УДК 692.2

© С. А. Сычев, канд. техн. наук, доцент

© А. А. Копосов, магистрант

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: Sasha.koposov@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-1-100-109

© S. A. Sychev, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

© A. A. Koposov, undergraduate

(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

E-mail: Sasha.koposov@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ БЫСТРОВОЗВОДИМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОДНОЭЛЕМЕНТНОЙ ПЛОСКОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО МОНТАЖА ПОЛНОСБОРНЫХ ЗДАНИЙ

TECHNOLOGY OF ERECTING PREFABRICATED BUILDINGS AND STRUCTURES BASED ON SINGLE-LAYER PLANAR BUILDING SYSTEM OF HIGH-SPEED INSTALLATION

Представлена новая одноэлементная плоская строительная система высокоскоростного монтажа полносборных зданий, не имеющая аналогов в современном строительстве. Разработаны методы контроля качества и точности монтажного процесса возведения полносборных зданий, обеспечивающие качество, технологичность и безопасность. По результатам исследований установлено, что модернизация производства с помощью научных основ совершенствования систем полносборного строительства с учетом использования одноэлементной плоской строительной системы высокоскоростного монтажа повышает производительность на одного работающего на 30–35 % и более. Основные положения проведенного исследования могут лечь в основу дальнейших теоретических и практических разработок.

Ключевые слова: энергоэффективное строительство, быстровозводимые здания, высокоскоростной монтаж, стекло, металлоконструкции, фасадные системы, ограждающие конструкции.

A new single-layer planar building system for high-speed assembly of prefabricated buildings is presented in the article. There have been developed some methods for controlling the quality and accuracy of the installation process for high-speed mounting of prefabricated buildings. These methods ensure a high standard of construction, adaptability to streamlined manufacture, and safety. According to the research results, there has been found out that modernization of production carried out on the scientific basis of improving the prefabricated building systems taking into account the use of single-layer planar building system of high-speed installation, if compared to currently used methods of construction, increases productivity per worker by 30–35% or more. The main provisions of the study could form the basis for further theoretical and practical development.

Keywords: energy-efficient construction, prefabricated buildings, high-speed installation, glass, metal structures, facade systems, enclosing structures.

Актуальность темы связана с изменчивостью климата и постоянным ростом населения на земном шаре. Ученые всего мира серьезно подходят к проблеме строительства быстровозводимых энергоэффективных зданий и сооружений, которые возможно строить в любой точке планеты с учетом приспособления для комфортного повседневного проживания людей.

Целью работы является разработка научных основ единой комплексной высокотехнологич-

ной системы проектирования, заводского изготовления, транспортирования, монтажа и демонтажа полносборных зданий с учетом качества строительства; разработка методик комплексной оценки качества и контроля возведения полносборных зданий из типовых панелей повышенной заводской готовности для снижения трудозатрат и сроков выполнения монтажных работ.

Задачи:

- модернизировать существующие технические решения по строительству быстровозводимых энергоэффективных зданий заводского изготовления с преобладающими материалами — сталь и стекло, усовершенствовать существующие технические решения строительства вышеупомянутых зданий на всех этапах технологического цикла: от производства элементов в условиях завода до заключительного этапа возведения объекта строительства с использованием современных технических средств механизации, автоматизации и роботизации технологических процессов (транспортирования, монтажа и демонтажа);

- разработать методы оценки технологичности различных вариантов технических решений монтажа зданий из типовых панелей и выбора наиболее рациональных конструктивно-технологических решений с учетом применения высокотехнологичного монтажа и новой строительной полносборной системы, технологичности при транспортировании, монтаже и демонтаже объектов, исследовать влияние наиболее значимых организационно-технологических факторов на показатели монтажной технологичности возводимых полносборных модульных зданий.

Основные элементы быстровозводимых зданий и сооружений [1]:

- металлоконструкции (каркас);
- сэндвич-панели;
- доборные элементы (обрамления для узлов стыка);
- крепежные элементы (резьбовые соединения);

Основные характеристики быстровозводимых зданий и сооружений:

- уникальные проектные решения;
- уникальные технологии монтажа;
- максимальная готовность отдельных элементов конструкции;
- простота модульных конструкций;
- быстрота сборки узлов соединения элементов конструкций;
- высокое качество и точность изготовления модулей.

