



in aluminum melt] // *Zagotovitelnye proizvodstva v mashinostroenii* [Procurement production in mechanical engineering]. 2005. № 11. – P. 47–51.

8. Kem A. Yu. *Tekhnologicheskie osnovy proizvodstva poroshkovykh i kompozitsionnykh nanostrukturnykh materialov i izdeliy* [Technological fundamentals of production of powder and composite nanostructured materials and products] : *uchebnoe posobie*; Federalnoe agentstvo po obrazovaniyu, Donskoy gos. tekhn. un-t. – Rostov on Don : Izd. tsentr DGTU, 2008. – 113 p. : il., tabl. – ISBN 978-5-7890-0444-99.

9. Minaev A. M., Pruchkin V. A. *O vnutrennem okislenii vysokochistogo alyuminiya* [On the internal oxidation of high-purity aluminum] // *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki* [Issues of modern science and practice]. Universitet im. V.I. Vernadskogo. 2011. № С (36). – P. 48–53.

10. Kurganova Yu. A. *Povyshenie mekhanicheskikh svoystv diskretno-armirovannykh kompozitsionnykh materialov s alyuminiyevoy matritsey* [Improving the mechanical properties of discretely reinforced composite materials with an aluminum matrix] // *Zagotovitelnye proizvodstva v mashinostroenii* [Procurement production in mechanical engineering]. 2007, № 5. P. 46 – 52.

11. Kalay Yu. E. *Kharakteristika nizkoskorostnogo udara monolitnykh i mnogosloynnykh plit AA2024 metodom ispytaniya na padenie vesa* [Low velocity impact characteristic of monolithic and laminated AA2024 plates by drop weight test]. 2003. 149 p.

12. Romanova E. A., Mylnikov V. V. *Razrabotka tekhnologii polucheniya alyumomatrchnogo litogo kompozitsionnogo materiala s pomoschy sinteza uprochnyayushey fazy oksida alyuminiya v rasplave alyuminiya* [Development of technology for obtaining aluminum matrix cast composite material by synthesis of the hardening phase of aluminum oxide in aluminum melt] // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Poroshkovaya metallurgiya i funktsionalnye pokrytiya* [News of higher educational institutions. Powder metallurgy and functional coatings]. – 2017. № 4. – P. 29–36. – DOI 10.17073/1997-308X-2017-4-29-36.

13. Romanov A. D., Romanova E. A., Chernyshov E. A. *Issledovanie osobennostey zhidkofaznogo okisleniya alyuminiyevogo rasplava s polucheniem alyumomatrchnogo kompozitsionnogo materiala* [Investigation of the features of liquid-phase oxidation of aluminum melt with the production of aluminum matrix composite material] // *Metallurg* [Metallurgist]. – 2021. № 7 – P. 75-80. – DOI 10.52351/00260827_2021_07_77.

© **В. В. Мыльников, О. Б. Кондрашкин, И. А. Гулин, 2023**

Получено: 02.12.2022 г.

УДК 624.014.2

О. В. КОЛОТОВ, канд. техн. наук, доц., и. о. зав. кафедрой строительных конструкций

МОДУЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ ПО ТИПУ «КИСЛОВОДСК»

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-88;
эл. почта: k_mk@nngasu.ru

Ключевые слова: модульные покрытия, стропильные фермы, стропильные балки, подстропильные фермы, подстропильные балки, горизонтальные связи.

Рассмотрены 4 варианта конструктивного решения модульного покрытия, состоящего из взаимно перпендикулярных стропильных и подстропильных конструкций. Разработана система связей, обеспечивающая пространственную жесткость. Выполнен анализ по расходу стали.



Модульные конструкции всегда привлекают внимание, так как имеют более выраженную потребительскую ценность.

На протяжении пятидесяти лет заводы легких металлоконструкций изготавливают структурное покрытие типа «Кисловодск», которое пользуется спросом.

Наиболее распространенное покрытие типа «Кисловодск» имеет размеры в плане 30×30 м. Конструктивно оно представляет собой структурную плиту высотой 2,12 м, образованную стержнями трубчатого сечения длиной 3 м и диаметром от 57 до 127 мм. Между собой стержни плиты соединены в узлах при помощи коннекторов. Структурная плита опирается на четыре колонны, расположенные с шагом 18×18 м.

К достоинствам покрытия типа «Кисловодск» следует отнести:

- архитектурную выразительность;
- транспортабельность;
- экономичность по расходу металла;
- однотипность стержней;
- отлаженность процесса изготовления и монтажа;
- легкость стержней и, следовательно, возможность ручной сборки.

