



(21)-0428-1

**СТАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ФРАГМЕНТА СТРУКТУРНОГО
ПОКРЫТИЯ ТИПА «ИНЕКО»****В. Н. Васылев^{a,1}, В. Ф. Мушчанов^{a,2}, А. М. Алехин^{b,3}, А. Н. Миронов^{a,4}, А. В. Безушко^{a,5}**^a ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.^b Обособленное подразделение ООО «Инвестрегионпром»,
4/1, ул. Красная, г. Кемерово, Россия, 650000.E-mail: ¹ wn1951@mail.ru, ² volodymyr.mushchanov@mail.ru, ³ alyokhin_20@mail.ru,
⁴ andrejexp@mail.ru, ⁵ anita187@mail.ru

Получена 26 августа 2021; принята 11 сентября 2021.

Аннотация. На основании анализа существующих технических решений узловых соединений структурных покрытий предложено новое одноболтовое соединения «ИНЕКО», конкурентоспособное при использовании в легких металлических покрытиях. Предложенное соединение не требует дорогостоящих технологий при изготовлении, а может быть изготовлено в условиях завода металлоконструкций. Структура с узловым соединением «ИНЕКО» отличается высокой технологичностью, т. к. содержит всего два типоразмера: поясной и раскосный элемент. В статье представлены результаты численных и экспериментальных исследований узлового соединения новой конструктивной формы структурного покрытия «ИНЕКО». Численные исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) фанонки раскоса и плоской фермы элементов структуры выполнены с использованием программного комплекса «SCAD». Принятая расчетная схема не учитывала податливости узловых фанонки поясных и раскосных элементов. Этот расчет позволил определить теоретическую несущую способность узловой фанонки раскоса, которая определяет характер работы всей структуры. Действительное НДС фанонки исследовано в процессе натурных испытаний плоской фермы и собранной из элементов структуры «ИНЕКО». Сравнение численных и экспериментальных исследований позволило учесть податливость узловых фанонки при реальном проектировании структурных покрытий «ИНЕКО».

Ключевые слова: несущие конструкции покрытия, структура, действительная несущая способность, расчет, рекомендации.

**СТАТИЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ФРАГМЕНТА СТРУКТУРНОГО
ПОКРИТТЯ ТИПУ «ИНЕКО»****В. М. Васи́лев^{a,1}, В. П. Мушчанов^{a,2}, А. М. Альохін^{b,3}, А. М. Миронов^{a,4}, Г. В. Безушко^{a,5}**^a ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.^b Відокремлений підрозділ ТОВ «Інвестрегіонпром»,
4/1, вул. Красна, м. Кемерово, Росія, 650000.E-mail: ¹ wn1951@mail.ru, ² volodymyr.mushchanov@mail.ru, ³ alyokhin_20@mail.ru,
⁴ andrejexp@mail.ru, ⁵ anita187@mail.ru

Отримана 26 серпня 2021; прийнята 11 вересня 2021.

Анотація. На підставі аналізу існуючих технічних рішень вузлових з'єднань структурних покриттів запропоновано нове одноболтове з'єднання «ИНЕКО», конкурентоспроможне при використанні в легких металевих покриттях. Запропоноване з'єднання не потребує дорогих технологій при виготовленні,

а може бути виготовлене в умовах заводу металоконструкцій. Структура з вузловим з'єднанням «ІНЕКО» відрізняється високою технологічністю, тому що містить всього два типорозміри: поясний та розкисний елемент. У статті подано результати чисельних та експериментальних досліджень вузлового з'єднання нової конструктивної форми структурного покриття «ІНЕКО». Численні дослідження напружено-деформованого стану (ПДВ) фасонки розкосу та плоскої ферми елементів структури виконані з використанням програмного комплексу «SCAD». Ухвалена розрахункова схема не враховувала податливості вузлових фасонки поясних та розкисних елементів. Цей розрахунок дозволив визначити теоретичну здатність вузлової фасонки розкосу, яка визначає характер роботи всієї структури. Справжнє ПДВ фасонки досліджено у процесі натурних випробувань плоскої ферми та зібраної з елементів структури «ІНЕКО». Порівняння чисельних та експериментальних досліджень дозволило врахувати податливість вузлових фасонки під час реального проектування структурних покриттів «ІНЕКО».

Ключові слова: несучі конструкції покриття, структура, дійсна несуча здатність, розрахунок, рекомендації.

STATIC TESTS OF A FRAGMENT OF A STRUCTURAL COATING OF THE INECO TYPE

Volodymyr Vasylev ^{a,1}, Volodymyr Mushchanov ^{a,2}, Andrey Alyokhin ^{b,3}, Andrey Mironov ^{a,4},
Anna Bezushko ^{a,5}

^a Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.

^b Separate subdivision of Investregionprom LLC,
4/1, Str. Krasnaya, Kemerovo, Russia, 650000.

E-mail: ¹ wn1951@mail.ru, ² volodymyr.mushchanov@mail.ru, ³ alyokhin_20@mail.ru,
⁴ andrejexp@mail.ru, ⁵ anita187@mail.ru

Received 26 August 2021; accepted 11 September 2021.

Abstract. . On the basis of the analysis of existing technical solutions of nodal joints of structural coatings, a new single-bolt joint «INEKO» is proposed, which is competitive when used in light metal coatings. The proposed connection does not require expensive manufacturing technologies, but can be manufactured under the conditions of a metalwork plant. The structure with the INEKO nodal connection is distinguished by its high manufacturability, since it contains only two standard sizes: a belt and a diagonal element. The article presents the results of numerical and experimental studies of the nodal connection of the new structural form of the structural coating «INEKO». Numerical studies of the stress-strain state (SSS) of the brace gusset and flat girder of structural elements were performed using the SCAD software package. The accepted design scheme did not take into account the flexibility of the nodal gussets of the belt and diagonal elements. This calculation made it possible to determine the theoretical bearing capacity of the nodal gusset plate, which determines the nature of the operation of the entire structure. The actual VAT of the gusset was investigated in the course of field tests of a flat truss and assembled from «INEKO» structure elements. Comparison of numerical and experimental studies made it possible to take into account the malleability of nodal gussets in the actual design of «INEKO» structural coatings.

Keywords: bearing structures of the coating, structure, actual bearing capacity, calculation, recommendations.

Цель работы

Численные и экспериментальные исследования фрагмента новой конструктивной формы структурного покрытия типа «ИНЕКО», разработка рекомендаций по ее совершенствованию с целью разработки типового альбома.

Численные исследования напряженно-деформированного состояния фасонки раскоса структуры, плоской фермы и фрагмента структуры выполнены с использованием программного комплекса «SCAD». Действительное деформированное состояние плоской фермы и фрагмента структуры, которые были исследованы численно, выполнены на натуральных образцах с использованием индикаторов часового типа и прогибомеров.

На основании численных и экспериментальных исследований плоской фермы из элементов структуры и фрагмента структуры типа «ИНЕКО» разработаны рекомендации по ее совершенствованию и даны предложения по дальнейшей работе по созданию типового альбома.

Область применения

Несущие конструкции покрытия.

Основные результаты

На основании численных и экспериментальных исследований выявлены конструктивные элементы и параметры, определяющие несущую способность структуры типа «ИНЕКО», а также разработаны предложения по совершенствованию ее конструктивной формы с целью разработки типового альбома.

