

Быстровозводимое здание ТЕПЛОРИУМ: новые возможности энергоэффективного строительства в Арктической зоне

The fast-built building TEPLORIUM: New opportunities for energy-efficient construction in the Arctic zone

Федоров А.Н.

Генеральный директор ООО «ТЕПЛОРИУМ»
e-mail: economy13@gmail.com

Fedorov A.N.

General director of TEPLORIUM (LLC)
e-mail: economy13@gmail.com

Максимова Л.А.

Директор по развитию ООО «ТЕПЛОРИУМ»
e-mail: megacheb@mail.ru

Maksimova L.A.

Development director of TEPLORIUM (LLC)
e-mail: megacheb@mail.ru

Воротников А.М.

канд. хим. наук, доцент кафедры государственного управления и публичной политики Института общественных наук Российской академии народного хозяйства и государственной службы, координатор Экспертного совета Экспертного центра ПОРА (Проектный офис развития Арктики)
e-mail: vdep14@yandex.ru

Vorotnikov A.M.

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Public Administration and Public Policy, Institute of Social Sciences of the Russian Academy of National Economy and Public Service, Coordinator of the Expert Council Of the PORA Expert Center (Arctic development Project office)
e-mail: vdep14@yandex.ru

Аннотация

Создание комфортных условий для жизни и работы в суровых условиях Арктики – одна из важнейших задач современного этапа развития Арктической зоны Российской Федерации. В статье рассмотрены новые современные инновационные подходы к разработке и строительству необходимых для Арктики зданий. Быстровозводимое куполообразное здание ТЕПЛОРИУМ вносит существенные улучшения в технический прогресс по повышению устойчивости здания в условиях несимметричных и динамических нагрузок при любых видах внешнего воздействия, защиты от стихийных бедствий (наводнений, землетрясений, ураганов), повышения энергоэффективности здания. При этом по сравнению с близкими аналогами предусматривает снижение материалоемкости и многодельности, снижение срока монтажа здания без применения

специальной строительной техники, с возможностью установки легкого фундамента без «мокрых» технологий. А также здание отличает применение доступных промышленно-стандартных прямоугольных форм облицовочного материала одинакового периметра, сохранение свободного от опорных элементов внутреннего пространства, отличает легкость транспортировки.

Ключевые слова: теплориум, здание, Арктика, быстровозводимое здание, купол, куполообразное, купольное, полусфера, энергоэффективность, быстрая сборка, защита от стихийных бедствий, защита от наводнений, землетрясений, ураганов, теплоизоляция, ветровые нагрузки.

Abstract

Creating comfortable conditions for living and working in the harsh conditions of the Arctic is one of the most important tasks of the current stage of development of the Arctic zone of the Russian Federation. The article considers new modern innovative approaches to development and construction. The fast-built dome-shaped building TEPLORIUM makes the significant improvements in technological progress to increase the stability of the building under asymmetric and dynamic loads under any type of the external impact, to protection against natural disasters (floods, earthquakes, hurricanes), and to increase the energy efficiency of the building. Herewith in comparison with domed analogues it provides the reducing material consumption and the labor costs and reduces the installation time without the use of special construction equipment, with the installing a lightweight foundation without using a wet technology. And the building is also distinguished of the use of affordable industry-standard rectangular forms of facing material of the same perimeter and the maintaining free interior space from the supporting elements, and the building is easy to transport.

Keywords: teplorium, building, Arctic, fast-built, fast-erected, dome, dome-shaped, domed, hemisphere, energy efficiency, quick assembly, protection against natural disasters, protection against floods, earthquakes, hurricanes, thermal insulation, wind load.

В период глобального изменения климата, роста стихийных бедствий, высоких цен на эксплуатацию зданий актуальность энергоэффективных быстровозводимых зданий, обеспечивающих безопасность и одновременно комфорт в сложных климатических условиях и в зонах с риском стихийных бедствий трудно переоценить.

Так, в Арктике, как известно, регионе с суровым климатом, как нигде остро стоит необходимость внедрения новых видов сооружений. И очень важно, чтобы условия проживания и деятельности в этих зданиях были максимально комфортными. Комфортная жизнедеятельность в АЗРФ – это важный компонент уровня жизни в АЗРФ. Об этом глава государства заявил на Международном арктическом форуме в г. Санкт-Петербурге, в марте 2019 г., что, согласно новой стратегии развития Арктики, до 2035 г. уровень жизни каждого из арктических регионов должен быть не ниже среднероссийского [1].

