

## АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ МОНТАЖА И ЭКСПЛУАТАЦИИ БЫСТРОВЗВОДИМЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Бадьин Г.М.<sup>1</sup>, Сычев С.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Санкт-Петербург, Россия (190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская, д.4), e-mail: sasychev@ya.ru

Построена многофакторная модель системы из условия минимизации приведенных затрат, трудоемкости изготовления, транспортирования и монтажа зданий. Предложены методы мониторинга объектов связаны с анализом транспортных схем доставки и монтажа блок-модулей, с выбором параметров стрелового крана при монтаже трансформируемых зданий. Рассмотрены варианты транспортных схем (автомобильный, железнодорожный, водный - паром, воздушный вертолет и дирижабль). Выбор средств транспортирования определяется дальностью перевозки и оценивается удельными значениями трудозатрат, стоимости и продолжительности транспортирования и монтажа блок-модулей. Установлены предпочтительные варианты и разработана диаграмма выбора оптимальных решений. Представлены результаты обследования модульных домов

Ключевые слова: быстровозводимые, трансформируемые, блок-модули, скоростное строительство, блоки заводского изготовления, блок-комнаты, модульные здания.

## ANALYSIS AN ERROR OF THE INSTALLATION AND OPERATION OF PRE-FABRICATED STRUCTURES

Badin G.M.<sup>1</sup>, Sychev S.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg, Russia (190005, Saint-Petersburg, 2-ya Krasnoarmeyeskaya, 4), e-mail: sasychev@ya.ru

Built multi-factor model of the system as one that minimizes a given cost, complexity of manufacture, transportation and installation of the buildings. Proposed methods for monitoring objects are related to the analysis of transport schemes for the delivery and installation of block modules, with a choice of parameters of illicit small crane when installing the variable loading of buildings. Consideration of options for transport schemes (road, rail, water - vapor, air, helicopter and airship). The choice of means of transportation is determined by the distance of transportation and the estimated unit value of the values of effort, cost and duration of transportation and installation of block modules. Set your preferred options and developed chart of optimum solutions. Presents the results of the survey modular homes

Keywords: prefabricated, convertible, block modules, high-speed construction, prefabricated blocks, block rooms, modular buildings.

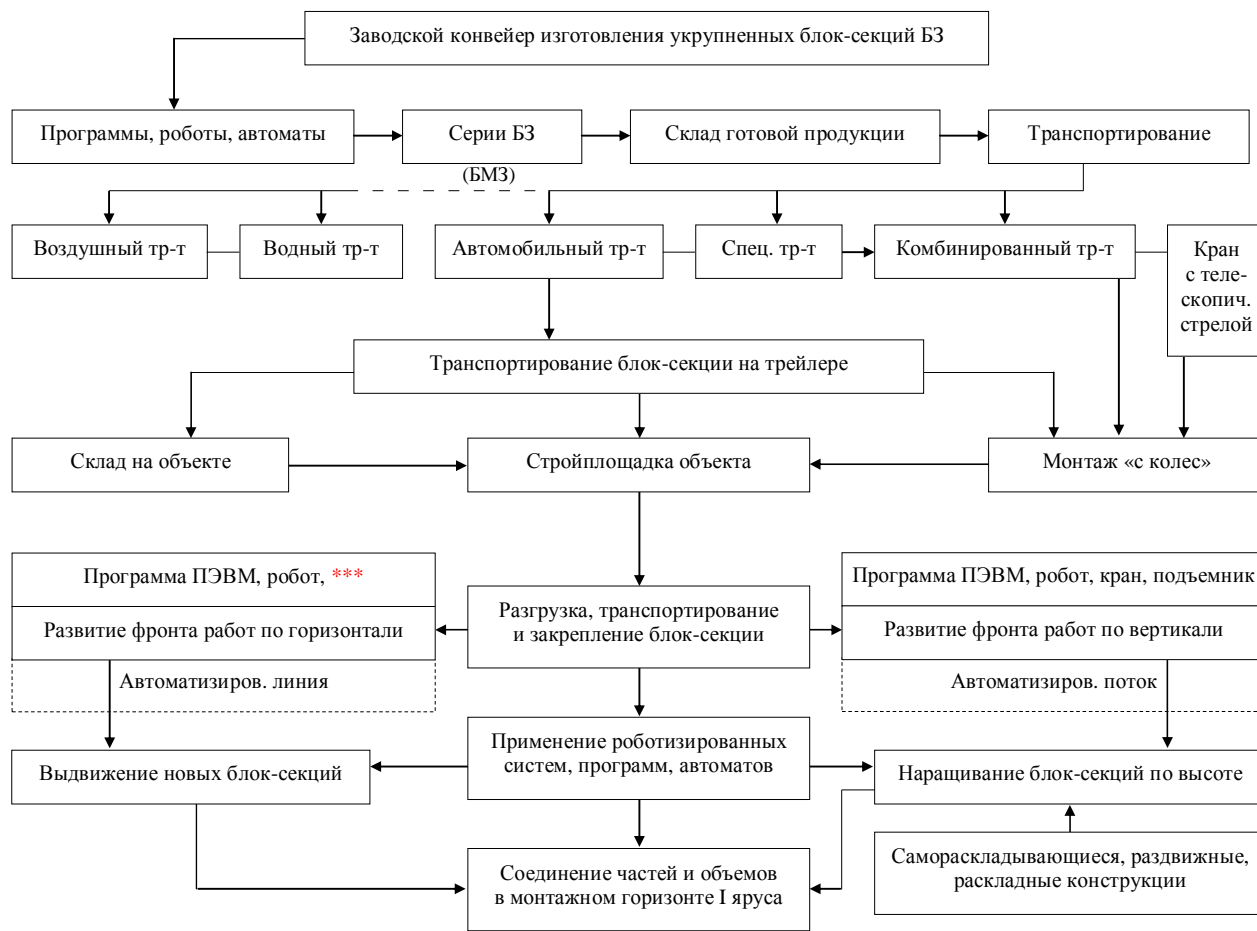
Развитие индустриального малоэтажного строительства может быть успешно осуществлено путем применения полносборных зданий высокой заводской готовности модульного типа с улучшенными теплотехническими и эксплуатационными характеристиками.