Введение

В настоящее время в покрытиях промышленных и общественных зданий используются новые светопрозрачные кровельные материалы. Эти материалы принципиально отличаются от традиционных конструктивных решений:

- малый собственный вес;
- система стыковки листов в продольном и поперечном направлении;
- максимальная длина поставляемых листов составляет 12 м;
- шаг поддерживающих (несущих) конструкций должен быть в пределах 1×1 м;

– сечения поддерживающих конструкций должны быть минимальными для получения максимальной освещенности в помещении.

Использование традиционных несущих конструкций под светопрозрачные кровельные материалы существенно снижает технико-экономические показатели покрытия и ухудшает светотехнические характеристики помещения, т. е. нельзя новый кровельный материал укладывать на старую конструктивную форму несущих конструкций покрытия.

Одной из перспективных конструктивных форм покрытия под светопрозрачные кровельные материалы является структура. Однако эффективность структуры в значительной мере зависит от системы узла сопряжения ее элементов.

С целью повышения технико-экономических показателей структурного покрытия ООО «ИНЕКО» разработала новую систему узла сопряжения элементов структуры на уровне изобретения. Эта система узла не требует специальных машиностроительных технологий. Для изготовления структуры достаточно традиционной технологии завода металлоконструкций. Данное конструктивное решение структуры требует разработки методики ее расчета и конструирования, которая необходима для разработки типовых решений.

Основная часть

1. Описание конструктивной формы структуры типа «ИНЕКО» и постановки задачи исследования

Структура покрытия типа «ИНЕКО» представляет собой пространственную решетчатую конструкцию, набираемую из стержней двух типов: наклонный элемент решетки и элемент верхнего и нижнего пояса (рис. 1) [4, 7].

Отличительная особенность описываемой системы структуры заключается в новой системе сопряжения элементов решетки и поясов в узлах [10, 13, 16]. Элемент пояса имеет плоскую фасонку, расположенную по продольной оси элемента пояса. Элемент решетки на концах имеет гнутую фасонку. Гнутая фасонка имеет два участка: горизонтальный и наклонный. Наклонный участок фасонки врезается в стержень

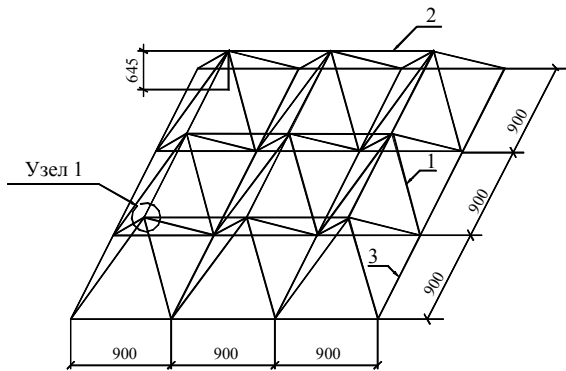


Рисунок 1. Схема структуры типа «ИНЕКО»: 1 – элемент решетки; 2 – элемент верхнего пояса; 3 – элемент нижнего пояса.

раскоса под углом относительно его продольной оси. Это позволяет освободить пространство под узловой болт. Горизонтальные участки элементов решетки и поясов соединяются в узле одним болтом.

Анализ конструктивной формы структуры показал, что ее несущая способность прежде всего определяется несущей способностью фасонки раскосов и поясов [6, 9, 14]. Все фасонки работают относительно оси с минимальной жесткостью. Гнутая фасонка раскоса работает на изгиб, а прямая фасонка элемента пояса воспринимает в узле поперечную силу и возможный узловой момент, создаваемый гнутыми фасонками в узле.

Стержни элемента решетки и пояса работают как центрально и внецентренно-сжатые элементы. Расчет этих элементов может быть выполнен по действующим нормам [1, 2, 3].

При численных и экспериментальных исследованиях необходимо:

- провести численные исследования напряженно-деформированного состояния узловой фасонки раскоса вне узлового соединения структуры. Полученные результаты позволят предварительно оценить несущую способность отдельной фасонки и планировать экспериментальные исследования, т.к. расчет фасонки в составе узлового соединения структуры представляет собой сложную инженерную задачу и требует массу допущений, которые могут быть получены в комплексе с экспериментальными исследованиями фрагмента структуры;
- провести численные исследования плоской фермы, составленной из элементов структуры и фрагмента структуры;

- провести экспериментальные исследования плоской фермы, составленной из элементов структуры и фрагмента структуры. Эти эксперименты позволят проследить действительную работу фасонки при различном количестве соединяемых элементов в узле;
- провести анализ численных и экспериментальных исследований;
- разработать рекомендации по расчету структуры типа «ИНЕКО».

2. Численные исследования. Статический расчет фрагмента структуры

Статический расчет структуры производился по программе SCAD при упругой работе материала. Расчетной схемой конструкции являлась пространственная шарнирно-стержневая система (рис. 2).

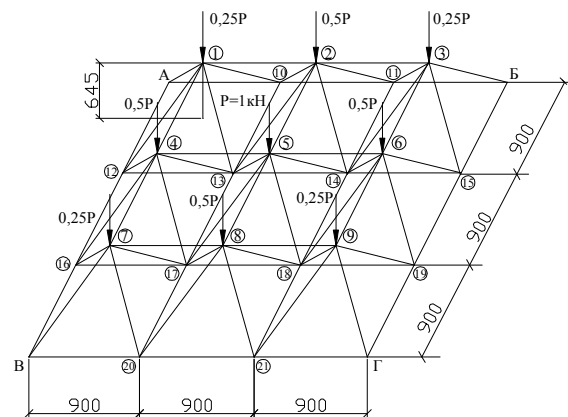


Рисунок 2. Расчетная схема структуры с нумерацией расчетных узлов и элементов.

Статический расчет выполнен по классической шарнирной схеме, без учета новой конструктивной формы узлового сопряжения элементов структуры.

В результате проведенного расчета были определены:

- прогибы в узлах нижнего пояса структуры от узловой нагрузки, прикладываемой в узлах верхнего пояса;
- расчетные значения усилий в наиболее напряженных элементах.

Результаты статического расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты статического расчета структуры*

№ загрузки	Узловая нагрузка Р, кН	Продольные усилия в стержнях, кН			Прогиб узлов, мм	
		В-7	7-8	7-20	13, 14, 17 и 18	10, 11, 12, 15, 16, 19, 20 и 21
1	0,22	-0,31	-0,20	+0,07	0,04	0,03
2	0,44	-0,62	-0,39	+0,15	0,07	0,06
3	0,66	-0,93	-0,59	+0,22	0,10	0,09
4	0,88	-1,24	-0,79	+0,29	0,15	0,12
5	1,10	-1,55	-0,98	+0,36	0,18	0,15
6	1,32	-1,86	-1,18	+0,44	0,22	0,18
7	1,54	-2,16	-1,37	+0,51	0,26	0,20
8	1,76	-2,47	-1,57	+0,58	0,29	0,23
9	1,98	-2,78	-1,77	+0,66	0,33	0,26
10	2,20	-3,09	-1,96	+0,73	0,37	0,29
11	2,42	-3,40	-2,16	+0,80	0,40	0,32
12	2,64	-3,71	-2,36	+0,87	0,44	0,35
13	2,86	-4,02	-2,55	+0,95	0,47	0,38
14	3,08	-4,33	-2,85	+1,02	0,51	0,41

* – расчетная схема структуры (рис. 2).

Наиболее напряженными элементами структуры являются опорные раскосы.

