

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ И ВОЗМОЖНЫХ ПРОБЛЕМ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛЬЯ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ

Алексей Игнатьевич Гныря¹, Сергей Викторович Коробков², Михаил Михайлович Титов³

^{1,2} Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия

³ ООО «СМР», Барнаул, Россия

¹ tsp_tgasu@mail.ru, ² korobkov_1973@mail.ru, ³ agd_tmm48@mail.ru

Аннотация. В данной статье проведен анализ существующих и возможных проблем строительства жилья из монолитного или сборного бетона в условиях Арктической зоны России. Результатом настоящей работы явился концептуально новый подход к строительству в районах выше 60 градусной параллели, для чего предложена инновационная конструкция и способ возведения монолитного жилого дома в таких условиях. Данная конструкция здания и способ его возведения могут быть использованы при возведении зданий в районах с жесткими климатическими условиями, сильными ветрами, обильными снегопадами, или в стесненных условиях существующей городской застройки, или на месте сносимых домов, когда отсутствует свободная территория для размещения грузоподъемных кранов рядом с возводимым объектом. В связи с тем, что строящийся объект по всему периметру защищен от воздействия неблагоприятных метеорологических факторов, использование предлагаемого решения создает еще более широкие возможности его применения в Арктической зоне России.

Ключевые слова: здания Арктической зоны, строительство монолитного дома, жесткие климатические условия, технология непрерывного возведения, научно-техническое сопровождение

Для цитирования: Гныря А. И., Коробков С. В., Титов М. М. Концептуальные решения существующих и возможных проблем строительства жилья в Арктической зоне России // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2024. Выпуск 2024-6(170) Технология, организация, механизация и геодезическое обеспечение строительства. С. 15–21. doi: 10.71536/vd.2024.6c170.2. edn: sfyvdu.

Original article

CONCEPTUAL SOLUTIONS TO EXISTING AND POTENTIAL PROBLEMS OF HOUSING CONSTRUCTION IN THE ARCTIC ZONE OF RUSSIA

Alexey I. Gnyrya¹, Sergey V. Korobkov², Mikhail M. Titov³

^{1,2} Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

³ LLC «SMR», Barnaul, Russia

¹ tsp_tgasu@mail.ru, ² korobkov_1973@mail.ru, ³ agd_tmm48@mail.ru

Abstract. This article will analyze the existing and potential problems of housing construction from monolithic or precast concrete in the conditions of the Arctic zone of Russia. The result of this work was a conceptually new approach to construction in areas above the 60th degree parallel, for which an innovative design and method for constructing a monolithic residential building in such conditions were proposed. This building design and method of its construction can be used when constructing buildings in areas with severe climatic conditions, strong winds, heavy snowfalls, or in cramped conditions of existing urban development, or on the site of demolished houses, when there is no free territory for placing overhead cranes near the object being erected. Due to the fact that the object under construction is protected from the effects of adverse meteorological factors along the



entire perimeter, the use of the proposed solution creates even broader opportunities for its application in the Arctic zone of Russia.

Keywords: Arctic zone buildings, monolithic house construction, harsh climatic conditions, continuous construction technology, scientific and technical support

For citation: Gnyrya A. I., Korobkov S. V., Titov M. M. Conceptual solutions to existing and potential problems of housing construction in the Arctic zone of Russia. *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Technology, organization, mechanization and geodetic support of construction.* 2024;6(170):15–21. (In Russ.). doi: 10.71536/vd.2024.6c170.2. edn: sfyvdu.

