Технология и организация строительства

УДК 691:620.197

DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-5-84-94

© С. А. Евтюков, д-р техн. наук, профессор

© S. A. Evtyukov, Dr. Sci. Tech., Professor

© Л. М. Колчеданцев, д-р техн. наук, профессор

© L. M. Kolchedantsev, Dr. Sci. Tech., Professor

© Ю. И. Тилинин, канд. техн. наук, доцент

© Yu. I. Tilinin, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия)

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
St. Petersburg, Russia)

E-mail: faat@spbgasu.ru, kolle@lan.spbgasu.ru, tilsp@inbox.ru

E-mail: faat@spbgasu.ru, kolle@lan.spbgasu.ru, tilsp@inbox.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ КАРКАСНО-ПАНЕЛЬНЫХ И МОДУЛЬНЫХ ЗДАНИЙ В АРКТИКЕ

RESEARCH OF THE CONSTRUCTION TECHNOLOGY OF FRAME-PANEL AND MODULAR BUILDINGS IN THE ARCTIC ZONE

Выбор технологии возведения зданий в арктических условиях обусловлен двумя важными факторами: удаленностью объектов и коротким периодом летнего сезона, что актуализирует проблему снижения массы конструкций и сокращения продолжительности строительства. К названным факторам добавляется вечная мерзлота, сильные ветры и низкие температуры. Эти условия строительства обуславливают необходимость применения строительных технологий и объемно-планировочных решений на их основе с использованием легких металлических конструкций и минераловатных плит, а также слоистых панелей типа «сэндвич». Унифицированная номенклатура, компактность и относительная легкость деталей обеспечивают высокую эффективность строительства на удаленных территориях Арктической зоны РФ. Первый экспериментальный опыт строительства в Арктике показал не только комфортность объемно-планировочных решений, но и технологичность возведения несущих и ограждающих конструкций возводимых жилищно-административных комплексов типа «Арктический трилистник». Рассмотрена блок-модульная технология возведения корпусов общежития в поселке Тикси (Якутия), а также технология возведения зданий производственно-логистического комплекса «Архангельск», построенных с использованием легких стальных конструкций, панелей типа «сэндвич» и других быстровозводимых конструкций. Проведено сравнение быстровозводимых строительных систем по критерию технологичности. Предложены принципиальные решения по совершенствованию технологии возведения зданий в арктических условиях.

Ключевые слова: технология, возведение зданий, вечная мерзлота, низкая температура, ветры, короткое лето, удаленность, легкие стальные конструкции, быстрое возведение, каркасно-панельная технология, блок-модуль, блок-контейнер, трансформируемые блок-модули.

Choosing the technology for the construction of buildings in the Arctic conditions is stipulated by two important factors, namely, the remoteness of the facilities and the short period of the summer season, which actualizes the problem of reducing the mass of structures and making shorter the construction work duration. In addition, one should keep in mind other important factors, such as permafrost, strong winds and low temperatures. Such conditions of construction necessitate the use of building technologies and space-planning solutions using light metal structures and mineral wool slabs, as well as sandwich-type laminated panels. The unified nomenclature, compactness and relative lightness of the parts ensure high efficiency of construction in the remote territories of the Arctic zone of the Russian Federation. The first experimental construction experience in the Arctic has shown not only the comfort of space-planning solutions, but also the manufacturability of installation of load-bearing and enclosing structures of the erected residential and administrative complexes of the Arctic Trefoil type. The block-modular technology for the construction of dormitory buildings in the village of Tiksi (Yakutia), as well as the technology for the construction of buildings of the production and logistics complex «Arkhangelsk», erected using light steel structures, sandwich type panels and other pre-fabricated structures. A comparison analysis of pre-fabricated building systems according to the criterion of manufacturability has been carried out. There are proposed some fundamental solutions aimed at improving the installation technology of buildings in the Arctic conditions.

