных элементах, полученных в результате динамического расчёта и расчёта по статической схеме в соответствии с положениями [8], приведены в табл. 1, 2 и продемонстрированы на рис. 5.

Результаты численных экспериментов, приведенные на диаграмме (рис. 5), демонстрируют зависимость коэффициентов использования сечений основных конструктивных элементов от скорости движения конвейера. В наибольшей мере скорость движения конвейера влияет на коэффициент использования сечения элементов нижнего пояса в средней части пролёта увеличение на: 16,1 % (пролёт 18 м); 19,5 % (пролёт 30 м). Для остальных конструктивных элементов это влияние составляет: при пролёте галереи 18 м – от 1,1 до 3,2 %, при пролёте галереи 30 м – от 3,6 до 9,5 %.

## Выводы

1. Для наиболее напряжённых элементов конвейерных галерей коэффициент динамичности по внутренним усилиям составляет диапазон от 1,20 до 1,26 при скорости движения конвейера 0,50...0,60 м/с, что превышает результаты нормативной методики [8] на 97,4 %.
2. Увеличение напряжений в наиболее напряжённых элементах составляет диапазон от 16,1 до 19,5 % по сравнению с нормативной методикой [8].
3. Нормами [8] не предусмотрено учитывать влияние движения конвейера в разных скоростных режимах на НДС основных конструктивных элементов конвейерных галерей. Хотя при увеличении скорости движения конвейера и, наоборот, при остановке конвейера, как показывают расчёты, наблюдается повышение напряжений в середине пролётов главных ферм, что может привести отдельные элементы к переходу в предельное состояние, накоплению усталостных повреждений и, как следствие, вызвать опасность аварийного состояния.

**Таблица 1.** Сопоставление расчётных значений внутренних усилий в характерных конструктивных элементах (рис. 2) для конвейерной галереи пролётом 18 м

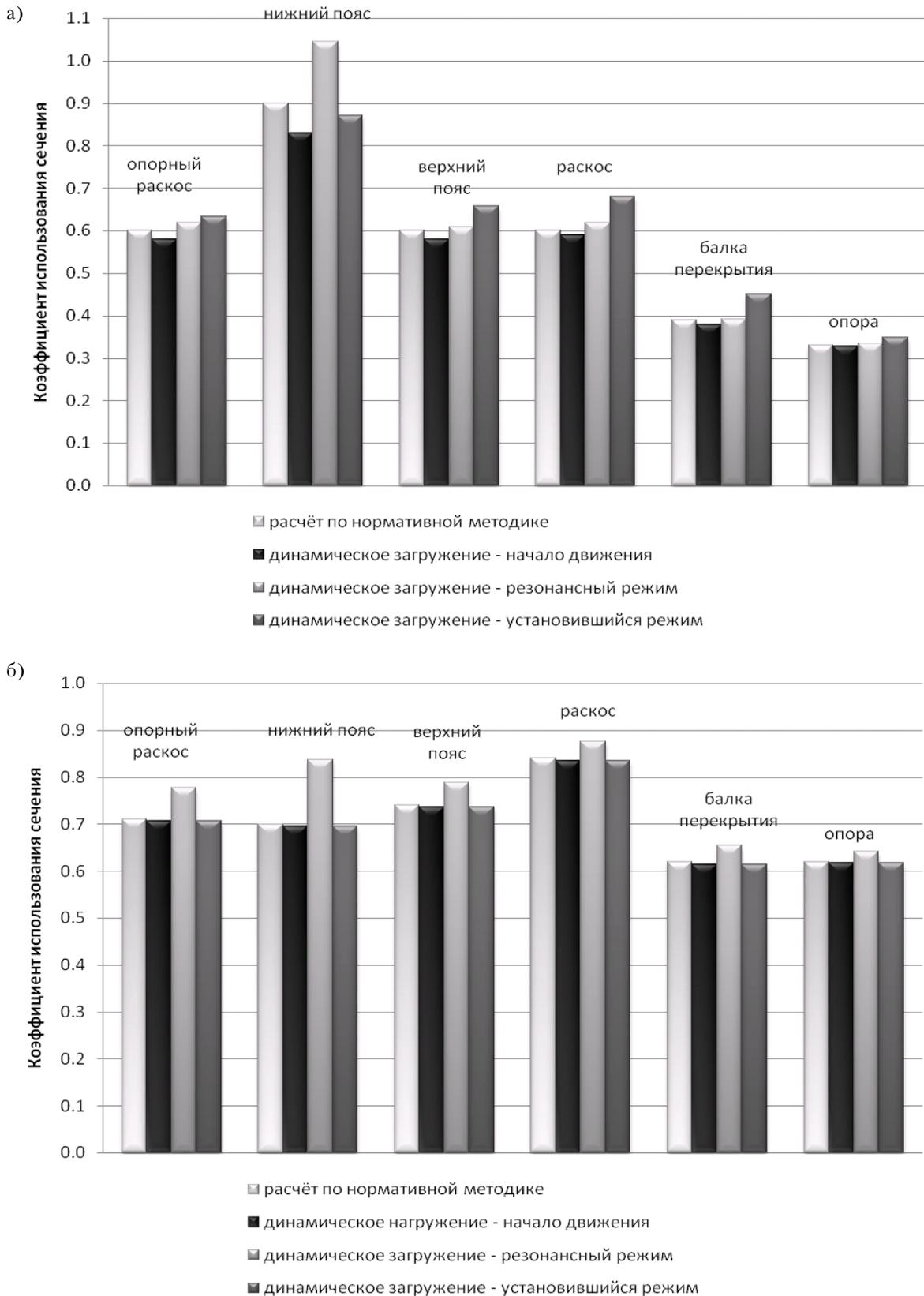
№ п./п.	Наименование конструктивного элемента	N, тс M, т·см				Марка стали	Коэффициенты использования сечения			
		Расчёт по нормативной методике [8]	Динамическое нагружение				K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>
			начало движения	резонансный режим	установившийся режим					
1	Опорный раскос	-36,67	-35,24	-37,63	-38,43	Ст3пс5	0,6	0,58	0,62	0,63
2	Нижний пояс	38,72	35,67	44,91	37,46	09Г2С	0,9	0,83	1,05	0,87
3	Верхний пояс	-39,29	-37,96	-39,82	-43,06	09Г2С	0,6	0,58	0,61	0,66
4	Раскос	22,91	22,45	23,56	25,89	Ст3пс5	0,6	0,59	0,62	0,68
5	Балка перекрытия	6,82	6,7	6,91	7,95	Ст3пс5	0,6	0,59	0,61	0,7
6	Опора	-66,57	-66,02	-67,37	-70,42	Ст3пс5	0,33	0,327	0,334	0,35