ВВЕДЕНИЕ

Правительство РФ выделяет весьма значительные средства на программу реновации и строительства нового жилья и соцкультбыта и, в частности, для городов, расположенных в Арктической зоне. И если в условиях плановой экономики это делалось быстро, просто – директивными указаниями из центра, но не эффективно (т. е. долго, недолговечно и дорого), то в современных рыночных условиях, а чаще квазирыночных отношений между государством и остальными агентами строительного рынка добиться эффективного (быстро, долговечно, дешево) использования бюджетных средств кратно сложнее. Но двигаться в этом направлении можно и нужно, однако делать это возможно лишь опираясь на отечественный и мировой опыт реализации таких программ, и при обязательном использовании т. н. научно-техническое сопровождения. Впервые это было применено в 1929 году при возведении за 13 месяцев 102 этажного здания в Нью-Йорке, причем при полном отсутствии стройплощадки в центре города [1–3]. Пытаются и сейчас это использовать, но это единичные попытки. Отсутствуют компетенции. Это необходимо на всех без исключения этапах строительства, но особенно на этапе эскизного проектирования и на этапе проектирования технологических решений. Ибо нет опыта сочетания современных технологий с такими как в городах Арктической зоны погодно-климатическими условиями. Поскольку применять в таких условиях опыт строительства, используемый в средних широтах, это значит строить долго, дорого и с заурядными эксплуатационными характеристиками. Ибо тут задача обогатить застройщика далеко не самая главная с точки зрения интересов государства. Из информационных роликов Норильского телевидения, размещенных в интернете и освещающих процесс возведения жилья с наружными стенами из газобетона или с металлическим каркасом (это эндемики строительства), и при этом почти половина срока строительства активируется по погодным условиям, можно сделать однозначный вывод – так «102 этажа за 13 месяцев» не построить. Да и жить в таких домах будет, мягко говоря, некомфортно. Но задача обогатить застройщика решается успешно. Выбор, как говорится за лицом, принимающим решения. Но как же все таки эффективно использовать средства из бюджета страны. Этого нельзя сделать, если не опираться при реализации госпрограммы на фундаментальные закономерности протекания рассматриваемого процесса. Во-первых, с чего начать? Решение любой технической и организационной задачи лежит как точка на плоскости треугольника с вершинами – всеобщность, точность, реалистичность. Решение (точку) можно разместить в любом месте и или даже в какой-то одной из трех вершин. И если нет опыта и прецедентов, а есть лишь решение (точка), то и положение точки приводит к predetermined результатам. Поэтому начинать надо с решения всеобщих (т. е. концептуальных) вопросов. Такие вопросы застройщик или инвестор решить не могут, если эффективность расходования средств бюджета понимать как целевую функцию. Ибо у этих сторон цели разные. Лисица (застройщик) и ворона (инвестор) по определению не могут разделить сыр эффективно. Это может сделать только третья сторона, у которой целевая функция именно в этом и состоит. Это может быть только группа научно-технического сопровождения, состоящая из высококлассных ученых и производственников с огромным практическим опытом строительства в сложных условиях. Ибо хорошо известно, что если проектировать и строить только по СП и др. результатам нормотворчества, то в случае неприятностей или аварии виноватых не найти. Все всё делали как написано. А главное так «110 этажей за 13 месяцев» не построить. Естественно, у этой группы кроме профессионального интереса должна быть своя прозрачная и адекватная система мотивации. И первая проблема, которую надо решить, чтобы уложиться в отведенные сроки, это организация круглогодичного и непрерывного, т.е. трехсменного в режиме 8/24 возведения жилых объектов. А при существующем темпе строительства это в принципе невозможно. Один из авторов этой статьи еще в начале 70-х годов работая мастером на строительстве укладывал бетон при температуре воздуха –40 °С и незначительном ветре до 5 м/сек. Сейчас так уже не работают, канадская нефтедобывающая компания разработала таблицу допустимых погодных условий для работы персонала на открытом воздухе (таблица).

