



ISSN 1814-5566 print

ISSN 1993-3517 online

МЕТАЛЕВІ КОНСТРУКЦІЇ
МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КОНСТРУКЦИИ
METAL CONSTRUCTIONS

2012, ТОМ 18, НОМЕР 3, 209–218

УДК 692.5:69.059.22

(12)-0271-1

АНАЛІЗ ПРИЧИН АВАРІЙ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ КОНВЕЄРНИХ ГАЛЕРЕЙ В УМОВАХ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

В. М. Кущенко, М. В. Губарев

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

Отримана 7 вересня 2012; прийнята 20 вересня 2012.

Анотація. На основі даних апріорних джерел виконано аналіз причин аварій будівельних конструкцій конвеєрних галерей. Встановлено, що в умовах тривалої експлуатації найбільше спостерігаються аварії конвеєрних галерей з прольотними будовами із ферм. Як правило, аварії трапляються в наслідок руйнування елементів з'єднальної решітки поблизу опорних вузлів, а також в наслідок руйнування монтажних стиків нижніх поясів прольотних будов. Руйнування вузлових зварних з'єднань обумовлено впливом наступних факторів: місцевим впливом середньо- та дужеагресивних корозійних середовищ; динамічним характером технологічних та аварійних навантажень; невдалою конструктивною формою конструкцій прольотних будов. Руйнування елементів з'єднальної решітки прольотних будов трапляється у результаті місцевого корозійного руйнування поблизу перекриттів в умовах дуже агресивного корозійного середовища, яке формується в наслідок гідрозмиву вугільного пилу та просипу.

Ключові слова: аварії будівельних конструкцій, конвеєрні галереї, фактори експлуатації, причини аварій.

АНАЛИЗ ПРИЧИН АВАРИЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОНВЕЙЕРНЫХ ГАЛЕРЕЙ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В. Н. Кущенко, М. В. Губарев

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

Получена 7 сентября 2012; принята 20 сентября 2012.

Аннотация. На основании данных апріорных источников выполнен анализ причин аварий строительных конструкций конвейерных галерей. Установлено, что в условиях длительной эксплуатации наиболее часто наблюдаются аварии конвейерных галерей с пролётными строениями из ферм. Как правило, аварии происходят вследствие разрушения элементов соединительной решётки вблизи опорных узлов, а также вследствие разрушения монтажных стыков нижних пояссов ферм пролётных строений. Разрушение узловых сварных соединений обусловлено влиянием следующих факторов: местным воздействием средне- и сильноагрессивных коррозионных сред; динамическим характером технологических и аварийных нагрузок; неудачной конструктивной формой конструкций пролётных строений. Разрушение элементов соединительной решётки пролётных строений происходит в результате местного коррозионного разрушения вблизи перекрытий в условиях сильноагрессивной коррозионной среды, которая формируется вследствие гидрозмыва угольной пыли и просыпи.

Ключевые слова: аварии строительных конструкций, конвейерные галереи, факторы эксплуатации, причины аварий.

THE ANALYSIS OF THE REASONS OF FAILURES OF BUILDING DESIGNS OF CONVEYOR GALLERIES IN THE CONDITIONS OF LONG OPERATION

Volodymyr Kushchenko, Miroslav Hubarev

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

Received 7 September 2012; accepted 20 September 2012.

Abstract. On the basis of the given aprioristic sources the analysis of the reasons of troubles of building designs of conveyor passageways is made. It is established that in the conditions of long operation troubles of conveyor passageways with superstructures executed of trusses are most often observed. As a rule, troubles occur owing to destruction of elements of a connecting lattice near to basic knots, and also owing to destruction of assembly joints of bottom flanges of trusses of superstructures. Destruction of central welded joints is caused by influence of following factors: local impact sredne- and strongly-corrosive corrosion environments; dynamic character of technological and emergency loadings; the unsuccessful constructive form of designs of superstructures. Destruction of elements of a connecting lattice of superstructures results from a local corrosive attack near to floorings in the conditions of strongly corrosive corrosion environment which is formed owing to a hydrowashing down of a coal dust and a prorash.

