

Ю.И. ТИЛИНИН<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»,  
г. Санкт-Петербург, Россия

## **ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ МЕТОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ**

***Аннотация.** В статье рассмотрены технологии возведения в основном гражданских зданий в разные периоды строительства в Санкт-Петербурге. Предметом исследования являются строительные системы и технологии возведения зданий, которые рассматриваются с целью исследования развития методов индустриального строительства в Санкт-Петербурге и прогнозирования тенденций технического прогресса в области индустриальных методов строительства. Предпосылками технического прогресса в строительном комплексе Санкт-Петербурга является развитие индустрии материально-технических ресурсов строительства, а именно производства новых строительных материалов, конструкций, строительной оснастки, приспособлений и строительных машин, а также малой механизации и инструментов. Это неизбежно становится причиной появления в строительстве более совершенных строительных систем, возводимых индустриальными методами. В ходе исследования строительные системы оценивались методами экспертного опроса специалистов по заранее разработанной анкете, в которой были взаимно несопоставимые критерии, отражающие архитектурные, прочностные и экономические характеристики строительных систем индустриального производства. Результаты экспертной оценки строительных систем стали основой в определении рациональной объемов сборного и сборно-монолитного строительства и выявления тенденций и перспективных направлений развития индустриальных методов строительства и научных исследований в этой области.*

***Ключевые слова:** предпосылки, развитие, строительство, кирпичное домостроение, индустриальные методы, панельные здания, сборно-монолитный каркас, рациональные объемы, анкета, баллы, экспертная оценка.*

YU.I. TILININ<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Saint Petersburg State University of architecture and civil engineering, Saint Petersburg, Russia

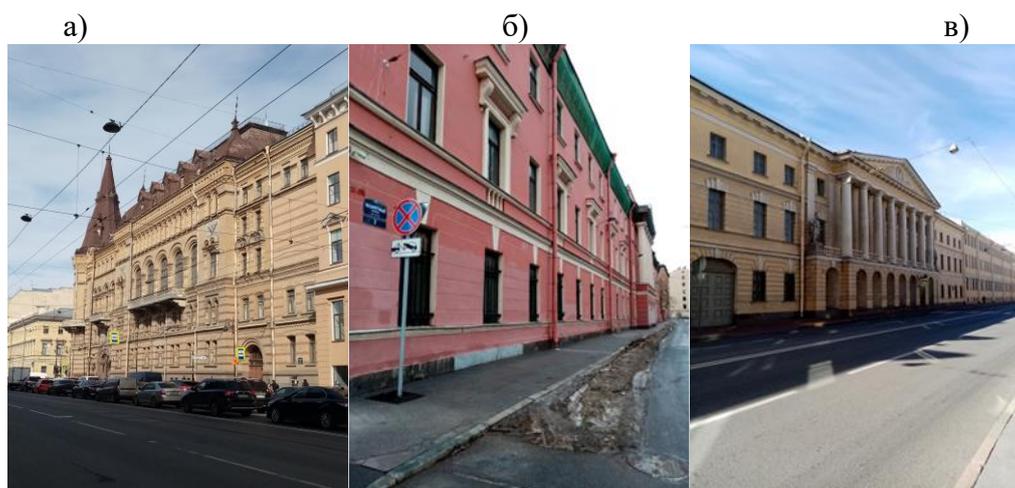
## **PREREQUISITES FOR THE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL CONSTRUCTION METHODS IN ST. PETERSBURG**

***Abstract.** The article considers the technologies for the construction of mainly civil buildings in different periods of construction in St. Petersburg. The subject of the study is building systems and building construction technologies, which are considered in order to study the development of industrial construction methods in St. Petersburg and predict trends in technical progress in the field of industrial construction methods. The prerequisites for technological progress in the construction complex of St. Petersburg is the development of the industry of material and technical resources of construction, namely the production of new building materials, structures, construction equipment, fixtures and construction machines, as well as small-scale mechanization and tools. This inevitably becomes the reason for the appearance in construction of more advanced building systems erected by industrial methods. In the course of the study, building systems were evaluated by the methods of an expert survey of specialists according to a previously developed questionnaire, in which there were mutually incomparable criteria reflecting the architectural, strength and economic characteristics of building systems of industrial production. The results of an expert assessment of building systems became the basis for determining the rational scope of prefabricated and precast-monolithic construction and identifying trends and promising directions for the development of industrial construction methods and scientific research in this area.*

**Keywords:** prerequisites, development, construction, brick housing construction, industrial methods, panel buildings, prefabricated monolithic frame, rational volumes, questionnaire, points, expert assessment.

### Введение

Индустриализация строительства в Санкт-Петербурге пришла на смену кирпичному домостроению, имевшему продолжительный период оставивший исторический след в виде архитектурных памятников культурного наследия. Это не только дворцовые комплексы и доходные дома [1-4], но и памятники строительства комплексов зданий Семеновского, Преображенского, Измайловского, Кавалергардского и других полков Российской империи. Построено более 200 зданий Военно-медицинской академии, госпитали, дом офицеров, здание военной комендатуры и другие исторические здания (см. рисунок 1), эксплуатируемые сегодня военно-учебными заведениями и другими организациями гарнизона Санкт-Петербурга.



**Рисунок 1 – Исторические кирпичные здания гарнизона Санкт-Петербурга (фотографии автора, 2023 г.):**  
а) здание Дома офицеров на Литейном проспекте д. 20, построено для Офицерского собрания армии и флота в 1895 – 1898 г.г. архитекторы А.И. Гоген и В.М. Иванов; б) здание Военно-медицинского музея на ул. Введенский канал дом 6, построено в 1799 году для лазарета лейб-гвардии Семеновского полка, архитекторы Ф.И. Демерцов и Ф.И. Волков; в) здание Военного института (инженерно-технического), построено 1803-1806 г.г. архитектором Л.И. Руска для Кавалергардского полка

Памятниками кирпичного домостроения являются так же гражданские здания предвоенного периода строительства, так называемые сталинские дома, построенные со стенами из кирпича и чердачными крышами, высотой более пяти этажей, в отличии от двух или трехэтажных зданий императорской России.

