



(21)-0427-1

## ВЛИЯНИЕ УНИФИКАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ НА МАССУ СТРУКТУРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОКРЫТИЯ СИСТЕМЫ «КИСЛОВОДСК»

И. В. Роменский<sup>1</sup>, А. В. Мушанов<sup>2</sup>, А. С. Войтенко<sup>3</sup>

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,  
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.

E-mail: <sup>1</sup> riv\_2005@mail.ru, <sup>2</sup> mushhanov93@gmail.com, <sup>3</sup> sasha.voytenko99@mail.ru

Получена 20 августа 2021; принята 11 сентября 2021.

**Аннотация.** Данная статья посвящена вопросам проектирования пространственных решетчатых конструкций структурных покрытий системы «Кисловодск». В работе приведены результаты исследования влияния унификации элементов на напряженно-деформированное состояние и технико-экономические показатели структурного покрытия с размерами в плане 30×30 м. Установлено соответствие между принятыми унифицированными сортаментами с действующими ГОСТами горячекатаных и электросварных труб. На основании этого был разработан алгоритм подбора типоразмеров элементов, который реализован в ПК Microsoft Office Excel 2007. Рассчитана масса блока покрытия по принятым унифицированным сортаментам с применением различного количества типоразмеров элементов. Выявлена зависимость между массой структурного покрытия и количеством типоразмеров элементов. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании пространственных решетчатых конструкций структурных покрытий типа «Кисловодск».

**Ключевые слова:** структурное покрытие, пространственная решетчатая конструкция, унификация элементов, напряженно-деформированное состояние, технико-экономические показатели.

## ВПЛИВ УНІФІКАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ НА МАСУ СТРУКТУРНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПОКРИТТЯ СИСТЕМИ «КИСЛОВОДСЬК»

І. В. Роменський<sup>1</sup>, О. В. Мушанов<sup>2</sup>, О. С. Войтенко<sup>3</sup>

ДЮУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,  
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.

E-mail: <sup>1</sup> riv\_2005@mail.ru, <sup>2</sup> mushhanov93@gmail.com, <sup>3</sup> sasha.voytenko99@mail.ru

Отримана 20 серпня 2021; прийнята 11 вересня 2021.

**Анотація.** Дана стаття присвячена питанням проектування просторових ґратчастих конструкцій структурних покриттів системи «Кисловодськ». У роботі наведені результати дослідження впливу уніфікації елементів на напружено-деформований стан і техніко-економічні показники структурного покриття з розмірами в плані 30×30 м. Встановлена відповідність між прийнятими уніфікованими сортаментами з чинними ГОСТами горячекатаних і електросварювальних труб. На підставі цього був розроблений алгоритм підбору типорозмірів елементів, який реалізовано в ПК Microsoft Office Excel 2007. Розрахована маса блоку покриття за прийнятими уніфікованими сортаментами з застосуванням різної кількості типорозмірів елементів. Виявлена залежність між масою і кількістю типорозмірів елементів. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні просторових ґратчастих конструкцій структурних покриттів типу «Кисловодськ».

**Ключові слова:** структурне покриття, просторова ґратчаста конструкція, уніфікація елементів, напружено-деформований стан, техніко-економічні показники.

## THE EFFECT OF THE UNIFICATION OF ELEMENTS ON THE MASS OF CONSTRUCTIVE STRUCTURES OF THE KISLOVODSK COATING SYSTEM

Igor Romenskii<sup>1</sup>, Alexandr Mushchanov<sup>2</sup>, Alexandr Voytenko<sup>3</sup>

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,*

*2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup>riv\_2005@mail.ru, <sup>2</sup>mushchanov93@gmail.com, <sup>3</sup>sasha.voytenko99@mail.ru*

*Received 20 August 2021; accepted 11 September 2021.*

**Abstract.** This article is devoted to the design of spatial lattice structures of structural coatings of the «Kislovodsk» system. The paper presents the results of a study of the influence of the unification of elements on the stress-strain state and the technical and economic indicators of a structural coating with dimensions in terms of 30×30 m. A correspondence between the adopted unified product ranges with the current GOST standards for hot-rolled and electric-welded pipes is established. Based on this, an algorithm for the selection of standard sizes of elements was developed, which was implemented in the PC Microsoft Office Excel 2007. The mass of the coating block was calculated according to the accepted unified assortments using a different number of standard sizes of elements. The relationship between the mass of the structural coating and the number of standard sizes of elements is revealed. The obtained results can be used in the design of spatial lattice structures of structural coatings of the «Kislovodsk» type.

**Keywords:** structural coating, spatial lattice structure, unification of elements, stress-strain state, technical and economic indicators.

### Формулировка проблемы

Пространственные металлические стержневые конструкции относятся к одному из перспективных направлений в строительстве, так как обладают рядом преимуществ. Они нашли широкое применение в строительстве промышленных и гражданских зданий. Модули перекрестно-стержневых пространственных конструкций имеют высокую унификацию, технологичны в изготовлении, удобны при транспортировке и монтаже, надежны, а вместе с этим позволяют создавать самые разнообразные архитектурно-выразительные формы.

В настоящее время применяются различные модули структурных покрытий, такие как «Кисловодск», «МАрХИ», «ЦНИИСК» и др [2, 7].

Широкое применение получил модуль системы «Кисловодск» (рисунок 1), так как он имеет высокие технико-экономические показатели и утверждён в качестве типового проекта. Структурные плиты типа «Кисловодск» имеют ортогональную сетку поясов с ячейкой 3×3 м и высо-

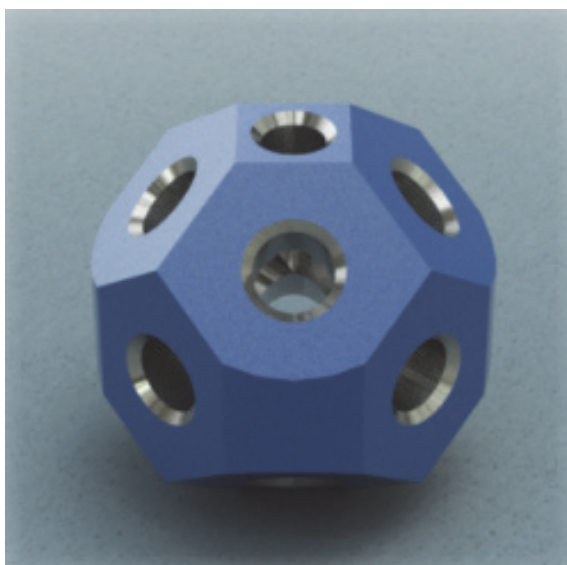
той по осям поясов равной 2,12 м. Стержни поясов изготавливаются из стальных горячекатаных и электросварных труб, соединённых между собой узловыми элементами (рисунок 2). Узлы верхнего и нижнего пояса соединяются раскосами. Все стержни структуры имеют одинаковую длину и в зависимости от нагрузки выполняются определенного диаметра и толщины. Они предназначены для перекрытия секции здания размерами в плане 30×30 и 36×36 м с внутриконтурным опиранием на четыре колонны, которые расположены для секции 30×30 м, с шагом 18×18 м и для секции 36×36 м с шагом 24×24 м [11, 13].