Keywords: troubles of building designs, conveyor passageways, operation factors, the reasons of troubles.

Актуальность

Конвейерные галереи являются частью транспортной системы на горнодобывающих предприятиях и относятся к объектам высокой ответственности [6]. Опыт эксплуатации показывает частые аварии этих объектов, что обусловлено тяжёлыми условиями эксплуатации на горнодобывающих предприятиях [1, 2, 3, 4]. Аварии этих объектов, как правило, вызывают катастрофические последствия, а также остановку технологических комплексов, что является причиной значительного материального ущерба. Таким образом, анализ причин аварий строительных конструкций конвейерных галерей в условиях длительной эксплуатации является актуальной научной задачей.

Характеристика объекта исследования

Конвейерные галереи – это надземные инженерные сооружения мостового типа, которые служат для транспортировки сыпучих материалов. Угол наклона пролётных строений к горизонту для условий предприятий угледобывающей промышленности составляет от 0 до 18° [9, 10]. В общем случае конвейерная галерея состоит из следующих конструктивных частей: пролетных

строений (пролёт 12...36 м и более), опор (плоских или пространственных) и фундаментов [5, 6, 7] (рис. 1). Внутри пролетных строений размещаются ленточные конвейеры, а также проходят технологические коммуникации (пропроводки) [5, 6, 7, 9, 10]. В зависимости от технологических требований и условий эксплуатации пролётные строения бывают: отопляемые и неотапливаемые [10]. По количеству расположения конвейеров в пролётном строении бывают: одноконвейерные и двухконвейерные, изредка – с большим количеством конвейеров. Конвейер может крепиться к конструкциям пролётного строения посредством опёртого (жёсткая конструкция) или подвесного (гибкая конструкция) стана [10].

Различают следующие типы конструкций пролётных строений конвейерных галерей:

- в виде пространственных ферм (рис. 2а);
- в виде статически определимых многопролётных балочных систем (рис. 2б);
- в виде комбинированных конструкций (балка – ферма, балка – шпренгель);
- в виде листовых коробчатых конструкций (рис. 2в);
- в виде цилиндрической оболочки (рис. 2г).

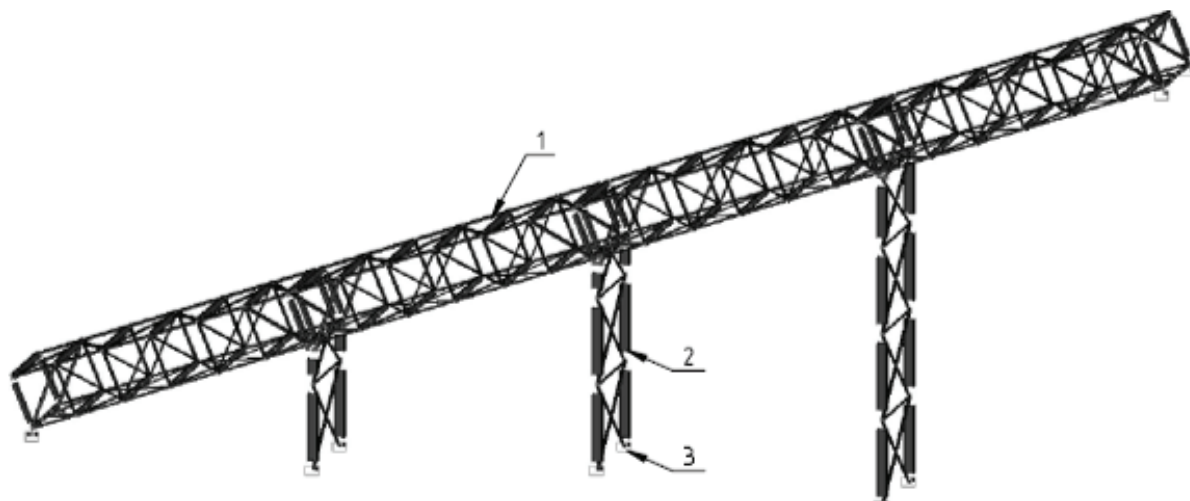


Рисунок 1. Основные конструктивные части конвейерных галерей: 1 – пролётное строение, 2 – опоры, 3 – фундаменты.