Основным недостатком в панельной технологии строительства является применение кон-

структивных элементов каркаса в сочетании с несущими ограждающими конструкциями в виде панелей. Основные недостатки быстровозводимых зданий, построенных с использованием сэндвич-панелей [2]:

- недостаточная огнестойкость панелей;
- высокие требования к герметизации здания;
- ограниченность в архитектурных решениях;
- необходимость в дополнительных приспособлениях для вентиляции помещений.

Вследствие этого предлагается идея создания типового несущего элемента, который выполняет функцию ограждающих конструкций и в то же время является несущим элементом из стали и стекла [3]. С подобной технологией строительства зданий из типовых элементов появляется возможность возводить разнообразные здания массовой серии с различным назначением.

Техническая задача разработки типового элемента — снижение сроков строительства зданий и сооружений, повышение качества строительства зданий за счет создания элементов в заводских условиях и расширение архитектурно-планировочных возможностей за счет небольших размеров типовых элементов, а также повышение энергоэффективности зданий [4].

Решается поставленная техническая задача за счет того, что все здание состоит из одинаковых строительных типовых элементов, которые производятся в условиях завода и проходят ряд испытаний на прочность, гибкость и энергоэффективность [5]. Типовой строительный элемент состоит из стального каркаса, остекления, элементов крепления остекления к стальному каркасу. Стальной каркас выполнен из замкнутого профиля, состоящего из швеллеров, снабжен болтовыми отверстиями для быстрого присоединения элементов друг к другу с помощью высокопрочных болтов и планок. Типовые строительные элементы в заводских условиях снабжаются креплениями для удобства монтажа. Для защиты металлоконструкций элементов остекления применяется способ с использованием огнезащитных красок. Огнезащитная краска для металлоконструкций — это специальная краска, обеспечивающая повышенные огнезащитные характеристики металлических конструкций при воздействии на них открытого пламени. Нанесение огнезащитной краски на металл, предвари-

тельно очищенный и загрунтованный, создает на его поверхности дополнительный декоративный слой и значительно увеличивает его противопожарные свойства [6].

В табл. 1 представлено сравнение различных огнезащитных покрытий с огнезащитной краской.

Проанализировав огнезащитные покрытия, автор выбрал наиболее оптимальный способ защиты металлических конструкций: покрытие стального каркаса огнезащитными красками.

Предел огнестойкости покрытий (красок) прямо пропорционально зависит от толщины металлоконструкций, на которые они наносятся. В табл. 2 представлена зависимость толщины покрытия «Неоспрей» в мм от требуемого предела огнестойкости R и приведенной толщины металла.

На рис. 1 представлен общий вид основного типового элемента одноэлементной системы для строительства зданий с разных ракурсов, общий вид и узел соединения двух типовых элементов, типовые готовые стены, перекрытия и колонны из типовых элементов, концептуальная стеклянная лестница из типовых элементов для одноэлементной плоской строительной системы высокоскоростного монтажа, пример возможного планировочного решения здания на основе одноэлементной плоской строительной системы высокоскоростного монтажа многоэтажных полносборных зданий.

Быстровозводимое здание состоит из одинаковых строительных типовых элементов, которые крепятся между собой высокопрочными болтовыми соединениями.

Ввиду увеличившейся угрозы террористических актов, техногенных и природных катастроф значительное внимание следует уделять вопросам безопасности жизни и здоровья людей на объектах различного назначения. Пожары в зданиях остаются наиболее страшным бедствием, угрожающим жизни находящихся в них людей.

Мероприятия по пожаробезопасности являются важной составляющей при проектировании, строительстве и дальнейшей эксплуатации объектов.