Быстровозводимые модульные здания (БМЗ) – это сооружения, монтируемые из объемных унифицированных элементов – блок-модулей заводского изготовления, включая системы внутреннего инженерного оборудования, обеспечивающих заданные физико-механические свойства конструкций, устойчивость, жесткость, прочность, неизменяемость геометрических размеров модулей при их транспортировании и монтаже.

Система БМЗ – это качественно новая концепция модульного быстровозводимого полносборного строительства малоэтажных жилых домов высотой до 3-х этажей, а также зданий производственного назначения из объемно-пространственных блок-модулей. Основой исследования явилось осуществление непрерывного мониторинга БМЗ на различных стадиях их строительства.

Объемно-пространственный блок-модуль – это комплексно проработанная технологами, архитекторами, конструкторами, монтажниками и другими специалистами комбинированная система, в которой оптимальным образом учитываются факторы экономичности, технологичности изготовления, транспортирования, монтажа и демонтажа, удобства и безопасности эксплуатации. Конструкции БМЗ из объемно-пространственных модулей различных типов и модификаций изготавливаются индустриальным методом, в том числе типа «сэндвич» или из комбинированных конструкций, что диктуется вариантностью проектов строительства и нормативными требованиями по конструктивным и технологическим решениям, а также по теплотехническим показателям. Стационарные БМЗ полносборного строительства должны иметь гарантированный срок службы 55-60 лет.

К исходным показателям относятся: масса, габариты, объем модулей, количество типоразмеров, расход материалов. Основные показатели включают: продолжительность транспортирования и монтажа, объемы и трудоемкость работ, приведенные затраты. Сравнение вариантов производства работ на этапах технологического цикла производилось на основе удельных приведенных затрат, себестоимости, продолжительности работ. Дополнительные показатели (уровень механизации, коэффициент сменности, уровень технологичности конструкций и процессов, степень совмещения работ, время простоев, уровень квалификации рабочих и др.) учитывались для конкретных условий строительства на рис.1.