Keywords: technology, construction of buildings, permafrost, low temperature, winds, short summer, remoteness, light steel structures, fast construction, frame-panel technology, block-module, block-container, transformable block-modules.

В Арктике, помимо Гренландии, Исландии, Канадского Арктического архипелага, располагаются острова и архипелаги Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, самый большой из архипелагов Русской Арктики — Новая Земля, Северная Земля, Новосибирские острова, остров Врангеля, Соловецкие острова, остров Вайгач и др.

На этих островах крайне тяжелые климатические условия для проживания людей, но, несмотря на это, многие страны видят свои интересы в Арктике. Схема, отражающая систему направлений и целей деятельности в Арктике прилегающих к ней государств, показана на рис. 1 [1].

На первый взгляд очень далекая Арктика Российской Федерации чрезвычайно близка к сосед-

ним государствам. Ю. Ф. Лукин в монографии «Великий передел Арктики» отмечает: «Например, от российского острова Ратманова до принадлежащего США острова Крузенштерна (штат Аляска) всего четыре километра по Берингову проливу, а от нашей Земли Франца-Иосифа до датской Гренландии — одна тысяча километров. Кроме того, при взгляде на карту Арктики сверху видно, что Россия — великая арктическая страна, большая часть Арктики находится в российском секторе и их надежно связывает Северный морской путь» [2].

В связи с возросшими угрозами Россия усилила охрану границы и военное присутствие в Арктике и продолжает свою деятельность

Рис. 1. Деятельность в Арктике близлежащих государств

по развитию инфраструктуры базирования на арктических островах.

Так, на месте советской авиационной базы Нагурское на архипелаге Земля Франца-Иосифа, где были ранее построены только взлетно-посадочная полоса, метеостанция и пункт связи, теперь самая северная и современная база России (рис. 2).

На отдаленной территории с суровым климатом, где зимой держится отрицательная температура около минус 40...42 °С, а снежный покров сходит только с августа до середины сентября, построены по быстровозводимой технологии современные энергоэффективные здания.

Все объекты — из металла и легких ограждающих панелей стен и покрытия. Еще в 2000 году обращалось внимание на то, что заводы железобетонных конструкций не обеспечивают высокую эффективность капиталовложений в условиях Крайнего Севера. Необходимо развивать технологии с использованием легких металлических конструкций и минераловатных плит, а также слоистых панелей типа «сэндвич» [3, 4], потому что они имеют высокую транспортабельность. Например, транспортировка сэндвич-панелей выгодна в радиусе 2,5 тыс. км [5].

Климатические условия Крайнего Севера (сильные ветры в сочетании с низкими температурами)

предъявляют особые требования к проектированию и строительству жилищ в этом регионе.

При исследовании принципов обустройства мест базирования еще в 2002 году было обращено внимание на целесообразность внедрения быстровозводимых конструкций при застройке приграничных военных городков, расположенных на значительном удалении от городов, особенно в условиях Крайнего Севера [6].

Пространственная организация военного городка, как и крупного города, традиционно жидется на трех основных его функциях: работе, жилище и отдыхе [7]. Этот принцип успешно реализован при проектировании комплекса сблокированных зданий «Арктический трилистник», построенного за три года (с 2014 по 2017 год) на острове Земля Александры в архипелаге Земля Франца-Иосифа, общая площадь комплекса 1400 м² (рис. 3).

В состав комплекса входят здания котельной и электростанции (рис. 4). Кроме того, построены гаражи, склады, а также сооружения водоочистки, канализации и утилизации бытовых отходов. Между зданиями сделаны закрытые переходы, позволяющие не выходить в зимнее время на улицу. Также на острове построена насосная станция для приема с танкеров доставленного к острову топлива.

Строительство перечисленных зданий комплекса «Арктический трилистник» можно рассматривать как экспериментальное, являющееся предметом настоящего исследования в части анализа примененных в суровых условиях Арктики технологий возведения зданий.