Стеклянная часть типового элемента изготовлена по технологии triplex, которая получила широкое использование во всем мире. Triplex-стеклопакет изготавливается многослойным: стекло 8 мм + пленка 2 мм + стекло 8 мм + воздушная прослойка из аргона 17 мм + стекло 8 мм + противопожарное заполнение 6 мм + стекло 8 мм. Общая толщина составляет 5,75 см. С внешней стороны стеклопакет обладает термоотражающими свойствами. С внутренней стороны стеклопакет закаленный, что придает достаточную прочность, а при нарушении целостности покрытия исключает появление осколков. Использование благородного газа аргона для

Таблица 1

Сравнение огнезащитных покрытий

№	Способ огнезащиты		Вес, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м · град)	Толщина огнезащиты, мм, при требуемых пределах огнестойкости, ч				
					0,7	1	1,5	2	2,5
1	Бетонирование		2500	0,98				50	60
2	Огнезащитные облицовки	Кирпич	1800	0,71	65	65	65	65	120
		Гипсокартонные листы	850	0,42	16	16	32	32	
3	Огнезащитные покрытия	Цементно-песчаная штукатурка	1800	0,13	25	30	40	50	60
		Перлитовая штукатурка	500	0,108	15	20	30	40	50
		Фосфатное покрытие ОФП-мм	300	0,08	15	20	30	40	45
4	Огнезащитные покрытия	Краски	1450	–	20	35	60	74	90

Примечание. Толщина огнезащиты определяется конструктивными особенностями облицовки.

Таблица 2

Зависимость толщины покрытия «Неоспрей», мм, от требуемого предела огнестойкости R и приведенной толщины металла (ПТМ)

ПТМ, мм	R_{60}	R_{90}	R_{120}
2	14	22	30
2,5	12	21	28
3	10	18	26
3,5	10	17	23
4	10	14	20

устройства воздушной прослойки обосновывается тем, что его теплопроводность составляет около 0,69 в сравнении с воздухом [3]. Состав стеклопакета типового строительного элемента представлен на рис. 2.

В табл. 3 приведены технические характеристики типовых прозрачного и непрозрачного стеклопакета, используемых в типовом строительном элементе одноэлементной плоской строительной системы.

В рамках исследования был выполнен тепло-технический расчет стеклопакета типового строительного элемента. Вычисленное значение приведенного сопротивления теплопередаче равняется $1,46 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$, что в сравнении с стеклопакетом с двумя камерами и обычным флоат-стеклом выше больше чем в два раза.

Для возведения одноэлементной плоской строительной системы был разработан способ монтажа элементов при помощи телескопических подъемников — ричстакеров. Описание технологии приведено на примере строительства здания $36 \times 18 \text{ м}$. Необходимое количество элементов приведено в табл. 4.

Характеристика объекта:

- здание пятиэтажное двухпролетное из типовых заводских элементов;
- длина здания — 36 м;
- ширина здания — 18 м;
- ширина пролетов — 9 м;
- ширина среднего пролета — 18 м.

С учетом максимального веса элемента системы, равного 2,95 т, был выбран ричстакер модели

Рис. 1. Типовой строительный элемент и его применение: а — общий вид с разных ракурсов (1 — типовой строительный элемент; 2 — высокопрочные болты; 3 — стальной каркас; 4 — стеклянная составляющая элемента; 5 — специализированные крепления; б — технологические пустоты для прокладки инженерных сетей); б — соединение двух типовых элементов; в — готовые стены и перекрытия из типовых элементов; г — колонна; д — концептуальная лестница для здания из типовых элементов; е — концептуальное пятиэтажное здание по технологии на основе одноэлементных плоских систем

Рис. 2. Структура стеклопакета: 1 — стекло 8 мм; 2 — пленка 2 мм; 3 — стекло 8 мм; 4 — аргон 17 мм; 5 — стекло 8 мм; 6 — противопожарный наполнитель 6 мм; 7 — стекло 8 мм

«Кальмар DRF 100-54S6» с максимальной грузоподъемностью 8 т. Максимально возможная высота строительства зданий по предложенной системе равна 17 м, при учете высоты одного этажа 3 м возможно возводить пятиэтажные здания. Высота подъема груза ричстакером «Кальмар DRF 100-54S6» равна 18,7 м.

На рис. 3 представлен общий вид сверху концептуального здания размером 36 × 18 м.

В табл. 5 представлены технико-экономические параметры ричстакера, предполагаемого для монтажа.

На рис. 4 приведена технологическая схема монтажа одноэлементной строительной системы при помощи ричстакера.

На первом этапе на заранее подготовленную фундаментную плиту монтируются крайние и средние стены первой секции здания поэтажно. Монтаж крайних и средних стен показан на рис. 5. Стены устанавливаются в проектное положение при помощи ричстакеров, затем при помощи высокопрочных болтов монтажники осуществляют закрепление элементов к фундаментной плите. После установки этих болтов замоноличивают стыки элементов с целью снижения коэффициента теплопроводности конструкции. Монтаж средних стен первого этажа здания осуществляется аналогичным способом. Стены первой секции образуют П-образную форму.