Таблица – Эквивалентная температура замерзания

| Охлаждающее воздействие ветра на организм, выраженное в виде эквивалентной температуры. Предел кратковременного воздействия для незащищенных участков тела (по данным Американской конференции государственных специалистов в области промышленной гигиены (ACGIH®, 1998 г.) | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|-----|--|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|--|
| Расчетная скорость ветра, м/с | Измеренная температура, °С | | | | | | | | | | | |
| | 0 | -5 | -10 | -15 | -20 | -25 | -30 | -35 | -40 | -45 | -50 | |
| | Эквивалентная температура замерзания, °С | | | | | | | | | | | |
| от 0 до 2 | 0 | -5 | -10 | -15 | -20 | -25 | -30 | -35 | -40 | -45 | -50 | |
| от 2 до 4 | -2 | -7 | -12 | -18 | -23 | -28 | -33 | -38 | -44 | -49 | -54 | |
| от 4 до 6 | -7 | -14 | -20 | -27 | -33 | -38 | -45 | -50 | -57 | -63 | -69 | |
| от 6 до 8 | -11 | -18 | -25 | -32 | -38 | -45 | -52 | -58 | -65 | -72 | -78 | |
| от 8 до 10 | -14 | -21 | -28 | -35 | -42 | -50 | -56 | -64 | -71 | -78 | -84 | |
| от 10 и выше | -16 | -24 | -31 | -38 | -46 | -53 | -60 | -67 | -76 | -82 | -90 | |
| Степень риска обморожения | Незначительная опасность Менее чем через час при сухой коже. Наибольшая опасность заключается в ложном чувстве безопасности | | | Возрастающая опасность Опасность переохлаждения в течение одной минуты | | | | Значительная опасность Переохлаждение может наступить в течение тридцати секунд | | | | |

На сегодняшний день по этой таблице строить, например в г. Норильске особого смысла нет. В России этот вопрос решается просто. Постановлением местной власти. Например, в г. Новосибирске действует постановление горисполкома от 1968 г. о том, что на стройке можно работать при температуре воздуха до -40°C и незначительном ветре не более 5 м/сек. То же и в других городах региона. Но любая техническая проблема решаема, если есть деньги и время для ее решения. Например, в юго-восточной Азии мороза нет, но два месяца в году ураганный ветер, ливни и грозы. Китайские строители придумали решение – стали делать «фабрики по изготовлению небоскребов», это трехэтажные по высоте закрытые с пяти сторон от ветра монтажно-укладочные платформы, внутри которых и происходит установка опалубки, арматуры и бетонирование стен и перекрытий. В любую погоду рабочие в футболках трудятся на монтажном горизонте, защищенные от ветра и дождя. Ибо «время-деньги» как известно. Но в арктической зоне России другая проблема – морозы ниже -40°C и ветер до 40 м/сек. Поэтому и в городах Арктической зоны надо идти по аналогичному пути.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В процессе возведения многоэтажного сооружения с использованием грузоподъемных кранов рядом со строящимся объектом строителям приходилось прекращать все работы при сильном ветре, обильном снегопаде, ливне и других неблагоприятных воздействиях окружающей среды на незащищенных от непогоды людей и оборудования, в результате чего сроки строительства увеличивались, капиталовложения окупались слишком медленно. Впервые в мировой строительной практике удалось защититься от неблагоприятных метеорологических факторов при сооружении железобетонной монолитной башни телецентра в Москве за счет применения механизированного опалубочного агрегата [4]. Средняя скорость возведения башни составила 0,69 метра в сутки. К концу XX века организаторы строительства высотных зданий методом перемещения скользящей опалубки, предназначенной для формовки монолитных стен, возводят сооружения высотой в 70 этажей за 2,5 года. Известны высотные здания, которые уже построены и строятся за рубежом, в г. Москве, других городах РФ, конструктивная часть которых возводится с применением стальных или железобетонных конструкций в виде несущих стен, колонн или монолитных оболочек [5–12].

Целью данной работы является выработка инновационных предложений по повышению эффективности процесса строительства зданий в суровых арктических условиях.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Сотрудниками кафедры ТСП ТГАСУ разработана конструкция и способ возведения монолитного жилого дома в жестких погодных условиях.

Способ заключается в том, что сама конструкция каркаса здания исключает возможность воздействия ветровых нагрузок на монтажный кран и на поднимаемый им груз, что позволяет организовать непрерывное

круглосуточное возведение объекта в три смены и обеспечить для рабочих приемлемые условия работы в любую из трех смен. Наличие вокруг конструкции здания непрерывной термической оболочки в виде застекленных лоджий позволяет при их опережающем монтаже на 2–3 этажа по сравнению с монтажным горизонтом для рабочих на возведении сборного или монолитного каркаса здания исключить влияние ветра на работу людей и тем самым исключить простои по погодным условиям. А в процессе эксплуатации здания снизить энергозатраты на его обогрев в 2–4 раза, т. к. лоджии не будут иметь тепловой контакт с каркасом и отсутствие ветра на поверхности стен самого здания приведет к снижению расчетного коэффициента теплоотдачи с поверхности стен с 80 до 23 Вт/(м²·°С).