а)



б)



в)



г)



Рисунок 2. Типы конструкций пролётных строений конвейерных галерей: а) в виде пространственных ферм; б) в виде статически определимых многопролётных балочных систем; в) в виде листовых коробчатых конструкций; г) в виде цилиндрической оболочки.

Конструкции конвейерных галерей рассчитываются на действие следующих нагрузок: строительных, технологических, атмосферных [9, 10, 12–14, 28]. В качестве ограждающих конст-

рукций пролётных строений могут использоваться лёгкие (листовые) и тяжёлые (железобетонные) элементы. Рассматриваемые объекты относятся ко II классу капитальности [6].

Анализ литературных источников по теме исследования

В литературных источниках [5–8, 24] дано описание конструктивных форм конструкций конвейерных галерей, а также приведены принципы их проектирования.

В нормативных литературных источниках [9, 10] приводятся рекомендации по рациональному проектированию конвейерных галерей и приведены инженерные методики по определению нагрузок и расчёту.

В работах [18–20, 24, 27] приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований в области динамики конструкций конвейерных галерей. В современных инженерных методиках динамический характер технологических нагрузок учитывается коэффициентом динамичности $K_d = 1,15$ [10], однако в соответствии с данными работы [27] для переходных режимов работы механизма конвейера коэффициент динамичности может составлять $K_d = 2,0 \dots 2,5$. По всей видимости, недостаточно полный учёт динамического характера нагрузок при некоторых обстоятельствах может служить одной из причин аварий конвейерных галерей.

В работах [1–4, 21] описаны примеры аварий конвейерных галерей, а также результаты их расследования. В указанных работах большинство рассмотренных аварий произошло в период монтажа или в пусконаладочный период эксплуатации. Указанные аварии, как правило, происходят по следующим причинам: а) ошибок при проектировании; б) дефекты изготовления и монтажа строительных конструкций; в) неправильное применение материалов для стальных конструкций. В указанном ряду, для аварий в условиях длительной эксплуатации в качестве причин отмечается: воздействие агрессивной коррозионной среды и нарушение правил эксплуатации. Однако недостаточный объём информации не позволяет выполнить более подробный анализ и обобщение в этом отношении.

В работах [21–23] выполнен анализ и обобщение базы данных лаборатории «СНПЦ “Надшахтные сооружения”» (ДонНАСА) по обследованию конвейерных галерей ряда предприятий угольной промышленности. Срок службы рассмотренных объектов составлял

25...40 лет, что по существу соответствует определению «длительная эксплуатация». В данных работах выполнена систематизация аварийных состояний, вызванных неудачными конструктивными формами и воздействием средне- и сильноагрессивных сред. Здесь необходимо разъяснить, что понятие «авария» и «аварийное состояние» различаются как событие совершившееся (реализованное) и как потенциально возможное (с недопустимо высоким уровнем риска). Как правило, аварийные состояния конвейерных галерей выявляются тремя способами: а) визуальным (по видимым признакам); б) инструментальным; в) расчётным (когда не выполняются условия предельных неравенств по первому предельному состоянию для элементов основных несущих конструкций). Принципиально «аварийное состояние» можно устранить путём усиления или реконструкции сооружения.

В целом, анализ литературных источников по теме исследования показал, что в настоящее время отсутствуют данные о влиянии на аварии конвейерных галерей факторов длительной эксплуатации. Например таких, как неравномерные осадки основания в результате подработок, динамический характер нагрузок, сейсмические воздействия, неудачные конструктивные формы и т. д. Также в литературных источниках отсутствует анализ и обобщение данных об авариях конвейерных галерей на различных стадиях эксплуатации.

Целью работы является анализ причин аварий строительных конструкций конвейерных галерей в условиях длительной эксплуатации.

Задачи исследования

Анализ и обобщение априорных данных об авариях строительных конструкций конвейерных галерей.

Методы исследования

При выполнении работы применялся метод математической статистики.