**Примечания.** K<sub>1</sub> – коэффициент использования сечения при расчёте по нормативной методике [8]. K<sub>2</sub> – коэффициент использования сечения при динамическом расчёте (скорость движения конвейера  $v = 0...0,50$  м/с). K<sub>3</sub> – коэффициент использования сечения при динамическом расчёте (скорость движения конвейера  $v = 0,50...0,60$  м/с). K<sub>4</sub> – коэффициент использования сечения при динамическом нагружении в установившемся режиме конвейера (скорость движения конвейера  $v = 0,7...2,0$  м/с).

**Таблица 2.** Сопоставление расчётных значений внутренних усилий в характерных конструктивных элементах (рис. 2) для конвейерной галереи пролётом 30 м

№ п./п.	Наименование конструктивного элемента	N, тс M, т·см				Марка стали	Коэффициенты использования сечения			
		Расчёт по нормативной методике [8]	Динамическое нагружение				K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>
			начало движения	резонансный режим	установившийся режим					
1	Опорный раскос	-65,45	-65,11	-71,68	-65,11	Ст3пс5	0,71	0,706	0,778	0,706
2	Нижний пояс	110,36	109,76	131,78	109,74	09Г2С	0,7	0,696	0,836	0,696
3	Верхний пояс	-121	-120,35	-128,75	-120,37	09Г2С	0,74	0,736	0,788	0,736
4	Раскос	53,15	52,87	55,33	52,87	Ст3пс5	0,84	0,836	0,875	0,836
5	Балка перекрытия	6,96	6,89	7,35	6,89	Ст3пс5	0,62	0,614	0,655	0,614
6	Опора	-111,1	-110,52	-115,07	-110,48	Ст3пс5	0,62	0,617	0,642	0,617

**Примечания.** Смотрите примечания табл. 1.



**Рисунок 5.** Сопоставление коэффициентов использования сечений основных конструктивных элементов, полученных по нормативной методике [8] и в результате динамического расчёта: а) пролёт 18 м, б) пролёт 30 м.