3. Экспериментальные исследования деформированного состояния структуры

Схема и описание испытываемого фрагмента структуры представлены выше. Фрагмент структуры по опорам имеет пролет $2\,700 \times 2\,700$ мм и высоту по осям поясов 645 мм (рис. 2). Фрагмент структуры полностью собран из двух стандартных элементов: элемента решетки и поясного элемента. Маркировка и нумерация узлов испытываемого фрагмента структуры представлена на рис. 3.

Деформированное состояние фрагмента структуры исследовалось с использованием прогибомеров ПАОБ с ценой деления 0,01 мм, прогибомеров Максимова с ценой деления 0,1 мм и индикаторов часового типа ИЧ 10 с ценой деления 0,01 мм. Индикаторами часового типа контролировались перемещение гнутых фасонки четырех опорных раскосов относительно продольной оси узлового болта (рис. 4). Так как численные и экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния гнутых фасонки раскосов показали, что узловые фасонки определяют несущую способность элементов структуры. Контроль деформаций фасонки от-

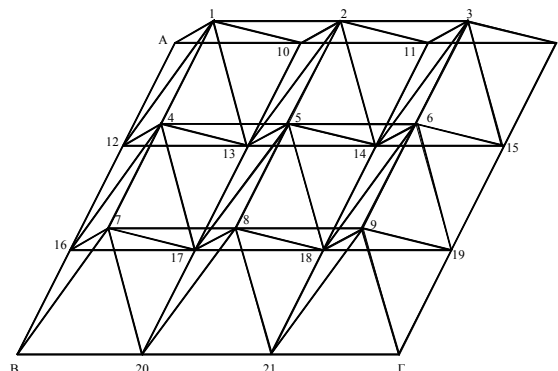


Рисунок 3. Маркировка опор (А, Б, В и Г), нумерация узлов верхнего (1÷9) и нижнего пояса (10÷21) фрагмента структуры.

носительно узлового болта позволил отследить характер работы узловых фасонки и момент потери несущей способности узловых соединений фрагмента структуры. Прогибомерами определялись перемещения двенадцати узлов нижнего пояса фрагмента структуры в вертикальной плоскости (рис. 5).

Схема загрузки фрагмента структуры представлена на рис. 6. Узловая нагрузка принята в зависимости от грузовой площади отдельных узлов верхнего пояса. Этап нагружения принят равным 0,22 кН для центрального 5-го узла верхнего пояса фрагмента структуры.

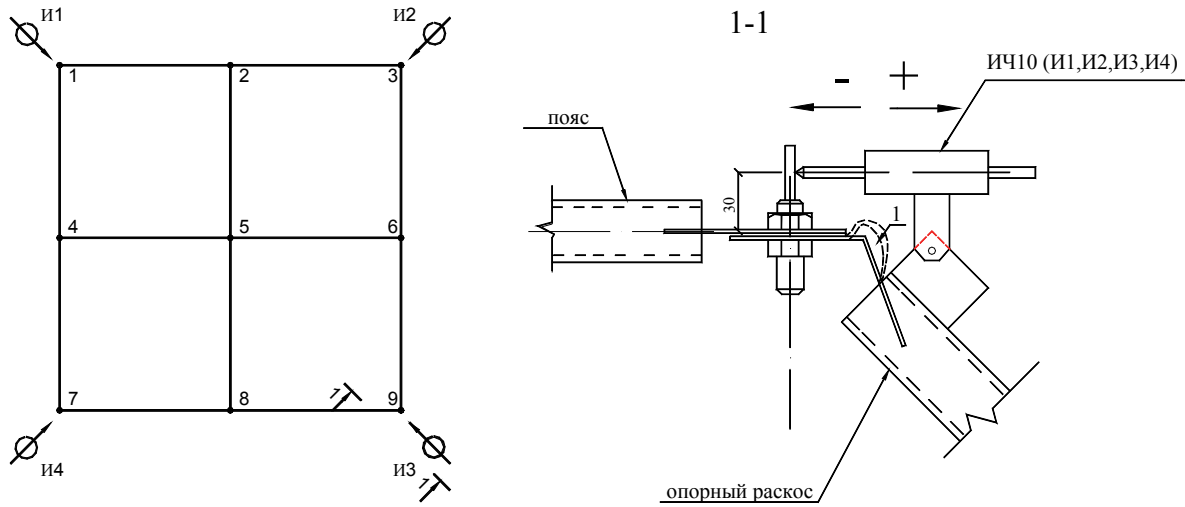


Рисунок 4. Схема расстановки индикаторов часового типа ИЧ 10 (И1–И4) в узлах (1, 3, 7 и 8) опорных раскосов фрагмента структуры: 1 – форма потери устойчивости узловой фасонки опорного раскоса.

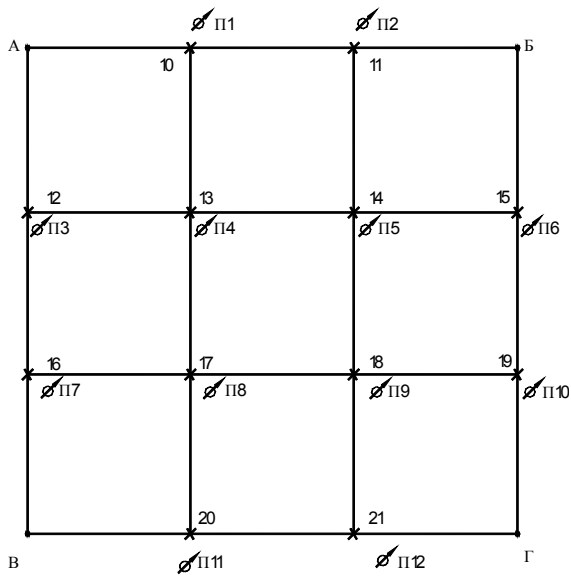


Рисунок 5. Схема расстановки прогибомеров в узлах нижнего пояса (10–21) фрагмента структуры: П1, П2, П4, П5 и П6 – прогибомеры ПАОБ; П3, П7, П8, П9, П10, П11 и П12 – прогибомеры Максимова.

При нагружении фрагмента структуры использовались грузы весом 0,22 и 0,10 кН. Таблица этапов нагружения фрагмента структуры представлена в таблице 2. Для построения таблиц и графиков деформированного состояния фрагмента структуры в процессе испытаний использовалась суммарная нагрузка отдельных этапов нагружения.

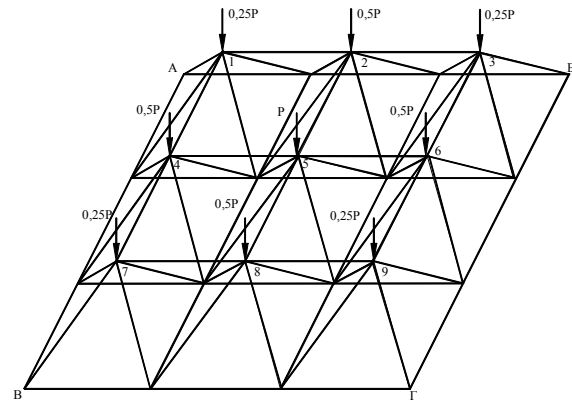


Рисунок 6. Схема нагружения фрагмента структуры.

Фрагмент структуры испытывался на испытательном стенде, который предназначен для испытаний балок, плит пространственных конструкций. Общий вид испытательного стенда представлен на рис. 6. Фрагмент структуры опирался через шарниры на силовую раму испытательного стенда.

Нагрузка на фрагмент структуры создавалась с помощью подвески грузов в девяти узлах верхнего пояса (рис. 7). Грузы перед испытаниями были взвешены.

В процессе испытаний фрагмент структуры нагружался без динамических воздействий.