В шестидесятые годы XX столетия в Санкт-Петербурге и в других городах Советского Союза начинается массовое строительство гражданских, затем и промышленных зданий из сборных железобетонных конструкций, для производства которых строятся домостроительные комбинаты. Расцветом сборного строительства стали семидесятые и восьмидесятые годы прошлого века, когда возводились крупнопанельные полносборные жилые многосекционные дома, высотой 9-12 этажей, а также многоэтажные каркасные производственные здания, монтируемые из железобетонных колонн, ригелей, плит перекрытия и стеновых панелей, которые использовались для строительства не только корпусов заводов радиоэлектроники, но и при возведении общественных зданий. Индустриальные методы строительства, в основе которых лежит поточный процесс изготовления в заводских условиях и монтажа на строительной площадке комплектов крупногабаритных железобетонных элементов развивается и в современное время. Индустриализация строительства применяется как метод в условиях массовости, при застройке больших территорий типовыми домами. Важнейшими преимуществами

индустриальных методов строительства является комплексная механизация технологических процессов в заводских и построечных условиях, что обеспечивается за счет использования минимального разнообразия унифицированных по размерам и массе конструкций. Предпосылками технического прогресса в строительном комплексе Санкт-Петербурга служит развитие в производства новых строительных материалов, конструкций, строительной оснастки, приспособлений и строительных машин, а также малой механизации и инструментов. Это неизбежно становится причиной появления в строительстве более совершенных домостроительных технологий [5-8]. Строительство жилых зданий производится в различных условиях, например в условиях уплотнительной застройки исторического центра или на новых городских территориях, а также на территориях существующих микрорайонов, построенных в Советский период индустриального строительства. Оценка домостроительных технологий с учетом условий строительства помогает на практике выбирать рациональные строительные системы и технологии возведения зданий на этапе, предшествующем проектированию. Ретроспективный взгляд на развитие технологий домостроения помогает увидеть перспективы домостроения и соответственно развития строительного комплекса города. Предметом нашего исследования является строительные системы и технологии возведения зданий, которые рассматриваются с целью исследования строительных систем и методов индустриального строительства в Санкт-Петербурге и выработки тенденций технического прогресса и рациональных перспектив индустриального домостроения.

#### **Анализ публикаций**

Противоречивые особенности сборного и монолитного домостроения отчасти нашли свое примирение в сборно-монолитных строительных системах [9-11]. Выбор из многообразия строительных технологий, применяемых производственными структурами строительного комплекса Санкт-Петербурга для крупномасштабного жилищного строительства, требует поиска рациональных областей их применения с учетом предполагаемого места строительства жилого здания и характерных технологических и потребительских особенностей возводимых зданий.

Область применения технологий панельного и сборно-монолитного домостроения в современных условиях городского строительства имеет свои предпосылки, связанные в первую очередь с местом строительства, характеризуемым сложившейся застройкой, наличием инженерного обеспечения, геологическими условиями и производственными мощностями строительного комплекса [12 -14].

Краткий ретроспективный взгляд на эволюцию строительных грузоподъемных машин, применяемых материалов и соответствующих технологий строительства показывает неразрывную взаимосвязь и гармоничное соответствие применяемых в строительстве материалов, машин и способов строительства.

Большое влияние на технический прогресс в строительстве оказывал главным образом рост механизации строительных работ, в первую очередь за счет внедрения строительных башенных кранов, значительно снижающих внутрипостроечные транспортные затраты. К выпуску первых строительных кранов в России приступили еще в конце 19 столетия. Массовый выпуск заводами СССР строительных башенных кранов был начат в 1936 году. На стройках работало около 200 подъемных кранов. В 50-х годах выпускается линейка кранов марки БКСМ. Кран БКСМ-14 имел грузоподъемность 5 т, применялся на строительстве 14 - этажных зданий. Более поздняя модель БКСМ-5А имела грузоподъемность 8 т [15].

Строительство секционных, сборных многоквартирных жилых домов из железобетонных конструкций заводского изготовления, выпускаемых в виде серийных комплектов, доставляемых на строительную площадку автотранспортом и монтируемых башенными кранами, становится основой типовой многоэтажной застройки новых жилых районов промышленных городов.

## Строительство и реконструкция

В конце 1950-х – начале 1960-х гг. были созданы в Ленинграде пять домостроительных комбинатов (ДСК), производивших выпуск комплектов сборных железобетонных строительных изделий, из которых на строительной площадке при помощи монтажных кранов собирались стены и перекрытия жилых зданий, а также школ и детских садов. Показатели типовых проектов жилых панельных зданий по трем домостроительным комбинатам Главленинградстроя приводятся в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели некоторых типовых проектов крупнопанельных жилых домов, сооружаемых домостроительными комбинатами Главленинградстроя