Президент России отметил, что «По ключевым социально-экономическим показателям, по качеству жизни людей все арктические регионы необходимо вывести на уровень не ниже среднероссийского. Обращаю внимание – именно такая задача должна быть не только четко обозначена в новой стратегии развития Арктики, но и служить ориентиром для работы всех федеральных ведомств и региональных властей России».

Разработанная компанией ТЕПЛОРИУМ новая технология быстровозводимых зданий для территорий с экстремальными условиями служит примером реализации данной задачи.

Защищенные быстровозводимые здания ТЕПЛОРИУМ универсальны для различного применения: жилые, коммерческие, для производственной инфраструктуры, для организации как временных так и постоянных складов, ангаров и гаражей для техники, мобильных тренировочных лагерей, медицинских пунктов, гостиниц, комфортных мобильных вахтовых поселков и др.

Широкие возможности, недоступные ранее, могут получить военные при строительстве:

- мобильных командных пунктов ПВО, в том числе бронированных;
- казарм;
- скрытых и укрепленных сооружений (в том числе, закрытых грунтом);
- организации как временных, так и постоянных складов;
- ангаров и гаражей для техники;
- мобильных тренировочных лагерей;
- защищенных медицинских пунктов;
- защищенных КПП и др.

Быстровозводимое здание ТЕПЛОРИУМ с повышенными энергосберегающими и прочностными характеристиками, благодаря уникальному конструктивному решению (Патент на изобретение №2631285RU (19.08.2016) «Универсальное здание») [2], позволяет сократить эксплуатационные расходы до 70%, в том числе благодаря применению СверхЭнергоэффективного остекления ТЕПЛОРИУМ (Патент на изобретение №2620241RU (30.03.16) «Энергоэффективная светопрозрачная конструкция»)) [3].

Основой купольного универсального здания ТЕПЛОРИУМ является объемный силовой каркас, который может быть выполнен из стали, алюминия или композитных материалов.

Силовой каркас специальной патентованной формы, помимо быстрой сборки, обеспечивает высокую структурную устойчивость и способность здания в целом и отдельных его конструкций воспринимать внешние нагрузки и воздействия без разрушения и существенных остаточных деформаций, при этом здание сохраняет структурную целостность при возможном частичном повреждении. Прочность силового каркаса также дает возможность покрытия здания тяжелыми защитными материалами, засыпкой грунтом, каркас способен удерживать большие массы снега.

Базовые технические характеристики:

- Диаметр здания вариативен 6–30 метров.
- Каркас: сталь или алюминий.
- Высота этажа вариативна: 3–6 метров.
- Оптимальная этажность: 1–3 этажа.
- Возможность соединения модулей с помощью сети переходов от здания к зданию, что важно и целесообразно в суровых климатических зонах, например, в Арктической зоне.
- При диаметре основания 12 м, площадь с здания в 2 этажа – около 200 кв. м.

При комплектации с алюминиевым каркасом здание может быть оснащено плавучим понтоном, что обеспечивает безопасность даже при таянии вечной мерзлоты.

Сегодня 70% затрат на строительство здания в Арктике идут на логистику: доставка материалов, обеспечение строителей и т.д. Небольшая масса и аэродинамическая форма здания ТЕПЛОРИУМ позволяет перевозить собранное здание вертолетом, а также собирать без подъемной техники в труднодоступных местах.

Известно, что фундамент непосредственно воспринимает колебания почвы и передает их всей массе здания, и при деформации основания здания (фундамента) происходит нарушение прочности конструкций каркаса, а их повреждение вызывает каскадную деформацию наружной обшивки и опорных элементов, что может привести к обрушению здания. В связи с чем в целях сохранения устойчивости и прочности здания, в том числе при вибрациях земли (землетрясениях, оползнях и др.) каркас здания укрепляют жестким и прочным фундаментом.

Конструктивные особенности силового каркаса с широкими опорами ферм увеличивают прочность основания здания без установки тяжелого фундамента, позволяют

устанавливать здание на не подготовленное место, удешевлять стоимость и уменьшать сроки строительства здания в целом. Также здание не требует «мокрого» массивного бетонного фундамента, его можно устанавливать на высокие сваи, либо на круглогодичные плавучие понтоны.

Взаимная независимость отдельных ферм здания ТЕПЛОРИУМ друг от друга, отсутствие дополнительных опорных элементов (кольцевых, центральных опор), которые не только уменьшают внутреннее пространство, но и могут деформироваться при динамических вибрационных нагрузках и привести к нарушению устойчивости или разрушению здания, также повышают надежность здания ТЕПЛОРИУМ в суровых климатических зонах и сейсмоопасных участках.

