

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ
СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. СТРОИТЕЛЬНАЯ
МЕХАНИКА. ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ,
ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ / REVIEW PAPER

УДК 697.94

DOI: 10.22227/1997-0935.2024.7.1079-1090

Конструкции структурных покрытий в отечественной
практике проектирования и способы их монтажа

Сергей Сергеевич Потасьев

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КГАСУ); г. Казань, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. При применении больших пролетов, необходимости повышенной жесткости каркаса пространственные системы экономнее классических решений с плоскими фермами. Наиболее экономна как по материалоемкости, так и по стоимости работ разреженная структура, позволяющая в короткие сроки ввести сооружение, отвечающее всем требованиям к промышленным и гражданским зданиям, в эксплуатацию.

Материалы и методы. Рассмотрены преимущества и недостатки структурных покрытий, определена основная область применения данного типа конструкций. На основе показателей материалоемкости и наиболее часто применяемых пролетов при возведении современных зданий и сооружений принято решение изучить типовые решения, разработанные отечественными научно-исследовательскими институтами. Описаны основные технические характеристики структурных блоков наиболее распространенных серий. Основным недостатком структурных конструкций в целом является технология монтажа, поэтому рассмотрены методы их монтажа. Выполнен анализ достоинств и недостатков каждого метода, определена их область использования.

Результаты. Выполнены обзор и анализ существующих структурных систем, в том числе серийных решений покрытий и методов их возведения. Определены критерии выбора наиболее оптимального метода монтажа блоков структурных покрытий. Выявлено, что серийные структурные покрытия типа «Кисловодск» и «Москва» не имеют точного алгоритма монтажа, и поэтому при строительстве зданий с такими покрытиями разрабатывается индивидуальный проект производства работ.

Выводы. Существующей в настоящее время технической базы недостаточно, чтобы на ее основе разработать отвечающий всем требованиям техники безопасности алгоритм возведения конструкций, а расчеты на монтажные нагрузки пока не произведены. На сегодняшний день имеются общие положения, которые разработаны для всех покрытий, но их применение нередко становится опасным из-за критических различий типов конструкций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: структурная система, блок покрытия разреженной структуры, методы монтажа, серия «Кисловодск», серия «Москва»

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Потасьев С.С. Конструкции структурных покрытий в отечественной практике проектирования и способы их монтажа // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19. Вып. 7. С. 1079–1090. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.7.1079-1090

Автор, ответственный за переписку: Алсу Илсуровна Фаттахова, fattakhova.alsou@yandex.ru.

Space frame structures in domestic design practice
and their installation methods

Sergey S. Potasiev

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE); Kazan, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Modern construction demonstrates the wide use of various space frame types, because of their efficient from an engineering point of view, architecturally expressive, economical and durable. Large spans required increased frame rigidity; in such situations, space frames are more economical than classic flat trusses solutions. The most economical, both in material consumption terms and in the work cost are sparse structures. Such constructions meet all industrial and civil buildings requirements and have short building period. Not all safety requirements meeting building algorithm can be developed on currently existing technical base. More than that, domestic norms base does not include construction loads calculation methods. Critical differences in structures types determine building organization process but there are only general space frame building recommendations in domestic technical literature.

Materials and methods. The space frame advantages and disadvantages are considered, the main area of application of this type of structures is determined. On the basis of material consumption and the most commonly used spans in mod-

ern buildings and structures research results, it was decided to study standard solutions developed by domestic research institutes. The main technical characteristics of structural blocks of the most common series are described. The main disadvantage of space-grid structures in general is the installation technology, so the methods of their installation are considered. The advantages and disadvantages of each method are analyzed, their field of application is determined.

Results. The review and analysis of existing structural systems, including serial solutions of coverings and methods of their construction are performed. The most optimal method choosing criteria for structural blocks erection are determined. It was revealed that serial structural blocks such as "Kislovodsk" and "Moscow" do not have an exact installation algorithm. Therefore, an individual project is developed for the buildings with such coverings.

Conclusions. The currently existing technical base is not enough to develop erecting structures algorithm that meets all safety requirements, and calculations for construction loads have not yet been made on its basis. To date, there are general provisions that have been developed for all coverings, but their use often becomes extremely dangerous due to critical differences in the types of structures.

KEYWORDS: structural system, sparse structure block, erecting methods, "Kislovodsk" series, "Moscow" series

FOR CITATION: Potasiev S.S. Space frame structures in domestic design practice and their installation methods. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2024; 19(7):1079-1090. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.7.1079-1090 (rus.).

Corresponding author: Alsou I. Fattakhova, fattakhova.alsou@yandex.ru.

ВВЕДЕНИЕ

В современном строительстве широко применяются различные типы структурных систем из-за их эффективности с инженерной точки зрения, а также архитектурной выразительности. В гражданском строительстве — это перекрытия и покрытия торговых центров, спортзалов, кинотеатров и т.д.; в промышленном секторе, а также в сельском хозяйстве структурные системы выполняются в качестве несущих и ограждающих конструкций различного назначения [1].

При использовании больших пролетов требуется повышенная жесткость каркаса. При данной постановке задачи структурные системы экономнее классических решений с плоскими фермами. Наиболее экономна, как по материалоемкости, так и по стоимости работ, разреженная структура, позволяющая в короткие сроки ввести сооружение, отвечающее всем требованиям к промышленным и гражданским зданиям, в эксплуатацию [2].

В большинстве случаев большепролетные здания являются уникальными объектами и требуют научно-технического сопровождения на всех этапах проектирования и монтажа. А при возведении серийных пространственных покрытий, например «Кисловодск» и «Москва»^{1,2}, монтажные нагрузки не учтены, отсутствие рекомендаций по разработке проекта производства работ приводит к появлению неучтенных в серии нагрузок.

Действующей нормативной документацией для типовых и аналогичных типовым проектных решений не предусмотрены дополнительные расчеты на монтажные нагрузки, поэтому исследование этой области — актуальная задача.

¹ Стальные конструкции покрытий одноэтажных производственных зданий из прокатных профилей с разреженной решеткой пролетом 18 и 24 м типа «Москва». Чертежи КМ // ЦНИИСК им. Кучеренко. 1987. С. 87.

² Пространственные решетчатые конструкции из труб типа «Кисловодск». Рабочие чертежи, серия 1.466-2 // Госстрой СССР. 1974. С. 8.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Узловое решение, позволяющее соединить несколько однотипных стержней, разработано на территории Германии в 30–40-х гг. прошлого века и давало возможность создавать покрытия со значительной жесткостью, обеспечивающие перекрытие больших пролетов. Структурные покрытия получили высокое распространение в строительстве промышленных и гражданских зданий из-за ряда преимуществ:

- пространственная работа системы: к положительным аспектам структур относится возможность перераспределения внутренних усилий и, как следствие, — способность воспринимать неравномерные, вибрационные и сейсмические нагрузки;
- возможность прогнозирования работы конструкции к внезапным деформациям: выход из строя большинства стержней не приводит к прогрессирующему разрушению, что позволяет устранять дефекты и повреждения;
- снижение общей строительной высоты: габариты структуры никогда не превышают габаритов аналогичного классического решения;
- возможность эффективного перекрытия значительных пролетов: исследования пространственных конструкций [3] показали, что при пролетах до 24 м рациональность применения все еще сопоставима с плоскими решениями, однако при больших пролетах использование пространственных решений зачастую становится единственно возможным и обоснованным выбором [4];
- свобода внутренней планировки: уменьшение количества колонн влечет за собой возможность разнообразной эксплуатации, экономит полезную площадь и позволяет переоборудовать технологические пути;
- архитектурная выразительность: данные решения удовлетворяют эстетическим требованиям, являются непривычными для рядового человека. Конструкции отвечают требованиям надежности и безопасности и в то же время создают любую форму;