Дом в плане должен быть «колодцем», подобно тем домам, которые строились для рабочих в Петрограде еще до революции 1917 года, т. к. сильный ветер, дождливая погода и температура в районе нуля также есть жесткие погодные условия.

Конструкция здания повышенной этажности в монолитном или сборном исполнении, включает обычную ортогональную систему вертикальных несущих стен или колонн и горизонтальных сборных или монолитных железобетонных плит перекрытия в плане и включает квадратное же внутреннее (дворовое) пространство с шагом несущих вертикальных конструкций 7×7 метров (рис. 1). Квадратный в плане дом окружают со всех сторон полносборные и предварительно застекленные лоджии из металла и стекла с тонкими железобетонными плитами перекрытия размером в плане рядовые 2,5×7×3 метра, а 8 угловых с закруглениями для снижения аэродинамического сопротивления здания в целом, что снижает уровень шума от ветра. Лоджии монтируются на той же фундаментной плите, что и весь каркас здания на болтах (для возможности выверки и ремонта) как между собой, так и к каркасу дома, но без теплового контакта с ним [13].

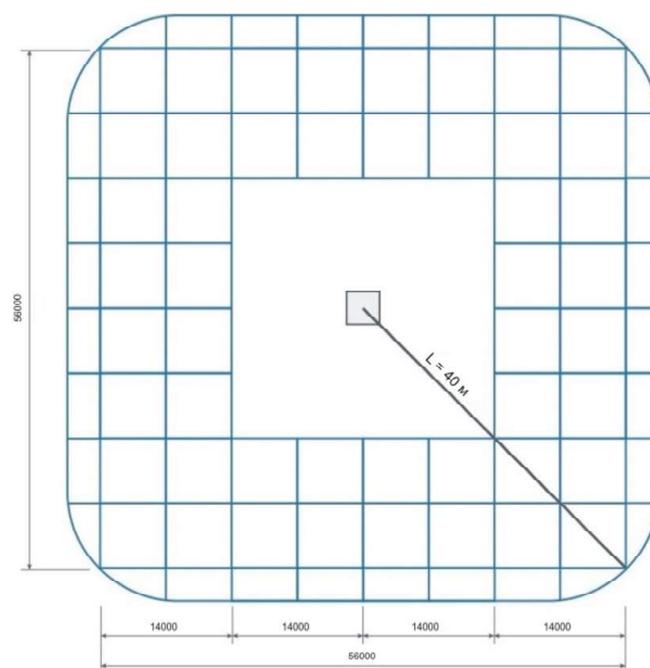


Рисунок 1 – План рядового этажа жилого дома для проживания в жестких погодных условиях.

Монтажный ярус лоджий на 2–3 этажа выше, чем монтажный ярус плотников-бетонщиков если здание монолитное или монтажников-высотников, если здание сборное (рис. 2). Этим самым лоджии полностью экранируют рабочее место от воздействия ветра и тем самым создают возможность работы в условиях без ветра при температуре до –40 °С. И поскольку башня монтажного крана расположена в центре колодца, то воздействие ветра на сам кран и на поднимаемый до монтажного горизонта груз практически не ощущается.