## Литература

1. Металлические конструкции. В 3 т. Т. 3. Специальные конструкции и сооружения [Текст]: Учеб. для строит. вузов / Под ред. В. В. Горева. – М.: Высш. шк., 1999. – 544 с.
2. Расчёт и проектирование пространственных конструкций: [учебн. пособие] / [Е. В. Горохов, В. Ф. Мушанов, Я. В. Назим, И. В. Роменский]; Под общей редакцией Е. В. Горохов. – Макеевка: ДонНАСА, 2012. – 561 с.
3. Максимов, А. П. Горнотехнические здания и сооружения [Текст]: Учебник для вузов / А. П. Максимов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 263 с.
4. Розенблит, Г. Л. Стальные конструкции зданий и сооружений угольной промышленности [Текст] / Г. Л. Розенблит. – М.: Углетехиздат, 1953. – 272 с.
5. Андреев, А. В. Исследование и расчёт конвейерных лент и приводов [Текст] / А. В. Андреев. – М.: Углетехиздат, 1959. – 100 с.
6. Спиваковский, А. О. Теоретические основы расчёта ленточных конвейеров [Текст] / А. О. Спиваковский, В. Г. Дмитриев. – М.: Наука, 1977. – 152 с.
7. Руководство по проектированию транспортёрных галерей [Текст] / Ленингр. Промстройпроект Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1979. – 104 с.
8. Пособие по проектированию конвейерных галерей (к СНиП 2.09.03-85) [Текст] / ГПИ Ленпроектстальконструкция. – М.: Стройиздат, 1989. – 111 с.
9. Пасынков, Б. П. Динамика транспортёрных эстакад галерей [Текст] / Б. П. Пасынков, А. Д. Ним // Динамический расчёт специальных инженерных сооружений и конструкций. Справочник проектировщика / под ред. профессоров Б. Г. Коренева, А. Ф. Смирнова. – М.: Стройиздат, 1986. – С. 349–359.
10. Снитко, Н. К. Динамика сооружений [Текст] / Н. К. Снитко. – Л.: Госстройиздат, 1960. – 356 с.
11. Югов, А. М. Динамические и вибрационные испытания элементов моста ленточного конвейера ЛК-6 Зуевской ТЭС [Текст] / А. М. Югов, Е. В. Денисов, А. Н. Миронов // Металлические конструкции. – 2006. – Т. 10, № 2. – С. 141–148.
12. Динамические испытания моста транспортёрной галереи [Текст] / А. М. Югов, С. В. Колесниченко, Д. В. Левченко [и др.] // Металлические конструкции. – 2003. – Т. 6, № 1. – С. 35–42.
13. Кущенко, В. Н. Анализ напряжённо-деформированного состояния опорного узла неподвижной опоры решётчатой конвейерной галереи [Текст] / В. Н. Кущенко, М. В. Губарев // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури: збірник наукових праць / М-во освіти і науки, молоді та спорту України, ДонНАБА. – Макіївка, 2012. – Вип. 2012-5(97): Будівельні конструкції будівель та споруд: проектування, виготовлення, реконструкція та обслуговування. – С. 76–80.