| Показатели   | Домостроительные комбинаты |          |       |       |           |           |       |       |      |
|--|----------------------------|----------|-------|-------|-----------|-----------|-------|-------|------|
|  | ДСК-1                      |          | ДСК-2 |       |           |           | ДСК-3 |       |      |
|  | Типовые проекты            |          |       |       |           |           |       |       |      |
|  | 1-335-1                    | 1-335-20 | ОД-4  | ОД-6  | 1ЛГ50 2-6 | 1ЛГ50 2-9 | Г-2и  | Г-3и  | Г-5  |
| Проектные показатели   |                            |          |       |       |           |           |       |       |      |
| Количество секций  | 4                          | 5        | 4     | 6     | 6         | 9         | 5     | 7     | 1    |
| Количество квартир   | 80                         | 100      | 60    | 90    | 90        | 134       | 50    | 70    | 54   |
| Средняя жилая площадь квартиры   | 31,7                       | 32,3     | 30,6  | 30,5  | 31,6      | 31,9      | 37,2  | 34,7  | 23,1 |
| Объем здания   | 12022                      | 15136    | 9927  | 14818 | 14539     | 21472     | 9046  | 11832 | 7297 |
| Этажность  | 5                          | 5        | 5     | 5     | 5         | 5         | 5     | 5     | 5    |
| Общие показатели комплекта сборных конструкций   |                            |          |       |       |           |           |       |       |      |
| Коэффициент сборности  | 0,70                       | 0,70     | 0,75  | 0,75  | 0,75      | 0,75      | 0,70  | 0,67  | 0,67 |
| Количество марок изделий   | 61                         | 61       | 47    | 47    | 47        | 47        | 114   | 114   | 114  |
| Количество типоразмеров  | 48                         | 48       | 33    | 33    | 33        | 33        | 91    | 91    | 91   |
| Средний вес элемента   | 1267                       | 1267     | 1415  | 1415  | 1830      | 1830      | 760   | 760   | 760  |
| Коэффициент использования крана  | 0,70                       | 0,70     | 0,75  | 0,75  | 0,74      | 0,74      | 0,67  | 0,67  | 0,67 |
| Удельные объемы видов общестроительных работ в расчете на 1 м <sup>2</sup> жилой площади |                            |          |       |       |           |           |       |       |      |
| Стены м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> жил.пл.   | 0,24                       | 0,24     | 0,17  | 0,17  | 0,41      | 0,41      | 0,45  | 0,45  | 0,45 |
| Перекрытия м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> жил.пл.  | 0,37                       | 0,37     | 0,10  | 0,10  | 0,21      | 0,21      | 0,21  | 0,21  | 0,21 |
| Перегородки м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> жил.пл.                                       | 1,73                       | 1,73     | 2,46  | 2,46  | 0,21      | 0,21      | 1,0   | 1,0   | 1,0  |
| Проемы м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> жил.пл.  | 0,84                       | 0,84     | 0,59  | 0,59  | 0,66      | 0,66      | 0,57  | 0,57  | 0,57 |
| Полы м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> жил.пл.  | 1,57                       | 1,57     | 1,42  | 1,42  | 1,37      | 1,37      | 1,36  | 1,36  | 1,36 |
| Кровля м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> жил.пл.  | 0,44                       | 0,44     | 0,40  | 0,40  | 0,40      | 0,40      | 0,36  | 0,36  | 0,36 |
| Фундаменты м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> жил.пл.  | 0,12                       | 0,12     | 0,12  | 0,12  | 0,12      | 0,12      | 0,13  | 0,13  | 0,13 |
| Земл.раб.м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> жил. пл.   | 0,7                        | 0,7      | 0,7   | 0,7   | 0,7       | 0,7       | 0,72  | 0,72  | 0,72 |

Как видно из таблицы, панельные дома в это время строили 5-этажными и имели небольшое количество квартир по сравнению с современными многоэтажными жилыми зданиями. Стоимость сборных конструкций не более 70-75% от общей стоимости материалов, что соответствует коэффициенту сборности 0,7-0,75. Средний вес одного монтажного элемента 1,267 - 1,830 тонны, что соответствовало коэффициенту использования кранов КБ 100 по грузоподъемности 0,74. Максимальная грузоподъемность башенного крана, выпускаемого с 1964 года Ржевским краностроительным заводом и предназначенного для строительства пятиэтажных зданий, высота подъема крюка крана не превышала 21 м, а грузоподъемность на максимальном вылете крюка - 5 тонн. Кран перемещался вдоль строящегося здания по рельсовому пути, выполняемому на щебеночном насыпном основании в виде железнодорожных рельсов, прикрепленных к деревянным шпалам. Годовая выработка на один кран в м<sup>2</sup> жилой площади составляла по Главленинградстрою в 1959 году - 3000 м<sup>2</sup>, а в 1963 году - 7500 м<sup>2</sup>.

В начале 1970-х годов домостроительные комбинаты совместно с проектными институтами приступают к улучшению конструктивных и объемно-планировочных решений панельных зданий.

Разработанная в 1959 году институтом «ЛЕНПРОЕКТ» типовая серия комплектов железобетонных изделий крупнопанельных многоквартирных жилых домов серии 1-ЛГ-504 возводилась до 1972 года. В 1966 году институт «ЛенЗНИИЭП» разработал усовершенствованный проект 1-ЛГ-504Д жилого девятиэтажного крупнопанельного дома с лифтом. За период до 2001 года построено 424 дома. На Обуховском ДСК в 1966 году приступили к производству серии 1-ЛГ-602. В 1980-е годы были модернизированы имеющиеся серии жилых домов, увеличена высота потолка до 2,7 м; площадь кухни стала не менее 8 м<sup>2</sup>.

В 1992 году ДСК-2 был преобразован в современное производство, под брендом ДСК «БЛОК», выпускающее конструкции 137-й серии, оснащенной двумя лифтами (грузовым и пассажирским). В 2012 году на комбинате завершена очередная модернизация производства, начатая еще в 2006 году. В 2011 году к ЗАО «Домостроительный комбинат „Блок“» было присоединено ОАО «Гатчинский ДСК», который с 1973 по 2005 годы выпускал 121 серию сборного панельного железобетонного дома высотой до 17 этажей с высотой жилых помещений 2,7 м, площадью кухонь 12 м<sup>2</sup>. В домах 121 серии в основном однокомнатные, двухкомнатные и трехкомнатные квартиры. В 2002 году ЗАО «Домостроительный комбинат „Блок“» вошло в состав группы компаний «ЛСР».

Внедрение технологии сборного домостроения уменьшило зависимость строительства объектов от климатических и погодных условий по сравнению каменными и бетонными работами. В настоящее время керамзитобетонные наружные стеновые панели заменены трехслойными, состоящими из наружного и внутреннего бетонных слоев, заключающих в середине теплоизоляционный слой.