На втором этапе производится монтаж перекрытий поэтажно (рис. 6). Перекрытие устанавливается в проектное положение при помощи ричстакера, затем закрепляются к несущим стенам при помощи высокопрочных болтов. Монтажники работают на строительных подмостях, расположенных на высоте 1,6 м. После закрепления перекрытия осуществляется замоноличивание швов с целью снижения коэффициента теплопроводности конструкции.

Монтаж полносборного здания идет непрерывно и механизированно, предварительная сборка модулей здания ведется с помощью теле-

Таблица 3

Характеристики типового стеклопакета для ССК-1

№	Критерий	Прозрачный/ полупрозрачный	Непрозрачный
1	Внешняя поверхность	Стекло	Стекло
2	Внутренняя поверхность	Стекло	Гипсокартон
3	Система изоляции	Трехкамерная сердцевина	Трехкамерная сердцевина
4	Высота/ширина блока, мм	1000/1000	1000/1000
5	Вес модуля, кг	96,4	84,5
6	Величина сопротивления теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	2,01–2,32	2,04–2,36
7	Коэффициент светопропускания	0,56	–
8	Звукоизоляция, дБ	60	54
9	Водонепроницаемость, psi	900–1000	900–1000
10	Герметичность, $\text{м}^3/\text{м}^2$	0,1	0,1
11	Допустимая ветровая нагрузка, $\text{кг}/\text{м}^2$	125	115
12	Горючесть	Категория Б	Категория Б
13	Предел огнестойкости	EL90	EL60

Таблица 4

Ведомость монтируемых элементов

Позиция детали	Наименование	Количество, шт.	Масса 1 элемента, т	Масса общая, т
1	Несущая стена 9×3×0,15 м	90	2,943	264,87
2	Перекрытие 9×3×0,15 м	120	2,943	353,16
3	Колонна 1×1×3 м	20	2,943	58,86
4	Лестница 5,25×1×3 м	20	0,983	19,52
	Итого			696,64

скопического подъемника. Монтаж элементов последующих этажей производится аналогичным способом.

После монтажа элементов первой секции идет монтаж колонн первого этажа, расположенных во второй секции (рис. 7). Установка элемента колонны первого этажа в проектное положение осуществляется при помощи ричстакера. Монтажники закрепляют колонны к заранее подготовленному фундаменту при помощи высокопрочных болтов. Затем идет прокладка инженерных сетей внутри колонны с последующей заделкой швов с целью снижения коэффициента теплопроводности конструкции.

По результатам проведения расчетов графоаналитическим методом выбора способа производства строительного-монтажных работ в зависимости от объемов и сроков способ монтажа одноэлементной строительной системы при помощи ричстакеров значительно эффективнее традиционного способа монтажа при помощи крана.

При выборе для одноэлементной плоской строительной системы (ОПСС) способа монтажа при помощи телескопического подъемника следует отметить сокращение продолжительности работ, уменьшение количества персонала, увеличение объема продукции, экономию материалов, энергии и прочих ресурсов. Были

Рис. 3. Общий вид сверху концептуального здания размером 36 × 18 м

Таблица 5

**Технико-экономические параметры
ричстакера «Кальмар DRF 100-54S6»**

№	Параметр, ед. изм.	Значение
1	Мощность, л. с.	245
2	Грузоподъемность Q, т	10
3	Высота подъема, м	18,7
4	Скорость подъема, км/ч	5
5	Масса, кг	39 000
6	Инвентарная стоимость, руб.	31 900
7	Время работы в год, ч	2296
8	Себестоимость машино-смены, руб.	19,47

рассчитаны показатели монтажной технологичности: уровень заводской готовности элемента ОПСС 0,95; коэффициент технологичности установки конструкций 0,9; коэффициент дробности сооружения 0,75; коэффициент технологичности выполнения стыка 0,89.