Предлагается использовать один монтажный кран для строительства только одного здания. При этом, кран должен:

- оставаться внутри здания с начала строительства и до завершения оно;

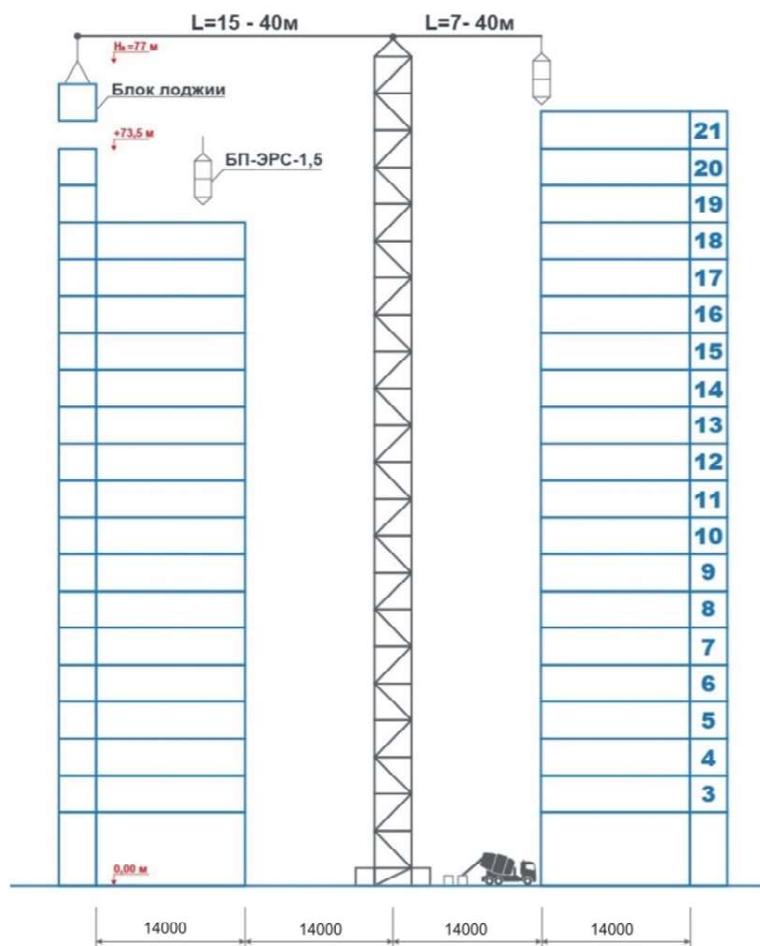


Рисунок 2 – Сечение по этажам жилого дома для возведения в жестких погодных условиях.

– быть небольшого «роста» над монтажным горизонтом и должен «поднимать» себя сам, по мере роста (по спирали!) высоты стен (можно использовать приёмы и устройства, применяющиеся при установке так называемых самоподъемных кранов);

– использовать вместо балласта, препятствующего опрокидыванию, плиту фундамента на которой расположено возводимое здание.

Для подвоза грузов к основанию крана, находящемуся в центре здания, на первом этаже имеется сквозной проезд, перекрытый арками. Соответственно, грузы кран будет поднимать по пустой «сердцевине», строящегося здания, что позволит работать и при большем ветре, что сейчас предусмотрено правилами по ТБ. А если над краном предусмотреть лёгкий навес (из ETFE (фторполимерной) плёнки, укрывающей и сверху и по бокам – по всему периметру внешней стены строящегося здания), то работу можно не останавливать и в дождь. Важное преимущество крана внутри здания – невозможность падения при сильном ветре, что случается с современными башенными кранами, устанавливаемыми возле строящегося здания.

После завершения возведения здания всех стен и перекрытия над последним этажом строящегося объекта конструкция кровли здания над квадратным внутренним пространством выполнена в виде прозрачной пирамиды, в которую встроены функции вентиляции внутреннего воздушного объема воздуха, освещения площади двора отражением низко расположенного над горизонтом солнца, и (или) освещения дворового пространства в «дневное» и «ночное» местное время в зимний период года.