Отчеты по приборам снимались после выдержки фрагмента структуры под нагрузкой и стабилизации показаний приборов.



Рисунок 7. Подвеска грузов к узлам верхнего пояса фрагмента структуры.

Таблица 2. Перемещения узлов нижнего пояса фрагмента структуры, мм

№ загрузки	Узловая нагрузка Р, кН	Номера узлов (рис. 3 и 4)											
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0,22	0,24	0,21	0,3	0,31	0,30	0,27	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4	0,6
2	0,44	0,36	0,33	0,4	0,45	0,45	0,43	0,4	0,5	0,7	0,8	0,6	0,8
3	0,66	0,51	0,49	0,5	0,60	0,60	0,57	0,5	0,7	0,9	0,9	0,8	1,0
4	0,88	0,70	0,70	0,8	0,83	0,82	0,78	0,7	1,0	1,1	1,2	1,0	1,2
5	1,10	0,85	0,77	0,9	0,96	0,94	0,91	0,9	1,1	1,0	1,3	1,1	1,4
6	1,32	1,06	0,98	1,1	1,23	1,13	1,08	1,0	1,4	1,5	1,5	1,3	1,5
7	1,54	1,17	1,07	1,2	1,38	1,28	1,24	1,1	1,6	1,8	1,6	1,4	1,7
8	1,76	1,29	1,28	1,4	1,60	1,49	1,42	1,4	1,8	2,0	1,9	1,1	2,0
9	1,98	1,49	1,42	1,6	1,78	1,68	1,63	1,6	2,0	1,8	2,2	1,9	2,2
10	2,20	1,85	1,65	1,8	2,15	1,96	1,88	1,8	2,4	2,6	2,5	2,2	2,5
11	2,42	1,94	1,78	2,0	2,31	2,15	2,14	2,0	2,6	3,0	2,9	2,4	2,8
12	2,64	2,20	2,02	2,2	2,68	2,56	2,55	2,3	3,1	3,5	3,5	2,9	3,5
13	2,86	2,32	2,18	2,4	2,97	2,83	2,91	2,5	3,5	4,0	4,0	3,4	3,9
14**	3,08	2,53	2,36	2,5	4,78	6,42	17,3	2,6	7,3	11,1	5,3	8,4	14,2

* – схему нагружения и значение нагрузки по этапам нагружения (рис. 5 и таблица 1);

** – на 14-м этапе произошла потеря устойчивости фасонки опорного раскоса в узле 9. Отсчет по 14-му этапу был взят по приборам после разрушения узла 9.

В процессе испытаний фрагмент структуры был оперт на конструкции испытательного стенда непосредственно нижними поясами. Это было сделано с целью создания благоприятных условий работы опорных узлов, т. к. в этом эксперименте не ставилась задача их испытания. В ходе испытания фрагмент структуры был доведен до разрушения.

Показания прогибомеров и индикаторов часового типа по этапам нагружения фрагмента структуры представлены в таблице 3.

Численные значения перемещений узлов нижнего пояса фрагмента структуры в вертикальной плоскости представлены в таблице 2.

На рис. 8 представлены графики средних значений перемещений внешних (10, 11, 12, 15, 16, 19, 20 и 21) и внутренних (13, 14, 17 и 18) узлов нижнего пояса фрагмента структуры в вертикальной плоскости, т.к. фрагмент структуры конструктивно и по воздействию внешней нагрузки симметричен относительно двух осей.

На графике (рис. 8) средних значений перемещений узлов нижнего пояса фрагмента структуры имеются два линейных участка с переломом на восьмом этапе нагружения.

Перемещения узловых фасонки опорных раскосов в узлах 1, 3, 7 и 9 фрагмента структуры

(рис. 3 и 4), относительно продольной оси узлового болта, представлены в таблице 3, а графическое изображение на рис. 8.

Фрагмент структуры исчерпал несущую способность на 14-м этапе нагружения, когда этап был нагружен на уровне 80 %. Предел несущей способности фрагмента структуры был определен потерей устойчивости гнутой узловой фасонки опорного раскоса в узле 9 (рис. 10). Изгиб гнутой узловой фасонки произошел в наиболее напряженных точках, которые были определены численными исследованиями. В момент потери устойчивости гнутой узловой фасонки в опорном раскосе действовало усилие 4,33 кН.

График средних значений перемещений узловых фасонки опорных раскосов относительно продольной оси узлового болта фрагмента структуры, как и перемещения узлов нижнего пояса, имеет два ярко выраженных участка линейной работы с переломом на седьмом этапе нагружений.

4. Сравнение численных и экспериментальных исследований

Результаты сравнения численных и экспериментальных исследований деформированного

Таблица 3. Перемещения узловых фасонки опорных раскосов относительно продольной оси узлового болта фрагмента структуры

№ загрузки	Узловая нагрузка** Р, кН	Значения перемещений по направлению индикаторов*, мм			
		И1	И2	И3	И4
1	0,22	0,07	0,07	0,08	0,09
2	0,44	0,10	0,11	0,14	0,15
3	0,66	0,12	0,15	0,20	0,21
4	0,88	0,20	0,22	0,29	0,32
5	1,10	0,22	0,26	0,36	0,38
6	1,32	0,31	0,32	0,45	0,48
7	1,54	0,34	0,37	0,53	0,56
8	1,76	0,43	0,46	0,65	0,69
9	1,98	0,48	0,56	0,78	0,79
10	2,20	0,57	0,67	1,00	0,95
11	2,42	0,62	0,73	1,19	1,08
12	2,64	0,71	0,86	1,58	1,34
13	2,86	0,71	0,95	1,72	1,50
14***	3,08	0,81	1,07	x	1,75

* – расстановка приборов дана на рис. 4;

** – на 14-м этапе произошла потеря устойчивости фасонки опорного раскоса в узле 9. Отсчет по 14-му этапу был взят по приборам после разрушения узла 9.

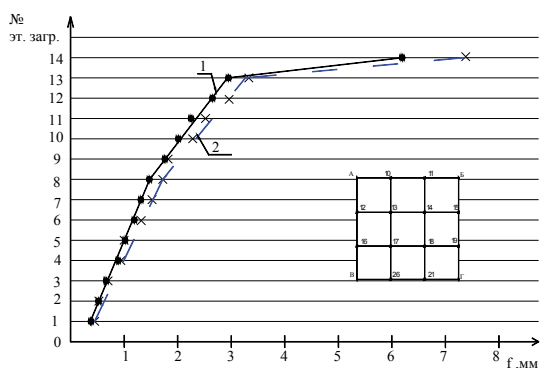


Рисунок 8. Графики средних значений перемещений (f) в вертикальной плоскости узлов нижнего пояса фрагмента структуры: 1 – внешних узлов 10, 11, 12, 15, 16, 19, 20 и 21; 2 – внутренних узлов 13, 14, 17 и 18.

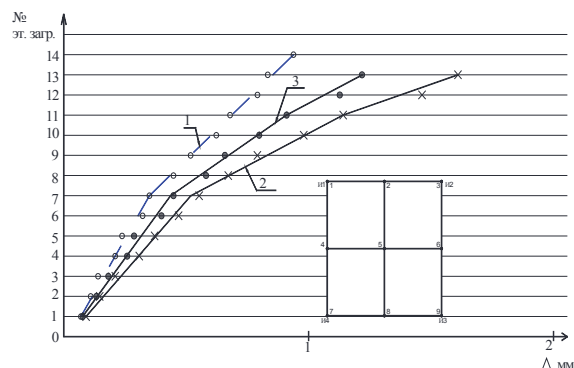


Рисунок 9. Графики средних значений перемещений (Δ) узловых фасонки опорных раскосов относительно продольной оси узлового болта фрагмента структуры: 1 – И1 и И2; 2 – И3 и И4; 3 – И1, И2, И3 и И4.