Пространственные решетчатые конструкции из труб типа «Кисловодск» серии 1.466-2 [4] является типовым. В нём рекомендуется применение следующих типоразмеров элементов из труб: 60×3, 76×3, 102×4, 114×6, 127×7.

Альбом серии 1.466-3с [5] применяется для строительства в сейсмически опасных районах. В этом проекте рекомендуется применять такие типоразмеры элементов из труб: 60×3, 76×3,5, 89×4, 102×4, 114×6, 127×7, 133×8.



**Рисунок 1.** Модуль системы «Кисловодск».



**Рисунок 2.** Узловой элемент системы «Кисловодск».

Однако, учитывая быстрые темпы развития строительной отрасли, возникла необходимость в рассмотрении технико-экономических показателей структурных конструкций системы «Кисловодск» с учетом актуализированных строительных нормативных требований, так как с момента утверждения типовых проектов рассматриваемых конструкций несколько раз успели поменяться нормативные документы и сортаменты.

В данной работе будет рассматриваться структурная система покрытия системы «Кисловодск» серии СП 30-400, так как она получила широкое применение в строительстве.

### Цели

Оценка влияния унификации элементов структурной конструкции системы «Кисловодск»

блока СП 30-400 на напряженно-деформированное состояние и технико-экономические показатели.

### Объект исследования

Пространственные металлические стержневые конструкции.

### Предмет исследования

Напряженно-деформированное состояние и технико-экономические показатели пространственной решетчатой конструкции покрытия системы «Кисловодск» серии СП 30-400.

### Основной материал

Развитием конструктивных решений «Кисловодска» является система «МАрХИ» [21]. Предприятия, изготавливающие конструкции «МАрХИ», помимо структурных плит, поставляют отдельные элементы конструкций по унифицированному сортаменту [21], разработанному Московским архитектурным институтом, что позволяет в более широких пределах использовать структурные системы при различных конфигурациях плана и характера опирания. Анализ результатов статистической обработки усилий, проведенный Московским архитектурным институтом, в различных конструкциях (с учетом различных: конфигураций планов; граничных условий опирания; величин нагрузок; сейсмических и динамических воздействий) показал, что в перекрестно-стержневых конструкциях покрытий преобладают в основном малонагруженные стержни, процент которых в пространственных системах покрытий колеблется в пределах 70...85 %, а процент значительно нагруженных стержней не превышает 5...15 %. Результаты этого анализа были положены в основу создания унифицированного сортамента стержневых элементов конструкций системы «МАрХИ» (рисунк 3).

Закономерность построения сортамента стержневых элементов системы «МАрХИ» представлен в виде графика, из которого следует:

- количество типоразмеров стержней по сечению равно 11;
- количество типоразмеров по длине ограничено длиной 5 м;

– в качестве стандартных укрупненных модулей применяются модули 15М – 150 см, 20М – 200 см, 30М – 300 см, 40М – 400 см и 45М – 450 см.

При выполнении исследования напряженно-деформированного состояния и технико-экономических показателей системы «Кисловодск» серии СП 30-400 был принят сортамент элементов системы «МАрХИ».

Проведём соответствие между типоразмерами, которые представлены в типовых проектах, сортаментом «МАрХИ» и действующим ГОСТам стальных горячекатаных [8] и электросварных труб [9]. Результаты представлены в таблице 1.

В данной работе исследовалось влияние унификации элементов на массу пространственной решетчатой конструкции серии СП 30-400 [4]. Структурное покрытие с размером в плане 30×30 м и расстоянием между колоннами 18×18 м. Стержни конструкции покрытия изготавливаются из стальных электросварных труб, соединенных между собой узловыми элементами.

Для рассматриваемого варианта покрытия применялся сортамент «МАрХИ», который сравнивается с сортаментом, предложенным в типовом проекте.

Расчет структурного покрытия произведен при помощи универсального программного расчетно-вычислительного комплекса ПК ЛИРА

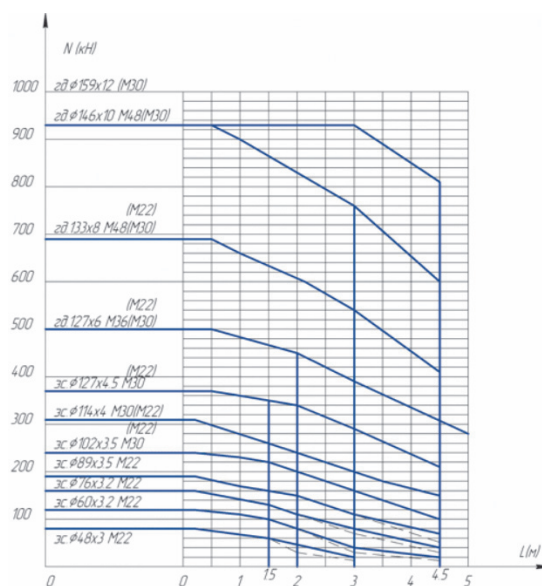


Рисунок 3. Сортамент Московского архитектурного института.

Таблица 1. Соответствие типоразмеров действующим ГОСТам

Сортаменты	Типоразмеры сечений	ГОСТ 8732-78 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные	ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные
Пространственные решетчатые конструкции из труб типа «Кисловодск» серии 1.466-2	60×3	Соответствует ГОСТу	Соответствует ГОСТу
	76×3	Соответствует ГОСТу	Соответствует ГОСТу
	102×4	Соответствует ГОСТу	Соответствует ГОСТу
	114×6	Соответствует ГОСТу	Не соответствует ГОСТу
	127×7	Соответствует ГОСТу	Не соответствует ГОСТу
Пространственные решетчатые конструкции из труб типа «Кисловодск» серии 1.466-3с	60×3	Соответствует ГОСТу	Соответствует ГОСТу
	76×3,5	Соответствует ГОСТу	Соответствует ГОСТу
	89×4	Соответствует ГОСТу	Соответствует ГОСТу
	102×4	Соответствует ГОСТу	Соответствует ГОСТу
	114×6	Соответствует ГОСТу	Не соответствует ГОСТу
	127×7	Соответствует ГОСТу	Не соответствует ГОСТу
	133×8	Соответствует ГОСТу	Не соответствует ГОСТу
Унифицированный сортамент «МАрхИ»	48×3	Не соответствует ГОСТу	Соответствует ГОСТу
	60×3,2	Соответствует ГОСТу	Соответствует ГОСТу
	76×3,2	Соответствует ГОСТу	Соответствует ГОСТу
	89×3,5	Соответствует ГОСТу	Соответствует ГОСТу
	102×3,5	Соответствует ГОСТу	Соответствует ГОСТу
	114×4	Соответствует ГОСТу	Соответствует ГОСТу
	127×4,5	Соответствует ГОСТу	Соответствует ГОСТу
	127×6	Соответствует ГОСТу	Не соответствует ГОСТу
	133×8	Соответствует ГОСТу	Не соответствует ГОСТу
	146×10	Соответствует ГОСТу	Не соответствует ГОСТу
	159×12	Соответствует ГОСТу	Не соответствует ГОСТу