Известно, что сильные порывы ветра создают ударное, динамическое воздействие на здание, разрушающее структурную целостность здания, его устойчивость (опрокидывание, парусность) [4].

Известно, что воздушные потоки, ударяясь в здание, разбиваются, одни из них огибают здание, другие устремляются сначала вниз, а затем у земли также направляются в стороны по поверхности здания.

Ученые из Института биофизики СО РАН участвуют в разработке концепций экологического и закрытого жилья на Марсе, подобные здания аэродинамической формы предлагают строить и в Арктике. Акцент на сооружения с обтекаемой формой делается в первую очередь поскольку такие здания менее подвержены ветровым и снеговым воздействиям: только за счет формы можно на 50% снизить теплотери. В Швеции предложили использовать купол для малоэтажного индивидуального строительства в Арктике [5].

На первый взгляд, по сравнению с прямоугольными зданиями, устойчивость от воздушных нагрузок известных купольных, сферических, полусферических строений минимальна, поскольку округлую форму ветер обтекает.

Так, слабый воздушный поток действительно огибает округлую форму с меньшим сопротивлением, не оказывая серьезного воздействия, что делает такие здания более устойчивыми по сравнению с прямоугольными зданиями.

Однако, при сильных воздушных потоках ветровой поток, огибающий такое куполообразное строение, создает вихревые узлы (турбулентность) с противоположенной (подветренной) стороны здания. Образованная с противоположенной стороны (подветренной) стороны зона отрицательного давления дополнительно раскачивает здание.

Таким образом, на здание одновременно начинают воздействовать ударный воздушный поток, давящий на здание спереди, и образованный с противоположенной стороны здания вихревой поток, утягивающий здание в ту же сторону, что и ударный, одновременно, здание начинает раскачивать перпендикулярно ударному потоку из стороны в сторону, что приводит к отрыву от опоры, опрокидыванию, подъему здания.

В здании ТЕПЛОРИУМ, благодаря специальной форме силового каркаса, сильный воздушный поток, ударяясь о преграду в виде выдвигающихся наружу частей ферм с разных сторон здания дополнительно разбивается на несколько ослабленных потоков, вихрь на противоположенной стороне не возникает, происходит разрушение турбулентных вихрей и уменьшение мощности воздушного потока со всех сторон здания, что позволяет отклонять ветер в разные стороны и не позволяет ветру захватить здание, общее ударное воздействие воздушного потока на здание уменьшается, снижается риск повреждения и разрушения конструкции, снижается парусность здания даже при сравнении с известными округлыми формами зданий.

Немаловажно, что в здании ТЕПЛОРИУМ наружная обшивка здания не выполняет функцию сохранения устойчивости и прочности здания, здание одинаково устойчиво к любым видам облицовочного материала, в том числе тяжелыми защитными материалами, засыпкой грунтом.

Покрытие оболочки здания осуществляется панелями одного типоразмера прямоугольной формы (в том числе прозрачными). В прямоугольные проемы здания ТЕПЛОРИУМ легко устанавливаются различные промышленно-стандартные ворота, окна, двери, любые виды известных утеплителей и пр.

Универсальность и промышленная стандартность форм облицовочных материалов уменьшает материалоемкость и трудоемкость, снижает затраты, отсутствует сложность подбора облицовочных строительных материалов, поскольку материалы стандартных прямоугольных форм промышленно доступны. А также позволяет обеспечивать хорошую герметичность швов между элементами, теплоизоляцию здания, поскольку известно, что герметизация прямолинейных поверхностей проще и эффективнее, чем криволинейных (как в известных купольных аналогах).

В суровом арктическом климате целесообразно строить так называемые здания-поселения, состоящие из нескольких связанных между собой зданий, где будет вся необходимая для жизни инфраструктура (жилая зона, магазины, детские сады и школы, больницы, досуговые зоны для отдыха и др.) [6].

Одинаковость элементов прямоугольной формы здания ТЕПЛОРИУМ позволяет производить их взаимозамену, в том числе с целью трансформации в процессе эксплуатации в зависимости от изменения функционального назначения или внешнего вида здания, наращивание пристроя для создания объёмно-пространственных композиций из нескольких зданий (зданий-поселений), замену облицовки в процессе эксплуатации на инновационные новинки с улучшенными характеристиками, что позволяет в дальнейшем повышать энергоэффективность и энергонезависимость здания. При этом такие трансформации не повлияют на устойчивость здания, поскольку элементы обшивки не выполняют несущую функцию.

Отсутствие дополнительных внутренних опорных элементов позволяет возводить здание со свободной планировкой без загромождения внутреннего пространства для комфортного проживания.