С появлением на строительном рынке импортной крупнощитовой опалубки с палубой из водостойкой фанеры, закрепленной на металлическом каркасе, в 1990-е годы набирает темпы монолитное домостроение [16-19].

При монолитной технологии возведения зданий требуется так же, как и при полносборной технологии, применение монтажного крана (см. рисунок 2).



*Рисунок 2 – Возведение монолитного жилого здания в Санкт-Петербурге с использованием башенного крана с поворотной балочной стрелой и неповоротной башней на железобетонном фундаменте, вылет крюка крана изменяется при перемещении грузовой тележки (фотографии автора, 2023 г.):*

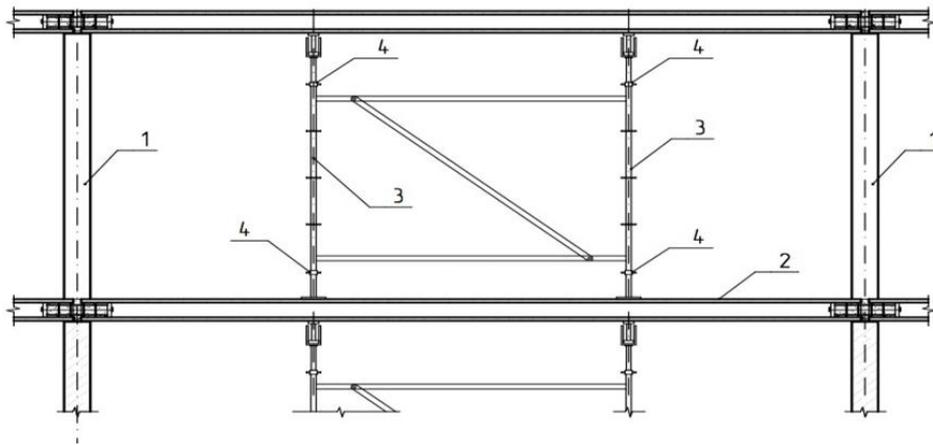
Строительный кран при возведении монолитных зданий, применяется в процессе установки щитов опалубки, подачи в рабочую зону строительной арматуры и бетонной смеси в бадьях при бетонировании.

Значительное развитие технологии монолитного домостроения обусловлено внедрением в практику строительного производства промышленных комплектов опалубки, автобетононасосов, а также специализированного автомобильного транспорта.

Появление на строительном рынке кранов большой грузоподъемности, применяемых для подачи в котлован буровых установок и других строительных машин, открыло возможности устройства глубоких котлованов и, как следствие, ускорило освоение подземного пространства при строительстве жилых объектов повышенной этажности.

Применение современного грейферного оборудования и буровых установок решает проблему технологии строительства фундаментов в слабых насыщенных водой грунтах Санкт-Петербурга и тем самым открывает возможность возведения жилых зданий высотой 23 и более этажей [20].

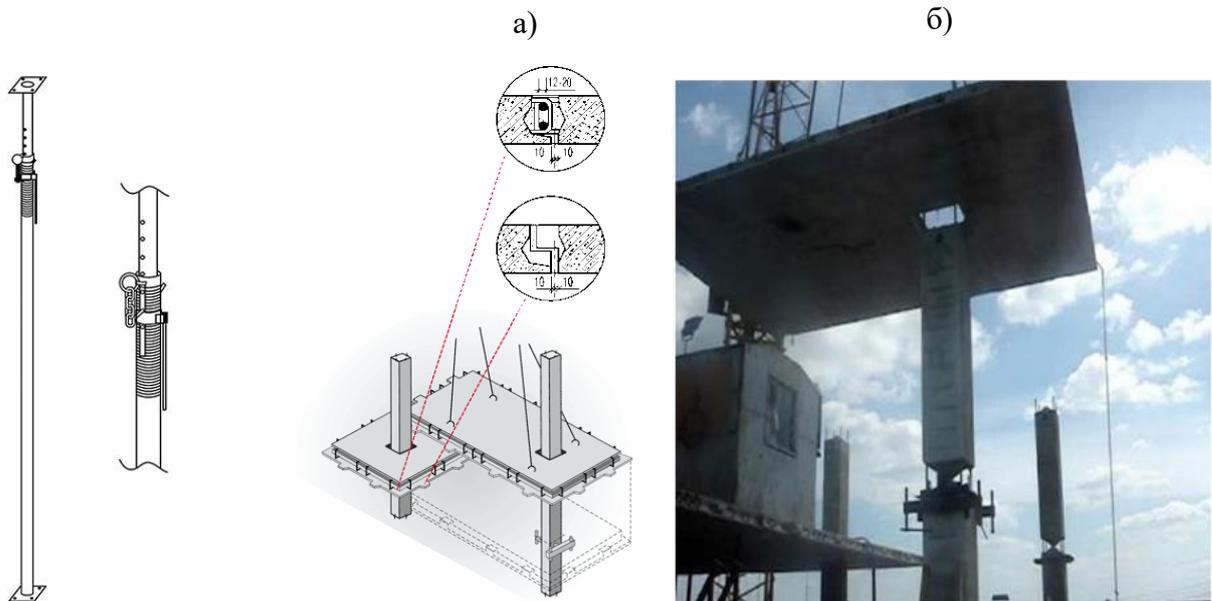
Одним из перспективных направлений развития технологии жилищного строительства является сочетание сборных конструкций, устанавливаемых на временные опоры с монолитными участками в местах опирания, (см. рисунок 3).



**Рисунок 3 – Установка сборных железобетонных плит перекрытия с опиранием на временные пространственные опоры: 1 – вертикальные несущие колонны; 2 – сборные пустотные железобетонные плиты перекрытия; 3 – временные пространственные опорные «столы»; 4 – винтовые телескопические стойки**

Винтовые телескопические стойки имеют оцинкованную резьбу, они используются в основном для устройства столов опалубки монолитных перекрытий (см. рисунок 4).