состояния плоской фермы из стандартных элементов структуры типа «ИНЕКО» представлены в таблице 4 и рис. 11.

Численные исследования НДС и экспериментальные исследования деформированного состояния плоской фермы показали, что наиболее напряженным является опорные раскосы и узел сопряжения опорного раскоса с верхним поясом. Деформированное состояние опорного узла плоской фермы в данной работе не исследовались.

На основании обработки численных и экспериментальных данных получено значение коэффициента K_p , учитывающего податливость узловых соединений плоских ферм, собранных из элементов структуры типа «ИНЕКО», равного 22,3 (таблица 4).



Рисунок 10. Потеря устойчивости гнутой фасонки опорного раскоса в узле 9.

Большое расхождение между теоретическим значением прогиба ферм, собранных из стандартных элементов структуры типа «ИНЕКО», и экспериментальным связано с высокой податливостью этих узловых соединения, которые соединяют 3–4 стержня.

Сравнение численных и экспериментальных исследований деформированного состояния структуры типа «ИНЕКО» представлены в таблице 4 и на рис. 12.

Численные и экспериментальные исследования показали, как и в исследованной плоской ферме, что наиболее напряженным местом является гнутая узловая фасонка и опорный раскос. Именно в этой фасонке произошла потеря общей устойчивости. Момент потери устойчивости в опорных раскосах фрагмента структуры действовало продольное усилие – 4,2 кН. Теоретическое значение предельной несущей способности (N_p) гнутой узловой фасонки раскоса составляет – 1,0 кН, т. е. коэффициент K_p , учитывающий защемление этой фасонки в узловом соединении из 6 элементов структуры типа «ИНЕКО», равен 4,0.

В таблице 5 четко прослеживается уровень деформации центральных и наружных узлов нижнего пояса, полученных расчетным и экспериментальным путем.

На основании обработки численных и экспериментальных значений прогибов узлов нижнего пояса фрагмента структуры сделан вывод о том, что податливость узлов зависит от количества сходящихся в них стержней.

Таблица 4. Значения экспериментальных и теоретических прогибов середины фермы

№ загрузки	Узловая нагрузка, Р, кН	Экспериментальный прогиб $f_э$, мм	Теоретический прогиб f_t , мм	Коэффициент, учитывающий податливость узловых соединений плоской фермы, $K_f = f_э/f_t$
1	0,5	1,14	0,057	20,0
2	1,0	2,5	0,113	22,1
3	1,25	3,15	0,141	22,3
4	1,5	3,76	0,17	22,1
5	1,75	4,58	0,198	23,1
6	1,875	5,09	0,212	24,0
7	1,95	Изгиб горизонтальной фанонки верхнего пояса в крайних узлах		

На основании обработки данных таблицы 5 было вычислено значение коэффициента K_f , учитывающего податливость узловых соединений структуры типа «ИНЕКО», равного:

- для центральных узлов из 8 стержней - 6,0;
- для крайних узлов из 5 стержней - 7,2.

5. Рекомендации по расчету структуры типа «ИНЕКО»

Расчет и проектирование структуры типа «ИНЕКО» рекомендуется вести в следующей последовательности:

1. Произвести компоновку структуры.
2. Собрать нагрузки на структуру.
3. Выполнить статический расчет структуры без учета конструктивной формы узла соединения «ИНЕКО»:
 - определить усилия в элементах структуры (N);
 - определить прогибы узлов нижнего пояса (f).
4. Подобрать сечения основных элементов структуры по нормам [1, 3]:
 - раскосов;
 - поясов.
5. Определить требуемую несущую способность гнутой узловой фанонки раскоса, без учета совместной работы в узловом соединении:

$$N_p \geq N/K_n,$$

где N_p – значение несущей способности гнутой узловой фанонки, без учета совместной работы в узловом соединении;

K_n – коэффициент, учитывающий действительное защемление гнутой узловой фанонки

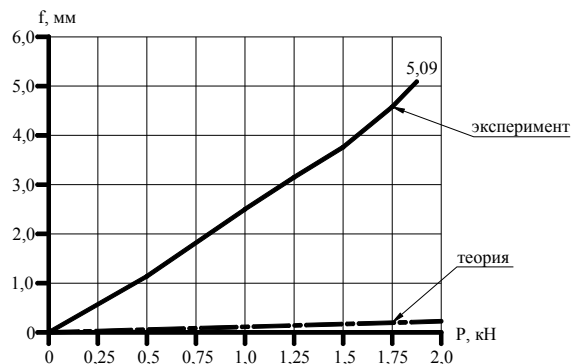


Рисунок 11. Зависимость прогиба (f) среднего узла (2) нижнего пояса плоской фермы от узловой нагрузки (P).

в узле, равный: для узлов структуры с шестью стержнями – 4,0.

6. Подобрать толщину узловых фанонки элементов решетки и поясов по таблице 6, в зависимости от N_p .

Теоретическое значение предельной несущей способности (N_p) гнутой узловой фанонки раскоса структуры типа «ИНЕКО» с различными геометрическими размерами может быть определено численным методом по методике, представленной в работе [5, 12, 15].

7. Выполнить повторный статический расчет структуры с уточненными сечениями элементов. Определить теоретический прогиб (f) структуры без учета конструктивной формы узла типа «ИНЕКО».

Прогиб структуры (f_s) с учетом конструктивной формы узлового соединения типа «ИНЕКО» определить по формуле:

Таблица 5. Значения экспериментальных ($f_{\text{э}}$) и теоретических ($f_{\text{т}}$) прогибов фрагмента структуры

№ загрузки	Узловая нагрузка Р, кН	Прогиб узлов, мм				Коэффициент податливости узловых соединений плоской фермы, $K_f = f_{\text{э}}/f_{\text{т}}$	
		13, 14, 17 и 18		10, 11, 12, 15, 16, 19, 20 и 21		13, 14, 17 и 18	10, 11, 12, 15, 16, 19, 20 и 21
		$f_{\text{э}}$	$f_{\text{т}}$	$f_{\text{э}}$	$f_{\text{т}}$		
1	0,22	0,33	0,04	0,35	0,03	8,3	11,7
2	0,44	0,53	0,07	0,52	0,06	7,6	8,7
3	0,66	0,95	0,10	0,66	0,09	9,5	7,3
4	0,88	0,94	0,15	0,89	0,12	6,3	7,4
5	1,10	1,00	0,18	1,02	0,15	5,6	6,8
6	1,32	1,32	0,22	1,19	0,18	6,0	6,6
7	1,54	1,52	0,26	1,31	0,20	5,9	6,6
8	1,76	1,72	0,29	1,47	0,23	5,9	6,4
9	1,98	1,82	0,33	1,76	0,26	5,5	6,8
10	2,20	2,28	0,37	2,02	0,29	6,2	7,0
11	2,42	2,52	0,40	2,25	0,32	6,3	7,0
12	2,64	2,96	0,44	2,65	0,35	6,7	7,6
13	2,86	10,83	0,47	2,95	0,38	23,0	7,8
14	3,08	xx	0,50	xx	0,41	–	–

* – номера узлов (рис. 2 или 3);