Целью исследования является уточнение рациональной области применения имеющихся технологий возведения каркасно-панельных и объемно-модульных зданий в условиях Арктики, а также поиск основных направлений совершенствования этих технологий.

Говоря о строительстве зданий «Арктического трилистника», отметим сезонность производства строительных работ. До начала строительства в теплое время года первая бригада строителей, проживающая в палатках, построила временные сборно-щитовые здания, предназначенные для приема основных рабочих-строителей, прибывающих позже. Строительный городок

Рис. 2. Земля Франца-Иосифа (Россия)¹

¹ URL: <http://eko-norm.com/news/i-na-zemle-franca-iosifa-budut-oguryc-r/>

Рис. 3. Административно-жилой комплекс «Арктический трилистник» на острове Земля Александры архипелага Земля Франца-Иосифа²

² URL: <https://www.newsru.com/russia/17apr2017/trilistnik.html>

площадью 800 м² был возведен за две недели. Материально-технические ресурсы (200 т стройматериалов и 24 ед. техники) доставляли из Архангельска транспортными кораблями по Северному морскому пути в период навигации.

При строительстве зданий в Арктике использована сборная каркасно-панельная строительная система, состоящая из металлического несущего каркаса, собираемого из легких оцинкованных стальных профилей и панелей типа «сэндвич», применяемых для стен и покрытия (рис. 5).

Каркасные здания из легких стальных конструкций с покрытием и стенами в виде сэндвич-

Рис. 4. Здание котельной в Арктике³

³ URL: <https://www.newsru.com/russia/17apr2017/trilistnik.html>.

Рис. 5. Монтаж каркаса здания из стальных оцинкованных профилей (работы ведет Спецстрой России)⁴

⁴ URL: <https://cddiski.ru/arkticheskii-trilistnik---unikalny-voennyi-obekt-v-arktike-17-foto.html>

панелей эффективны для строительства складских зданий производственно-логистических комплексов и пунктов морского базирования [8, 9]. Размеры секции типовой каркасно-панельной строительной системы здания складского назначения, возводимого из легких стальных конструкций и сэндвич-панелей, приводятся в табл. 1.

Для организации централизованного и бесперебойного снабжения северных территорий в период северного завоза, в том числе объектов базирования в Арктике, в Маймаксанском округе города Архангельска в районе порта «Экономия» строится производственно-логистический комплекс «Архангельск». Здания комплекса по проекту состоят из легких стальных конструкций и панелей стен и покрытия типа «сэндвич».

В целом создание объекта включает следующие этапы:

- проектирование;
- инженерную подготовку строительной площадки;
- земляные работы и возведение монолитного фундамента;
- изготовление конструкций в заводских условиях;
- транспортировку комплекта на строительную площадку;
- подготовку конструкций к монтажу, включая укрупнительную сборку;
- монтаж колонн, связей, ферм и прогонов;
- монтаж панелей стен и покрытия;
- установку окон, дверей и ворот;
- выполнение внутренних общестроительных работ;

Таблица 1

Размеры секции каркасно-панельной строительной системы из легких стальных конструкций и сэндвич-панелей

Наименование показателя	Значения показателя
Пролет между колоннами, м	12, 15, 18, 21, 24
Шаг колонн, м	6
Полезная высота помещения, м	3; 3,6; 4,2; 4,8; 5,4; 6; 6,6; 7,2; 7,8; 8,4
Ширина и высота ворот, м	3×3; 3,6×3,6; 4,0×4,5
Ширина и высота окон, м	4,5×1,2; 6,0×1,2
Вид и уклон кровли	Двускатная, уклон 25 %

• прокладку внутренних инженерных сетей и установку приборов;

• монтаж и пусконаладку технологического оборудования.

В трудах А. Н. Асаула, Ю. Н. Казакова, В. Л. Быкова, И. П. Князя, П. Ю. Ерофеева и др. [10–12] систематизированы строительные системы и технологии возведения мобильных и быстровозводимых зданий, которые вполне применимы не только для временного обустройства поселков строителей и нефтяников, но и для создания объектов базирования в Арктике, например строительная система «Модуль» (табл. 2).