Разработанный автором прототип на основе стали и стекла имеет ряд преимуществ:

- быстровозводимые сборные здания и сооружения, построенные на основе одноэлементной плоской строительной системы, не нуждаются в отделочных работах на фасаде и внутренних отделочных работах в помещениях, так как данные работы выполняются в заводских условиях;
- производство типового элемента осуществляется в заводских условиях на 91 %;
- максимальная скорость монтажа элементов строительной системы на стройплощадке;
- изготовление одинаковых строительных элементов для зданий с различным назначением без изменения производства;
- многообразие планировочных решений.

Выводы

Быстровозводимая одноэлементная система высокоскоростного монтажа зданий имеет ряд следующих преимуществ:

Рис. 4. Принципиальная схема монтажа ССК-1 при помощи телескопических подъемников

Рис. 5. Монтаж стен здания первого и второго этажа

1) типовые строительные элементы из стекла и стали имеют минимальное количество типовых размеров и за счет этого позволяют возводить объекты различного назначения с разнообразными архитектурно-планировочными решениями;

2) типовые строительные элементы способны выполнять функции несущих и ограждающих конструкций, покрытий и перекрытий;

3) предложенные типовые строительные элементы являются унифицированными для стен и перекрытий;

4) за счет минимального количества типоразмеров снижаются затраты на стадии производства, транспортировки и монтажа конструкций;

5) на этапе монтажа зданий и сооружений из типовых строительных элементов образуется

пространственный блок, которому не требуется установка временных вертикальных и горизонтальных связей, что снижает трудозатраты на стадии строительства;

6) происходит оптимизация финансовых и трудовых ресурсов за счет применения типовых строительных элементов ввиду их повышенной заводской готовности, технологичности изготовления, относительно небольшого веса отдельных плит и панелей;

7) минимизируются сроки монтажа объекта. Быстровозводимые энергоэффективные здания по предложенной одноэлементной строительной системе возможно создавать с требуемым классом пожарной опасности.

Авторами была разработана технологическая схема высокоскоростного монтажа. Монтаж

Рис. 6. Монтаж перекрытий при помощи телескопических подъемников

Рис. 7. Монтаж колонны при помощи телескопического подъемника

производится посекционно с первого по пятый этаж при помощи телескопических подъемников. Монтажники поднимаются на каждый ярус при помощи ножничного подъемника. Время сборки пятиэтажного здания на основе одно-элементной строительной системы размером 18 × 36 м составляет 11 календарных дней.

Библиографический список

1. Бад'ин Г. М. Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. СПб.: БВХ-Петербург, 2011. 432 с.
2. Ясин В. Ю., Борискина И. В., Плотников А. А., Захаров А. В. Проектирование современных оконных систем гражданских зданий. М.: АСВ, 2003. 320 с.
3. Александров А. В., Потанов В. Д., Державин Б. П. Сопротивление материалов. 3-е изд., испр. М.: Высш. шк., 2003. 560 с.
4. Zerboni C. Static calculations on glass: how and when they should be performed // Glaston Technologies. 2003. Pp. 36–40.
5. Бад'ин Г. М., Сычев С. А. Современные технологии строительства и реконструкции зданий. СПб.: БВХ-Петербург, 2013. 141 с.
6. Зубков В. А., Кондратьева Н. В. Итоги международной конференции Glass processing days 2006 // Светопрозрачные конструкции. 2006. № 4. С. 56–57.
7. Асаул А. Н., Казаков Ю. Н., Князь И. П., Ерофеев П. Ю. Теория и практика использования быстровозводимых зданий в обычных условиях и чрезвычайных ситуациях в России и за рубежом / под ред. Ю. Н. Казакова. СПб.: Гуманистика, 2004. 472 с.
8. Асаул А. Н., Казаков Ю. Н. и др. Теория и практика малоэтажного жилищного строительства в России / под ред. А. Н. Асаула. СПб.: Гуманистика, 2005. 563 с.

9. Балаев С. Ю. Анализ зарубежного опыта индивидуального малоэтажного домостроения (ИМД) и возможности развития ИМД в России // Влияние состояния жилой среды и жилища на качество жизни среднего класса России, социально-экономическую активность граждан и института семьи, микросоциумов и иных институтов гражданского общества: семинар. М., 2009. 16 с.

10. Волок А. Быстровозводимое — значит рыночное // Строительство. 2008. № 11. С. 26–28.

11. Черных А. С. Ограждающие конструкции жилых зданий с применением стеновых панелей на деревянном каркасе // Федеральный строительный рынок. 2012. № 1. С. 38–39.