** – на 14-ом этапе произошла потеря устойчивости узловой гнутой фасонки опорного раскоса в узле 9.

Таблица 6. Теоретическое значение предельной несущей способности гнутой узловой фасонки раскоса структуры типа «ИНЕКО»

Сечение раскоса	Толщина фасонки* t, мм	Предельная расчетная несущая способность фасонки N_p , кН	Диаметр стыкового болта
25×25	2	0,98	M8
	3	2,03	M8
	4	3,37	M8
	5	4,92	M8
	6	6,61	M8

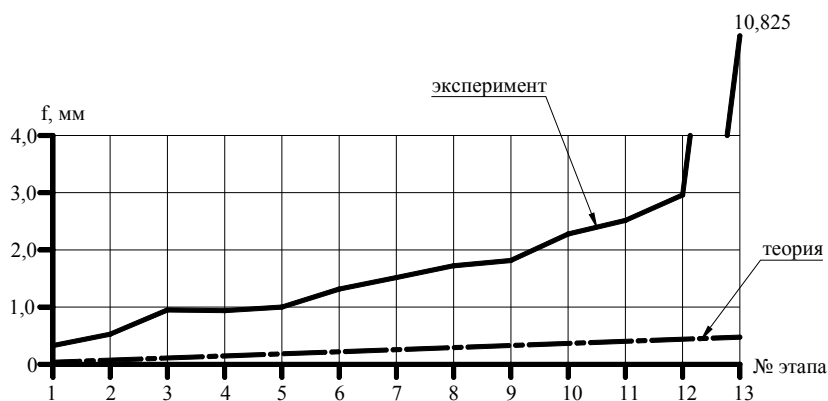


Рисунок 12. Сравнение экспериментальных и теоретических прогибов узлов 13, 14, 17, 18 нижнего пояса структуры.

$$f_s = f \cdot K_f,$$

где f – теоретический прогиб структуры, без учета конструктивной формы узлового соединения типа «ИНЕКО»;

K_f – коэффициент, учитывающий податливость узловых соединений структуры типа «ИНЕКО», равный: для центральных узлов из 8 стержней – 6,0; для крайних узлов из 5 стержней – 7,2; для фермы – 22,3.

8. Сравнить прогиб структуры с нормативными значениями:

$$f_s \leq [f_n],$$

где $[f_n]$ – допустимый прогиб по нормам [1].

9. Следует избегать конструктивных решений узловых соединений элементов поясов с элементами решетки, имеющими значение продольного усилия одного знака, т. к. в этом случае раскосы создают изгибающий момент одного знака, который полностью воспринимается горизонтальной фасонкой поясов.

Выводы

1. Проведены статические испытания фрагмента структуры типа «ИНЕКО» с размерами в плане 2 700×2 700 мм и высотой 645 мм. Исследовано деформированное состояние фрагмента структуры. В процессе испытаний исследовались вертикальные перемещения 12 узлов нижнего пояса и узловых фасонки 4 опорных раскосов относительно продольной оси узлового болта.

2. Получены экспериментальные значения вертикальных перемещений узлов нижнего пояса и узловых фасонки опорных раскосов, относительно продольной оси узлового болта. Зафиксированы два линейных участка деформаций с переломом на этапе на 50...60 % от разрушающей нагрузки.
3. Несущая способность структуры типа «ИНЕКО» определяется несущей способностью гнутых узловых фасонки опорных раскосов.
4. Разрушение фрагмента структуры произошло за счет изгиба гнутой узловой фасонки опорного раскоса, что подтверждается экспериментальными и численными исследованиями.
5. Наиболее напряженными зонами гнутых узловых фасонки раскосов являются точки, расположенные по линии изгиба узловых фасонки, где наблюдаются площадки текучести, и в местах ее выхода из стержня раскоса.
6. Фрагмент структуры исчерпал несущую способность при суммарной нагрузке 12,28 кН в момент потери устойчивости гнутой узловой фасонки опорного раскоса. Изгиб гнутой фасонки произошел в наиболее напряженных точках, которые были определены при численных исследованиях. В момент потери устойчивости в опорном раскосе действовало усилие 4,00 кН.
7. На основании численных расчетов и экспериментальных исследований разработаны рекомендации по расчету структуры типа «ИНЕКО».

Литература

1. ДБН В.2.6-198:2014. Стальные конструкции. Нормы проектирования = Steel structures. Design code : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины от 6 октября 2014 № 167 : взамен ДБН В.2.6163: 2010 в части раздела 1 и ДСТУ Б В.2.6 194: 2013 : дата введения 2015-01-01 / разработан ООО «Украинский институт стальных конструкций имени В. Н. Шимановского». – Киев : Минрегион Украины, 2014. – 198 с. – Текст : непосредственный.
2. Металлические конструкции : учебник для студ. учреждений высшего профес. образования /

References

1. DBN V.2.6-198:2014. Steel structures. Design code. – Kiev : Ministry for the Development of Communities and Territories of Ukraine, 2014. – 198 p. – Text : direct. (in Russian)
2. Kudishin, Yu. I.; Belenya, Ye. I.; Ignatyeva, V. S. [et. al.] ; edited by Yu. I. Kudishin. Metal constructions : textbook for students of institutions of higher professional education. – 13th ed. revised. – Moscow : Publishing Center «Academy», 2011. – 688 p. – Text : direct. (in Russian)
3. DSTU B V.2.6-199:2014. Steel building structures. Fabrication rules. – Kiev : Ministry for the Development of Communities and Territories of Ukraine, 2015. – 63 p. – Text : direct. (in Russian)