- удобство размещений линий подвесного транспорта и оборудования: наличие большого количества решеток дает много пространства для размещения технологического оборудования, а жесткость конструкции позволяет производить закрепления в любом месте;

- возможность доставки в труднодоступные места и места без строительной инфраструктуры: вес структурных металлических перекрытий позволяет осуществлять доставку техникой меньшей грузоподъемности. При строительстве в условиях горной местности доставка возможна вертолетами [5], что дает возможность возводить здания в любых, даже самых сложных для строительства условиях;

- возможность разборки и повторной сборки: неоспоримое преимущество структур из металлоконструкций заключается в том, что они не только быстро собираются, но и могут быть быстро и без особых финансовых затрат разобраны. Применение этого принципа в строительстве дает возможность владельцу земли максимально выгодно ее использовать с учетом постоянного изменения конъюнктуры рынка;

- быстрые сроки возведения: сроки возведения зданий и сооружений из металлических конструкций в полтора-два раза быстрее здания, в котором применяются классические решения [5]. При строительстве глобальных сооружений экономия времени может стать значительным, а зачастую и принципиально важным для заказчика фактором;

- экономические показатели: финансовые затраты на возведение здания из металлоконструкций, особенно большепролетного, ощутимо меньше, чем на строительство аналогичного здания с использованием традиционных материалов. Существенная экономия при строительстве зданий на базе металлоконструкций достигается и за счет снижения затрат нулевого цикла примерно на 50 %³;

- возможность унификации элементов: унификация узлов и элементов конструкции позволяет наладить массовое механизированное производство с последующим удешевлением всей системы, повышением качества изделия, производительности и скорости производства. Хранение готовых изделий требует меньших складских площадей, чем классические металлические и железобетонные решения. Это обусловлено малыми размерами отдельных позиций и возможностью их расфасовки по складам;

- широкий диапазон назначения зданий: свобода внутренней планировки, особенности материалов конструкций и большая способность к дооснащению, позволяет эксплуатировать здание при различных климатических условиях, а также

использовать практически во всех сферах промышленного и гражданского сектора.

Изначально на практике структурные конструкции применялись только в качестве уникальных конструкций и не могли конкурировать с классическими решениями по экономическим показателям. Недостатками разработанной системы «Меро» оказались высокие затраты на проектирование, низкое качество отдельных элементов и трудоемкий процесс монтажа [4].

Оптимизацией узловых решений структур начал заниматься Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций имени В.А. Кучеренко (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко) в 80-х гг. [1]. Целью ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко было не только усовершенствовать существующую систему зарубежных ученых, но и разработать типовые серии, позволяющие значительно сократить сроки проектирования и стоимость производства структурных конструкций.

Так, были разработаны серии пространственных конструкций, состоящие из прокатных профилей, «ЦНИИСК» и труб системы «МАРХИ» и «Кисловодск», которые отвечали всем требованиям строительных норм, имели высокую степень разработанности и хороший потенциал для дальнейшей модернизации³.

Структурные покрытия типа «Кисловодск»² (рис. 1), изготовленные по типовой серии 1.466-2, разработаны в 1973 г., состоят из труб диаметром от 60 × 3 до 127 × 7. Пространственные решетчатые конструкции предназначены как для однопролетных, так и многопролетных одноэтажных зданий. Примечательно, что серия² не предусматривает перепады высот, зенитные фонари. Структуры 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 [6–8]. Структурные плиты типа «Кисловодск» имеют сетку поясов с ячейкой 3 × 3 м и высотой по осям поясов, равной 2,12 м.

Шаг колонн принят по размерам структурного блока и составляет 18 или 24 м при высоте здания 4,8; 6 и 7,2 м. Серия² допускает установку подвесных кранов грузоподъемностью до 2 т.

Расход стали на покрытие секций 30 × 30 м в плане составляет 35,36–37,14 кг/м² [6].

Узел системы «Кисловодск» состоит из литого сферического, полусферического, либо многогранного элемента-коннектора с высверленными в нем отверстиями для болтов по числу примыкающих стержней (рис. 2). Болт пропускают в отверстие плоского цилиндрического вкладыша, запрессованного в торец трубчатого стержня и приваренного к нему. Между торцами коннектора и вкладыша размещают поводковую втулку шестигранного сечения с отверстием под болт, снабженную штифтовым

³ Рекомендации по проектированию структурных конструкций. М. : Стройиздат, 1984. 301 с.

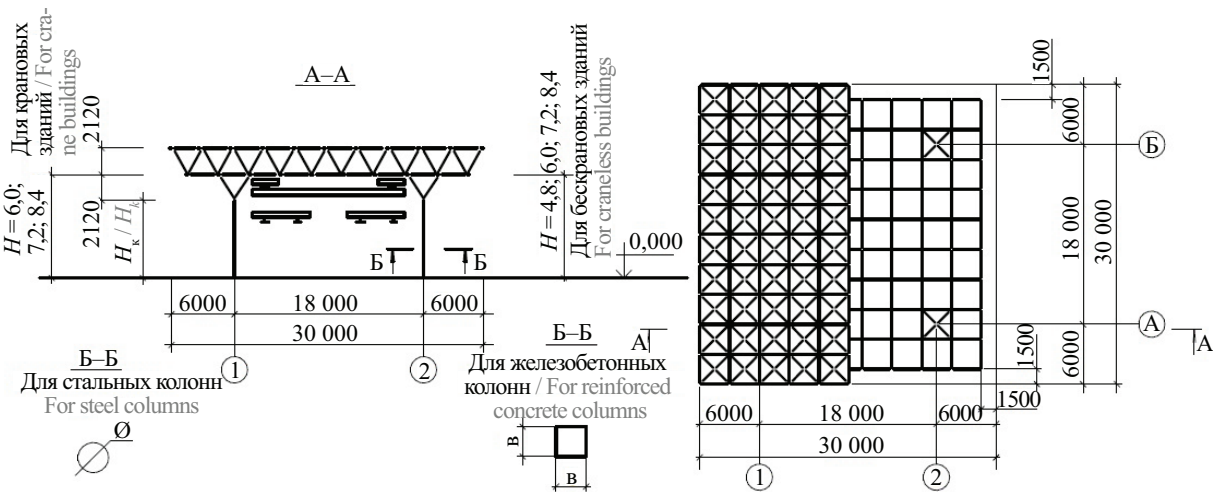


Рис. 1. Покрытие типа «Кисловодск» [6]
Fig. 1. “Kislovodsk” type covering [6]