В работе [12] о строительной системе «Модуль» сказано: «В 1981 году система „Модуль“ была представлена на специализированной строительной выставке ВДНХ СССР, посвященной проблемам оперативного обустройства строительно-монтажных организаций, по итогам которой была удостоена диплома I степени, а коллективы разработчиков, включая ВИТУ, награждены медалями ВДНХ. Эти обстоятельства во многом предопределили то, что система

Таблица 2

Основные технико-экономические показатели общежития К 120-11-03 на 120 человек для строительных организаций на основе сборно-разборной системы «Модуль»

№ п/п	Технико-экономические показатели	Единица измерения	Значение
1	Строительный объем	м ³	2318
2	Площадь застройки	м ²	472,9
3	Полезная площадь	м ²	706,6
4	Высота помещения	м	3
5	Трудоемкость монтажа	чел.-дн.	200
6	Масса наземных конструкций	т	112
7	Срок службы	лет	20
8	Степень огнестойкости	–	IV
9	Ширина секций, модуль по ширине	м	2,4
10	Пролет, модуль по длине	м	4,8
11	Наибольший вес монтируемого элемента	кг	500
12	Этажность	этаж	1 или 2

Рис. 6. Монтаж панелей перекрытия строительной системы «Модуль»

была признана Госстроем СССР одной из лучших в стране и включена в государственный руководящий документ — «Перечень проектов инвентарных зданий, обязательных для заводского производства в 1981–1985 гг.».

На основании вышесказанного система «Модуль» принята авторами в качестве аналога при оценке современных быстровозводимых строительных систем. На рис. 6 показан монтаж строительной системы «Модуль» [12].

В современных условиях показала свою эффективность при возведении зданий медицинских центров каркасно-панельная строительная система с каркасом из легких стальных конструкций, стенами и покрытием из сэндвич-панелей. Предполагаемая капитальность таких зданий, по мнению авторов, выше 4-го класса, и срок эксплуатации ориентировочно составляет 60–70 лет [13, 14].

Кроме каркасно-панельной технологии, для возведения жилых зданий применяется блок-модульная технология. На побережье бухты Тикси моря Лаптевых в Республике Саха (Якутия) по блок-модульной технологии построены два здания общежития на 150 человек (рис. 7) на территории уже существующего гарнизона в поселке городского типа Тикси (рис. 8).

Блок-модульные технологии особенно целесообразны при строительстве в суровом климате, когда за короткий летний сезон надо успеть доставить материалы, оборудование и постро-

Рис. 7. Жилые корпуса общежития для военнослужащих из объемных блок-модулей в гарнизоне поселка Тикси (Якутия)⁵

⁵ URL: <http://vskmo.ru/news/video/1650/>.

Рис. 8. Поселок городского типа Тикси (Якутия) на побережье одноименной бухты моря Лаптевых⁶

⁶ URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Тикси#/media/Файл:Tiksi.jpg>

ить достаточно крупный объект с инженерной инфраструктурой.

Блок-модульные здания представляют собой строительные системы, возводимые путем монтажа блок-модулей полной заводской готовности [15]. Обычно монтаж блок-модулей осуществляется «с колес» стреловым краном с использованием траверсы. Технологическая схема монтажа [16] автомобильным краном блок-контейнера (модуля) показана на рис. 9. Работы выполняют два звена: первое — общестроительные работы нулевого и надземного цикла, второе — монтаж и подключение инженерных сетей, молниезащиту и заземление и т. п.

Перевозка блок-контейнеров осуществляется специализированной низкорамной платформой с оформлением разрешения на перевозку негабаритного груза. Стандартные размеры блок-контейнеров приводятся в табл. 3.