Основная часть

На основании изучения литературных источников [1–4, 21–23], а также научно-технических

отчётов лаборатории «СНПЦ “Надшахтные сооружения”» (ДонНАСА) была собрана информация об авариях и аварийных состояниях двадцати одной конвейерной галереи, которые наблюдались в период с 1956 по 2012 гг. Ниже приводятся результаты анализа данной информации, которая имеет отношение к установлению причин аварий конвейерных галерей.

В табл. 1 приведены данные о распределении выборочной частоты аварий в зависимости от типа конструкций пролётного строения.

Приведенные результаты наглядно демонстрируют, что подавляющее большинство аварий (95 %) произошло на конвейерных галереях с

пролётными строениями в виде ферм. При этом 85 % аварий произошло по причине разрушения ферм пролётного строения и 15 % по причине разрушения опор (табл. 2).

40 % аварий произошло на стадии монтажа и в начальный период эксплуатации продолжительностью до 5 лет (табл. 3).

Для аварий этого периода характерна весьма значительная степень разрушения сооружения, которая характеризуется частичным или полным обрушением пролётного строения (табл. 4, рис. 3). Причинами этих аварий являются нарушения правил строительства, а также дефекты изготовления и монтажа (табл. 5).

Таблица 1. Частота аварий в зависимости от типа конструкций пролётного строения

№ п./п.	Тип конструкций пролётного строения	Количество аварий, шт.	%
1.	в виде пространственных ферм	20	95
2.	в виде статически определимых многопролётных балочных систем	-	-
3.	в виде комбинированных конструкций	1	5
4.	в виде листовых коробчатых конструкций	-	-
5.	в виде цилиндрической оболочки	-	-
6.	Σ	21	100

Таблица 2. Частота аварий в зависимости от вида разрушившейся конструктивной части

№ п./п.	Вид разрушившейся конструктивной части	Кол-во аварий	%
1.	пролётное строение	18	85
2.	опора	3	15
3.	Σ	21	100

Таблица 3. Частота аварий в зависимости от периода эксплуатации

№ п./п.	Наименование	Кол-во аварий
1.	во время монтажа	6
2.	в первые 5 лет	2
3.	в течение 25 лет	7
4.	в течение 30–40 лет	3
5.	50 лет	3

Таблица 4. Частота аварий в зависимости от степени разрушения объектов

№ п./п.	Тип конструкций пролётного строения	Количество аварий, шт.	%
1.	в виде пространственных ферм	20	95
2.	в виде статически определимых многопролётных балочных систем	-	-
3.	в виде комбинированных конструкций	1	5
4.	в виде листовых коробчатых конструкций	-	-
5.	в виде цилиндрической оболочки	-	-
6.	Σ	21	100

Таблица 5. Причины аварий конвейерных галерей

№ п./п.	Наименование	Количество объектов	%
1	несоответствующие или неправильно применяемые материалы	2	9,5
2	ошибки проектирования	4	19
3	ошибки изготовления и монтажа	2	9,5
4	воздействие агрессивной коррозионной среды	8	38
5	динамический характер технологических нагрузок	2	9,5
6	неудачные конструктивные формы, способствующие образованию очагов физического износа	3	14,5
7	Σ	21	100

60 % аварий и аварийных состояний наблюдалось в процессе длительной эксплуатации (срок службы от 25 до 50 лет) (табл. 3). Следует отметить, что из числа этих аварий 50 % произошло в период эксплуатации до 25 лет, который явно не соответствует ресурсу сооружений II класса капитальности. Этот факт указывает на несовершенство конструктивных форм конвейерных галерей с пролётными строениями из ферм, а также на необходимость системного анализа безопасности эксплуатации этих сооружений. Характерным для конвейерных галерей со сроком службы более 40 лет является не только частые аварии, но и аварийные состояния, выявляемые в результате обследования, которые зачастую имеют скрытый характер, обусловленный недостатками конструктивных форм. Анализ аварийных состояний вскрывает механизм разрушений конвейерных галерей, часто наблюдаемых в условиях длительной эксплуатации.

Как правило, обрушение ферм пролётных строений происходит по следующим причинам:

- а) разрушение сварных соединений в узлах крепления раскосов к нижнему поясу в опорной или в следующей панели (рис. 4);
- б) разрушение сварных соединений монтажных стыков нижнего пояса;
- в) местное коррозионное разрушение раскосов и стоек ферм пролётного строения вблизи перекрытия (рис. 5).