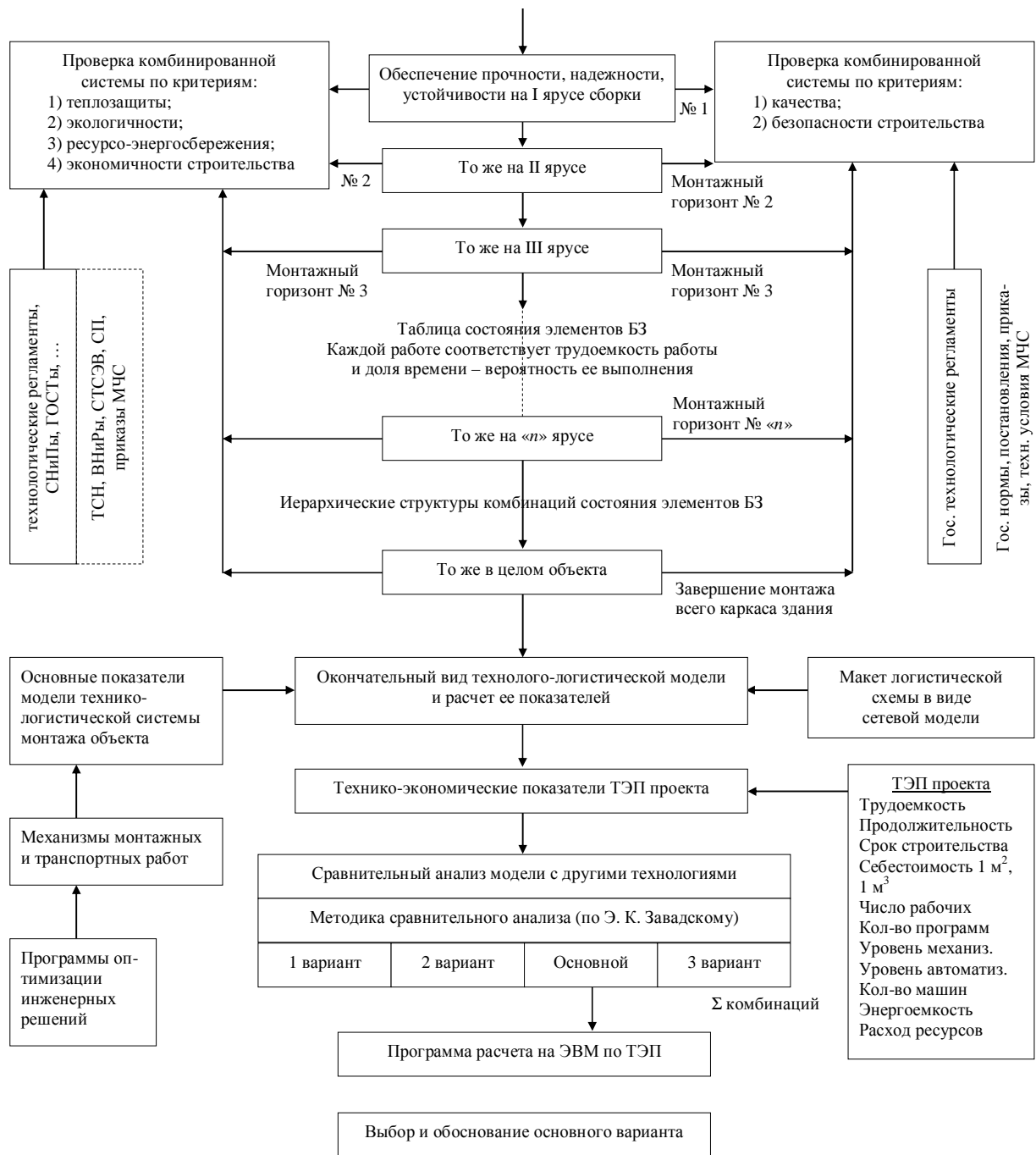


Рис.1. Технолого-логистическая модель монтажа быстровозводимых зданий (БЗ) из укрупненных блок-секций заводского изготовления

Многофакторная математическая модель системы технико-экономических показателей БМЗ построена из условия минимизации обобщенного показателя, учитывающего приведенные затраты, трудоемкость изготовления, транспортирования и монтажа зданий [1-4].

### Методы мониторинга возведения и эксплуатации объектов БМЗ

Дается сравнительный анализ транспортных схем доставки и монтажа блок-модулей и приводится методика и алгоритм выбора параметров стрелового крана при монтаже БМЗ.

Сравнительный анализ вариантов транспортных схем, используемых при доставке блок-модулей от завода – изготовителя до места монтажа. При этом рассмотрены варианты транспортных схем, сочетающие различные виды транспорта (автомобильный, железнодорожный, водный – паром, воздушный вертолет и дирижабль). Выбор средств транспортирования определяется дальностью перевозки и оценивается удельными значениями трудозатрат, стоимости и продолжительности транспортирования блок-модулей.

На основе анализа транспортных схем доставки блок-модулей установлены предпочтительные варианты и разработана диаграмма для выбора оптимальных решений [5-12]. При этом для особых условий строительства БМЗ предложено и обосновано транспортирование блок-модулей дирижаблем типа «летающий кран». Исследовался также вопрос выбора рациональных грузоподъемных средств для выполнения погрузо-разгрузочных работ при транспортных операциях. Выявлены основные критерии оптимизации производственных процессов и построены графики, позволяющие выбирать рациональный вариант выполнения работ при различных схемах транспортирования блок-модулей: завод изготовитель – склад завода – промежуточные склады – склад объекта – объект. Выполнен анализ транспортных схем. 1 – автомобиль (авто); 2 – авто - железная дорога; 3 – авто - железная дорога - паром - авто; 4 – авто - паром - авто; 5 – авто - воздух (вертолет) - авто; 6 – воздух (дирижабль) по следующим показателям: удельные трудозатраты транспортировки одного модуля; стоимость и продолжительность транспортировки одного модуля. Наиболее рациональной схемой является 1 при перевозках до 10 тыс. км, более 10 тыс. км схемы 5,6 (в экстремальных и особых условиях быстрого строительства).

На основе анализа показателей реализованных на практике транспортных схем установлено, что в значительном количестве случаев имело место сверхнормативное время нахождения блок-модулей и других комплектующих БМЗ в пути, а также на складах того или иного уровня. Это явилось следствием отсутствия четкой увязки сроков поставки конструкций и изделий с началом производства монтажных работ, сбоя в выполнении транспортных операций. На некоторых объектах отмечались достаточно длительные периоды остановки строительства или его недостаточная интенсивность (см. таблицу 1).