САПР 2017 [12]. Длина каждого элемента структурного покрытия одинакова и равна 3 м. Раскладка и начало нумерации элементов структуры приведены ранее на рисунках 4–7. Узловые соединения заданы как шарниры, с тремя степенями свободы. Опорные узлы также шарнирные, закреплены от перемещений по направлению местных осей координат. Нижняя часть колонн жестко закреплена.

Проектная нагрузка равная 400 кг/м<sup>2</sup> приводилась к вертикальной узловой нагрузке, приложенной в узлы верхнего пояса структурного покрытия.

Узловая нагрузка собиралась в соответствии с грузовой площадью для каждого узла и рассчитывается по формуле 1 [6]:

$$F_{уз} = q \cdot A_{уз}, \text{ кН}, \quad (1)$$

где  $q$  – равномерно распределенная нагрузка на покрытие;

$A_{уз}$  – грузовая площадь для данного узла.

Для узлов, расположенных:

- по углам  $A_{уз} = 2,25 \text{ м}^2$ ;
- по контуру  $A_{уз} = 4,5 \text{ м}^2$ ;
- по центру  $A_{уз} = 9 \text{ м}^2$ .

Вертикальная нагрузка, соответственно, для узлов:

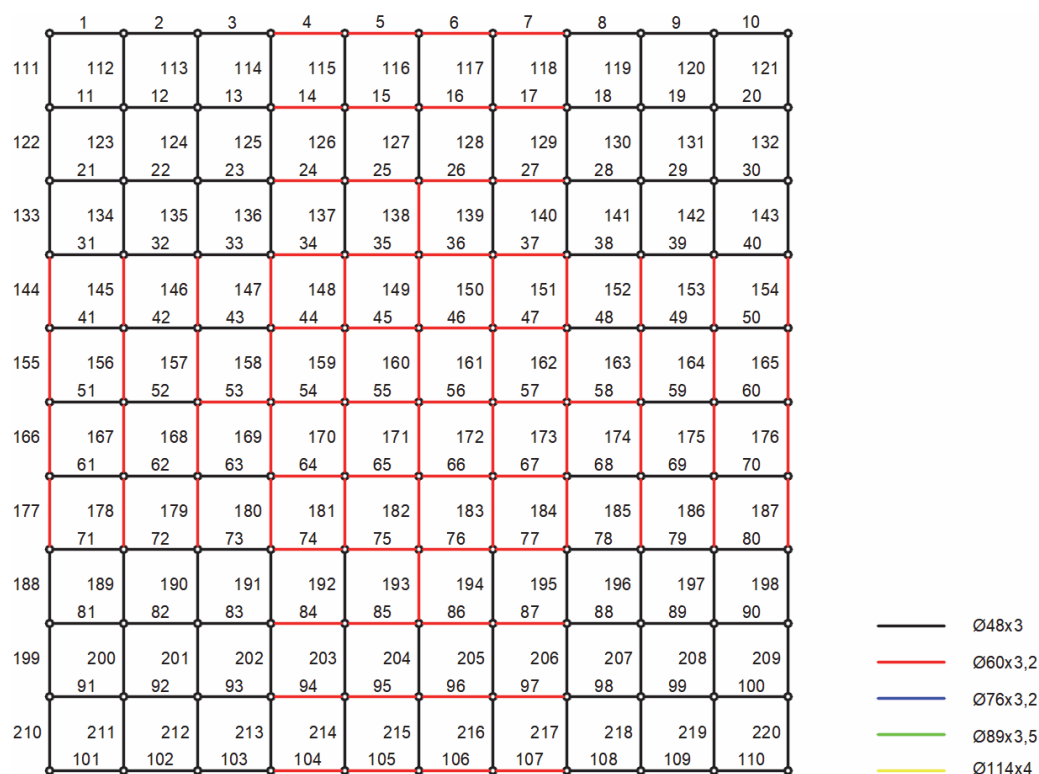


Рисунок 4. Схема раскладки и нумерация элементов верхнего пояса СП 30-400.

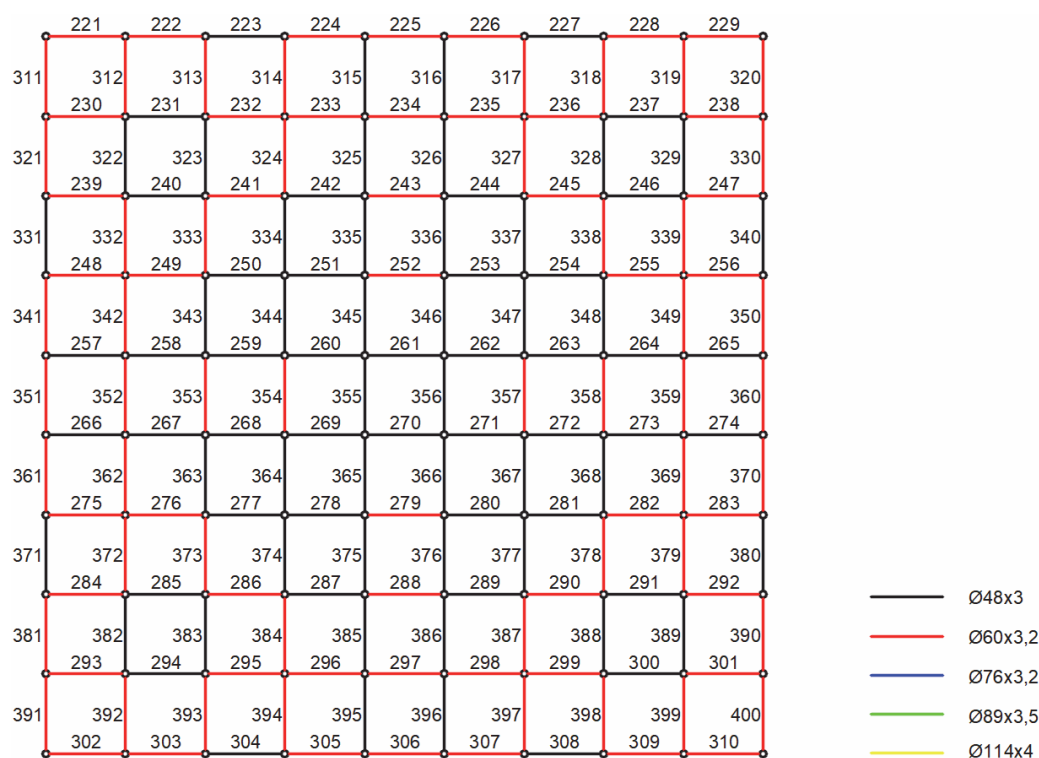


Рисунок 5. Схема раскладки и нумерация элементов нижнего пояса СП 30-400.