Следует отметить, что разрушение сварных соединений в узлах по нижнему поясу ферм носит сложный характер, обусловленный влиянием трёх основных факторов:



Рисунок 3. Разрушение пролётного строения конвейерной галереи.



Рисунок 4. Разрушение сварных соединений в узлах крепления раскосов к нижнему поясу фермы пролётного строения конвейерной галереи.

- а) местное воздействие сильноагрессивной коррозионной среды, которая формируется вследствие гидросмыва угольной пыли и просыпи;
- б) действием динамических нагрузок при работе конвейера, а также аварийных нагрузок;
- в) неудачной конструктивной формой, которая способствует формированию очагов коррозии в конструктивных зазорах, где с течением времени развиваются весьма значительные распирающие усилия, действующие на сварные швы узловых соединений (рис. 6).

Необходимо отметить, что в настоящее время степень влияния на несущую способность сварных соединений распирающего действия коррозии в конструктивных зазорах конвейерных галерей мало изучено, особенно в аспекте их усталостной прочности.

Выводы

В условиях длительной эксплуатации (период эксплуатации 30...40 лет) наиболее часто аварии происходят на конвейерных галереях с пролётными строениями в виде ферм.

Как правило, обрушение ферм пролётных строений происходит по следующим причинам:

- а) разрушение сварных соединений в узлах крепления раскосов к нижнему поясу в опорной или в следующей панели;
- б) разрушение сварных соединений монтажных стыков нижнего пояса;
- в) местное коррозионное разрушение раскосов и стоек ферм пролётного строения вблизи перекрытия.

Разрушение сварных соединений в узлах по нижнему поясу ферм носит сложный характер, обусловленный влиянием трёх основных факторов:

- а) местное воздействие сильноагрессивной коррозионной среды, которая формируется



Рисунок 5. Местное коррозионное разрушение раскоса и стойки фермы пролётного строения конвейерной галереи.



Рисунок 6. Разрушение сварного шва и остаточные деформации элементов узла вследствие распирающего действия коррозии в конструктивных зазорах.

вследствие гидросмыва угольной пыли и просыпи;

- б) действием динамических нагрузок при работе конвейера, а также аварийных нагрузок;
- в) неудачной конструктивной формой, которая способствует формированию очагов коррозии в конструктивных зазорах, где с течением времени развиваются весьма значительные распирающие усилия, действующие на сварные швы узловых соединений.

Литература

1. Шкинёв, А. Н. Аварии в строительстве [Текст] / А. Н. Шкинёв. – 4-е изд., переработ. и доп. – М. : Стройиздат, 1984. – 316 с.

References

1. Shkinev, A. N. Non-fatal accident in building. The 4th revised and enlarged edition. Moscow: Stroiizdat, 1984. 316 p. (in Russian)