Блок-модули можно соединять между собой торцевой стороной, боковой стороной, ставить друг на друга до трех этажей. Приобретают все большую популярность сборно-разборные блок-модули (рис. 10), доставляемые на строительную площадку в разобранном виде в специальном

компактном пакете, что существенно снижает транспортные расходы по доставке с завода-изготовителя к месту строительства. На строительной площадке вначале выполняется сборка блок-модулей, а потом из них монтируется здание.

Усредненная выработка — строительный объем возведенного здания на одного человека в день без учета нулевого цикла и отделки быстровозводимых зданий различных строительных систем — приведена в табл. 4.

Таблица 3

Стандартные размеры блок-контейнеров (модулей)

Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм
6000	2430	2590
9000	2430	2590
12 000	2430	2590
6000	3000	2590
9000	3000	2590
12 000	3000	2590
6000	3000	3000
9000	3000	3000
12 000	3000	3000

Рис. 9. Технологическая схема монтажа блок-контейнера «с колес»

Рис. 10. Сборка на строительной площадке сборно-разборного блок-модуля⁷⁷ URL: <http://zavodmz.ru/catalog.php?i=14>

Таблица 4

Усредненная выработка — строительный объем возведенного здания на одного человека в день без учета нулевого цикла и отделки быстровозводимых зданий различных строительных систем

Наименование затрат	Ед. изм.	Блок-модульная система из сборных контейнеров	Система «Модуль»	Каркасно-панельная система (стальной каркас и сэндвич-панели)
1	2	3	4	5
Выработка	м ³ /чел.-дн.	22,73	11,59	17,48

При расчете коэффициента технологичности (K_t), представляющего собой отношение выработки при монтаже (t_i) каркасно-панельной или блок-модульной строительной системы к выработке при монтаже строительной системы «Модуль» t_6 , применяют формулу

$$K_t = t_i / t_6.$$

Превышение или снижение коэффициента технологичности ΔK_t каркасно-панельной или блок-модульной строительной системы по отношению к показателям системы «Модуль» определяют по формуле

$$\Delta K_t = K_t - 1.$$

Аналогичный подход применяется и к другим показателям технологичности (табл. 5 и 6).

Сравнив современные быстровозводимые строительные технологии с технологией строительной системы «Модуль», можно сделать вывод о превосходстве рассмотренных современных технологий.

В дальнейших исследованиях актуально рассмотреть переход от сборных модулей, доставляемых к месту строительства в разобранном виде, к трансформируемым модулям с гидравлическим

Таблица 5

Оценка коэффициента технологичности блок-модульной строительной системы в сравнении с системой «Модуль»

Показатель	Блок-модульная система из сборных контейнеров	Система «Модуль»	Коэффициент технологичности, отношение гр. 2 к гр. 3	Отклонение показателя технологичности (показатель гр. 4 минус единица)
1	2	3	4	5
Выработка, м ³ /чел.-дн.	22,73	11,59	1,96	0,96
Превышение технологичности строительной системы из блок-модулей по сравнению с системой «Модуль», %				96

Таблица 6

**Оценка коэффициента технологичности каркасно-панельной строительной системы
в сравнении с системой «Модуль»**

Показатель	Каркасно-панельная система (стальной каркас и сэндвич-панели)	Система «Модуль»	Коэффициент технологичности, отношение гр. 2 к гр. 3	Отклонение показателя технологичности (показатель гр. 4 минус единица)
1	2	3	4	5
Выработка, м ³ /чел.-дн.	17,48	11,59	1,51	0,51
Превышение технологичности каркасно-панельной строительной системы по сравнению с системой «Модуль», %				51

приводом, применяемым в строительных машинах. В связи с чем интересны принципиальные идеи, требующие научно-экспериментального исследования, о создании складывающихся и раздвижных блок-модулей (рис. 11), предложенные в 2004 году в монографии [12].

Такие блок-модули представляют собой перевозимые прицепные мобильные малые здания на колесном ходу, применимые для пионерных бригад строителей в Арктике.