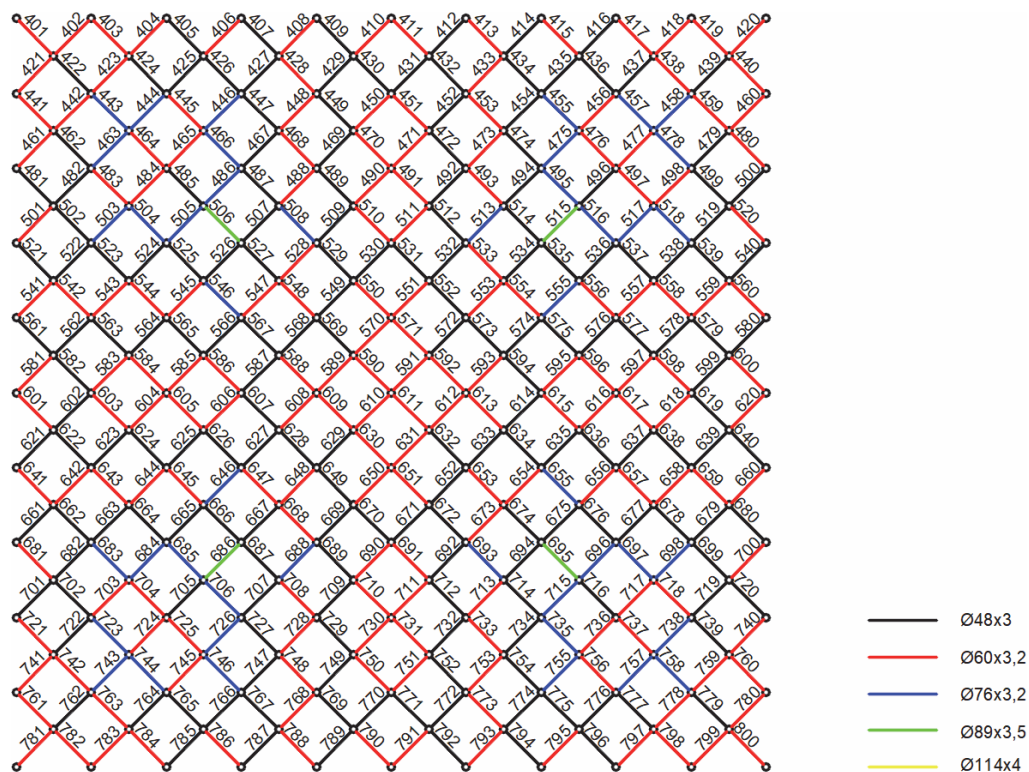


Рисунок 6. Схема раскладки и нумерация стержней раскосной решетки СП 30-400.

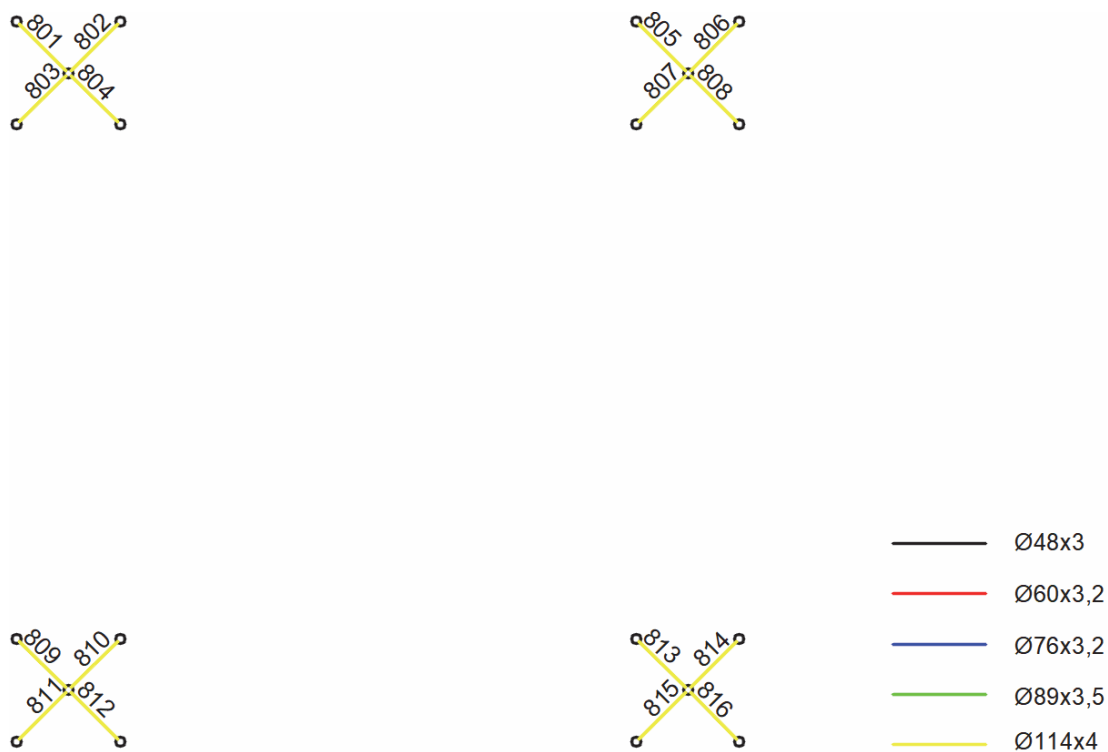


Рисунок 7. Схема раскладки и нумерация стержней капителей СП 30-400.