Анализ показал, что БМЗ, возведенные из блок-модулей и других элементов, имеющих значительный временной период с момента вывоза с завода до момента завершения сборки здания, несут в себе значительную долю риска в части наступления тех или иных отказов в работе конструкций, которые, как правило, проявляются в периоды приработки или нормальной эксплуатации домов.

Изучение этого вопроса показало, что основными причинами возникновения дефектов являются: чрезмерное увлажнение конструкций (плесень на стенах, в зимних условиях лед), появление механических повреждений (трещин, деформаций), изменение геометрических параметров конструктивных элементов (как по периметру, так и по плоскости). Показано, что для обеспечения необходимого качества строительства БМЗ и недопущения лишних затрат на устранение дефектов в процессе их строительства и эксплуатации транспортная система завод-объект и организация строительного процесса не должны допускать неоправданного «запаса-залеживания» конструкций и прерывания монтажных работ.

**Таблица 1**

Организация строительного процесса

Наименование показателя	Един. Измер.	Объекты строительства		
		п. Габролово	г. Пушкин	п. Сиверский
Время в пути	Сутки	16-180	12-79	7-69
Время на складе	Сутки	1-224	1-214	1-265
Период монтажа	Сутки	51-259	30-145	35-258

В разделе разработана методика и алгоритм выбора параметров стрелового крана для монтажа БМЗ из блок-модулей по техническим параметрам крана (длина стрелы, высота подъема груза, вылет стрелы крана). В зависимости от условий строительной площадки рассматривается односторонняя и двухсторонняя схемы монтажа.

Обобщенные эксплуатационные характеристики надежности модульных зданий можно оценить с помощью обобщенного (интегрального) коэффициента  $K_n$ , который определяется по формуле:

$$K_n = \sum_{i=1}^m K_i a_i / m, \quad (1)$$

где  $a_i$  – весовой коэффициент элемента БМЗ;

$m$  – количество рассматриваемых элементов в системе (здании или комплексе зданий);

$K_i$  – коэффициент надежности  $i$ -того элемента.

$$K_i = \frac{(1 - \Phi_k / 100)}{T_c} \cdot T_{oc}, \quad (2)$$

где  $T_c$  – срок службы БМЗ,

$T_{oc}$  – остаточный срок службы здания после  $t$ -периода его эксплуатации.

Вероятность безотказной работы и функционирования объекта можно определить по формуле:

$$P_i = e^{-\lambda t}, \quad (3)$$

где  $\lambda$  – интенсивность отказов;  $t$  – время эксплуатации.

Срок службы (долговечность) объекта:

$$K_D = T_{oc} / T_c, \quad (4)$$

$K_D$  – коэффициент долговечности БМЗ.

### **Анализ дефектов монтажа блок-модулей БМЗ**

Установлено, что при монтаже объемно-блочных зданий на трудоемкость и продолжительность работ влияют следующие факторы: масса и комплектность блоков, способы их стыковки, конструкции стыков и узлов соединений.

При известной точности изготовления деталей технологические допуски на разбивочные работы и монтаж конструкций следует рассчитывать по коэффициенту точности  $K_{CP}$ :

$$K_{CP}^2 = \left( \Delta_{\Sigma}^2 - \sum_{i=1}^{n-1} \Delta_{iH}^2 \right) / \sum_{i=1}^{n-1} (I_{iГ}^2 + I_{iM}^2), \quad (5)$$

где  $I_{Г}$  и  $I_{M}$  – единицы допусков соответственно на разбивочные работы и монтаж конструкций;  $\Delta_i$  – известные допуски на изготовление деталей, обеспечиваемые на данном этапе эксплуатации оснастки.

Полная собираемость БМЗ с необходимой точностью монтажа блок-модулей определяется соотношением:

$$\Delta_{\phi} \geq \Delta_{\Sigma}, \quad (6)$$

где  $\Delta_{\phi}$  – фактическая величина допуска;

$\Delta_{\Sigma}$  – суммарный допуск.

При этом:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}, \quad (7)$$

где  $\Delta_i$  – величина  $i$ -того допуска;

$n$  – число технологических допусков, влияющих на точность монтажа.

Для расчета точности сборки БМЗ определялись величины погрешностей трех групп: при изготовлении блок-модулей, геодезических разбивочных работах и монтаже элементов. Фактические погрешности размеров и отклонения элементов при монтаже не должны превышать нормативных параметров точности:

$$\delta_m^\phi = \sqrt{\delta_y^2 + \delta_D^2} \leq \delta_m^H, \quad (8)$$

где  $\delta_m^\phi$  – фактические отклонения при монтаже;

$\delta_y$  – погрешности при установке блок-модулей;

$\delta_D$  – погрешности, обусловленные деформациями конструкций здания в результате силовых воздействий при монтаже;

$\delta_m^H$  – нормативное отклонение при монтаже.