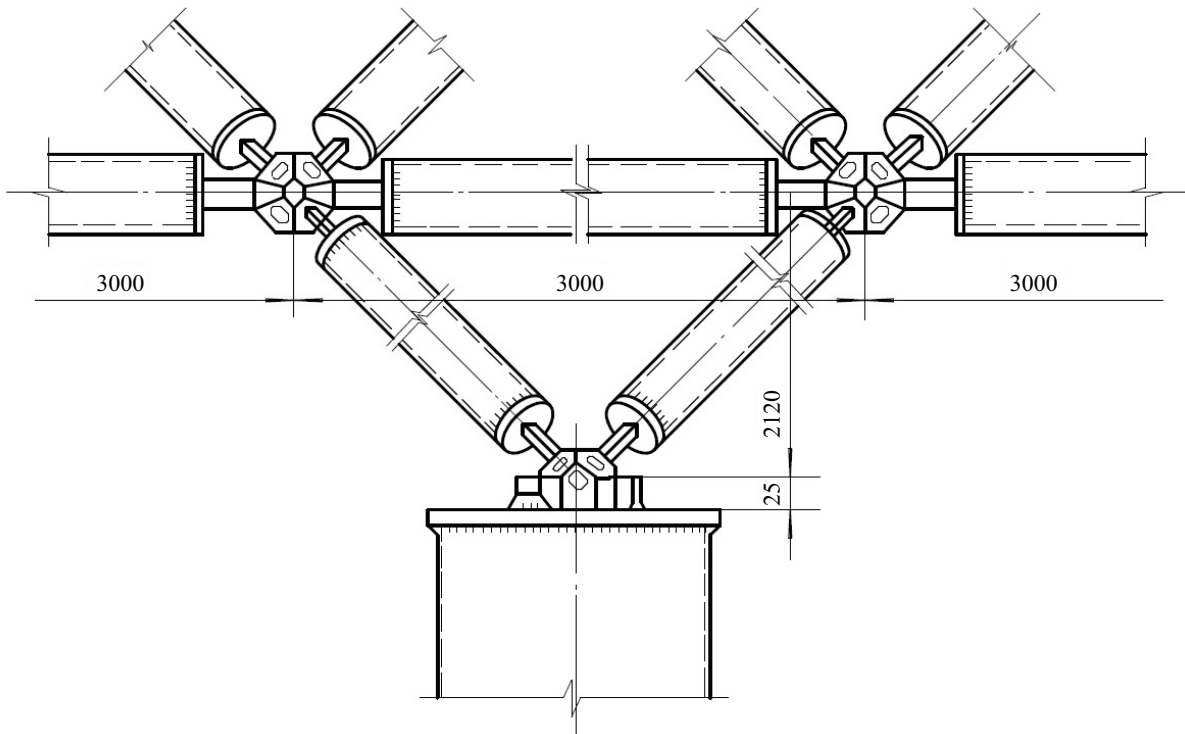


Рис. 2. Схема установки системы «Кисловодск» на колонну [8]
Fig. 2. The “Kislovodsk” system installation scheme on the column [8]

фиксатором. Болт с помощью втулки завинчивают в коннектор до плотного касания между втулкой и торцевыми поверхностями, что обеспечивает передачу сжимающих усилий через втулку и площадки касания, а растягивающих — через болт. Трудоемкость монтажа сборно-разборной системы составляет 1–1,5 чел.ч/м² перекрываемой площади [7].
Собирают каждый блок от центра к краям путем последовательного присоединения стержней

нижнего пояса, элементов раскосной решетки с узловыми деталями пояса и панелей верхнего пояса.
Структурные покрытия типа «Москва» (рис. 3), изготовленные по типовой серии 1.460-6¹, представляют собой блоки из стержней двутаврового сечения и равнополочных уголков. Блоки предназначены для применения в одно- и многопролетных отапливаемых зданиях с сеткой колонн 12 × 18 м и 12 × 24 м и высотой до низа несущих конструкций

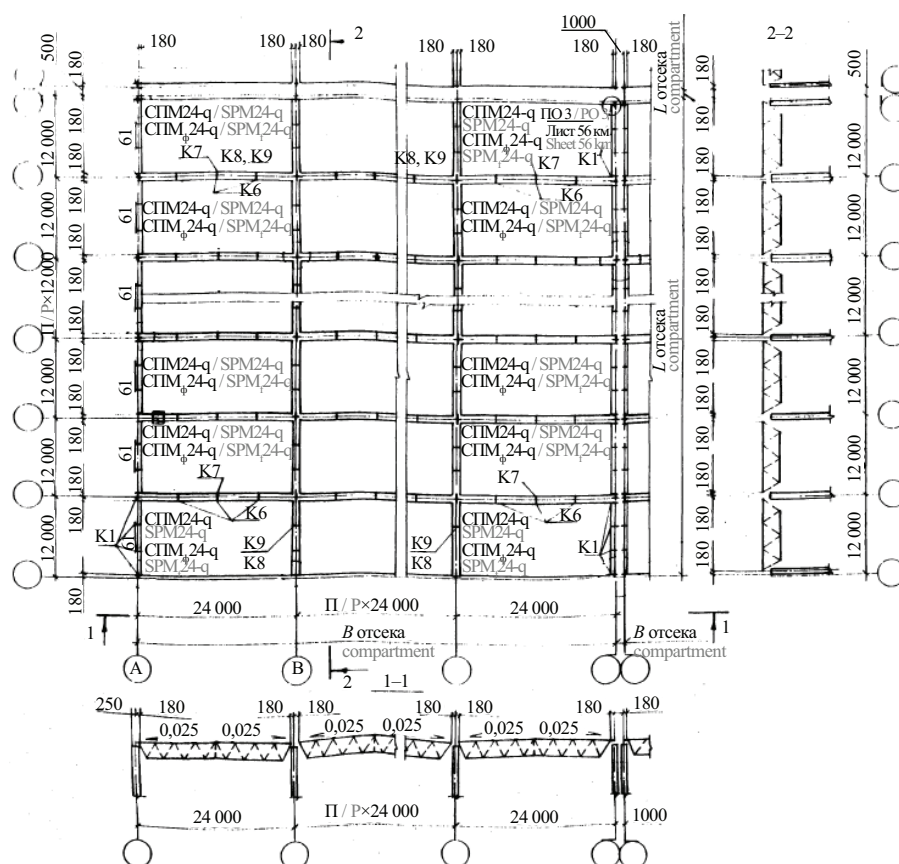


Рис. 3. Структурный блок покрытия типа «Москва»¹

Fig. 3. Structural block type “Moscow”¹

покрытия 4,8–10,8 м, для I–VI снеговых районов и I–VII ветровых.

Предусмотрена установка подвешного крана грузоподъемностью до 3,2 т, зенитных фонарей и вентиляторов.

Структурный блок покрытия размерами в плане 12 × 18 и 12 × 24 м состоит из наклонных ферм, выполненных из равнополочных уголков и двутавров, в двух направлениях и предусматривает рулонную кровлю с уклоном 1,5 %. Совместная работа пространственных ферм блока обеспечивается дополнительными раскосами и поперечными элементами по поясам. Панели верхнего пояса двутаврового сечения установлены с шагом 3 м и выполняют функцию прогонов. Закрепление профилированного настила в каждую гофру предполагает возможность работы блока и на горизонтальные нагрузки.

Расход стали на блок типа «Москва» зависит от расчетной нагрузки и пролета, значения варьируются от 22 до 35 кг/м² [6].

Структурные покрытия «Москва» имеют только болтовые монтажные соединения (рис. 4). Изготовленные на заводе плоские фермы собирают на стендах в зоне монтажа, а при конвейерно-блочном монтаже — на сборочном конвейере.