Одной из более совершенных технологий является сборно-монолитная строительная система КУБ-3V, представляющая собой сочетание сборных железобетонных колонн размером сечения 400 x 400 мм, плит перекрытия толщиной 160 мм и монолитных участков, соединяющих в целостную конструкцию сборные элементы здания (см. рисунок 5).



**Рисунок 4 – Винтовая телескопическая стойка**

**Рисунок 5 – Элементы каркаса КУБ-3V (сборные колонны и плиты), соединяемые монолитными участками: а) панели перекрытия и межпанельные стыки; б) монтаж плиты перекрытия с установкой ее на временно закрепленный на колонну кондуктор с опорным столиком**

Такая строительная технология возведения каркаса из унифицированных колонн и плит без устройства балок образует сборно-монолитный каркас без ригелей. Еще до 1970 года в ЦНИИЭП жилища были разработаны конструкции безбалочного перекрытия, не имеющего капители. В дальнейшем были разработаны модифицированные варианты систем

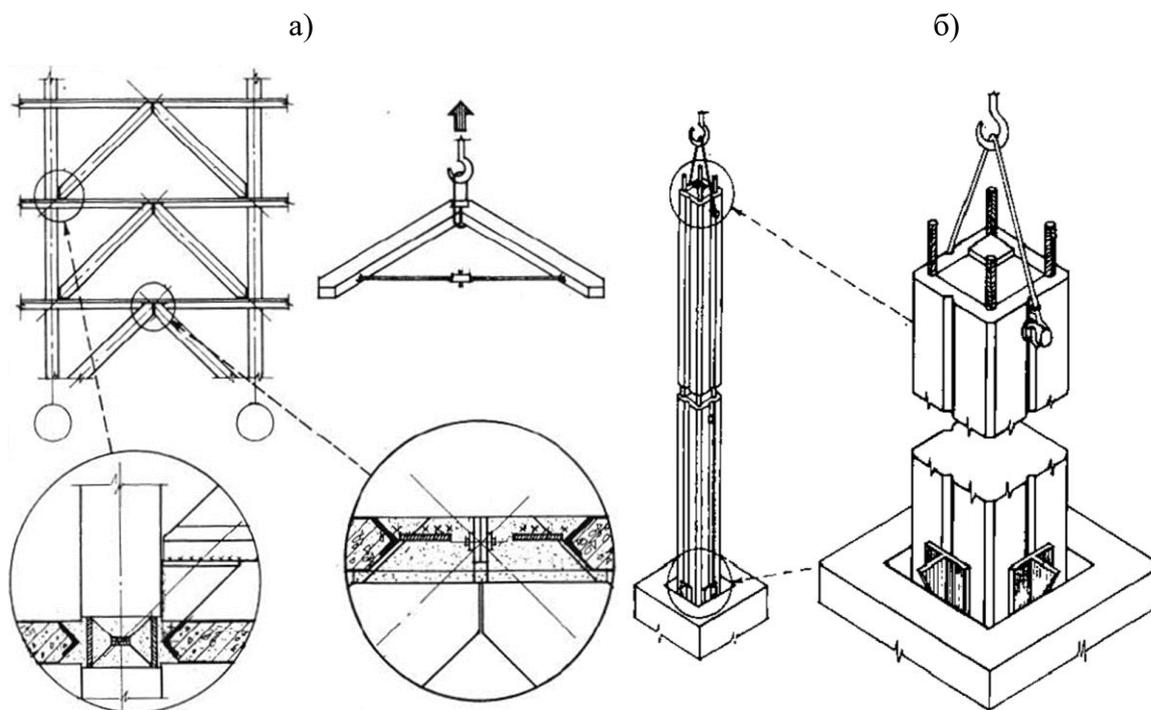
сборно-монолитного безригельного каркаса КУБ 2,5, КУБ-3V. Особенностью строительства таких типов зданий является применение сборного безригельного каркаса, состоящего из следующих элементов:

1. Составных сборных железобетонных колонн 400х400 мм длиной до 15 м (в местах примыкания перекрытия к колонне в колонне отсутствует бетон);
2. Железобетонной плиты перекрытия 3,0х3,0 м, толщиной 160 мм;
3. Железобетонных связей сечением 200х250 мм, обеспечивающих пространственную жесткость и устойчивость каркаса;
4. Диафрагм жесткости толщиной 160 мм.

Конструктивная система отличается высокой надежностью по прочности и трещиностойкости железобетонных элементов и устойчивости каркасов при эксплуатации [21, 22].

Наружные стены в таком здании могут быть в виде панелей или кладки из мелких газосиликатных блоков и кирпича [23, 24]. Узел соединения сборных железобетонных колонн выполняется на уровне перекрытия.

Строповка и крепление связей и колонны сборно-монолитного здания КУБ 2,5, которое возводится высотой до 15 этажей, показаны на рисунке ниже (см. рисунок 6).



*Рисунок 6 – Элементы сборно-монолитного здания КУБ-2,5:  
а) строповка и крепление связей; б) строповка и временное закрепление колонны*

### Модели и методы

Авторами разработана анкета для проведения комплексной экспертной оценки строительных технологий, применяемых в жилищном строительстве Санкт-Петербурга.

За основу взяты десять наиболее значимых критериев и десятибалльная оценка каждого критерия. Каждый критерий оценивался от 1 до 10 баллов, а комплексная оценка изменяется в пределах от 10 до 100 баллов.

В экспертной оценке принимали участие кандидаты и доктора технических наук по специальности 05.23.08 «Технология и организация строительства».

Собранные результаты ответов подверглись статистической обработке. Коэффициент вариации оценок определяется следующим образом.