12. Китайгородский А. И. Рентгеноструктурный анализ мелкокристаллических и аморфных тел. М.; Л.: Гос. изд. техн.-теорет. лит., 1952. 588 с.

References

1. Bad'in G. M. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya maloetazhnogo ehnergoeffektivnogo doma* [Construction and reconstruction of low-rise energy-efficient house]. St. Petersburg, BVKh-Peterburg Publ., 2011, 432 p.
2. Yasin V. Yu., Boriskina I. V., Plotnikov A. A., Zakharov A. V. *Proektirovanie sovremennykh okonnykh sistem grazhdanskikh zdaniy* [Design of modern window frame systems of civil buildings]. Moscow, ASV Publ., 2003, 320 p.
3. Aleksandrov A. V., Potapov V. D., Derzhavin B. P. *Soprotivlenie materialov* [Theory of strength of materials]. 3-rd iss., revised. Moscow, Vyssh. shk. Publ., 2003, 560 p.
4. Zerboni C. *Static calculations on glass: how and when they should be performed*. Glaston Technologies Publ., 2003, pp. 36–40.
5. Bad'in G. M., Sychev S. A. *Sovremennye tekhnologii stroitel'stva i rekonstruktsii zdaniy* [Modern technologies of construction and reconstruction of buildings]. St. Petersburg, BVKh-Peterburg Publ., 2013, 141 p.
6. Zubkov V. A., Kondrat'eva N. V. *Itogi mezhdunarodnoy konferentsii Glassprocessingdays 2006* [Results international conference Glassprocessingdays 2006]. *Svetoprozrachnye konstruktsii — Translucent constructions*, 2006, no. 4, pp. 56–57.
7. Asaul A. N., Kazakov Yu. N., Knyaz' I. P., Erofeev P. Yu. *Teoriya i praktika ispol'zovaniya bystrovostvodimyykh zdaniy v obychnykh usloviyakh i chrezvychaynykh situatsiyakh v Rossii i za rubezhom* [Theory and practice of using prefabricated buildings under normal conditions and during emergency situations in Russia and abroad]. Ed. by Kazakov Yu. N. St. Petersburg, Gumanistika Publ., 2004, 472 p.

8. Asaul A. N., et al. *Teoriya i praktika maloetazhnogo zhillishchnogo stroitel'stva v Rossii* [Theory and practice of low-rise housing construction in Russia]. Ed. by Asaul A. N. St. Petersburg, Gumanistika Publ., 2005, 563 p.

9. Balaev S. Yu. *Analiz zarubezhnogo opyta individual'nogo maloetazhnogo domostroeniya (IMD) i vozmozhnosti razvitiya IMD v Rossii* [Analysis of foreign experience of individual low-rise housing construction (IMD) and the possibility of development of IMD in Russia]. *Trudy seminarov «Vliyaniye sostoyaniya zhiloy sredy i zhillishcha na kachestvo zhizni srednego klassa Rossii, sotsial'no-ekonomicheskuyu aktivnost' grazhdan i instituta sem'i, mikrosotsiumov i inyykh institutov grazhdanskogo obshchestva»* [Proc. of the workshop "Impact of the living environment and housing condition on the quality of life of the middle class of Russia, socio-economic activity of

citizens and the institute of family, micro-communities and other institutions of civil society"]. Moscow, 2009, 16 p.

10. Volok A. *Bystrovozvodimoe — znachit rynochnoe* [Prefabricated construction means market construction]. *Stroitel'stvo – Construction*, 2008, no. 11, pp. 26–28.

11. Chernykh A. S. *Ograzhdayushchie konstruksii zhilykh zdaniy s primeneniem stenovykh paneley na derevyannom karkase* [Enclosing structures of residential buildings with the use of wall panels on a wooden frame]. *Federal'nyy stroitel'nyy rynok – Federal construction market*, 2012, no. 1, pp. 38–39.

12. Kitaygorodskiy A. I. *Rentgenostrukturnyy analiz melkokristallicheskiykh i amorfnykh tel* [X-ray structural analysis of fine-grained and amorphous bodies]. Moscow; Leningrad, Gos. izd. tekhn.-teoret. lit. Publ., 1952, 588 p.