Серийные структурные конструкции применялись на территории Советского Союза и продолжают использоваться в бывших союзных республиках и России. Например, на территории Республики Башкортостан эксплуатируется порядка пятисот объектов с применением структурных конструкций, из которых около трехсот — конструкции типа

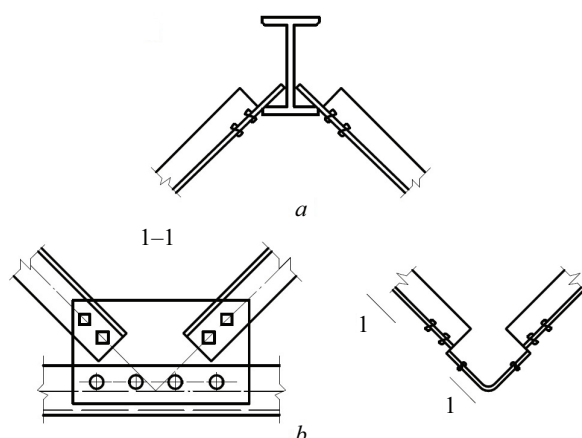


Рис. 4. Узлы пространственной стержневой структуры «Москва»: а — узел верхнего пояса; б — узел нижнего пояса [9]

Fig. 4. Nodes of the spatial rod structure “Moscow”: а — the upper belt node; б — the lower belt node [9]

«Кисловодск», а остальные — разновидности систем «МАРХИ» («Москва»). Активно применяет такие решения компания АНК «Башнефть». Эксплуатируя здания с применением структурных покрытий, заказчики особенно отмечают универсальность структур и возможность производить многократную сборку-разборку [4].

На территории Татарстана в г. Буинске один из корпусов спиртзавода перекрыт структурными покрытиями типа «Кисловодск». Другой объект, перекрытый по этой же серии структур, расположен в г. Казани — автомобильный салон Мерседес-Бенц [10].

Проектирование данных конструкций регламентируется СП 494.1325800.2020 [11], разработанным авторским коллективом «НИЦ “Строительство”» ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, в частности П.Г. Еремеевым, И.И. Ведяковым и Д.Б. Киселёвым. Данный нормативный документ содержит информацию об общих принципах проектирования и возведения, основные положения по расчету и примеры применения различных большепролетных конструкций.

Недостатком пространственных конструкций считается сложность конструкции и большая трудоемкость при монтаже. Эти недостатки отчасти нивелированы разработкой отечественными проектными институтами серийных альбомов для изготовления на заводах, оборудованных соответствующими технологическими линиями.

Раздел описывает методику проведения исследования, обоснование выбора темы (названия) статьи. Сведения о методе, приведенные в разделе, должны быть достаточными для воспроизведения его квалифицированным исследователем.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Монтаж структурных конструкций возможен различными способами. Выбор технологии возведения обусловлен видом покрытия, условиями строительства, используемым оборудованием, системой опор и опорных узловых соединений, стесненностью условий, площадью перекрываемой территории [12].

Монтаж возможен следующими способами:

- поэлементная сборка с использованием кондуктора;
- укрупнительная сборка блока полужаботской готовности;
- конвейерная сборка и монтаж блока полной заводской готовности.

При равных условиях строительства определяющим параметром выбора способа монтажа является габарит конструкции: чем больше перекрываемая площадь здания, тем более сложному и индустриальному способу отдается предпочтение. Согласно данным опыта разработки проектов производства работ, обобщенным в работе [13], поэлементный монтаж выгоден при перекрытии

до 10 000 м², при больших площадях предпочтение отдается укрупнительному монтажу. При организации покрытий площадью более 30 000 м² предусматривается конвейерный метод монтажа.

Поэлементный монтаж

Поэлементный монтаж (рис. 5) служит частью всех вышеперечисленных методов, но эффективен при перекрытии небольших площадей. Суть метода заключается в сборке отдельных отправочных элементов в единый блок на проектной отметке. Высокий передвижной стенд (кондуктор) устанавливают так, что настил находится на 0,3–0,5 м ниже нижнего пояса структурного блока. Кран малой грузоподъемности осуществляет подачу элементов структуры, кровельного пирога и инженерных коммуникаций. Работу выполняют 10–12 человек, и за смену выполняется примерно 0,5 блока [14].

Сборку отправочных элементов структурной плиты выполняют ячейками от центра к краям блока. Размер ячейки определяется сеткой элементов структуры.

При проведении поэлементного монтажа в качестве подготовительного этапа сборка производится не на проектной отметке, а на площадке укрупнительной сборки.

Поэлементный монтаж структуры навесным методом на проектных отметках здания представлен на рис. 6. Передвижные леса позволяют собирать структуру сразу на уровне проектной отметки.

Преимущества метода поэлементной сборки:

- невысокие затраты на монтаж;
- применение кранов малой мощности;
- недостатки метода поэлементной сборки;
- необходимость изготовления передвижных лесов;
- необходимость изготовления автодорог в каждом пролете;
- невысокая производительность при монтаже;
- применение только для объектов с площадью покрытия до 10 000 м².

Укрупнительная сборка блока полужаботской готовности

Укрупненный монтаж структурных плит покрытия эффективен при возведении многопролетных зданий, где удобнее устанавливать на проектную отметку уже собранные блоки структурных покрытий. Непрерывная конвейерная сборка и монтаж укрупненных блоков структуры осуществляется за счет одновременной работы нескольких кондукторов. На одном из них производится сборка структуры, на втором — подготовка готового блока к монтажу, т.е. оснащение его монтажными приспособлениями к последующему подъему.

Сборочные кондукторы располагают за пределами монтажного поля, в зоне действия стрелового крана, обслуживающего кондукторы и поднимающего блоки на проектные оси здания (рис. 7).