Опытно-производственные работы подтверждают, что при дистанционном управлении монтажным краном, оборудованным координатно-шаговым механизмом и жесткой траверсой, сокращается время монтажного цикла в 1,5 раза и увеличивается производительность крана на 40-60 %. Сравнительные технико-экономические показатели различных методов монтажа блок-модулей представлены в табл. 2, из которой видно, что в зависимости от способа наводки монтируемого блок-модуля может быть выполнен свободный, ограниченно свободный, полупринудительный и принудительный монтаж.

**Таблица 2**

Сравнительные технико-экономические показатели различных методов монтажа блок-модулей

Показатели	Методы монтажа			
	Свободный	Ограниченно-свободный	Полупринудительный	Принудительный
Технологическая оснастка	гибкие стропы	траверсы с гибкой связью	траверсы с жесткой связью	кондуктор с жесткими захватами
Точность монтажа	до 20 мм	до 7,5 мм	до 6 мм	0
Трудоемкость %	100	75	60	45
Себестоимость %	100	85	70	50
Продолжительность %	100	60	50	20

В ходе исследований автор провел сравнительный анализ монтажа зданий различных конструктивных систем, результаты которого приведены в табл. 2, где рассмотрены следующие варианты: 1 вариант – тип «БУК»; 2 вариант – тип «ЦУБ», «Нева»; 3 вариант – тип «Сокол», «Модуль».

**Таблица 3**

Сравнительный анализ монтажа БМЗ разных систем



Технико-экономические показатели	Варианты систем зданий		
	1	2	3
Трудоёмкость работ на 1 м <sup>2</sup> здания	4,50	6,20	4,60
То же на 1 т массы здания	11,10	13,20	14,70
Трудоёмкость монтажа здания на 1 м <sup>2</sup>	8,60	10,80	12,30
Трудоёмкость изготовления 1 м <sup>2</sup>	18,00-	16,50	14,70
Трудоёмкость транспортирования 1 т модуля	4,00	2,40	2,80
То же на 1 м <sup>2</sup> здания	3,60	2,00	1,90

Из данных табл. 3 следует, что по основным показателям строительство зданий из блок-модулей «БУК» (1-ый вариант) имеет преимущества. Построен график, по которому можно определить трудозатраты возведения БМЗ разных конструктивных систем.

Здания из сборно-разборных блочных модулей из металлоконструкций целесообразно применять в регионах с суровыми климатическими условиями ввиду ряда конструктивно-технологических достоинств блочных модулей:

- простота сборки объектов из блочных модулей, где не требуются высококвалифицированные специалисты и шеф-монтаж;

- укороченные сроки возведения и ликвидации объектов из блок-модулей полной комплектации при сокращении расходов на монтаж и демонтаж здания;

- всесезонность монтажа благодаря многофункциональности конструкций отдельных модулей позволяет возводить здания практически при любых погодных условиях, в затопленных районах, что особенно важно для сейсмических районов и регионов с суровым климатом;

- прочность, долговечность, мобильность: поскольку конструктивной основой блочных модулей служит сборно-разборный металлокаркас, изготовленные из них объекты сейсмоустойчивы, хорошо переносят ветровые и снеговые нагрузки, а при необходимости объект из блочных модулей можно быстро демонтировать и возвести в другом месте;

- технологичность и универсальность конструкций блочно-модульного типа позволяет возводить малоэтажные здания универсального назначения (жилые здания, столовые, медицинские пункты, школы, и пр.) с возможностью наращивания площадей и перепланировки помещений;

- дешевизна: стоимость блочных готовых зданий значительно ниже стоимости зданий из ЖБ и кирпича.

Каркас блок-модулей выполняется из особых металлопрофилей с антикоррозионным покрытием "Цинол" (холодное цинкование); стены трехслойные типа «сэндвич» с металлической обшивкой из оцинкованного профлиста С21, из стали толщиной 0,55 или

0,8 мм с высокопрочным покрытием в виде полиэстерлака, полистера или пластизоля. Полы в блок-контейнерах имеют многослойную структуру.

Результаты обследования состояния 85 модульных малоэтажных жилых домов (БМЗ), возведенных по технологии фирмы «БУК» приведены на рис. 1 и 2 о распределении дефектов обследованных домов, откуда видно, что наибольшая часть дефектов приходится на наружные стены, перекрытия, отделочные покрытия и систему вентиляции (до 30 % дефектов), трещины в местах сопряжения стен и перекрытий, отслоение облицовочного слоя и увлажнение конструкций (15-20 % дефектов).