При эксплуатации такого дома теплосъем с наружных стен будет с минимальными значениями, как в закрытом помещении, поскольку поверхность лоджий защищает стены от ветра полностью. Кроме этого конструкция дома позволяет организовать закрытый двор с двумя закрытыми проездами, один на улицу в дорожную сеть, а другой выходит в закрытый переход, который от каждого из комплекса таких домов ведет на закрытую от внешних воздействий посадочную платформу скоростного трамвая от жилой площадки до места работы. За 20 минут, преодолев километров 25–30, трамвай гарантировано доставляет людей к работе при

любых погодных условиях. В самом доме на первых двух этажах расположен соцкультбыт, магазины, спортзалы, бассейн и прочие удобства для жителей дома. Кроме того, поскольку в городах Арктической зоны 6–7 месяцев в году нет солнечного света, двор и дом со стороны двора освещается искусственно, но максимально близко к солнечному спектру. Разумеется только в «дневное» время. В итоге следует подчеркнуть ту простую и очевидную в 21 веке мысль, что сносить старое и на том же месте строить вперемежку со старым новое – это безрассудство и заведомый перерасход средств. Дешевле и быстрее на новом чистом месте построить новые жилые площадки подобной конструкции, а скоростной рельсовый транспорт, интернет и закрытые от внешнего воздействия коммуникации – дороги и пешеходные переходы – решают практически все вопросы комфортного бытовой и трудовой деятельности жителей городов Арктической зоны, которые бы мечтали попасть в такой город. Ибо задачи первой половины 21 века в принципе не поддаются решению методами второй середины двадцатого.

ВЫВОДЫ

Резюмируя все вышеизложенное, сформулируем основное:

1. В силу суровых климатических условий и высоких затрат на строительство оно должно быть эффективным, круглосуточным и только новым, на новом месте, с новым уровнем комфорта для нового поколения северян.
2. Строительство должно производиться с обязательным научно-техническим сопровождением от стадии эскизного проектирования до стадии отладки процесса автономной эксплуатации здания.
3. Предлагаемый в статье новый концептуальный подход к организации селитьбы, транспортной независимости от погодных условий, конструкции типового здания и непрерывному способу его возведения позволит решить все означенные выше задачи.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Willis, C. Building the Empire State / C. Willis, D. Friedman. – New York : W. W. Norton in association with the Skyscraper Museum, 1998. – 190 p. – ISBN 978-0-393-73030-2. – Текст : непосредственный.
2. Николаев, С. В. Безопасность и надежность высотных зданий – это комплекс высокопрофессиональных решений / С. В. Николаев. – Текст : непосредственный // Жилищное строительство. – 2005. – № 9. – С. 179–187.
3. Теличенко, В. И. Технология возведения высотных, большепролетных, специальных зданий : учебник / В. И. Теличенко, А. И. Гныря, А. П. Бояринцев. – Москва : АСВ, 2021. – 744 с. – ISBN 978-5-4323-0197-0. – Текст : электронный // ЭБС «Консультант студента» : [сайт]. – URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301970.html> (дата обращения: 20.10.2024).
4. Атаев, С. С. Технология индустриального строительства из монолитного бетона / С. С. Атаев. – Москва : Стройиздат, 1989. – 242 с. – Текст : непосредственный.
5. Евразийский патент № 007114 Российская Федерация, В1. Е04Н 1/00 (2006.01), Е04Н 9/02 (2006.01), Е04В 1/18 (2006.01). Высотное здание : № 200500929 : заявл. 04.05.2005 : опубл. 30.06.2006 / Мордич А. И., Ничкасов А. И., Блещик Н. П., Лешкевич О. Н. ; заявитель Научно-исследовательское и экспериментально-проектное республиканское унитарное предприятие «Институт БЕЛНИИС». – 11 с. : ил. – Текст : непосредственный.
6. Патент № 2376424 Российская Федерация, МПК Е04В 1/18 (2006.01). Система сборно-монолитного домостроения : № 2008122010/03 : заявл. 03.06.2008 : опубл. 20.12.2009 / Тиховский Н. П., заявитель Тихоновский Н. П. – 16 с. : ил. – Текст : непосредственный.
7. Мерзлякова, Е. Конструктивные элементы МДК / Е. Мерзлякова. – Текст : непосредственный // Высотные здания. – 2007. – № 1. – С. 99–103.
8. Нурадинов, Б. Н. Огнестойкость сталебетонных колонн : специальность 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Нурадинов Бауыржан Нурадинович ; Московский государственный открытый университет. – Москва, 1994. – 201 с. – Библиогр.: с. 141–155. – Текст : непосредственный.
9. Cai, S. H. Modern Steel Tube Confined Concrete Structures / S. H. Cai. – China, Beijing : Communications Press, 2003. – 358 p. – Текст : непосредственный.
10. Патент № 2496949 Российская Федерация, МПК Е04В 1/18 (2006.01). Трубчатая строительная конструкция : № 2012103501/03 : заявл. 02.02.2012 : опубл. 27.10.2013 / Бикбау М. Я., Бикбау У. М., заявитель ЗАО «ИМЭТ-СТРОЙ» – 11 с. : ил. – Текст : непосредственный.
11. Бикбау, М. Я. Практика и перспектива применения трубобетона в строительстве высотных зданий / М. Я. Бикбау. – Текст : непосредственный // Современное высотное строительство. Эффективные технологии и материалы : сборник материалов II Международного симпозиума по строительным материалам КНАУФ для СНГ, Москва, МГСУ, 10–11 октября 2005 г. – Москва : МГСУ, 2005. – С. 45–56.
12. Афанасьев, А. А. Эффективность трубобетонных конструкций при возведении каркасных зданий и сооружений / А. А. Афанасьев, А. В. Курочкин. – Текст : непосредственный // Строительство и реконструкция. – 2016. – № 4(66). – С. 111–119.