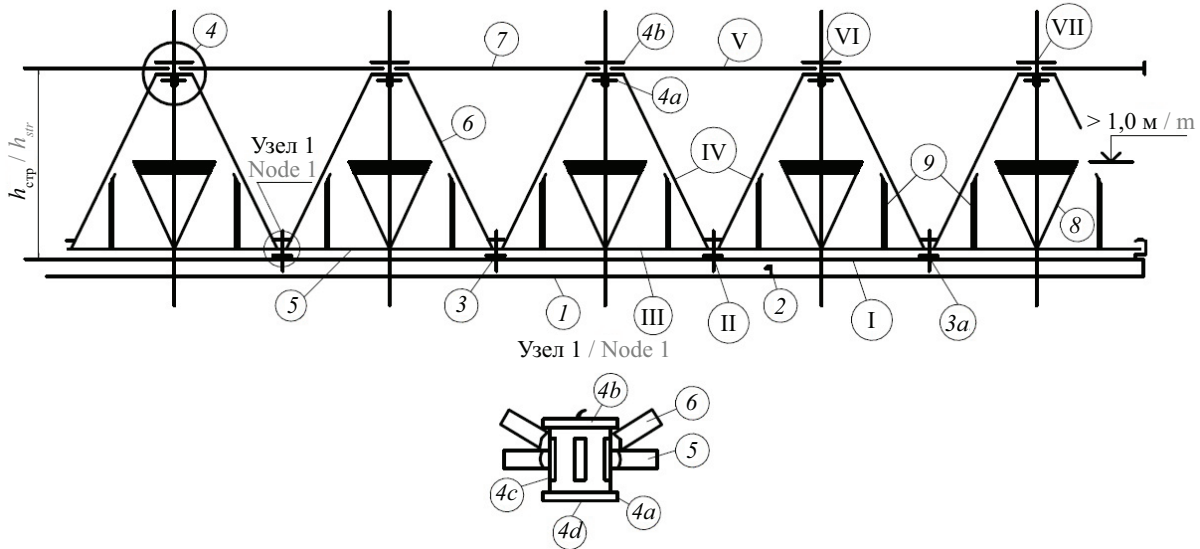


Рис. 5. Принципиальная схема поэлементной сборки: 1 — настил кондуктора; 2 — рама кондуктора; 3 — патрубок для крепления узла нижнего пояса; 3а — крышка нижней коробки; 4 — фиксация узлов верхнего пояса; 4а, 4б — элементы фиксации узла; 4с — узел структуры; 4д — болтовое соединение; 5 — стержень нижнего пояса; 6 — стержни раскосной решетки; 7 — стержень верхнего пояса; 8 — монтажные подмости; 9 — стойки выверки раскосной решетки; I, II, III...VI, VII — последовательность сборки отправочных марок; $h_{стр}$ — высота структурной плиты [14]

Fig. 5. The element-by-element assembly's schematic diagram: 1 — conductor flooring; 2 — conductor frame; 3 — “pipe” for fastening the lower chord assembly; 3а — the lower box cover; 4 — the upper belt nodes fixation; 4а, 4б — node fixation elements; 4с — structure node; 4д — bolted connection; 5 — the lower belt rod; 6 — diagonal lattice rods; 7 — the upper chord rod; 8 — installation scaffolding; 9 — the diagonal grid alignment posts; I, II, III...VI, VII — shipping stamps assembly sequence; h_{str} — structural slab's height [14]

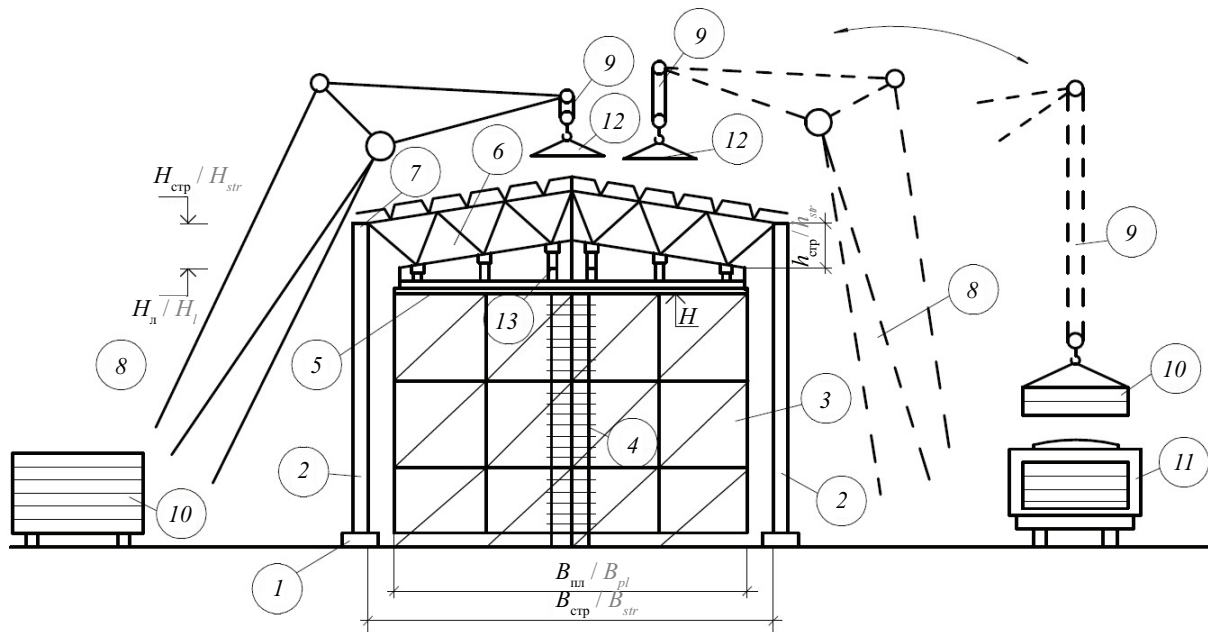


Рис. 6. Принципиальная схема «навесного» монтажа поэлементным методом: 1 — фундамент; 2 — колонны; 3 — передвижные леса; 4 — стремянка лесов; 5 — настил лесов и кондуктор; 6 — структура; 7 — опорный узел; 8 — самоходный кран; 9 — полиспаст; 10 — пакет с отправочными марками; 11 — доставка отправочных марок; 12 — складирование комплектов отправочных марок; 13 — гидродомкраты; H_n — высота настила лесов; $H_{стр}$ — отметка верхнего пояса плиты; $h_{стр}$ — высота плиты; $B_{пл}$ — ширина передвижных лесов; $B_{стр}$ — пролет структурной плиты, м [14]

Fig. 6. Schematic diagram of “mounted” installation using the element-by-element method: 1 — foundation; 2 — columns; 3 — mobile scaffolding; 4 — scaffolding ladder; 5 — scaffolding decking and conductor; 6 — structure; 7 — reference node; 8 — mobile crane; 9 — chain hoist; 10 — a package with structure shipping marks; 11 — shipping stamps delivery; 12 — shipping stamps sets storage; 13 — hydraulic jacks; H_n — scaffolding flooring height; H_{str} — slab's upper belt mark; h_{str} — plate height; B_{pl} — mobile scaffolding width; B_{str} — structural slab span, m [14]