- [Ю. И. Кудишин, Е. И. Беленя, В. С. Игнатьева и др.] ; под ред. Ю.И. Кудишин. – 13-е изд. испр. – Москва : Издательский центр «Академия», 2011. – 688 с. – Текст : непосредственный.
3. ДСТУ Б В.2.6-199:2014. Конструкции стальные строительные. Требования к изготовлению = Steel building structures. Fabrication rules : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины от 22 декабря 2014 № 364 : взамен ДБН В.2.6-163:2010 часть 2 : дата введения 2015-07-01 / разработан ООО «Украинский институт стальных конструкций имени В. Н. Шимановского» (ООО «Укринсталькон им. В. М. Шимановского»). – Киев : Минрегион Украины, 2015. – 63 с. – Текст : непосредственный.
 4. Статические испытания узлового соединения структурного покрытия «Инеко» / В. Н. Васылев, В. Ф. Муцанов, А. М. Алехин [и др.]. – Текст : непосредственный // Металлические конструкции. – 2016. – Том 22, № 3. – С. 157–170.
 5. Хисамов, Р. И. Расчет и конструирование структурных покрытий / Р. И. Хисамов. – Киев : Будивельник, 1981. – 48 с. – Текст : непосредственный.
 6. Рекомендации по проектированию структурных конструкций / ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. – Москва : Стройиздат, 1984. – 297 с. – Текст : непосредственный.
 7. Никитюк, А. В. Достоинства и недостатки структурных конструкций / А. В. Никитюк, А. А. Московкина, И. И. Зауева. – Текст : непосредственный // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2013. – № 1. – С. 99–104.
 8. Патент 106268 Российская Федерация, МПК5 E 04 B 1/58. Узловое соединение стержней пространственного каркаса : № 2011104204/03 : заявл. 07.02.2011 : опубл. 10.07.2011 / Молодин А. В., Шнапцев А. В. ; заявитель и патентообладатель ООО «СтибМашПроект». – 2 с. – Текст : непосредственный.
 9. Патент 2496951 Российская Федерация, МПК5 E 04 B 1/58. Узловое соединение стержней пространственного каркаса : № 2012119759/03 : заявл. 14.05.2012 : опубл. 27.10.2013 / Дмитриев П. А., Инжухов И. С., Деордиев С. В., Захарюта В. В. ; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». – 2 с. – Текст : непосредственный.
 10. Schumacher, M. Move – Architecture in Motion / M. Schumacher, O. Schaeffer, M. M. Vogt. – Basel : Birkhauser Verlag AG, 2010. – 248 p. – ISBN 3764399864. – Текст : непосредственный.
 11. Драган, В. И. Большепролетные металлические структурные системы «БрГТУ» / В. И. Драган, Н. Л. Морилова. – Текст : непосредственный // Сборник научных трудов Украинского научно-исследовательского и проектного института стальных конструкций имени В. М. Шимановского. – 2010. – Выпуск 5. – С. 72–82.
 12. Vasylev, V. N.; Mushchanov, V. F.; Alekhin, A. M. [et. al.]. Static tests of the nodal connection of the structural coating «Ineko». – Text : direct. – In: *Metal constructions*. – 2016. – Volume 22, № 3. – P. 157–170. (in Russian)
 13. Khisamov, R. I. Calculation and design of structural coatings. – Kiev : Budivelnik, 1981. – 48 p. – Text : direct. (in Russian)
 14. V. A. Kucherenko CSRIBS State Construction Committee of the USSR. Structural design guidelines. – Moscow : Stroizdat, 1984. – 297 p. – Text : direct. (in Russian)
 15. Nikityuk, A. V.; Moskovkina, A. A.; Zauyeva, I. I. Advantages and disadvantages of structural designs. – Text : direct. – In: *Bulletin of the PNRPU. Construction and architecture*. – 2013. – № 1. – P. 99–104.
 16. Patent 106268 Russian Federation, MPK5 E 04 B 1/58. Nodal connection of lattice girder bars : № 2011104204/03 : declaration 07.02.2011 : published 10.07.2011 / Molodin A. V., Shnaptsev A. V. ; applicant and patentee LLC «StibMashProekt». – 2 p. – Text : direct. (in Russian)
 17. Patent 2496951 Russian Federation, MPK5 E 04 B 1/58. Nodal connection of lattice girder bars : № 2012119759/03 : declaration 14.05.2012 : published 27.10.2013 / Dmitriyev P. A., Inzhutov I. S., Deordiyev S. V., Zakharyuta V. V. ; applicant and patentee Siberian Federal University. – 2 p. – Text : direct. (in Russian)
 18. Schumacher, M.; Schaeffer, O.; Vogt, M. M. Move – Architecture in Motion. – Basel : Birkhauser Verlag AG, 2010. – 248 p. – ISBN 3764399864. – Text : direct. (in English)
 19. Dragan, V. I.; Morilova, N. L. Long span metal structural systems «Brest State Technical University». – Text : direct. – In: *Collection of scientific works of the V. M. Shimanovsky Ukrainian Research and Design Institute of Steel Structures*. – 2010. – Issue 5. – P. 72–82. (in Russian)
 20. Inzhutov, I. S.; Dmitriyev, P. A.; Deordiyev, S. V. [et. al.]. Analysis of existing joints of spatial structures and development of a collapsible node element. – Text : direct. – In: *Bulletin of the MSCU*. – 2012. – № 3. – P. 61–71. (in Russian)
 21. Mitrofanov, S. V. Work of nodal joints of a structural structure with a lattice element made of a round pipe. – Text : direct. – In: *Construction and industrial safety*. – 2013. – Issue 46. – P. 20–24. (in Russian)
 22. Moskalev, M. B. Improvement of slab-structural steel structures : abstract of thesis of Ph. D. in Engineering; Ministry of Science and Education of the Russian Federation. – St. Petersburg, 2011. – 20 p. – Text : direct. (in Russian)
 23. Caia, Jianguo; Fenga, Jian; Jiang, Chao. Development and analysis of a long-span retractable roof structure. – Text : direct. – In: *Journal of Constructional Steel Research*. – 2014. – Volume 92. – P. 175–182. (in English)
 24. Makowski, Z. S. Development of jointing systems for modular prefabricated steel space structures. –

12. Анализ существующих узлов сопряжения пространственных конструкций и разработка сборно-разборного узлового элемента / И. С. Инжутов, П. А. Дмитриев, С. В. Деордиев [и др.]. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2012. – № 3. – С. 61–71.
13. Митрофанов, С. В. Работа узловых соединений структурной конструкции с элементам решетки, выполненной из круглой трубы / С. В. Митрофанов. – Текст : непосредственный // Строительство и техногенная безопасность. – 2013. – Выпуск 46. – С. 20–24.
14. Москалев, М. Б. Совершенствование плитно-структурных металлодеревянных конструкций : специальность 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» : автореферат диссертации на соискание научной степени кандидата технических наук / Москалев Михаил Борисович ; Мин-во науки и образования Российской Федерации. – Санкт-Петербург, 2011. – 20 с. – Текст : непосредственный.
15. Caia, Jianguo. Development and analysis of a long-span retractable roof structure / Jianguo Caia, Jian Fenga, Chao Jiang. – Текст : непосредственный // Journal of Constructional Steel Research. – 2014. – Volume 92. – P. 175–182.
16. Makowski, Z. S. Development of jointing systems for modular prefabricated steel space structures / Z. S. Makowski. – Текст : непосредственный // Lightweight Structures in Civil Engineering : Proceedings of the international symposium. Warsaw, Poland, 24–28 June, 2002 / Ed. J. B. Obrebski. – Warsaw : Wydawnictwo Naukowe, 2002 – P. 17–41.
17. Зуева, И. И. Особенности проектирования структурных конструкций типа «ЦНИИСК». – Текст : непосредственный / И. И. Зуева, С. Л. Иванова // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2013. – № 1. – С. 91–97.
18. Кагановский, Л. О. Новые решения узловых соединений стержней структурных и однослойных решетчатых конструкций / Л. О. Кагановский. – Текст : непосредственный // Сборник научных трудов Украинского НИПИ стальных конструкций им. В. М. Шимановского. – 2010. – Выпуск 5. – С. 192–198.
19. Optimizing structural roof form for life-cycle energy efficiency / N. Huberman, D. Pearlmuttera, E. Galb [et. al.]. – Текст : непосредственный // Energy and Buildings. – 2015. – Volume 104. – P. 336–349.
20. Патент 153964 Российская Федерация, МПК5 E 04 B 1/58. Узловое соединение стержней пространственного каркаса зданий и сооружений : № 2015106971/03 : заявл. 27.02.2015 : опубл. 10.08.2015 / Колесников Д. А. ; заявитель и патентообладатель Колесников Д. А. – 2 с. – Текст : непосредственный.
21. Пахомов, А. И. Основные аспекты структурных конструкций в современном проектировании / А. И. Пахомов, Е. А. Кочетова, В. А. Кобезский. – Текст : direct. – In: *Lightweight Structures in Civil Engineering : Proceedings of the international symposium* ; Ed. J. B. Obrebski. – Warsaw: Scientific Publishing House, 2002 – P. 17–41. (in English)
22. Зуева, И. И.; Иванова, С. Л. Особенности проектирования структурных конструкций типа «CSRIBS». – Текст : direct. – In: *Bulletin of the PNRPU. Construction and architecture*. – 2013. – № 1. – P. 91–97. (in Russian)
23. Kaganovsky, L. O. New solutions for nodal connections of bars of structural and single-layer lattice structures. – Text : direct. – In: *Collection of scientific works of the V. M. Shimanovsky Ukrainian Research and Design Institute of Steel Structures*. – 2010. – Issue 5. – P. 192–198. (in Russian)
24. Huberman, N.; Pearlmuttera, D.; Galb, E. [et. al.]. Optimizing structural roof form for life-cycle energy efficiency. – Text : direct. – In: *Energy and Buildings*. – 2015. – Volume 104. – P. 336–349. (in English)
25. Patent 153964 Russian Federation, MPK5 E 04 B 1/58. Nodal connection of bars of the spatial frame of buildings and structures : № 2015106971/03 : declaration 27.02.2015 : published 10.08.2015 / Kolesnikov D. A. ; applicant and patentee Kolesnikov D. A. – 2 p. – Text : direct. (in Russian)
26. Pakhomov, A. I.; Kochetova, Ye. A.; Kobezsky, V. A. The main aspects of structural structures in modern design. – Text : electronic. – In: *International student scientific bulletin: materials of the VIII International student electronic scientific conference*. – Nizhny Novgorod : NSACU, 2013. – 6 p. – URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016019012> (date of the application: 01.09.2021). (in Russian)
27. Kuzhakova, V. G.; Nazmeyeva, T. V. Types of nodal joints in light steel thin-walled structures. – Text : direct. – In: *Engineering and construction journal*. – 2011. – № 3(21). – P. 47–52. (in Russian)
28. Patent 126028 Russian Federation, MPK E 04 B 1/58. Nodal connection of lattice framing elements : № 2012144523/03 : declaration 19.10.2012 : published 20.03.2013 / Raspopov S. S. ; applicant and patentee LLC «Volya». – 2 p. – Text : direct. (in Russian)
29. Antoniou, N.; Nikolaidis, Th.; Baniotopoulou, C. C. Designing long-span steel girders by applying displacement control concepts. – Text : direct. – In: *Engineering Structures*. – 2014. – Volume 59. – P. 21–27. (in English)