2. Лашченко, М. Н. Аварии металлических конструкций зданий и сооружений [Текст] / М. Н. Лашченко. – Л. : Стройиздат, 1969. – 184 с.
3. Беляев, Б. И. Причины аварий стальных конструкций и способы их устранения [Текст] / Б. И. Беляев, В. С. Корниенко. – М. : Стройиздат, 1968. – 206 с.
4. Аугустин, Я. Аварии стальных конструкций [Текст] / Я. Аугустин, Е. Шледзевский, Пер. с польск. – М. : Стройиздат, 1978. – 183 с.
5. 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.
6. 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.
7. Розенблит, Г. Л. Стальные конструкции зданий и сооружений угольной промышленности [Текст] / Г. Л. Розенблит. – М. : Углетехиздат, 1953. – 272 с.
8. Андреев, А. В. Исследование и расчёт конвейерных лент и приводов [Текст] / А. В. Андреев. – М. : Углетехиздат, 1959. – 100 с.
9. Руководство по проектированию транспортёрных галерей [Текст] / Ленингр. Промстройпроект Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1979. – 104 с.
10. Пособие по проектированию конвейерных галерей (к СНиП 2.09.03-85) [Текст] / ГПИ Ленпроектстальконструкция. – М. : Стройиздат, 1989. – 111 с.
11. Пособие по проектированию усиления стальных конструкций (к СНиП II-23-81*) [Текст] / Украинпроектстальконструкция. – М. : Стройиздат, 1989. – 159 с.
12. ВСН 46-75. Инструкция по определению нагрузок на здания и сооружения угольной промышленности [Текст]. – Донецк : ПромстройНИИпроект, 1977. – 89 с.
13. РД 12.011-96. Здания и сооружения технологических комплексов шахтной поверхности. Требования к эксплуатации [Текст]. – К. : Госулепром, 1996. – 75 с.
14. Указания по определению нормативных нагрузок и коэффициентов перегрузки для надшахтных зданий и сооружений предприятий угольной промышленности [Текст] / Госстрой СССР, Харьковский ПромстройНИИпроект, научно-исследовательская часть. – К. : Будівельник, 1964. – 81 с.
15. ДБН В.1.2-2:2006. Державні будівельні норми. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування [Текст]. – Замість СНиП 2.01.07-85 ; надано чинності 2007-01-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 61 с.
16. СНиП II-23-81*. Строительные нормы и правила. Часть II. Нормы проектирования. Глава 23. Стальные конструкции [Текст]. – [Действующий
2. Lashchenko, M. N. Non-fatal accident of steel structures of buildings. Leningrad: Stroiizdat, 1969. 184 p. (in Russian)
3. Beliaev, B. I.; Kornienko, V. S. Cause of the accident of steel structures and remedy of the accident. Moscow: Stroiizdat, 1968. 206 p. (in Russian)
4. Augustin, Ya.; Shledzevskii, E. Non-fatal accident of steel structures. Moscow: Stroiizdat, 1978. 183 p. (in Russian)
5. Metal Constructions. 3 volumes. Volume 3. Special structures and facilities. Textbook. Edited by V. V. Gorev. Moscow: High School, 1999. 544 p. (in Russian)
6. Maksimov, A. P. Mine engineering buildings and constructions. Textbook. The 4th revised and enlarged edition. Moscow: Nedra, 1984. 263 p. (in Russian)
7. Rozenblit, G. L. Steel structures of buildings and constructions of coal mining industry. Moscow: Ugletekhizdat, 1953. 272 p. (in Russian)
8. Andreev, A. V. Research and analysis of conveyor belt and drive component. Moscow: Ugletekhizdat, 1959. 100 p. (in Russian)
9. Conveyor belt design guide. Moscow: Stroiizdat, 1979. 104 p. (in Russian)
10. Textbook of conveyor gallery design (to SNiP 2.09.03-85). Moscow: Stroiizdat, 1989. 111 p. (in Russian)
11. Textbook of design of steel structures strengthening (to SNiP II-23-81*). Moscow: Stroiizdat, 1989. 159 p. (in Russian)
12. VSN 46-75. Manuals to determine loads on buildings and structures of mine industry. Donetsk: PromstroinIiproekt, 1977. 89 p. (in Russian)
13. RD 12.011-96. Buildings and structures of technological complexes of mine grass. Operation requirements. Kyiv: Gosugleprom, 1996. 75 p. (in Russian)
14. Determination of normative loads and overloading coefficients for pithead buildings and structures of mine industry. Kyiv: Budivelnyk, 1964. 81 p. (in Russian)
15. DBN B.1.2-2:2006. National Structural Rules and Regulations. The system of reliability and safety provision of constructional projects. Loads and effects. Kyiv: Minbud of Ukraine, 2006. 61 p. (in Ukrainian)
16. SNiP II-23-81*. Construction rules and regulations. Part II. Design rates. Chapter 23. Steel structures. Moscow: Central Institution for Standardized Design, 1991. 96 p. (in Russian)
17. DBN B.2.6-163:2010. The constructions of buildings and structures. The steel constructions. Norms for design, fabrication and erection. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2011. 127 p. (in Ukrainian)
18. Pasyukov, 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)