Опираясь на рассмотренный опыт и изложенные идеи, авторы пришли к выводу о том, что использование блок-модульной технологии ограничивается пока возведением зданий жилого и административного назначения, где не требуется больших пролетов. Складские здания для хранения имущества и техники следует возводить с пролетами 12–24 м по каркасно-панельной технологии. Для строительства комплексных зданий с зальным пространством и отдельными

помещениями целесообразно совмещать металлический каркас, блок-модуль и сэндвич-панель.

Одиночные блок-модули эффективны для модульных газовых котельных, дизельных электростанций, водоочистных станций и других инженерных модулей. В связи с ограниченностью объема публикации нами не рассмотрены технологии создания тентовых и надувных быстровозводимых зданий.

Библиографический список

1. Игнатьева В., Киушкина В., Самсонов Р., Ишмуратова М., Родичкин И. и др. Арктические стратегии: энергетика, безопасность, экология и климат. [Отчет об исследовании]. Сколково. Энергетический центр. 2020. (hal-02938923). 283 с.
2. Лукин Ю. Ф. Великий передел Арктики. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2010. 400 с.
3. Быняева Н. А., Тилинин Ю. И., Тумская Т. В. Развитие строительной индустрии для обустройства

Рис. 11. Схемы: а — раздвижных блок-модулей; б — складывающихся и раскладывающихся блок-модулей на колесном ходу

войск в районах Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера // Градостроительные проблемы на современном этапе: сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. 24–25 мая 2000 г. Санкт-Петербург. СПб., 2000. С. 178–179.

4. Быняева Н. А., Тилинин Ю. И., Фролов А. В. К вопросу повышения организационно-технического уровня экспедиционных жилищ // Градостроительные проблемы на современном этапе: сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. 24–25 мая 2000 г. Санкт-Петербург. СПб., 2000. С. 179–180.

5. Тилинин Ю. И. Необходимость развития производства легких конструкций для обустройства войск // Градостроительные проблемы на современном этапе: сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. 24–25 мая 2000 г. Санкт-Петербург. СПб., 2000. С. 194–195.

6. Тилинин Ю. И., Федоренко П. Г. Формирование планировки и застройки военных городков в Сибири и на Дальнем Востоке // Градостроительные проблемы на современном этапе: сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. 24–25 мая 2000 г. Санкт-Петербург. СПб., 2000. С. 48–49.

7. Тилинин Ю. И., Федоренко П. Г. Капитальность различных видов военных городков // Техничко-экономические аспекты специальных военно-строительных и фортификационных комплексов, обустройства войск и управления качеством строительства: сб. науч. тр. НИГ-1. СПб.: ВИТУ, 2002. С. 95–97.

8. Тилинин Ю. И., Животов Д. А. Совершенствование рассредоточенного монолитного строительства на прибрежной территории // Строительные материалы. 2021. № 7. С. 10–17. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-793-7-10-17>.

9. Тилинин Ю. И. Строительные системы и технологии возведения зданий и сооружения новороссийской морской базы // Актуальные проблемы естественных и технических наук: сб. ст. межвуз. науч.-практ. конф. Санкт-Петербург, 2021. СПб., 2021. С. 226–232.

10. Казаков Ю. Н., Хорошенькая Е. В., Адам Ф.-М. Высокоскоростное строительство зданий из легких сэндвич-панельных систем. СПб.: СПбГАСУ, 2018. 176 с.

11. Казаков Ю. Н., Гусева О. В. Способы возведения мобильных и трансформирующихся конструкций // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 4 (63). С. 158–163.

12. Асаул А. Н., Казаков Ю. Н., Быков В. Л., 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.

13. Тилинин Ю. И., Бахтинова Ч. О., Хорошенькая Е. В., Тилинин В. Ю. Выбор технологии оперативно-го строительства объектов инфраструктуры с учетом

долговечности зданий // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 1 (84). С. 90–96.

14. Тилинин Ю. И., Животов Д. А., Тилинин В. Ю. Повышение технологичности монтажа каркасно-панельных быстровозводимых зданий // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2021. № 1 (35). С. 34–37.