## References

1. Edited by Gorev, V. V. Metal Constructions. In three volumes. Volume 3. Special structures and constructions. Moscow: High school, 2002. 544 p. (in Russian)
2. Gorokhov, Ye. V. (Ed.); Mushchanov, V. F.; Nazim, Ya. V.; Romenskii, I. V. Analysis and design of space structures. Textbook. Makiivka: DonNASEA, 2012. 561 p. (in Russian)
3. Maksimov, A. P. Mine engineering buildings and constructions. Textbook. The 4th revised and enlarged edition. Moscow: Nedra, 1984. 263 p. (in Russian)
4. Rozenblit, G. L. Steel structures of buildings and constructions of coal mining industry. Moscow: Ugletekhizdat, 1953. 272 p. (in Russian)
5. Andreev, A. V. Research and analysis of conveyor belt and drive component. Moscow: Ugletekhizdat, 1959. 100 p. (in Russian)
6. Spivakovskii, A. O.; Dmitriev, V. G. Theoretical science of belt conveyor analysis. Moscow: Science, 1977. 152 p. (in Russian)
7. Conveyor belt design guide. Moscow: Stroiizdat, 1979. 104 p. (in Russian)
8. Textbook of conveyor gallery design (to SNiP 2.09.03-85). Moscow: Stroiizdat, 1989. 111 p. (in Russian)
9. Pasyнков, B. P.; Nim, A. D. Dynamics of conveyor galleries. In: *Dynamical analysis of special engineering buildings and constructions. Reference guide of design engineer* / Edited by B. G. Korenev, A. F. Smirnov. Moscow: Stroiizdat, 1986, p. 349–359. (in Russian)
10. Snitko, N. K. Dynamics of structures. Leningrad: Gosstroizdat, 1960. 356 p. (in Russian)
11. Yugov, A. M.; Denisov, E. V.; Mironov, A. N. Dynamic and vibrating tests of elements of the bridge of the tape conveyor TC6 HPS Zuevskaya. In: *Metal Constructions*, 2006, Volume 10, Number 2, p. 141–148. (in Russian)
12. Yugov, A. M.; Kolesnichenko, S. V.; Levchenko, D. V.; Nekrasov, Yu. P.; Denisov, E. V. Dynamic test of bridge network of conveyor gallery. In: *Metal Constructions*, 2003, Volume 6, Number 1, p. 35–42. (in Russian)
13. Kushchenko, Volodymyr; Hubarev, Mirosлав. The analysis of tensely-state of strain basic knot of the motionless bearer of trellised conveyor passageway. In: compendium *Proceeding of the Donbas State Academy of Civil Engineering and Architecture*, Makiivka, 2012, Issue 2012-5(97): Engineering constructions of buildings and structures: designing, manufacturing, redevelopment and operation, p. 76–80. (in Russian)
14. Nim, A. D. Research of extra dynamic force from belt conveyor. In: *Materials of coordination showing in dynamic of building construction and methods of controlling of vibratory operations*. Moscow: Stroiizdat, 1975, p. 38–44. (in Russian)

14. Ним, А. Д. Исследование экстренных динамических нагрузок от ленточных конвейеров [Текст] / А. Д. Ним // Материалы координационного освещения по динамике строительных конструкций и методам борьбы с вибрациями / ЦНИИСК им. Кучеренко. – М. : Стройиздат, 1975. – С. 38–44.
15. Ним, А. Д. Надёжность главных ферм транспортных эстакад при случайных колебаниях [Текст] / А. Д. Ним // Исследование в области надёжности инженерных сооружений : Сборник трудов / Ленинградский промстройпроект. – Л. : Стройиздат, 1979. – С. 64–68.
16. Перельмутер, А. В. Расчётные модели сооружений и возможность их анализа [Structure CAD] [Текст] / А. В. Перельмутер, В. И. Сливкер. – К. : Сталь, 2002. – 597 с.
17. Recommendation for Loading and Safety Regulations for Structural Design [Текст] / Ministry of Housing, Nordic Committee on Building Regulations. – Copenhagen : NKB, 1978. – Report No. 36. – 148 p.
15. Nim, A. D. Durability of main truss of conveyor bridge during random vibrations. In: *Researches of durability of engineering constructions: Collected works*. Leningrad: LenPromstroiproekt, 1979, p. 64–68. (in Russian)
16. Perelmuter, A. V.; Slivker, V. I. Design model of constructions and ability of their analyses. Kyiv: Steel, 2002. 597 p. (in Russian)
17. Recommendation for Loading and Safety Regulations for Structural Design / Ministry of Housing, Nordic Committee on Building Regulations. Copenhagen: NKB, 1978. Report No. 36. 148 p.

**Кущенко Володимир Миколайович** – д. т. н., професор кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження дійсної роботи та удосконалення методів розрахунку будівельних конструкцій гірничотехнічних споруд.

**Губарев Мирослав Валерійович** – аспірант кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження дійсної роботи і вдосконалення методів розрахунку будівельних конструкцій конвеєрних галерей в умовах тривалої експлуатації.

**Кущенко Владимир Николаевич** – д. т. н., профессор кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование действительной работы и совершенствование методов расчёта строительных конструкций горнотехнических сооружений.

**Губарев Мирослав Валерьевич** – аспирант кафедры металлических конструкций Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование действительной работы и совершенствование методов расчёта строительных конструкций конвейерных галерей в условиях длительной эксплуатации.

**Volodymyr Kushchenko** – D. Sc., Professor; Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interest: research of the valid work and perfection of methods of design of building structures of mining constructions.

**Miroslav Hubarev** – post-graduate; Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interest: research of the valid work and perfection of methods of calculation of building designs of conveyor passageways in the conditions of long operation.