Процент износа определялся в 4 периода мониторинга: через 2,5; 5; 7,5 и 10 лет после начала эксплуатации. Были рассмотрены 5 вариантов конструкций последовательного улучшения объемно-планировочных, конструктивных и технологических решений. За первый, базовый, вариант были приняты исходные решения фирмы «БУК». Последний, пятый, модернизированный вариант является результатом совершенствования домов. Результаты оценки износа приведены на рис. 2-3. Точечные значения табличных данных являются средними показателями, рассчитанными по формулам математической статистики с достоверностью 0,95. Построены зависимости типа «время эксплуатации – процент износа», практическая ценность которых заключается в возможности регрессионного анализа математических моделей и прогноза долговечности БМЗ. Усовершенствованный 5-ый вариант имеет минимальный износ и наибольший ресурс работоспособности системы БМЗ.

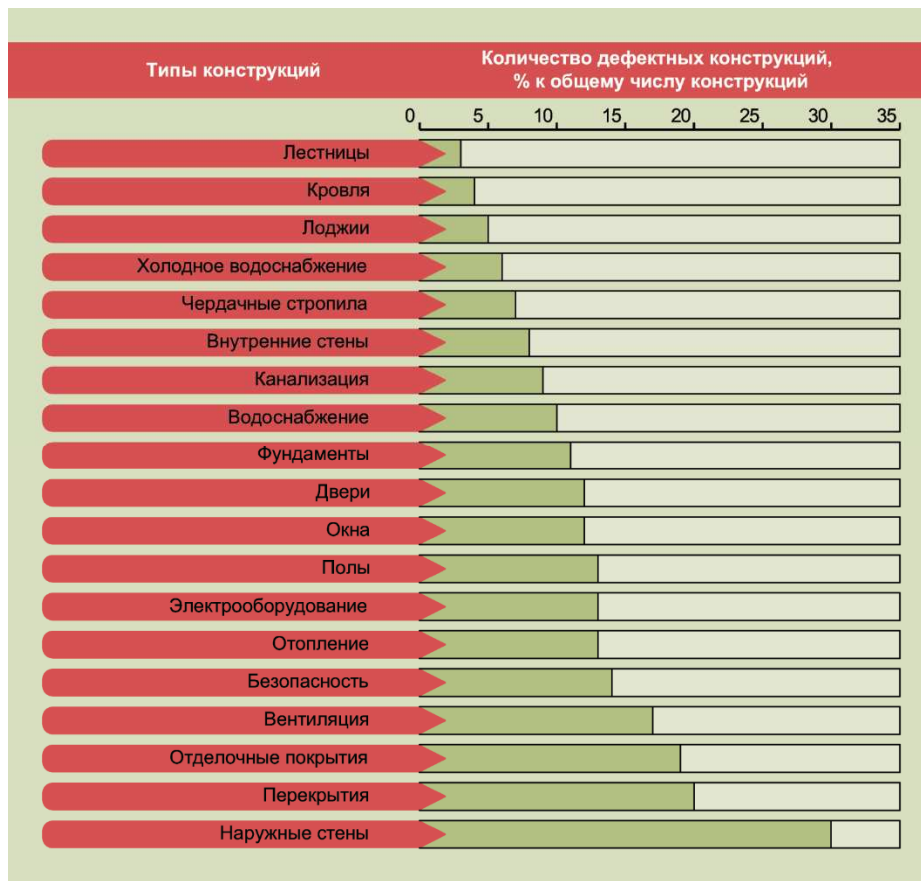


Рис.2. Распределение дефектов модульных быстровозводимых жилых домов в период мониторинга в 1995–2015 гг., по типу конструкций