15. Yudina A., Sychov S., Gaido A. Construction system for the erection of prefabricated buildings out of factory-made modules // Architecture and Engineering. 2020. Vol. 5. № 2. Pp. 32–37. DOI: 10.23968/2500-0055-2020-5-2-32-37.

16. МДС 12-51.2009. Проект организации работ, проект производства работ на обустройство мобильного служебно-бытового центра. Разработка и оформление. URL: <https://greb.ru/new/tehnologija-stroitelstva/proekt-organizacii-rabot-proekt-proizvodstva-rabot-na-obustrojstvo-mobil-nogo-služebno-bitovogo-cen.html> / сост. В. П. Володин, Ю. А. Корытов. М.: ЗАО «ЦНИИ-ОМТП», 2009.

References

1. Ignat'eva V., et al. *Arkticheskie strategii: energetika, bezopasnost', ekologiya i klimat. Otchet ob issledovanii* [The Arctic strategies: energy, security, ecology and climate. Research report]. Skolkovo, Energeticheskii tsentr Publ., 2020, (hal-02938923), 283 p.

2. Lukin Yu. F. *Velikiy peredel Arktiki* [The great redistribution of the Arctic]. Arkhangelsk, Severniy (Arkticheskii) federal'nyi universitet Publ., 2010, 400 p.

3. Bynyaeva N. A., Tilinin Yu. I., Tumskeya T. V. *Razvitie stroitel'noy industrii dlya obustroystva voysk v rayonakh Sibiri, Dal'nego Vostoka i Kraynego Severa* [Development of the construction industry for the arrangement of troops in the regions of Siberia, the Far East and the Far North]. *Trudy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 24–25 maya 2000 g. «Gradostroitel'nye problemy na sovremennom etape»* [Proceedings of the International scientific and practical conference May 24–25, 2000 “Urban planning problems at the present stage”]. St. Petersburg, pp. 178–179.

4. Bynyaeva N. A., Tilinin Yu. I., Frolov A. V. *K voprosu povysheniya organizatsionno-tekhnicheskogo urovnya ekspeditsionnykh zhilishch* [On the issue of improving the organizational and technical level of expedition dwellings]. *Trudy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. 24–25 maya 2000 g. «Gradostroitel'nye problemy na sovremennom etape»* [Proceedings of the International scientific and practical conference on May 24–25, 2000 “Urban planning problems at the present stage”]. St. Petersburg, pp. 179–180.

5. Tilinin Yu. I. *Neobkhodimost' razvitiya proizvodstva legkikh konstruktsiy dlya obustroystva voysk* [The need to develop the production of light structures for the arrangement of troops]. *Trudy mezhdunar. nauch.-prakt.*

konf. 24–25 maya 2000 g. «Gradostroitel'nye problemy na sovremennom etape» [Proceedings of the International scientific and practical conference on May 24–25, 2000 “Urban planning problems at the present stage”]. St. Petersburg, pp. 194–195.

6. Tilinin Yu. I., Fedorenko P. G. *Formirovanie planirovki i zastroyki voennykh gorodkov v Sibiri i na Dal'nem Vostoke* [Formation of planning and construction of military towns in Siberia and the Far East]. *Trudy mezhdunar. nauch.-prakt.konf. 24–25 maya 2000 g. «Gradostroitel'nye problemy na sovremennom etape»* [Proceedings of the International scientific and practical conference on May 24–25, 2000 “Urban planning problems at the present stage”]. St. Petersburg, pp. 48–49.

7. Tilinin Yu. I., Fedorenko P. G. *Kapital'nost' razlichnykh vidov voennykh gorodkov* [Durability of various types of military camps]. *Trudy NIG-1 «Tekhniko-ekonomicheskie aspekty spetsial'nykh voenno-stroitel'nykh i fortifikatsionnykh kompleksov, obustroystva voysk i upravleniya kachestvom stroitel'stva»* [Proceedings of the NIG-1 “Technical and economic aspects of special military construction and fortification complexes, arrangement of troops and quality management of construction”]. St. Petersburg, VITU Publ., 2002, pp. 95–97.