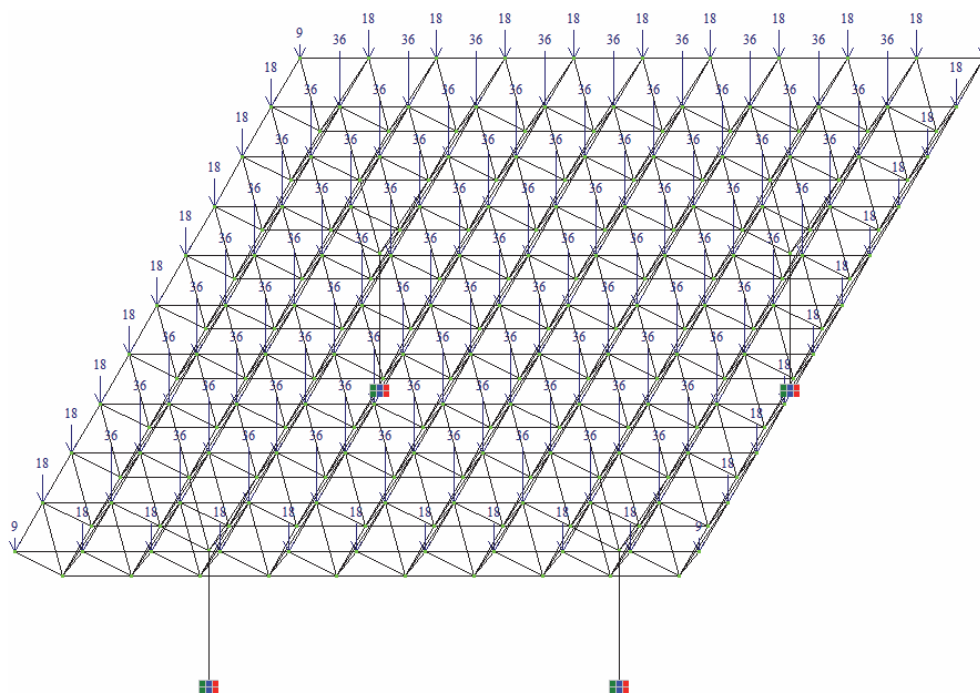


Рисунок 8. Расчётная схема структурного блока покрытия.

- по углам  $F_{уз} = 9$  кН;
- по контуру  $F_{уз} = 18$  кН;
- по центру  $F_{уз} = 36$  кН.

Расчётная схема приведена на рисунке 8.

В результате анализа расчётной схемы в программном комплексе ЛИРА САПР 2017 были получены усилия в элементах структурного покрытия системы «Кисловодск», которые представлены на рисунках 9–12.

На основании имеющихся данных была определена несущая способность стержней при растяжении и сжатии. Материал – С245.

Расчёт растянутых элементов производился в соответствии с требованиями [1, 6] по формуле 2 и предельной гибкости  $[\lambda] = 400$ , принятой по нормам [6].

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad (2)$$

где  $A$  – фактическая или принятая площадь поперечного сечения элемента [4, 5];

$N$  – усилие, возникающее в элементе;

$R_y$  – расчётное сопротивление стали растяжению, сжатию и изгибу на границе текучести [6];

$\gamma_c$  – коэффициент условия работы элемента [6].

Расчёт сжатых элементов производился в соответствии с требованиями [1, 6] по формуле 3 и предельной гибкости, рассчитанной по формуле 4.

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot A} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad (3)$$

$$[\lambda] = 180 - 60 \cdot \alpha, \quad (4)$$

где  $\alpha = \frac{N}{\alpha \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma}$  – коэффициент, который при-

нимается не меньше 0,5;

$N$  – усилие, возникающее в элементе;

$\varphi$  – коэффициент устойчивости при центральном сжатии [6];

$A$  – площадь поперечного сечения элемента [4, 5];

$R_y$  – расчётное сопротивление стали растяжению, сжатию и изгибу на границе текучести [6];

$\gamma_c$  – коэффициент условия работы элемента [6].

В таблице 2 приведены результаты расчёта несущей способности элементов структурного покрытия СП 30-400 в соответствии с типовым проектом.

В результате расчёта несущей способности элементов структурного покрытия СП 30-400



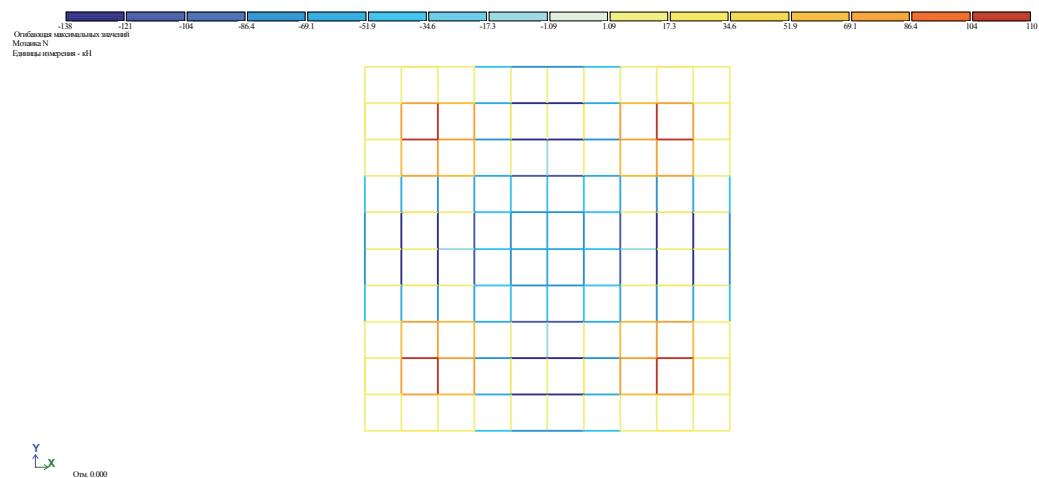


Рисунок 9. Мозаика усилий верхнего пояса структурной конструкции серии СП 30-400.

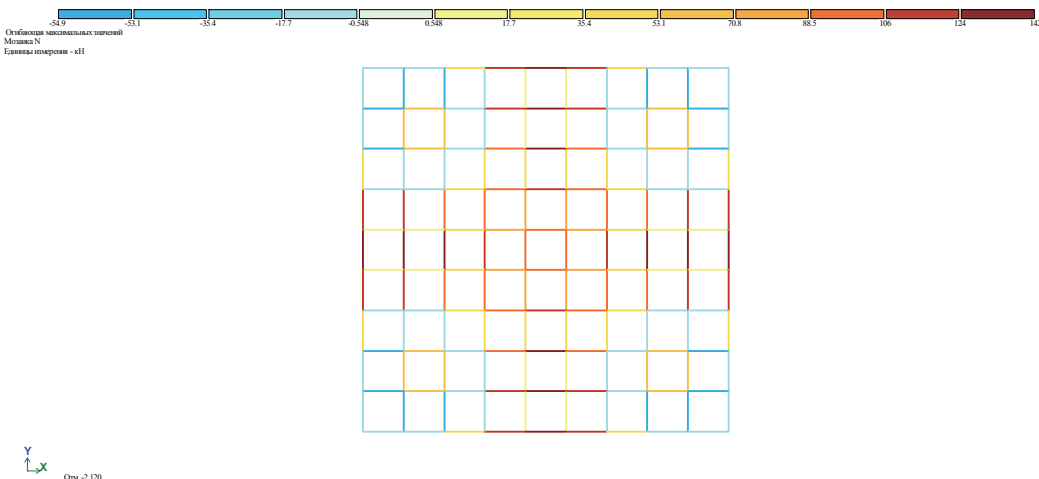


Рисунок 10. Мозаика усилий нижнего пояса структурной конструкции серии СП 30-400.