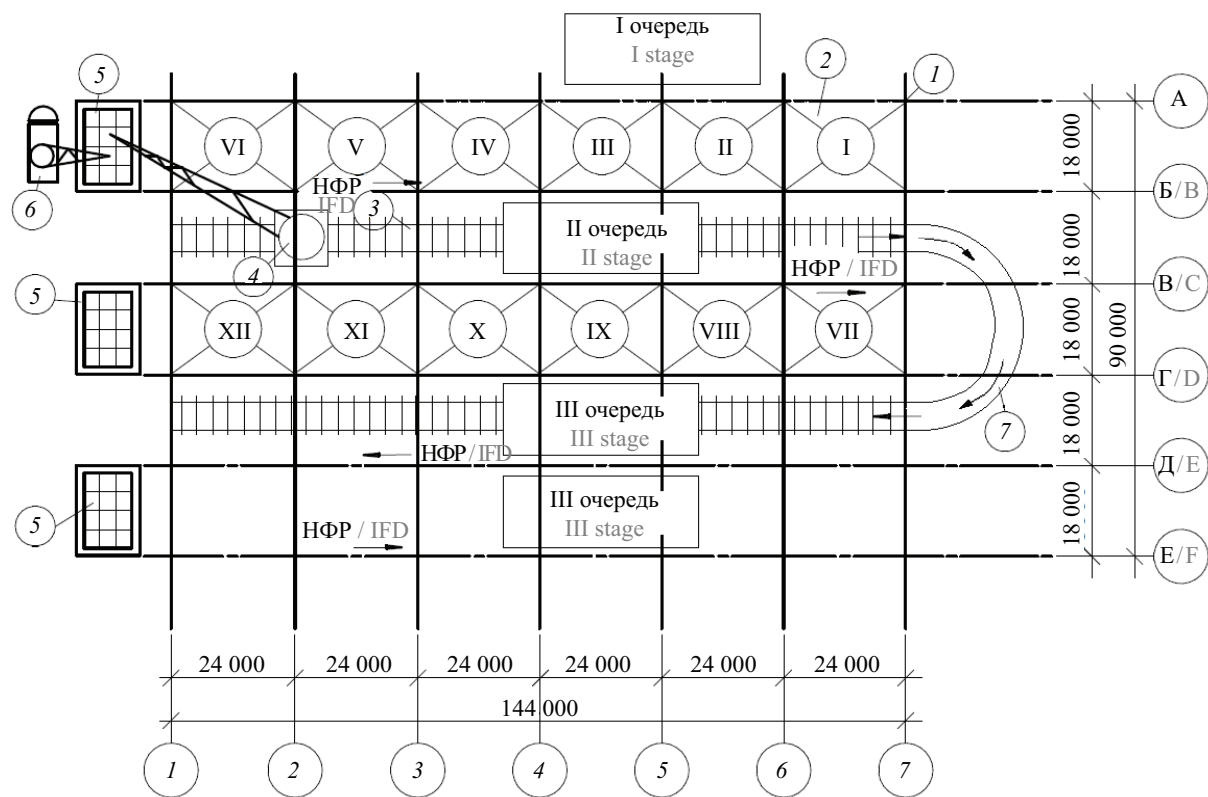


Рис. 7. Первая очередь монтажа: 1 — колонны; 2 — монтируемые секции; 3 — путь движения стрелового крана; 4 — стреловой кран; 5 — сборочные кондукторы; 6 — автокран для сборки структуры на стенде; 7 — путь перехода крана в следующий пролет; НФР — направление фронта работ при монтаже блоков [15]

Fig. 7. The first stage of installation: 1 — columns; 2 — mounted sections; 3 — jib crane's runway; 4 — jib crane; 5 — assembly conductors; 6 — truck crane for assembling the structure at the stand; 7 — path for a crane to move to the next span; IFD — the work during the blocks installation front direction [15]

Предпочтение отдается стреловому крану, подкрановые пути которого устанавливаются через пролет. При этом длины стрелы крана достаточно для обслуживания сразу нескольких пролетов. Автокран применяется для подачи отправочных элементов на кондукторы поэлементной сборки.

Стреловой кран (рис. 7) монтирует I очередь при расположении крановых путей в осях Б–В. Башенный кран 4 поднимает блок со сборочного кондуктора 5 и переносит его на уровень проектной отметки. После установки блоков в осях А–Б осуществляется переброска крана в пролет Г–Д для монтажа блоков покрытия в осях В–Г. Монтаж блоков через пролет позволяет обеспечить достаточный радиус для поворота крана. По окончании монтажа блоков в нечетных пролетах стреловой кран монтирует блоки в четных пролетах, при этом расположение сборочных кондукторов 5 не меняют.

Достоинства метода укрупнительной сборки:

- отсутствие рельсовых путей для подачи блоков;
- применение серийных башенных кранов;
- недостатки метода укрупнительной сборки;
- устройство кровли параллельно с монтажом на проектной отметке;
- дополнительные затраты на устройство стенов.

Конвейерный метод

Данный метод разработан для возведения серийных одноэтажных зданий. Предусматривается организация «конвейера» по сборке структурных блоков полной заводской готовности. Размеры блоков позволяют транспортировать их на место возведения здания, а не организовывать площадку укрупнительной или поэлементной сборки по месту строительства. Возведение здания заключается в установке колонн в проектное положение с последующим закреплением блока покрытия на проектной отметке, далее участок возводимого здания передается под монтаж оборудования и ограждающих конструкций.

Применение однотипных блоков структурных покрытий ограниченного размера дает возможность организовать поэлементную сборку в заводских условиях, следовательно, сократить сроки монтажных работ каркаса на площадке более чем в 2 раза.

Принципиальная схема организации строительного конвейера представлена на рис. 8. На данном рисунке приводится организация заводского изготовления непосредственно на прилегающей к строительной площадке территории.

На рис. 9 приведена схема организации поста сборки структурного блока. В отличие от сборки структурных плит укрупненным методом работы

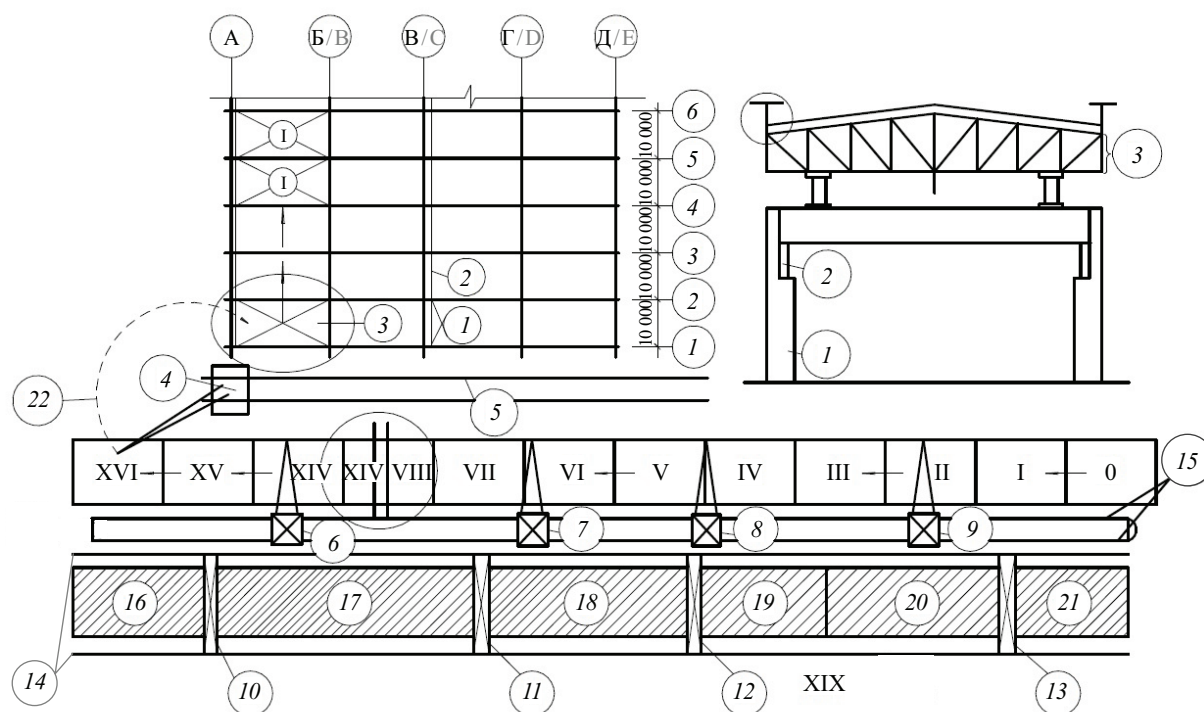


Рис. 8. Принципиальная схема организации конвейера: 1 — колонны; 2 — подкрановые балки; 3 — «установщик» с монтируемым блоком; 4 — башенный кран для подъема блоков; 5 — подкрановые пути; 6–9 — башенные краны конвейера; 10–13 — козловые краны, обслуживающие конвейер поэлементного монтажа блоков; 14, 15 — подкрановые пути башенных и козловых кранов; 16–21 — площадки складирования элементов конструкций конвейера; 22 — подача готового блока на «установщик»; 0, I, II ... XVI — номера постов конвейера поэлементной сборки [16]