Основным недостатком модуля «Кисловодск» является большое количество монтажных элементов (стержней – 700 шт., узловых коннекторов – 220 шт., кровельных прогонов – 110 шт., стоек прогонов – 121 шт.). Все это вызывает высокую трудоемкость изготовления и монтажа и, как следствие, стоимость модуля.

Указанные недостатки могут быть исключены путем замены структурной плиты покрытия на балочные взаимно перпендикулярные конструкции. Эффективность такого подхода была показана Н. С. Москалевым в учебном пособии [1].

В данной статье приведено сравнение по расходу стали четырех вариантов конструктивного решения модульного покрытия размером 30×30 м, состоящего из взаимно перпендикулярных стропильных и подстропильных конструкций. Покрытия оснащены системой связей, обеспечивающей пространственную жесткость. Они опираются на 4 колонны с сеткой 18×18 м по типу конструкции «Кисловодск». Модули запроектированы на нагрузку 400 кг/м^2 . Расчеты выполнены по [2].

Первый вариант покрытия представляет собой систему взаимно перпендикулярных подстропильных и стропильных балок с системой горизонтальных связей. Стропильные балки расположены с шагом 5 м и сопряжены с подстропильными балками в одном уровне. Подстропильные балки опираются на колонны. Балки запроектированы сварными, двутаврового сечения. Монтажные соединения балок разработаны на фланцах. По стропильным балкам устраивается кровля с профилированным настилом.

Более детально конструктивное решение покрытия и анализ расхода стали приведены в статье [3].

Второй вариант покрытия отличается от первого тем, что с целью снижения материалоемкости стропильные и подстропильные балки были запроектированы по методике [2] как балки с гибкой стенкой.

Более детально конструктивное решение покрытия и анализ расхода стали приведены в статье [4].

Третий вариант покрытия представляет собой систему взаимно перпендикулярных подстропильных балок (ПБ) и стропильных ферм (СФ), оснащенную системой связей. Стропильные фермы расположены с шагом 5 м и сопряжены с

подстропильными балками в одном уровне. Подстропильные балки опираются на колонны. Подстропильные балки (ПБ) запроектированы сварными двутаврового сечения высотой 1 м. Высота по габариту стропильных ферм переменная от 1,12 до 1,8 м. Монтажные соединения балок и ферм разработаны на фланцах. По стропильным фермам устраивается кровля с профилированным настилом.

Схема покрытия по *третьему варианту* приведена на рис. 1.

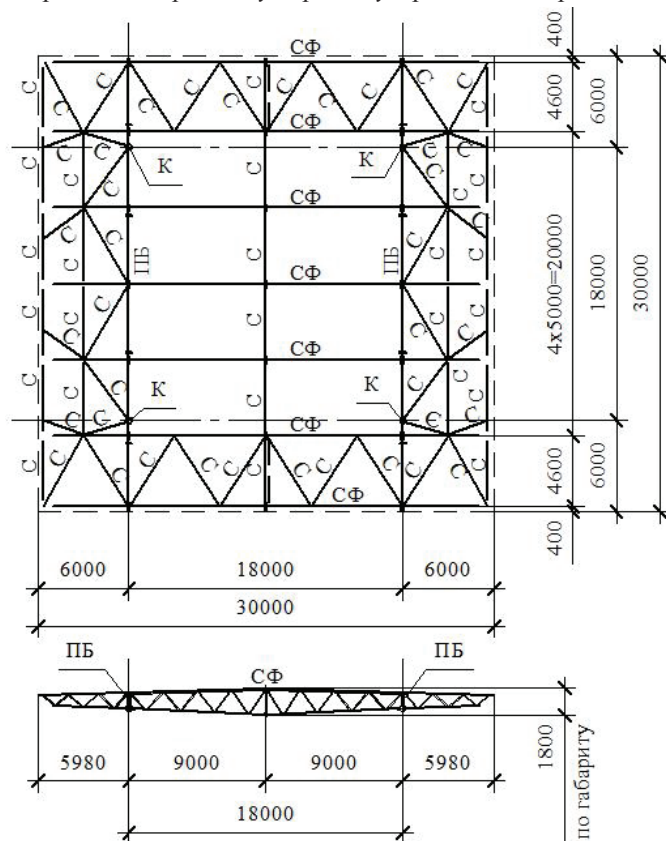


Рис. 1. Схема покрытия с подстропильными балками и стропильными фермами (Вариант 3).