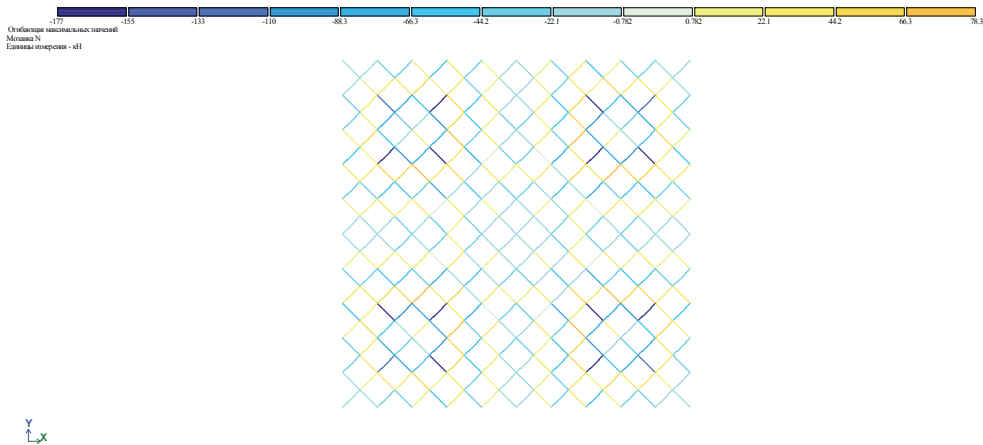


Рисунок 11. Мозаика усилий капителей структурной конструкции серии СП 30-400.

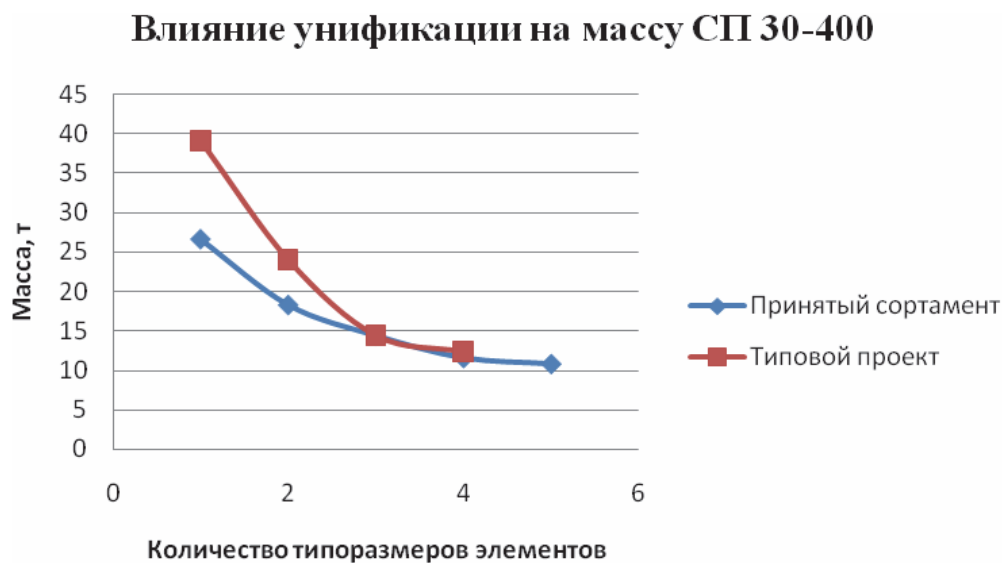
были приняты 5 типоразмеров элементов (таблица 3).

В результате анализа полученных данных стержни были сгруппированы в соответствии с возникающими в них усилиями и градацией принятых типоразмеров сечений.

Рассчитаны показатели общей массы покрытия в соответствии с типовым проектом (таблицы 4–7) и унифицированным сортаментом

«МАрхИ» (таблицы 8–12). Расчёт элементов и вычисление массы производились при помощи разработанного алгоритма, который реализован в ПК Microsoft Office Excel 2007.

На основании полученных данных была составлена диаграмма влияния унификации элементов на массу структурного блока покрытия системы «Кисловодск» СП 30-400 (рисунок 12).



**Рисунок 12.** Диаграмма влияния унификации на массу структурного блока покрытия системы «Кисловодск» СП 30-400.

**Таблица 2.** Несущая способность элементов структурного покрытия СП 30-400 в соответствии с типовым проектом

Несущая способность элемента, кН	Типоразмеры сечений				
	60×3	76×3	102×4	114×6	127×7
Растяжение	113	144	254	426	–
Сжатие	–30	–56	–146	–264	–380

**Таблица 3.** Несущая способность элементов структурного покрытия СП 30-400 по унифицированному сортаменту «МАрхИ»

Несущая способность элемента, кН	Типоразмеры сечений				
	48×3	60×3,2	76×3,2	89×3,5	114×4
Растяжение	105	142	–	–	–
Сжатие	–	–67	–158	–177	–323

**Таблица 4.** Расчёт массы структурного блока СП 30-400 по сортаменту типового проекта с применением одного типоразмера

Типоразмеры сечений	Количество, шт	Масса, т	
		ед.	общая
114×6	816	0,048	39,168
Итого			39,168

**Таблица 5.** Расчёт массы структурного блока СП 30-400 по сортаменту типового проекта с применением двух типоразмеров

Типоразмеры сечений	Количество, шт	Масса, т	
		ед.	общая
114×6	16	0,048	0,768
102×4	800	0,029	23,2
Итого			23,968

**Таблица 6.** Расчёт массы структурного блока СП 30-400 по сортаменту типового проекта с применением трёх типоразмеров

Типоразмеры сечений	Количество, шт	Масса, т	
		ед.	общая
114×6	16	0,048	0,768
102×4	48	0,029	1,392
76×3	752	0,016	12,032
Итого			14,192

**Таблица 7.** Расчёт массы структурного блока СП 30-400 по сортаменту типового проекта с применением четырёх типоразмеров

Типоразмеры сечений	Количество, шт	Масса, т	
		ед.	общая
114×6	16	0,048	0,768
102×4	48	0,029	1,392
76×3	168	0,016	2,688
60×3	584	0,013	7,592
Итого			12,44

## Выводы

По результатам исследования влияния унификации элементов на напряженно-деформированное состояние и технико-экономические показатели структурной конструкции системы «Кис-