Fig. 8. The conveyor organization schematic diagram: 1 — columns; 2 — crane beams; 3 — “installer” with a mounted block; 4 — tower crane for lifting blocks; 5 — crane tracks; 6–9 — conveyor tower cranes; 10–13 — gantry cranes serving the conveyor for blocks element-by-element assembly; 14, 15 — tower and gantry cranes crane tracks; 16–21 — storage areas for conveyor structural elements; 22 — the finished block’s submission to the “installer”; 0, I, II ... XVI — the element-by-element assembly conveyor’s station numbers [16]

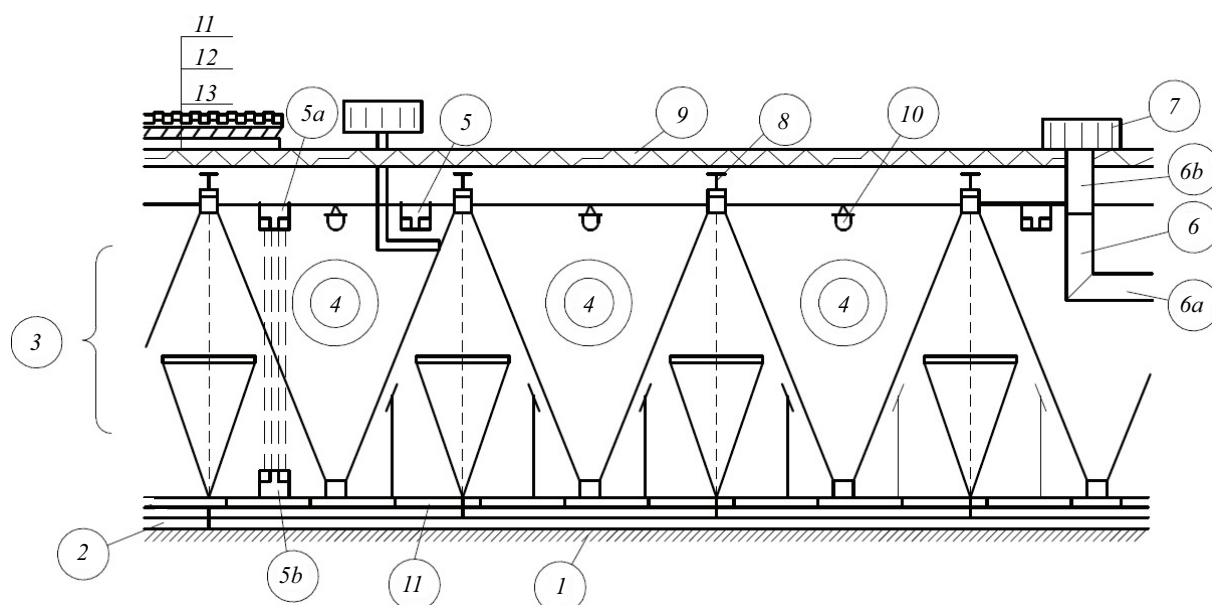


Рис. 9. Принципиальная схема организации поста подготовки структурного блока: 1 — основание; 2 — кондуктор; 3 — собираемая структура; 4 — инженерные коммуникации; 5 (5a, 5b) — устройство водоотвода с кровли; 6 (6a, 6b), 7 — устройство вентиляции; 8 — прогоны; 9 — кровельный пирог; 10 — система электроснабжения и освещения; 11 — стержень нижнего пояса структуры [17]

Fig. 9. Principle scheme of the structural block preparation post organization: 1 — base; 2 — conductor; 3 — assembled structure; 4 — engineering communications; 5 (5a, 5b) — roof drainage device; 6 (6a, 6b), 7 — ventilation device; 8 — purlins; 9 — roofing pie; 10 — power supply and lighting system; 11 — the structure’s lower chord’s rod [17]

при сборе блока конвейерным методом предусмотрена, в том числе, установка подвешенного оборудования и инженерных коммуникаций, а также установка кровельного пирога за исключением верхнего слоя рулонной кровли в местах стыка блоков. Каждая операция выполняется на отдельном посту. Применение козловых кранов позволяет перемещать блоки от поста к посту.

Достоинства метода монтажа конвейером:

- высокая интенсивность монтажа;
- возможность осваивать значительные площади покрытия.

Недостатки метода монтажа конвейером:

- высокие затраты на устройство конвейерной линии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе рассмотренного материала сделаны следующие выводы.

Структурные конструкции покрытия получили широкое распространение для строительства зданий промышленного и гражданского назначения, активно применяются в зданиях, где нежелательно использовать частую сетку колонн.

Эффективность использования структурных покрытий значительно растет с увеличением перекрываемой площади. Если при пролетах до 24 м структурные конструкции все еще сопоставимы с плоскими конструкциями, то при больших пролетах технико-экономические показатели структур

растут. При пролетах свыше 60 м использование структурных покрытий часто является единственным эффективным выбором.

Среди многообразия структур в нашей стране повсеместное распространение получили унифицированные проекты: «Москва», «Кисловодск» и другие ввиду универсальности и многофункциональности конструкции.

Монтаж структурных плит покрытия осуществляется тремя методами: поэлементной сборкой, крупноблочным монтажом и конвейерной сборкой блоков покрытия. Окончательный выбор способа монтажа обусловлен перекрываемой площадью, условиями строительства, производственными мощностями, экономической обоснованностью.

В результате анализа технической литературы выявлено, что покрытия типа «Кисловодск» и «Москва» не имеют точного алгоритма монтажа, и поэтому при строительстве зданий с такими покрытиями разрабатывается индивидуальный проект производства работ.

Существующей в настоящее время технической базы недостаточно, чтобы на ее основе разработать отвечающий всем требованиям техники безопасности алгоритм возведения конструкций, а расчеты на монтажные нагрузки не произведены до сих пор. На сегодняшний день существуют общие положения, которые разработаны для всех покрытий, но их применение нередко становится крайне опасным из-за критических различий типов конструкций.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мельников Р.В. Технологические особенности пространственно-стержневых покрытий зданий // Инновационная наука. 2022. № 11–2. С. 29–31. EDN PRACFW.

2. Стрелецкий Н.С., Гениев А.Н., Беленя Е.И., Балдин В.А., Лессиг Е.Н. Металлические конструкции. Специальный курс. М. : Стройиздат, 1961. С. 365.

3. Туснин А.Р., Рыбаков В.А., Назмеева Т.В., Салахутдинов М.А., Хайдаров Л.И., Исаев А.В. и др. Проектирование металлических конструкций. Часть 2. Металлические конструкции. Специальный курс : учебник для вузов. М. : Изд-во «Перо», 2020. 436 с. EDN RCGYZK.

4. Оржеховский А.Н., Муцанов А.В., Штурмина А.А., Штурмина В.А. Оптимизация конструкции структурного покрытия из труб на прямоугольном плане // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2020. № 3 (143). С. 49–53. EDN JRDHRV.