- с 14 августа 1981 г.] – М. : Центральный институт типового проектирования, 1991. – 96 с.
17. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу [Текст]. – На заміну СНиП П-23-81* окрім розділів 15*-19, СНиП ПП-18-75 окрім розділів 3-8, СНиП 3.03.01-87 у частині, що стосується сталевих конструкцій окрім п.п. 4.78-4.134 ; чинні від 2011-12-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с.
 18. 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.
 19. 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.
 20. 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.
 21. Горохов, Е. В. Аварии сооружений шахтной поверхности [Электронный ресурс] / Е. В. Горохов, В. Н. Кущенко // Современные строительные конструкции из металла и древесины : Научный журнал. – 2008. – № 1. – С. 42–47. – Режим доступа : http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Ssk/2008_12/Gorokhov%20Kushchenko.htm
 22. Кущенко, В. Н. Основные принципы обеспечения безопасности строительных конструкций [Текст] / В. Н. Кущенко // Металлические конструкции. – 2009. – Т. 15, № 2. – С. 147–155.
 23. Досвід підсилення транспортних галерей підприємств вугільної промисловості [Текст] / В. Г. Колесніченко, А. А. Ягмур, В. М. Кущенко, К. А. Піличев // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури : збірник наукових праць / М-во освіти і науки України, ДонДАБА. – Макіївка, 2000. – Вип. 2000-1(21) : Будівельні конструкції. Будівлі та споруди. – С. 87–92.
 24. Спиваковский, А. О. Теоретические основы расчёта ленточных конвейеров [Текст] / А. О. Спиваковский, В. Г. Дмитриев. – М. : Наука, 1977. – 152 с.
 25. Расчёт и проектирование пространственных конструкций [Текст] : [учеб. пособие] / [Горохов Е. В., Мушанов В. Ф., Назим Я. В., Роменский И. В.] ; Под общей редакцией Е. В. Горохов. – Макеевка : ДонНАСА, 2012. – 561 с.
 26. 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.
 27. Югов, А. М.; Денисов, Е. В.; Миронов, А. Н. Dynamic and vibrating tests of elements of the bridge of the tape conveyor TC-6 HPS Zuevskaya. In: *Metal Constructions*, 2006, Volume 10, Number 2, p. 141–148. (in Russian)
 28. Югов, А. М.; Колесниченко, С. В.; Левченко, Д. В.; Некрасов, Ю. П.; Денисов, Е. В. Dynamic test of bridge network of conveyor gallery. In: *Metal Constructions*, 2003, Volume 6, Number 1, p. 35–42. (in Russian)
 29. Gorokhov, Ye. V.; Kushchenko, V. N. Non-fatal accident of constructions of mining surface. In: *Modern building construction from metal and wood: Scientific review*, 2008, No. 1, p. 42–47. Accessed at: http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Ssk/2008_12/Gorokhov%20Kushchenko.htm. (in Russian)
 30. Kushchenko, V. N. Basic principles of building structures protection. In: *Metal Constructions*, 2009, Volume 15, Number 2, p. 147–155. (in Russian)
 31. Kolesnichenko, V. G.; Yagmur, A. A.; Kushchenko, V. M.; Pilichev, K. A. Experiment of strengthening of conveyor gallery of collieries. In: *compendium «Proceeding of the Donbas State Academy of Civil Engineering and Architecture»*. Makiivka, 2000. Issue 2000-1(21): Building structures. Buildings and constructions, p. 87–92. (in Ukrainian)
 32. Spivakovskii, A. O.; Dmitriev, V. G. Theoretical science of belt conveyor analysis. Moscow: Science, 1977. 152 p. (in Russian)
 33. 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)
 34. 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: Stroizdat, 1975, p. 38–44. (in Russian)
 35. 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)
 36. Nordic Committee on Building Regulations. Recommendation for Loading and Safety Regulations for Structural Design. Copenhagen: NKB, 1978. Report No. 36. 148 p.

27. 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. : Ленинградский Промстройпроект, 1979. – С. 64–68.
28. 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.

Кущенко Володимир Миколайович – д. т. н., професор кафедри металевих конструкцій Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження дійсної роботи і вдосконалення 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 – DSc., Professor; Metal Structures Department of the 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 of the 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.