ловодск» блока СП 30-400 можно сделать следующие выводы:

- проанализировано современное состояние сортаментов. Градация элементов увеличилась, однако некоторые позиции исчезли;

**Таблица 8.** Расчёт массы структурного блока СП 30-400 по унифицированному сортаменту «МАрхИ» с применением одного типоразмера

Типоразмеры сечений	Количество, шт	Масса, т	
		ед.	общая
114×4	816	0,033	26,928
Итого			26,928

**Таблица 9.** Расчёт массы структурного блока СП 30-400 по унифицированному сортаменту «МАрхИ» с применением двух типоразмеров

Типоразмеры сечений	Количество, шт	Масса, т	
		ед.	общая
114×4	16	0,033	0,528
89×3,5	800	0,022	17,6
Итого			18,128

**Таблица 10.** Расчёт массы структурного блока СП 30-400 по унифицированному сортаменту «МАрхИ» с применением трёх типоразмеров

Типоразмеры сечений	Количество, шт	Масса, т	
		ед.	общая
114×4	16	0,033	0,528
89×3,5	4	0,022	0,088
76×3,2	796	0,017	13,532
Итого			14,148

**Таблица 11.** Расчёт массы структурного блока СП 30-400 по унифицированному сортаменту «МАрхИ» с применением четырёх типоразмеров

Типоразмеры сечений	Количество, шт	Масса, т	
		ед.	общая
114×4	16	0,048	0,528
89×3,5	4	0,029	0,088
76×3,2	56	0,017	0,952
60×3,2	740	0,013	9,62
Итого			11,188

– унифицированный сортамент «МАрхИ» является более развитым по сравнению с сортаментом «Кисловодск» по требованиям напряженно-деформированного состояния и технико-экономическим показателям;

– разработан алгоритм расчёта элементов и вычисления массы структурного покрытия «Кисловодск» блока СП 30-400;  
– для рассматриваемого блока рационально применять 4–5 типоразмеров элементов;

**Таблица 12.** Расчёт массы структурного блока СП 30-400 по унифицированному сортаменту «МАрхИ» с применением пяти типоразмеров

Типоразмеры сечений	Количество, шт	Масса, т	
		ед.	общая
114×4	16	0,048	0,528
89×3,5	4	0,029	0,088
76×3,2	56	0,017	0,952
60×3,2	516	0,013	6,708
48×3	224	0,01	2,24
Итого			10,516

– установлено, что с изменением количества типоразмеров элементов от одного диаметра труб до пяти расход стали на основные несущие элементы покрытия меняется в пределах от 30 до 12,2 кг/м<sup>2</sup>.

В дальнейшем предполагается рассмотрение влияния унификации на напряженно-деформированное состояние и технико-экономические показатели структурной конструкции системы «Кисловодск» для различных пролётов и нагрузок.

## Литература

1. Металлические конструкции. Общий курс : учебник для ВУЗов / Е. И. Беленя, В. А. Балдин, Г. С. Ведерников [и др.] ; под ред. Е. И. Беленя. – Москва : Стройиздат, 1996. – 560 с. – Текст : непосредственный.
2. Металлические конструкции : учебник для вузов / Ю. И. Кудишин, Е. И. Беленя, В. С. Игнатова [и др.] ; под ред. Ю. И. Кудишина. – Москва : Академия, 2011. – 688 с. – Текст : непосредственный.
3. Трофимов, В. И. Структурные конструкции (исследование, расчет и проектирование) / В. И. Трофимов, Т. Е. Бегун. – Москва : Стройиздат, 1972. – 272 с. – Текст : непосредственный.
4. Серия 1.466-2. Пространственные решетчатые конструкции из труб типа «Кисловодск» / Гипромонтажиндустрия Минмонтажспецстроя СССР. – Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1973. – 18 с. – Текст : непосредственный.
5. Серия 1.466-3с. Пространственные решетчатые конструкции из труб типа «Кисловодск» для зданий с расчётной сейсмичностью 8 и 9 баллов / Гипромонтажиндустрия Минмонтажспецстроя СССР. – Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1977. – 25 с. – Текст : непосредственный.
6. 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-

## References

1. Belenya, Ye. I.; Baldin, V. A.; Vedernikov, G. S. [et. al.] ; edited by Belenya, Ye. I. Metal constructions. General course : textbook for universities. – Moscow : Stroiizdat, 1996. – 560 p. – Text : direct. (in Russian)
2. Kudishin, Yu. I.; Belenya, Ye. I.; Ignatyeva, V. S. [et. al.] ; edited by Yu. I. Kudishin. Metal structures : textbook for universities. – Moscow : Academy, 2011. – 688 p. – Text : direct. (in Russian)
3. Trofimov, V. I.; Begun, T. Ye. Structural structures (research, calculation and design). – Moscow : Stroiizdat, 1972. – 272 p. – Text : direct. (in Russian)
4. Series 1.466-2. Spatial lattice structures made of pipes of the «Kislovodsk» type / Gipromontazh-industria of Minmontazhspetsstroj of the USSR. – Moscow : CISD USSR, 1973. – 18 p. – Text : direct. (in Russian)
5. Series 1.466-3s. Spatial lattice structures made of pipes of the «Kislovodsk» type for buildings with a design seismicity of 8 and 9 points / Gipromontazh-industria of Minmontazhspetsstroj of the USSR. – Moscow : CISD USSR, 1977. – 25 p. – Text : direct. (in Russian)
6. DBN V.2.6-198:2014. Steel structures. Design code. – Kiev : Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine, 2014. – 198 p. – Text : direct. (in Russian)
7. V. A. Kucherenko CSRIBS. Structural Design Guidelines. – Moscow : Stroiizdat, 1984. – 297 p. (in Russian) – Text : direct. (in Russian)