5. Трофимов В.И., Каминский А.М. Легкие металлические конструкции зданий и сооружений : учебное пособие. М. : Изд-во АСВ, 2002. 571 с.

6. Семенов В.С. Эффективные металлические конструкции покрытий зданий в практике проектирования и строительства Кыргызстана. Бишкек : Кыргызский гос. ун-т строительства, транспорта и архитектуры, 2004. 180 с. EDN OWOXBK.

7. Мищенко А.В. Оптимизация структурно неоднородных стержневых конструкций на основе энергетического критерия // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2021. № 6 (750). С. 20–32. DOI: 10.32683/0536-1052-2021-750-6-20-32. EDN YRLKDI.

8. Филипович С.В., Латыпов В.М., Филипович С.С. Статистика некоторых результатов обследования зданий с пространственными решетчатыми покрытиями из труб типа «Кисловодск». Анализ напряженно-деформированного состояния с учетом дефектов монтажа // Предотвращение аварий зданий и сооружений. 2010. С. 3–8.

9. Шилов А.В., Погорелов В.А., Теняков А.А. Применение структурных покрытий в зданиях каркасного типа // Инженерный вестник Дона. 2018. № 4 (51). С. 181. EDN JFRBHG.

10. Агафонкин В.С., Моисеев М.В., Исаева Л.А., Дымолазов М.А. Усиление структурных конструкций с узловым решением «Меро-МАрхИ» // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2011. № 2 (16). С. 76–80. EDN NWAIBU.

11. Беленя Е.И., Стрелецкий Н.Н., Ведеников Г.С. и др. Металлические конструкции: спец. курс : учебник. 2-е изд., перераб и доп. М. : Стройиздат, 1982. 472 с.

12. Мельников Р.В. Перекрестно-стержневые (структурные) конструкции покрытий, методы их возведения и варианты опирания // Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвящ. 170-летию со дня рождения В.Г. Шухова : сб. докл. 2023. С. 188–194. EDN FWULAG.

13. Федорцев И.В., Султанова Е.А. Технология возведения конструкций покрытия большепролет-

ных зданий : учебное пособие. Уфа : Изд-во УГНТУ, 2008. С. 20–22.

14. Жданова Т.О. Технологические методы возведения структурных металлических конструкций // Студенческий вестник. 2021. № 10–3 (155). С. 33–36. EDN OYWHOR.

15. Абрамян С.Г., Мошников М.А., Иванов С.Ю. Модификация технологии монтажа укрупненных блоков структурных покрытий // Инженерный Вестник Дона. 2020. № 5 (65). С. 45. EDN PFAECI.

16. Олесов И.П. Совершенствование конвейерной сборки блоков покрытия и крупноблочного монтажа производственных зданий. М. : ЦБНТИ, 1975. № 4. С. 99–103.

17. Клевцов К.В., Кочетов Б.В., Межеричев В.В., Огай К.А. Строительно-монтажный конвейер. М. : Стройиздат, 1980. С. 34.

Поступила в редакцию 24 ноября 2023 г.

Принята в доработанном виде 24 января 2024 г.

Одобрена для публикации 31 января 2024 г.

ОБ АВТОРЕ: Сергей Сергеевич Потасьев — магистр; Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КГАСУ); 420043, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1; sergeysergeevichmg@gmail.com.

REFERENCES

1. Melnikov R.V. Technological features of space-rod coatings of buildings. *Innovation Science*. 2022; 11-2:29-31. EDN PRACFW. (rus.).

2. Streletsky N.S., Geniev A.N., Belenya E.I., Baldin V.A., Lessig E.N. *Metal constructions. Special course*. Moscow, Stroyizdat, 1961; 365. (rus.).

3. Tusnin A.R., Rybakov V.A., Nazmeeva T.V., Salakhutdinov M.A., Khaidarov L.I., Isaev A.V. et al. *Design of metal structures. Part 2. Metal structures. Special course: textbook for universities*. Moscow, Pero Publishing House, 2020; 436. EDN RCGYZK. (rus.).

4. Orzhekhovskiy A., Mushchanov A., Shturmina A., Shturmina V. Optimization of the design of the structural coating of pipes on a rectangular plan. *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*. 2020; 3(143):49-53. EDN JRDHRV. (rus.).

5. Trofimov V.I., Kaminsky A.M. *Light metal structures of buildings and structures : textbook*. Moscow, Publishing House ASV, 2002; 571. (rus.).

6. Semenov V.S. *Efficient spatial metal structures of building roofs in the design and construction practice of Kyrgyzstan*. Bishkek, KSUCTA, 2004; 180. EDN OWOXBK. (rus.).

7. Mishchenko A.V. Optimization of structural-inhomogeneous rod structures based on energy criterion. *News of Higher Educational Institutions. Construction*.

2021; 6(750):20-32. DOI: 10.32683/0536-1052-2021-750-6-20-32. EDN YRLKDI. (rus.).

8. Filipovich S.V., Latypov V.M., Filipovich S.S. Statistics of some results of the survey of buildings with spatial lattice coatings from pipes of the “Kislovodsk” type. Analysis of the stress-strain state, taking into account installation defects. *Prevention of Accidents in Buildings and Structures*. 2010; 3-8. (rus.).

9. Pobegalov O.A., Dilanian A.A., Vlasenko V.I. Application of structural coatings in frame-type buildings. *Engineering journal of Don*. 2018; 4(51):181. EDN JFRBHG. (rus.).

10. Strengthening structural constructions with “Mero-MArchI” nodal solution. *News of the Kazan State University of Architecture and Engineering*. 2011; 2(16):76-80. EDN NWAIBU. (rus.).

11. Belenya E.I., Streletsky N.N., Vedenikov G.S. et al. *Metal structures: special course: textbook*. 2nd ed., revised and supplemented. Moscow, Stroyizdat, 1982; 472. (rus.).

12. Melnikov R.V. Cross-rod (structural) structures of coverings, methods of their construction and support options. *International scientific and technical conference of young scientists of BSTU. V.G. Shukhov, dedicated to the 170th anniversary of the birth of V.G. Shukhov*. 2023; 188-194. EDN FWULAG. (rus.).

13. Fedortsev I.V., Sultanov E.A. *Technology of erection of roof structures for large-span buildings*. Ufa, UGNTU Publishing House, 2008; 20-22. (rus.).

14. Zhdanova T.O. Technological methods for the construction of structural metal structures. *Student Bulletin*. 2021; 10-3(155):33-36. EDN OYWHOR. (rus.).

15. Abramyan S.G., Moshnikov M.A., Ivanov S.Y. Modification of installation technology for prefabricated

space frame units. *Engineering Journal of Don*. 2020; 5(65):45. EDN PFAECI. (rus.).

16. Olesov I.P. *Improving the conveyor assembly of coating blocks and large-block assembly of industrial buildings*. Moscow, TsBNTI, 1975; 4:99-103. (rus.).

17. Klevtsov K.V., Kochetov B.V., Mezherichev V.V., Ogai K.A. *Construction and assembly conveyor*. Moscow, Stroyizdat Publ., 1980; 34. (rus.).

Received November 24, 2023.

Adopted in revised form on January 24, 2023.

Approved for publication on January 31, 2024.

B I O N O T E S: **Sergey S. Potasiev** — master; **Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)**; 1 Zelenaya st., Kazan, 420043, Russian Federation; sergeysergeevichmg@gmail.com.