- Текст : электронный // Международный студенческий научный вестник : материалы VIII Международной студенческой электронной научной конференции, 31 марта 2016 г. – Нижний Новгород : НГАСУ, 2013. – 6 с. – URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016019012> (дата обращения: 01.09.2021).
22. Кужакова, В. Г. Виды узловых соединений в легких стальных тонкостенных конструкциях / В. Г. Кужакова, Т. В. Назмеева. – Текст : непосредственный // Инж.-строит. журнал. – 2011. – № 3(21). – С. 47–52.
 23. Патент 126028 Российская Федерация, МПК E 04 B 1/58. Узловое соединение элементов пространственного каркаса : № 2012144523/03 : заявл. 19.10.2012 ; опубл. 20.03.2013 / Распопов С. С. ; заявитель и патентообладатель ООО «Воля». – 2 с. – Текст : непосредственный.
 24. Antoniou, N. Designing long-span steel girders by applying displacement control concepts / N. Antoniou, Th. Nikolaidis, C. C. Baniotopoulos. – Текст : непосредственный // Engineering Structures. – 2014. – Volume 59. – P. 21–27.

Василев Владимир Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений, начальник Лаборатории испытаний строительных конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экспериментально-теоретическое исследование работы опор линий электропередачи; регулирование и учет внутреннего напряженного состояния горячекатаного проката в строительных конструкциях.

Мушанов Владимир Филиппович – доктор технических наук, профессор; заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики; проректор по научной работе ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Член международной организации «Институт гражданских инженеров» и международной организации «Пространственные конструкции», академик Академии строительства Украины и Украинской академии наук, член-корреспондент академии архитектуры Украины. Научные интересы: теория надежности, расчет, проектирование и техническая диагностика пространственных металлических конструкций.

Алехин Андрей Михайлович – кандидат технических наук, начальник отдела проверок проектно-сметной документации Департамента по внутреннему контролю и аудиту ООО «Инвест-регионпром», г. Кемерово. Научные интересы: изучение действительной работы опор линий электропередачи (ВЛ) и антенных опор радиорелейной связи. Статические и динамические испытания металлических, железобетонных и деревянных сооружений и всех видов строительных конструкций зданий и сооружений.

Мионов Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: сталежелезобетонные конструкции (трубобетонные конструкции); напряженно-деформируемое состояние рамных узлов трубобетонных конструкций, концентрация напряжений в трубобетонных узлах, усталостная прочность трубобетонных конструкций.

Безушко Анна Владимировна – аспирант кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: расчет и проектирование пространственных металлических конструкций.

Василев Володимир Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій і споруд, начальник Лабораторії випробувань будівельних конструкцій і споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: експериментально-теоретичне дослідження роботи опор ліній електропередавання; регулювання і врахування внутрішнього напруженого стану горячекатаного прокату в будівельних конструкціях.

Мущанов Володимир Пилипович – доктор технічних наук, професор; завідувач кафедри теоретичної і прикладної механіки, проректор з наукової роботи ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Член міжнародної організації «Інститут цивільних інженерів» і міжнародної організації «Просторові конструкції», академік Академії будівництва України і Української академії наук, член-кореспондент Академії архітектури України. Наукові інтереси: теорія надійності, розрахунок, проектування та технічна діагностика просторових металевих конструкцій.

Альохін Андрій Михайлович – кандидат технічних наук, начальник відділу перевірок проектно-кошторисної документації Департаменту з внутрішнього контролю та аудиту ТОВ «Інвест-регіонпром», м. Кемерово. Наукові інтереси: вивчення дійсної роботи опор ліній електропередавання (ПЛ) і антенних опор радіорелейного зв'язку. Статичні і динамічні випробування металевих, залізобетонних і дерев'яних споруд і всіх видів будівельних конструкцій будівель і споруд.

Миронов Андрій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій і споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: сталезалізобетонні конструкції (трубобетонні конструкції); напружено-деформований стан рамних вузлів трубобетонних конструкцій, концентрація напружень в трубобетонних вузлах, втомна міцність трубобетонних конструкцій.

Безушко Ганна Володимирівна – аспірант кафедри металевих конструкцій і споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розрахунок і проектування просторових металевих конструкцій.

Vasylev Volodymyr – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structures and Constructions Department, Head of the Laboratory of Testing Building Structures and Buildings, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: experimental and theoretical investigation of power transmission tower operation, control and record of the inner stressed state of the hot rolled metal in building structures.

Mushchanov Volodymyr – D. Sc. (Eng.), Professor; Head of the Theoretical and Applied Mechanics Department, vice-rector on the scientific activity of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. A member of the international organization «Institute of Civil Engineer» and international organization of «Spatial Structures». Scientific interests: the reliability theory, analyses, designing and engineering diagnostics of spatial metal structures.

Alyokhin Andrey – Ph.D. (Eng.), Head of the Department for Inspection of Design and Estimate Documentation of the Department for Internal Control and Audit LLC «Investregionprom», Kemerovo. Scientific interests: studying of the valid work of power lines supports (OHPL) and microwave transmission antenna towers. Static and dynamic testing of metal, concrete and wood structures and all kinds of constructions and structures.

Mironov Andrey – Ph.D. (Eng.), Associate Professor Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: steel and reinforced concrete structures (concrete tube structures); stress-strain state of the frame joints of the concrete chimney structures, stress concentration in concrete chimney joints, fatigue strength concrete chimney structures.

Bezushko Anna – Post-graduate student, Metal Structures and Constructions Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: analysis and design of spatial metal structures.