- 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» (ООО «Укринсталькон им. В. М. Шимановского»). – Киев : Минрегион Украины, 2014. – 198 с. – Текст : непосредственный.
7. Рекомендации по проектированию структурных конструкций / ЦНИИСК им. Кучеренко. – Москва : Стройиздат, 1984. – 297 с. – Текст : непосредственный.
  8. ГОСТ 8732-78. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные = Seamless hot-deformed steel pipes : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утверждён и введён в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 22 марта 1978 г. № 757 : введён впервые : дата введения 1979-01-01 / подготовлен Министерством черной металлургии СССР. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2004. – 11 с. – Текст : непосредственный.
  9. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные = Electrically welded steel line-weld tubes : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утверждён и введен в действие Постановлением Комитета стандартизации и метрологии СССР от 15 ноября 1991 г. № 1743 : введён впервые : дата введения 1993-01-01 / подготовлен Министерством черной металлургии СССР. – Москва : Стандартинформ, 2007. – 20 с. – Текст : непосредственный.
  10. Chilton, J. Space Grid Structures / J. Chilton. – Oxford : Architectural Press, 2000. – 191 p. – ISBN 0750632755. – Текст : непосредственный.
  11. Марутян, А. С. Легкие металлоконструкции из перекрестных систем / А. С. Марутян. – Пятигорск : РИА КМВ, 2009. – 348 с. – Текст : непосредственный.
  12. Программный комплекс ЛИРА САПР 2013 : учебное пособие / М. С. Городецкий, Р. Ю. Барабаш, В. П. Водопьянов [и др.] ; под ред. академика РААСН А. С. Городецкого. – Киев-Москва : Электронное издание, 2013. – 376 с. – Текст : непосредственный.
  13. Михайлов, В. В. Пространственные стержневые конструкции покрытий (структуры) / В. В. Михайлов, М. С. Сергеев. – Владимир : ВлГУ, 2011. – 56 с. – Текст : непосредственный.
  14. Хисамов, Р. И. Расчет и конструирование структурных покрытий / Р. И. Хисамов. – Киев : Будивельник, 1981. – 48 с. – Текст : непосредственный.
  15. Васильченко, В. Т. Справочник конструктора металлических конструкций / В. Т. Васильченко, А. Н. Рутман, Е. П. Лукьяненко. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев : Будивельник, 1990. – 312 с. – Текст : непосредственный.
  8. GOST 8732-78. Seamless hot-deformed steel pipes. – Moscow : PPC Publishing house of standards, 2004. – 11 p. – Text : direct. (in Russian)
  9. GOST 10704-91. Electrically welded steel line-weld tubes. – Moscow : Standartinform, 2007. – 20 p. – Text : direct. (in Russian)
  10. Chilton, J. Space Grid Structures. – Oxford : Architectural Press, 2000. – 191 p. – ISBN 0750632755. – Text : direct. (in English)
  11. Marutyanyan, A. S. Lightweight metal structures from cross systems. – Pyatigorsk : RIA KVM, 2009. – 348 p. – Text : direct. (in Russian)
  12. Gorodetsky, M. S.; Barabash, R. Yu.; Vodopyanov, V. P. [et. al.] ; Edited by academician of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences A. S. Gorodetsky. LIRA-SAPR software package 2013 : textbook. – Kiev-Moscow : Electronic edition, 2013. – 376 p. – Text : direct. (in Russian)
  13. Mikhaylov, V. V.; Sergeyev, M. S. Spatial bar structures of coatings (structures). – Vladimir : VSU, 2011. – 56 p. – Text : direct. (in Russian)
  14. Khisamov, R. I. Calculation and design of structural coatings. – Kiev : Budivelnik, 1981. – 48 p. – Text : direct. (in Russian)
  15. Vacilchenko, V. T.; Rutman, A. N.; Lukyanenko, Ye. P. Reference book of the designer of metal structures. – 2nd edition, revised and enlarged. – Kiev : Budivelnik, 1990. – 312 p. – Text : direct. (in Russian)
  16. Gaylord, Edwin; Gaylord, Charles; Stallmeyer, James. Structural engineering. – New York : The McGraw Hill Companies, 1997. – 1024 p. – ISBN 70237247. – Text : direct. (in English)
  17. Schumacher, M.; Schaeffer, O.; Vogt, M. M. Move – Architecture in Motion. – Basel : Birkhauser Verlag AG, 2010. – 248 p. – ISBN 3764399864. – Text : direct. (in English)
  18. Renton, John D. Chapter 15 Regular Structures. – Text : direct. – In: *Elastic Beams and Frames. - Second Edition*. – Chichester : Horwood Publishing, 2002. – P. 15.1–15.36. (in English)
  19. Trushchev, A. G. Spatial metal structures : schoolbook. – Moscow : Stroiizdat, 1983. – 216 p. – Text : direct. (in Russian)
  20. Hutchinson, R. G.; Wicks, N.; Evans, A. G. [et. al.]. Kagome plate structures for actuation. – Text : direct. – In: *International Journal of Solids and Structures*. – 2003. – № 40. – P. 6969–6980. (in English)
  21. LLC Research and Design Center «Victoria» : official site. – Russian Federation, Khimki. – URL: <http://www.sistemas-marhi.ru> (accessed: 21.06.2021). – Text : electronic.

16. Gaylord, Edwin. Structural engineering / Edwin Gaylord, Charles Gaylord, James Stallmeyer. – New York : The McGraw Hill Companies, 1997. – 1024 p. – ISBN 70237247. – Текст : непосредственный.
17. Schumacher, M. Move – Architecture in Motion / M. Schumacher, O. Schaeffer, M. M. Vogt. – Basel : Birkhauser Verlag AG, 2010. – 248 p. – ISBN 3764399864. – Текст : непосредственный.
18. Renton, John D. Chapter 15 Regular Structures / John D. Renton. – Текст : непосредственный // Elastic Beams and Frames. – Second Edition. – Chichester : Horwood Publishing, 2002. – P. 15.1–15.36.
19. Трущев, А. Г. Пространственные металлические конструкции : учебное пособие / А. Г. Трущев. – Москва : Стройиздат, 1983. – 216 с. – Текст : непосредственный.
20. Kagome plate structures for actuation / R. G. Hutchinson, N. Wicks, A. G. Evans [et. al.]. – Текст : непосредственный // International Journal of Solids and Structures. – 2003. – № 40. – P. 6969–6980.
21. ООО Научно-проектный центр «Виктория» : официальный сайт. – Российская федерация, г. Химки. – URL: <http://www.sistems-marhi.ru> (дата обращения: 21.06.2021). – Текст : электронный.

**Роменский Игорь Викторович** – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: расчет и проектирование пространственных металлических конструкций.

**Мушанов Александр Владимирович** – кандидат технических наук, ассистент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: болшенпролетные стержневые конструкции, оптимизация стержневых конструкций покрытия, устойчивость центрально-сжатых стержней.

**Войтенко Александр Сергеевич** – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: расчет и проектирование структурных покрытий.

**Роменський Ігор Вікторович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій та споруд ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розрахунок і проектування просторових металевих конструкцій.

**Мушанов Олександр Володимирович** – кандидат технічних наук, асистент кафедри металевих конструкцій та споруд ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: великопрогонові стрижневі конструкції, оптимізація стрижневих конструкцій покриття, стійкість центрально-стиснутих стрижнів.

**Войтенко Олександр Сергійович** – студент ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розрахунок і проектування структурних покриттів.

**Romenskii Igor** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: calculation and design of spatial metal structures.

**Mushchanov Alexandr** – Ph. D. (Eng.), Assistant, Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: large-span rods structures, optimization of rods roof structures, stability of compressed rods.

**Voytenko Alexandr** – Student, Metal Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: calculation and design of structural coatings.