Для оценки корректности экспертных оценок принят коэффициент вариации, определенный по следующей формуле (1).

$$V_j = \frac{\sigma_j}{M_j}, \quad (1)$$

где среднее квадратическое отклонение оценок, полученных  $j$ -ой технологией, определяется по формуле (2).

$$\sigma_j = \sqrt{D_j}, \quad (2)$$

где  $D_j$  – дисперсия оценок, данных  $j$ -ой технологии, определяется по формуле (3).

$$D_j = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (C_{ij} - M_j)^2, \quad (3)$$

где  $n$  – число экспертов;

$C_{ij}$  – оценка (в баллах)  $j$ -ой технологии  $i$ -ым экспертом;

$M_j$  – среднее арифметическое значение величины оценки технологии (в баллах), определяемое по формуле (4).

$$M_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n C_{ij} \quad (4)$$

В расчетах средних баллов по каждой технологии и соответствующему критерию определялся коэффициент вариации, который не превысил значения 0,28, что говорит о допустимой степени согласованности экспертов.

#### **Результаты исследования и их анализ**

Результаты экспертной оценки строительных технологий возведения сборных и сборно-монолитных жилых зданий, применяемых в Санкт-Петербурге, приводится в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты экспертной оценки сборных и сборно-монолитных строительных систем жилых зданий, возводимых в Санкт-Петербурге

| № п/п | Десять критериев оценки технологии                                       | Значение критерия оценки по десятибалльной шкале технологии строительных систем |        |         |          |
|-------|--|---|--------|---------|----------|
|       |  | КУБ   | панель | КУБ-2,5 | КУБ – 3V |
| 1     | Фасадные архитектурные решения   | 6   | 3      | 6       | 6        |
| 2     | Планировочные архитектурные решения                                      | 10  | 3      | 10      | 10       |
| 3     | Звукоизоляция (минимальная 1 балл)                                       | 4   | 3      | 4       | 4        |
| 4     | Этажность (минимальная 1 балл)   | 8   | 8      | 9       | 9        |
| 5     | Прочность и сейсмостойкость (минимальная 1 балл)                         | 7   | 7      | 8       | 8        |
| 8     | Долговечность (минимальная 1 балл)                                       | 8   | 7      | 8       | 8        |
| 6     | Капиталоемкость (минимальная 10 баллов)                                  | 5   | 4      | 5       | 5        |
| 7     | Себестоимость (минимальная 10 баллов)                                    | 7   | 10     | 8       | 9        |
| 9     | Трудоемкость (максимальная 1 балл)                                       | 7   | 10     | 8       | 9        |
| 10    | Размер строительной площадки (минимальная 10 балл)                       | 7   | 6      | 8       | 8        |
|       | Итого технология строительной системы (максимальное значение 100 баллов) | 69  | 61     | 74      | 76       |

Проанализировав результаты экспертной оценки, авторы провели сравнение технологий домостроения:

1. Архитектурная пригодность и звукоизоляция меньшая у панельной строительной системы, монолитная и сборно-монолитная технология при устройстве наружных кирпичных стен высотой на отдельный этаж имеют архитектурную пластичность фасадов;

2. Немного долговечнее оказалась строительная система КУБ 3 V, она же оказалась наиболее прочной и сейсмостойкой с высокой этажностью.

3. Панельная строительная система с полносборной технологией имеет низкую себестоимость и трудоемкость, уступает в звукоизоляции и выразительности фасадов, исключает свободную планировку квартир, незначительно уступает в этажности и требует для осуществления производства площадки для складирования конструкций и соответственно незначительно больше размер строительной площадки.

### Выводы

Подводя итог проведенному исследованию развития технологий жилищного строительства, можно сделать вывод о том, что сборно-монолитное домостроение в сочетании с кладочной или панельной технологией устройства наружных стен наиболее оптимально, лучшая индустриальная строительная система КУБ-3V. Панельная строительная система наиболее пригодна для социального жилья. Для массового строительства жилых зданий с более высокими потребительскими свойствами, чем крупнопанельные дома пригодны сборно-монолитные системы КУБ – 2,5 и КУБ-3V. Сборно-монолитное домостроение является одним из приоритетных направлений технического и технологического совершенствования в сфере жилищного строительства Санкт-Петербурга на основе индустриальных методов строительства. Следует отметить тот факт, объемы индустриального строительства ограничиваются не только мощностью заводов сборных элементов, но и транспортными затратами по доставке строительных конструкций, что оставляет значительную нишу монолитному домостроению, особенно в исторической части города и при строительстве на отдаленных от домостроительных комбинатов территориях, когда выгоднее поставить на большой стройке бетонный завод, чем стоять спецтранспорту на автодороге в ожидании движения. Развитие индустриальных методов строительства имеет тенденцию снижения массы элементов, повышению заводской готовности, применению легких металлических профилей и слоистых панелей на их основе.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тилинин Ю. И., Пастух О. А., Животов Д. А., Панин А. Н. Домостроительные технологии в системе сохранения и развития архитектурно-планировочной структуры исторических российских городов. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский. гос. архитектур.-строит. ун-т, 2022. 239 с.
2. Головина С. Г. Архитектурно-конструктивные особенности этапов развития исторической жилой застройки Санкт-Петербурга XVIII - начала XX в.в. // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 6 (77). С. 36-43. doi:10.23968/1999-5571-2019-16-6-36-43
3. Golovina S., Tikhonov Y., Sokol I. Innovation building materials in energy-saving wall systems of historical buildings in saint Petersburg//В сборнике: E3S Web of Conferences. Сер. "International Scientific and Practical Conference "Environmental Risks and Safety in Mechanical Engineering", ERSME 2020" 2020. С. 01004.
4. Возняк Е.Р., Головина С.Г., Пухаренко Ю.В. Трансформация исторических зданий в Санкт-Петербурге и сохранение архитектурных и конструктивных элементов различных периодов // Вестник гражданских инженеров. 2020. № 5 (82). С. 5-11.
5. Yudina Antonina, Tilinin Yurii. Selection of criteria for comparative evaluation of house building //«Architecture and Engineering» (ISSN: 2500-0055) Том 4, № 1. 2019. DOI: <https://doi.org/10.23968/2500-0055-2019-4-1-47-52>
6. Травуш В.И., Кузеванов Д.В., Волков Ю.С. О стратегии развития строительной отрасли Российской Федерации на 2030-2035 годы // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 8. С. 4-10.
7. Шаленный В.Т. Интенсификация и эргономика строительного производства. Москва: "Издательство "КноРус", 2021. 340 с.
8. Евтюков С.А., Тилинин Ю.И., Щербаков А.П. К вопросу автоматизации процессов монолитного домостроения с учетом исследования конструкционных сталей в строительной робототехнике // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 3 (74). С. 72-79.
9. Миронов В.А., Абу-Хасан М.С. Виды конструктивных решений высотных зданий //БСТ: Бюллетень строительной техники. 2023. № 4 (1064). С. 38-40.
10. Олейник П.П., Бушуев Н.И. Эволюционный путь развития строительного производства // Строительное производство. 2023. № 2. С. 150-155.