Четвертый вариант покрытия представляет собой систему взаимно перпендикулярных подстропильных и стропильных ферм, оснащенную системой связей. Стропильные фермы (СФ) расположены с шагом 5 м и сопряжены с подстропильными фермами (ПФ) в одном уровне. Подстропильные фермы опираются на колонны. Высота по габариту стропильных ферм переменная: от 1,9 до 2,17 м. Высота по габариту подстропильных ферм 1,7 м. По стропильным фермам устраивается кровля с профилированным настилом.

Схема покрытия по *четвертому варианту* приведена на рис. 2.

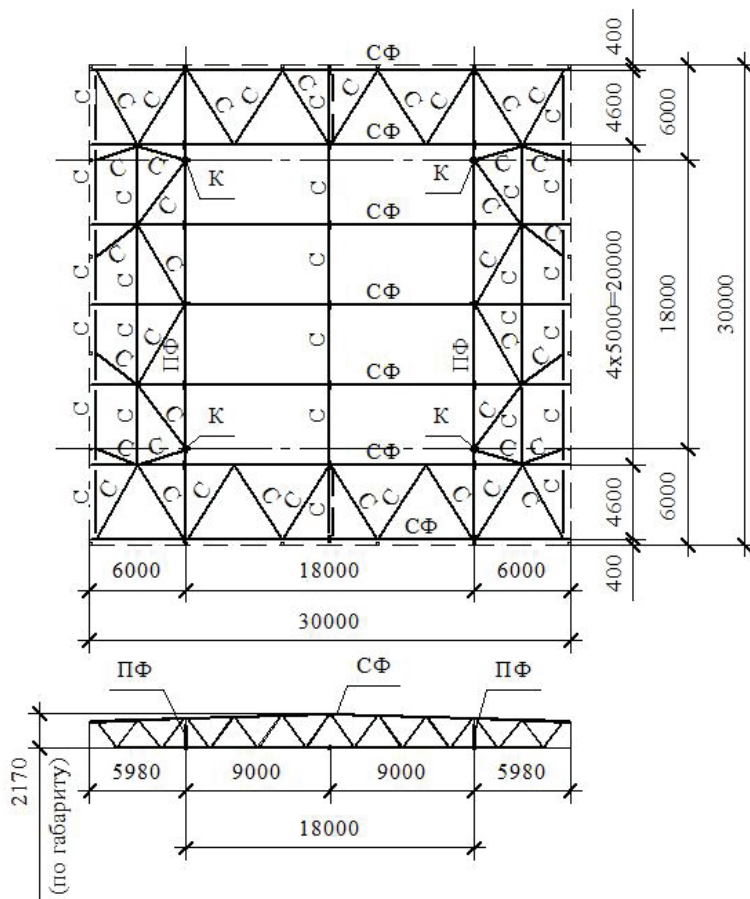


Рис. 2. Схема покрытия со стропильными и подстропильными фермами (Вариант 4)

Все конструктивные решения покрытий выполнены на стадии рабочих чертежей.

Расход стали на 1 м² рассмотренных покрытий приведен в таблице.

Технико-экономические показатели по расходу стали модульных покрытий

Номер элемента	Конструктивный элемент	Расход стали на 1 м ² покрытия, кг/м ²			
		Покрытие с балками (Вариант 1)	Покрытие с балками с гибкой стенкой (Вариант 2)	Покрытие со стропильными фермами и подстропильными балками (Вариант 3)	Покрытие со стропильными и подстропильными фермами (Вариант 4)
1	Подстропильные балки или фермы	10,77	8,24	9,37	9,92
2	Стропильные балки или фермы	14,93	13,51	11,44	11,71
3	Связи	2,25	2,25	4,44	4,45
Всего		27,95	24,0	25,25	26,08



Анализ полученных результатов по расходу стали показал:

1. Рассмотренные варианты покрытий имеют расход стали в диапазоне от 24 до 27,95 кг/м². Расход стали на структурное покрытие «Кисловодск сп30-350» с учетом пересчета его на нагрузку 400 кг/м² составляет 21 кг/м². Таким образом, рассмотренные покрытия тяжелее аналога от 14 до 33 %.

2. Наименьший расход стали имеет покрытие с балками с гибкой стенкой (вариант 2) – 24 кг/м².

3. Рассмотренные покрытия имеют значительно меньшее количество монтажных элементов (практически в 10 раз), что приводит к снижению трудоемкости изготовления и монтажа. В покрытиях использованы профили по стоимости дешевле в среднем на 27 %, чем круглые трубы в структуре «Кисловодск». Дальнейшее снижение расхода стали для рассмотренных вариантов покрытий и повышение их эффективности возможно за счет совершенствования узлов сопряжения элементов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Москалев, Н. С. Стальные конструкции легких зданий : учебное пособие / Н. С. Москалев, Р. А. Попова. – Москва : АСВ, 2003. – 216 с. – ISBN 5-93093-202-6. – Текст : непосредственный.

2. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции : свод правил : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 г. № 126/пр : актуализированная редакция СНиП II-23-81* : дата введения 28 августа 2017 г. : [редакция от 34 декабря 2019 г.]. – URL: <http://www.consultant.ru>. – Текст : электронный.

3. Колотов, О. В. Универсальное покрытие балочного типа / О. В. Колотов. – Текст : непосредственный // Вестник Волжского регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. – Нижний Новгород, 2009. – Выпуск 12. – С. 222–224.

4. Кудряшов, В. В. Анализ эффективности универсального покрытия балочного типа при применении балок с гибкой стенкой / В. В. Кудряшов, О. В. Колотов. – Текст : непосредственный // Межвузовский сборник статей лауреатов конкурсов / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2009. – Выпуск 11. – С. 195–196.

KOLOTOV Oleg Vasilevich, candidate of technical sciences, associate professor, acting holder of the chair of building structures.

MODULAR COATINGS BY "KISLOVODSK" TYPE

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering

65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603950, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-88; e-mail: k_mk@nngasu.ru

Key words: modular coatings, truss frames, rafter beams, substructure trusses, sub-rafter beams, horizontal bracing.

The article considers 4 variants of the structural solution of the modular coating consisting of mutually perpendicular rafter and sub-rafter structures. A system of connections providing spatial rigidity has been developed. The analysis of steel consumption was performed.



REFERENCES

1. Moskalev N. S., Popova R. A. Stalnye konstruksii lyogkikh zdaniy [Steel Structures of Buildings]: uchebnoe posobie. – Moscow : ASV, 2003. – 216 p. – ISBN 5-93093-202-6.
2. SP 16.13330.2017. Stalnye konstruksii [Steel structures]: svod pravil: izdanie ofitsialnoe: utverzhd. i vved. v deystvie prikazom Min-va stroit-va i zhilishchno-kommunal. khoz-va RF ot 27 fevralya 2017 g. №126/pr: aktualizirovannaya redaktsiya SNIP II-23-81*: data vved. 28 avgusta 2017 g. [redaktsiya ot 4 dekabrya 2019 g.]. – URL: <http://www.consultant.ru>.
3. Kolotov O. V. Universalnoe pokrytie balochnogo tipa [Universal beam type coating]. Vestnik Volzhskogo regionalnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii arkhitektury i stroitelnykh nauk [Bulletin of the Volga regional branch of the Russian academy of architecture and construction sciences]. – Nizhny Novgorod, 2009. Issue 12. – P. 222–224.
4. Kudryashov V. V., Kolotov O. V. Analiz effektivnosti universalnogo pokrytiya balochnogo tipa pri primenenii balok s gibkoy stenкой [Analysis of the effectiveness of a universal beam-type coating when using beams with a flexible web]. Mezhvuzovskiy sbornik statey laureatov konkursov [Interuniversity collection of articles of competition laureates] / Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2009. – Issue 11. – P. 195–196.

© О. В. Колотов, 2023

Получено: 02.12.2022 г.

УДК 692.004

А. В. ЩЕГОЛЕВА, канд. культурологии, доц. кафедры архитектуры;
Ф. Р. ИБРАГИМОВА, магистрант кафедры архитектуры

**АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ
В ПРОЕКТИРОВАНИИ СОВРЕМЕННЫХ СПОРТИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»
Россия, 603950, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-19-57;
эл. почта: schegoleva.av@yandex.ru

Ключевые слова: BIM-моделирование, технологии, информационная модель, управление проектом, спортивные объекты, спорткомплексы.

Рассмотрено понятие BIM-проектирование и проанализированы его возможности. Изучено применение BIM-технологий в мире и в России, приведены примеры создания BIM-моделей на конкретных спортивных объектах.

BIM-технология как инструмент управления проектами

В настоящее время в сфере строительства активно внедряется и получает все большее распространение BIM-технология как инструмент создания и управления проектами. BIM-технология (*Building Information Modelling*) – технология автоматизированного компьютерного моделирования совокупности бизнес-процессов, сопровождающих все этапы жизненного цикла объекта. Эта технология в России получила название «Технология информационного моделирования» (ТИМ) [1].

Данная технология позволяет моделировать любые строительные объекты, включая здания, железные дороги, мосты, тоннели, порты и др. Сходство BIM и 3D-моделирования заключается в том, что в обоих случаях проект здания выпол-