13. Патент № 2247197 Российская Федерация, МПК E04B 1/00. Балкон : № 20021331871/03 : заявл. 09.12.2002 : опубл. 27.02.2005 / Титов М. М., Лисин М. К., заявитель «АлтГТУ». – 6 с. : ил. – Текст : непосредственный.

Информация об авторе

Гныря Алексей Игнатьевич – доктор технических наук, профессор кафедры технологии строительного производства Томского государственного архитектурно-строительного университета, Томск, Россия. Советник Российской академии архитектуры и строительных наук, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, почетный строитель России. Научные интересы: теория и технология производства бетонных работ в зимних условиях; тепло-и массоперенос в капиллярно-пористых материалах.

Коробков Сергей Викторович – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой технологии строительного производства Томского государственного архитектурно-строительного университета, Томск, Россия. Научные интересы: теория и технология производства бетонных работ в зимних условиях; аэродинамика и внешний теплообмен моделей зданий и сооружений; тепло-и массоперенос в капиллярно-пористых материалах, компьютерное моделирование.

Титов Михаил Михайлович – доктор технических наук, доцент; научный консультант; заместитель директора ООО «СМР», дата основания 1996 г., член НОПРИЗ рег. номер 1022202408084. Научные интересы: теория и технология производства бетонных работ в зимних условиях; ускорение набора прочности бетона электрофизическими воздействиями, управление теплопотерями жилых зданий как способ энергосбережения, методологии научных исследований в технических науках.

Information about the author

Gnyrya Alexey I. – D. Sc. (Eng.), Professor, Technology of Construction Production Department, Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia. Advisor to the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Honorary Builder of Russia. Scientific interests: theory and technology of production of concrete works in winter conditions; heat and mass transfer in capillary-porous materials.

Korobkov Sergey V. – Ph. D. (Eng.), Associate Professor; Head of the Department Technology of Construction Production, Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia. Scientific interests: theory and technology of production of concrete works in winter conditions; aerodynamics and external heat exchange of models of buildings and structures; heat and mass transfer in capillary-porous materials; computer modeling.

Titov Mikhail M. – D. Sc. (Eng.), Associate Professor; scientific consultant; deputy Director of SMR LLC «SMR», Barnaul, Russia, date of foundation 1996, member of NOPRIZ reg. number 1022202408084. Scientific interests: theory and technology of production of concrete works in winter conditions; acceleration of concrete strength gain by electrophysical influences, heat loss management of residential buildings as a way of energy saving, the methodology of scientific research in the technical sciences.

Статья поступила в редакцию 04.11.2024; одобрена после рецензирования 22.11.2024; принята к публикации 29.11.2024.

The article was submitted 04.11.2024; approved after reviewing 22.11.2024; accepted for publication 29.11.2024.