8. Tilinin Yu. I., Zhivotov D. A. *Sovershenstvovanie rassredotochennogo monolitnogo stroitel'stva na pribrezhnoy territorii* [Improvement of dispersed monolithic construction on the coastal territory]. *Stroitel'nye materialy – Building materials*, 2021, no. 7, pp. 10–17. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-793-7-10-17>

9. Tilinin Yu. I. *Stroitel'nye sistemy i tekhnologii vozvedeniya zdaniy i sooruzheniya novorossiyskoy morskoy bazy* [Construction systems and technologies for the construction of buildings and structures of the Novorossiysk naval base]. *Trudy mezhvuz. nauch.-prakt.konf. «Aktual'nye problemy estestvennykh i tekhnicheskikh nauk»* [Proceedings of the inter-university scientific and practical conference “Actual problems of natural and technical sciences”]. St. Petersburg, 2021, pp. 226–232.

10. Kazakov Yu. N., Khoroshen'kaya E. V., Adam F. M. *Vysokoskorostnoe stroitel'stvo zdaniy iz legkikh sendvich-panel'nykh sistem* [High-speed construction of buildings made of lightweight sandwich panel systems]. St. Petersburg, SPbGASU Publ., 2018, 176 p.

11. Kazakov Yu. N., Guseva O. V. *Sposoby vozvedeniya mobil'nykh i transformiruyushchikhsya konstruktsey* [Methods of erecting mobile and transforming constructions]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2017, no. 4 (63), pp. 158–163.

12. Asaul A. N., et al. *Teoriya i praktika ispol'zovaniya bystrovozvodimyykh zdaniy v obychnykh usloviyakh i chrezvychaynykh situatsiyakh v Rossii i za rubezhom* [Theory and practice of using prefabricated buildings in normal conditions and emergency situations in Russia and abroad]. Ed. by Kazakov Yu. N. St. Petersburg, Gumanistika Publ., 2004, 472 p.

13. Tilinin Yu. I., Bakhtinova Ch. O., Khoroshenkaja E. V., Tilinin V. Yu. *Vybor tekhnologii operativnogo stroitel'stva ob'ektov infrastruktury s uchetom dolgovechnosti zdaniy* [Selection of technology for the high-speed construction of infrastructure facilities, taking into account the durability of buildings]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2021, no. 1 (84), pp. 90–96.

14. Tilinin Yu. I., Zhivotov D. A., Tilinin V. Yu. *Povyshenie tekhnologichnosti montazha karkasno-panel'nykh bystrovozvodimyykh zdaniy* [Improving the manufacturability of the installation of frame-panel prefabricated buildings]. *Inzhenerno-stroitel'niy vestnik Prikaspiya – Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Sea Region*, 2021, no. 1 (35), pp. 34–37.

15. Yudina A., Sychov S., Gaido A. Construction system for the erection of prefabricated buildings out of factory-made modules. *Architecture and Engineering*, 2020, vol. 5, no. 2, pp. 32–37. DOI: 10.23968/2500-0055-2020-5-2-32-37.

16. MDS 12-51.2009. *Proekt organizatsii rabot, proekt proizvodstva rabot na obustroystvo mobil'nogo sluzhebno-bytovogo tsentra. Razrabotka i oformlenie* [MDS 12-51.2009. The project of the organization of works, the project of the production of works for the arrangement of a mobile service and household center. Development and design]. Available at: <https://greb.ru/new/tekhnologija-stroitel'stva/proekt-organizatsii-rabot-proekt-proizvodstva-rabot-na-obustroystvo-mobil-nogo-sluzhebno-bitovogo-cen.html/> Comp. by Volodin V. P., Korytov Yu. A. Moscow, TsNIIOMTP Publ., 2009.