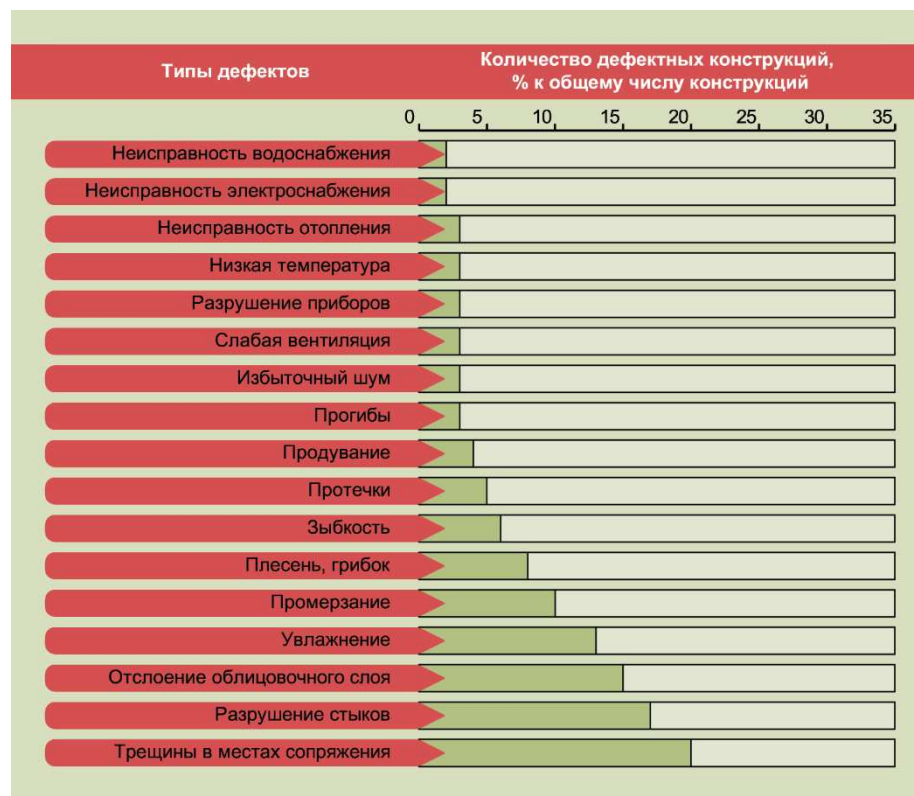


Рис.3. Распределение дефектов модульных быстровозводимых жилых домов в период мониторинга в 1995–2015 гг., по типу дефектов

## Влияние теплотехнических и конструктивных характеристик БМЗ на технологические параметры процессов возведения быстровозводимых зданий

Для изучения количественных и качественных закономерностей был использован метод математического моделирования, основанный на воспроизведении совокупности характеристик объекта математическими соотношениями. При этом многофакторная модель нормирования теплосберегающих качеств БМЗ определена в виде:

$$R_0 = F \{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8\}, \quad (9)$$

где  $R_0$  – общее теплосопrotивление конструкций БМЗ;

$X_1$  – параметры конструкции модуля / толщины слоев, тип утеплителя, теплоизоляционные свойства материалов;  $X_2$  – тип здания;  $X_3$  – уровень комфортности дома;  $X_4$  – расчетные температуры наружного воздуха для конкретного региона;  $X_5$  – расход тепла за отопительный сезон;  $X_6$  – вид теплоносителя и тип тепловых установок;  $X_7$  – качество теплоизоляции стыков, узлов примыкания модулей;  $X_8$  – расчетный срок службы здания.

Различают два вида теплопотерь: за счет теплопередачи через наружные ограждения (стены, покрытия, перекрытия, окна, двери) и за счет фильтрации наружного холодного воздуха через неплотности и поры в наружных ограждениях и их элементах. В инженерной практике теплопотери за счет теплопередачи через наружные ограждающие конструкции определяют по формуле:

$$Q = \{(t_B - t_H) \cdot F\} / R_o \quad (10)$$

За счет фильтрации воздуха по формуле:

$$Q = C_B \cdot \gamma_\phi \cdot (t_B - t_H) \cdot F, \quad (11)$$

где  $Q$  – теплопотери, Вт;  $t_B, t_H$  – расчетные значения температуры соответственно внутреннего и наружного воздуха °С;  $F$  – площадь ограждения, м<sup>2</sup>;  $R_o$  – сопротивление теплопередаче ограждения, м<sup>2</sup>·°С / Вт;  $C_B$  – удельная теплоемкость фильтруемого воздуха, Вт·ч / кг·°С;  $\gamma_\phi$  – количество воздуха, фильтруемого через 1 м<sup>2</sup> ограждения, кг / м<sup>2</sup>·ч.

Для получения исходных данных математического моделирования выполнены предварительные экспериментальные исследования по изучению теплотехнических характеристик БМЗ на 10 двухквартирных жилых домах модульного типа «БУК» 10М и 10ММ для климатического района РФ 2В со следующими нормативными нагрузками: вес снегового покрова  $100 \text{ кг/м}^2$ , ветровая нагрузка  $23 \text{ кг/м}^2$ , температура наиболее холодной пятидневки –  $29^\circ\text{C}$ , грунт с удельным сопротивлением  $1,5 \text{ кс/см}^2$ , нормативная глубина промерзания  $1,4 \text{ м}$ , здания V степени огнестойкости.

Двухэтажный 10 квартирный жилой дом из 28 объемных блок-модулей полной заводской готовности с размерами в плане  $20,5 \times 24,0 \text{ м}$  имеет техническое подполье, два жилых этажа с высотой помещений  $2,5 \text{ м}$  в свету, чердак со скатной крышей. Фундаменты здания – ленточные бетонные с продольными и поперечными стенами, обеспечивающими опирание объемных блок-модулей нижней поверхностью по всему их периметру.

Объём дома  $V = 3225 \text{ м}^3$ ; Площадь  $F = 976 \text{ м}^2$ ; Высота 2 этажа; Масса  $20 \text{ т}$ .

Наружное ограждение модуля (здания): комбинированная конструкция с утеплителем. Конструкция стыка модулей – сварная.

Герметизация соединений по наружному контуру: уплотняющая резина и наклеивание. Коэффициент звукоизоляции:  $R_w = 45\text{-}50\text{дБ}$ . Пароизоляция  $S_d = 130\text{м}$ ; Гидроизоляция  $m_y = 480,000$ .