11. Kazakov Yu., Birjukov A. Fast assembly of quality suspended ventilated facades // *Architecture and Engineering*. 2017. Т. 2. № 1. С. 32-40.
12. Oleynik P.P., Pakhomova L.A. Modeling the residential buildings erection of large-sized blocks // *Vestnik MGSU*. 2023. Т. 18. № 3. С. 463-470.
13. Юдина А.Ф., Евтюков С.А., Розанцева Н.В. Разработка технологии монтажа пространственной конструкции на основании экспериментально-теоретических исследований перекрестно-балочной системы // *Вестник гражданских инженеров*. 2021. № 2 (85). С. 102-107.
14. Тилинин, Ю. И., Макаридзе Г. Д., Хорошенькая Е. В. Совершенствование технологического процесса подачи бетонной смеси в опалубку // *Вестник гражданских инженеров*. 2019. № 4 (75). С. 74–80.
15. Казаков Ю.Н., Тимошук О.А. Анализ существующих конструктивных решений крупнопанельных зданий // I Всероссийской межвузовской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 80-летию основания кафедры "Строительное производство" «Технология и организация строительства»: тезисы докладов. Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2020. С. 182-187.
16. Мосаков Б.С., Бадьин Г.М., Дайронас М.В. Современный подход создания строительных систем и совершенствование проектных и организационно-технических решений // *Университетская наука*. 2019. № 1 (7). С. 48-54.
17. Мосаков Б.С., Курбатов В.Л., Волкова С.В. Технологические процессы при возведении зданий и сооружений в монолитном исполнении. Минеральные Воды: Северо-Кавказский филиал «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», 2019.- 430 с.
18. Шаленный В.Т., Головченко И.В. Развитие технологии сборно-монолитного домостроения с предварительно напряженными перекрытиями из многпустотных плит // *Вестник науки и образования Северо-Запада России*. 2015, Т. 1, № 2 С.66-72
19. Мотылев Р. В., Кагазев А. Ю. Особенности скоростного монолитного строительства жилых зданий в зимний период / Р. В. // *Наука и бизнес: пути развития*. 2021. № 12 (126). С. 76–78.
20. Верстов В.В., Гайдо А.Н. Развитие и становление вибрационной техники и технологий для специальных строительных работ // *Промышленное и гражданское строительство*. 2022. № 5. С. 43-49.
21. Ильющенко Т.А., Колчунов В.И., Федоров С.С. Трещиностойкость преднапряженных железобетонных рамно-стержневых конструкций при особых воздействиях // *Строительство и реконструкция*. 2021. № 1 (93). С. 74-84.
22. Fedorova N.V., Savin S.Y., Kolchunov V.I. Affecting of the long-term deformation to the stability of rc frame-bracing structural systems under special accidental impacts // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019". 2020. С. 032005.
23. Леоненко К.А., Шаленный В.Т. Повышение эффективности и эргономичности устройства каменного заполнения каркасов из мелких блоков на клею // *Строительство и техногенная безопасность*. 2019. № 17 (69). С. 21-29.
24. Karpov V., Kobelev E. Analysis of efficiency of three-layer wall panels with a discrete core // *Architecture and Engineering*. 2022. Т. 7. № 1. С. 16-22.

## REFERENCES

1. Tilinin YU. I., Pastuh O. A., ZHivotov D. A., Panin A. N. Domostroitel'nye tekhnologii v Sisteme sohraneniya i razvitiya arhitekturno-planirovochnoj struktury istoricheskikh rossijskikh gorodov. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij. gos. arhitektur.-stroit. un-t, 2022. 239 p. (rus)
2. Golovina S. G. Arhitekturno-konstruktivnye osobennosti etapov razvitiya istoricheskoy zhiloy zastrojki Sankt-Peterburga XVIII - nachala HKH v.v. // *Vestnik grazhdanskih inzhenerov*. 2019. No. 6 (77). Pp. 36-43. (rus) doi:10.23968/1999-5571-2019-16-6-36-43
3. Golovina S., Tikhonov Y., Sokol I. Innovation building materials in energy-saving wall systems of historical buildings in saint Petersburg // В сборнике: E3S Web of Conferences. Сер. "International Scientific and Practical Conference "Environmental Risks and Safety in Mechanical Engineering", ERSME 2020" 2020. Pp. 01004.
4. Voznyak E.R., Golovina S.G., Puharenko YU.V. Transformaciya istoricheskikh zdaniy v Sankt-Peterburge i sohranenie arhitekturnyh i konstruktivnyh elementov razlichnyh periodov // *Vestnik grazhdanskih inzhenerov*. 2020. No. 5 (82). Pp. 5-11. (rus)
5. Yudina Antonina, Tilinin Yurii. Selection of criteria for comparative evaluation of house building // *Architecture and Engineering*. 2019. Т. 4. No. 1. (ISSN: 2500-0055) doi:<https://doi.org/10.23968/2500-0055-2019-4-1-47-52>
6. Travush V.I., Kuzevanov D.V., Volkov YU.S. O strategii razvitiya stroitel'noj otrasli Rossijskoj Federacii na 2030-2035 gody // *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2022. No. 8. Pp. 4-10. (rus)
7. SHalennyj V.T. Intensifikaciya i ergonomika stroitel'nogo proizvodstva. Moskva: "Izdatel'stvo "KnoRus", 2021. 340 p. (rus)
8. Evtyukov S.A., Tilinin YU.I., SHCHerbakov A.P. K voprosu avtomatizacii processov monolitnogo domostroeniya s uchetom issledovaniya konstrukcionnyh stalej v stroitel'noj robototekhnike // *Vestnik grazhdanskih inzhenerov*. 2019. No. 3 (74). Pp. 72-79. (rus)