Расчётные (заданные) коэффициенты теплопроводности:  $R_{o(\text{стен})} = 3,11$ ;  $R_{o(\text{крыш})} = 4,68$ ;  $R_{o(\text{пол})} = 4,88$ ;  $R_{o(\text{окно})} = 0,625$ . Степень заводской готовности –  $95\%$ .

Вертикальное расположение утеплителя в наружном ограждении потребовало дополнительные мероприятия по его фиксации и устранению дефектов как: осадка утеплителя и образование воздушных пазух.

### **Технико-экономическая и социальная эффективность методов технической диагностики и мониторинга строительства, реконструкции и эксплуатации быстровозводимых зданий**

Выполнен анализ календарного плана производства работ и приведены результаты расчетов различных методов организации работ при возведении комплекса БМЗ (табл. 4), на основании которых выбирается оптимальный вариант, обеспечивающий сокращение общей продолжительности строительства комплекса объектов БМЗ. В представленном примере продолжительность строительства уменьшена на 6 дней или на  $16,2\%$  без привлечения дополнительных ресурсов. Сравнение вариантов различных методов организации работ осуществлялось по методике и программам расчетов, предложенным проф. Афанасьевым В.А.

## Сравнительный анализ методов организации работ при возведении БМЗ

Наименование методов организации работ	Т	К1	К2	К3	К4	К5
Поток непрерывным использованием ресурсов	с 37	0,810	0,806	1,000	0,634	0,811
Поток непрерывным освоением фронтов работ	с 31	0,967	0,811	0,654	1,000	0,843
<b>Поток критическими работами</b>	<b>с 31</b>	<b>0,967</b>	<b>0,879</b>	<b>0,679</b>	<b>0,982</b>	<b>0,856</b>

Т – плановая продолжительность монтажа БМЗ, дн., К1 – коэффициент своевременности работ, К2 – коэффициент совмещения работ, К3 – коэффициент непрерывности работ, К4 – коэффициент непрерывности фронта работ, К5 – интегральный критерий качества организации работ при возведении БМЗ

Результаты выполненных автором научных разработок положены в основу подготовки шестой очереди программы «Модуль» БМЗ фирмы «БУК» – 10ММ и модернизированного типа «БУК» – 15ММ.

### Выводы

1. Предложена классификация методов возведения быстровозводимых зданий из модулей полной заводской готовности с учетом способов их комплектации и транспортирования к месту строительства.
2. Обоснована методика выбора рациональной технологии монтажа БМЗ и определения оптимальных параметров монтажных кранов и технологических процессов.

### Список литературы

1. Адам Ф.М. Совершенствование технологии строительства модульных быстровозводимых малоэтажных зданий. Дис. канд. техн. наук. СПб.: СПбГАСУ, 2001. – 154 с.
2. Асаул А.Н., Казаков Ю.Н., Быков В.Л., Князь И.П., Ерофеев П.Ю. Теория и практика использования быстровозводимых зданий. СПб, Гуманистика, 2004.-463 с.
3. Афанасьев А.В., Афанасьев В.А. Организация строительства быстровозводимых зданий и сооружений. Быстровозводимые и мобильные здания и сооружения: перспективы использования в современных условиях. СПб, Стройиздат, 1998. - С. 226-230.

4. Афанасьева А.А. и др. Технология возведения полносборных зданий. – Москва, 2000. – 278 с.
5. Верстов В.В., Бадьин Г.М. Особенности проектирования и строительства зданий и сооружений в Санкт-Петербурге, Журнал «Вестник гражданских инженеров», №1(22) 2010, С. 96-105.
6. Матвеев Е.П. Теория, методы и технологии реконструкции жилых зданий различных периодов постройки: дис. ... докт. техн. наук. – М.: МГСУ, 2000. – 48 с.
7. Сычев С. А., Бадьин Г. М. Современные технологии строительства и реконструкции зданий, СПб: издательство БХВ-Петербург, 2013, 288 с.
8. Сычев С. А., Бадьин Г.М. Технология монтажа быстровозводимых конструкций, Научно-технический журнал «Вестник гражданских инженеров» –№ 3.СПб, 2008
9. Сычев С. А., Павлова Н.А. Методы ускорения темпов строительства. Сборник материалов VI международной научно-практической конференции: «Современные концепции научных исследований», Россия, г. Москва, 26-27 сентября 2014 г.
10. Тимощук О. А. Совершенствование технологии надстройки типовых жилых зданий: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.08.- Санкт-Петербург, 2002.- 185 с.
11. Anderson, M., Anderson, P. (2007).Prefab prototypes: Site-specific design for offsite construction (Princeton Architectural Press, 123 p.
12. Knaack, U., Chung-Klatte, Sh., Hasselbach, R. (2012).Prefabricated systems: Principles of construction, De Gruyter, 67 p.

**Рецензенты:**

Юдина А.Ф., д.т.н., профессор, заведующая кафедрой ТСП, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург;

Казаков Ю. Н., д.т.н., профессор кафедры технологии строительного производства, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», г. Санкт-Петербург.