9. Mironov V.A., Abu-Hasan M.S. Vidy konstruktivnyh reshenij vysotnyh zdaniy // *BST: Byulleten' stroitel'noj tekhniki*. 2023. No. 4 (1064). Pp. 38-40. (rus)
10. Olejnik P.P., Bushuev N.I. Evolyucionnyj put' razvitiya stroitel'nogo proizvodstva // *Stroitel'noe proizvodstvo*. 2023. No. 2. Pp. 150-155. (rus)
11. Kazakov Yu., Birjukov A. Fast assembly of quality suspended ventilated facades // *Architecture and Engineering*. 2017. T. 2. No. 1. Pp. 32-40.
12. Olejnik P.P., Pakhomova L.A. Modeling the residential buildings erection of large-sized blocks // *Vestnik MGSU*. 2023. T. 18. No. 3. Pp. 463-470.
13. YUdina A.F., Evtjukov S.A., Rozanceva N.V. Razrabotka tekhnologii montazha prostranstvennoj konstrukcii na osnovanii eksperimental'no-teoreticheskikh issledovanij perekrestno-balochnoj sistemy // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2021. No.2 (85). Pp. 102-107. (rus)
14. Tilinin, YU. I., Makaridze G. D., Horoshen'kaya E. V. Sovershenstvovanie tekhnologicheskogo processa podachi betonnoj smesi v opalubku // *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2019. No. 4 (75). Pp. 74–80. (rus)
15. Kazakov YU.N., Timoshchuk O.A. Analiz sushchestvuyushchih konstruktivnyh reshenij krupnpanel'nyh zdaniy // I Vserossijskoj mezhvuzovskoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh, posvyashchennoj 80-letiyu osnovaniya kafedry "Stroitel'noe proizvodstvo" «Tekhnologiya i organizaciya stroitel'stva»: tezisy dokladov. Sankt-Peterburg: SPbGASU, 2020. Pp. 182-187. (rus)
16. Mosakov B.S., Bad'in G.M., Dajronas M.V. Sovremennyj podhod sozdaniya stroitel'nyh sistem i sovershenstvovanie proektnyh i organizacionno- tekhnicheskikh reshenij // *Universitetskaya nauka*. 2019. No. 1 (7). Pp. 48-54. (rus)
17. Mosakov B.S., Kurbatov V.L., Volkova S.V. Tekhnologicheskie processy pri vozvedenii zdaniy i sooruzhenij v monolitnom ispolnenii. Mineral'nye Vody: Severo-Kavkazskij filial «Belgorodskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet im. V.G. SHuhova», 2019. 430 p. (rus)
18. SHalennyj V.T., Golovchenko I.V. Razvitie tekhnologii sborno-monolitnogo domostroeniya s predvaritel'no napryazhennymi perekrytiami iz mnogopustotnyh plit // *Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii*. 2015. T. 1. No. 2. Pp. 66-72 (rus)
19. Motylev R. V., Kagazhev A. YU. Osobennosti skorostnogo monolitnogo stroitel'stva zhilyh zdaniy v zimnij period / R. V. // *Nauka i biznes: puti razvitiya*. 2021. No. 12 (126). Pp. 76–78. (rus)
20. Verstov V.V., Gajdo A.N. Razvitie i stanovlenie vibracionnoj tekhniki i tekhnologij dlya special'nyh stroitel'nyh rabot // *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2022. No. 5. Pp. 43-49. (rus)
21. Il'yushchenko T.A., Kolchunov V.I., Fedorov S.S. Treshchinostojkost' prednapryazhennyh zhelezobetonnyh ramno-sterzhnevyyh konstrukcij pri osobyh vozdeystviyah // *Stroitel'stvo i rekonstrukciya*. 2021. No. 1 (93). Pp. 74-84. (rus)
22. Fedorova N.V., Savin S.Y., Kolchunov V.I. Affecting of the long-term deformation to the stability of rc frame-bracing structural systems under special accidental impacts // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019". 2020. Pp. 032005.
23. Leonenko K.A., Shalenny V.T. Improving the efficiency and ergonomics of the device for masonry walls from small blocks on glue // *Construction and technogenic safety*. 2019. No. 17 (69). Pp. 21-29. (rus)
24. Karpov V., Kobelev E. Analysis of efficiency of three-layer wall panels with a discrete core // *Architecture and Engineering*. 2022. T. 7. No. 1. Pp. 16-22.

#### Информация об авторе:

##### **Тилинин Юрий Иванович**

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург, Россия, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительного производства.

E-mail: [tilsp@inbox.ru](mailto:tilsp@inbox.ru)

#### Information about author:

##### **Tilinin Yuri I.**

Saint Petersburg State University of architecture and civil engineering, Saint Petersburg, Russia, candidate of technical science, docent of the department of construction technology.

E-mail: [tilsp@inbox.ru](mailto:tilsp@inbox.ru)