В целях повышения энергоэффективности в проемы прямоугольной формы возможна установка солнечных панелей промышленно-стандартной прямоугольной формы без каких-либо дополнительных выступов или пристроя к зданию. Зданию не потребуется подключение к электросети, что позволяет устанавливать здание в том числе в труднодоступных местах.

Для прозрачных проемов возможно и целесообразно применение СверхЭнергоэффективного остекления Теплориум, имеющее высокие характеристики энергоэффективности и комфорта в очень холодном климате и при резких перепадах температур. Остекление ТЕПЛОРИУМ в 4 раза эффективнее известного остекления, на 60% эффективнее известных мировых инновационных разработок. Это уникальная универсальная защита от жары и холода обеспечивает до 80% снижение эксплуатационных расходов, максимум дневного освещения без энергопотерь. Универсально применяется для фасадов, окон и дверей.

Основные преимущества строительства здания ТЕПЛОРИУМ:

1. Высокая энергоэффективность: минимальные потери и равномерное распределение тепла внутри дома, снижение расходов на обогрев и охлаждение до 80%.
2. Быстрая скорость сборки.
3. Высокая ветроустойчивость: способны противостоять ветру со скоростью до 250 км/ч.
4. Высокая устойчивость от наводнений, землетрясений (разрушение 35% элементов дома не приводит к обрушению).
5. Снеговая нагрузка до 650–700 килограммов снега на квадратный метр.
6. Мобильность, каркас здания сборно-разборный (можно доставить в разборном виде в любой город и собрать на месте, в том числе вертолетом).
7. Не требует тяжелой строительной техники для установки на месте.
8. Легкий фундамент.

9. Круглогодичное строительство.
10. Естественная циркуляция воздуха, больший по сравнению с прямоугольным зданием внутренний объем воздуха, лучшее рассеивание света.
11. Возможность соединять здания герметичными переходами, объединяя их в кластеры, возможность изменения (переноса) переходов в процессе эксплуатации без нарушения целостности каркаса зданий.
12. Архитектурная выразительность.
13. Возможность интеграции солнечных панелей в стены здания.
14. Возможность установки аккумуляторной батареи, подзаряжаемой от альтернативных источников энергии (для подачи сигнала SOS и обеспечения нормальной жизнедеятельности до прихода спасателей в случае отсутствия электричества).
15. Возможность размещения запаса питьевой воды, еды, медикаментов, надувной лодки и иное без использования жилого пространства здания (в фермах каркаса здания).
16. Невысокая цена.
17. Универсальность применения.

Сравнительная таблица преимуществ Быстровозводимого здания ТЕПЛОРИУМ

	Дом прямоугольной формы	Известный геодезический, стратогедический купол и купол на основе пневмокаркаса и залития бетоном	Быстровозводимое куполообразное здание ТЕПЛОРИУМ (аналогов на рынке нет)
Устойчивость	Разрушение 30% здания приводит к обрушению	Разрушение до 30% элементов дома не приводит к обрушению. Недостаток: большое количество опорных элементов	Разрушение до 35% элементов здания не приводит к обрушению
Ветровые нагрузки. Парусность	Высокая, требует тяжелый фундамент	Снижена при не сильных ветровых нагрузках	Снижена при сильных (ураганных) ветровых нагрузках. Специальная форма каркаса дополнительно подавляет силу воздушного потока
Материалоемкость, расход материала	100% (площадь наружной поверхности здания в 1,5 раза выше куполообразных зданий при одинаковой полезной площади)	80% (различные типоразмеры сложной формы (треугольной, трапециевидной, многоугольной) требуют повышенного расхода материала и трудоемкости)	60–70% (благодаря одинаковым типоразмерам прямоугольной формы применимы доступные промышленно-стандартные облицовочные материалы,

	Дом прямоугольной формы	Известный геодезический, стратодезический купол и купол на основе пневмокаркаса и залития бетоном	Быстровозводимое куполообразное здание ТЕПЛОРИУМ (аналогов на рынке нет)
			уменьшены обрезки на производстве)
Установка окон, дверей, ворот	Легкость	Требует дополнительной установки тамбура, пристроя под установку прямоугольных форм окон, дверей, ворот, переходов, либо изготовление нестандартных форм окон, дверей, что ведет к удорожанию	Окна, двери, ворота, переходы устанавливаются в прямоугольные проемы здания без дополнительного пристроя
Энергозатраты	100%	60%	30–60%
Сложность монтажа	Строительная тяжелая техника, высококвалифициро ванный персонал	Строительная тяжелая техника, высококвалифициро ванный персонал	Без «мокрых» технологий, без строительной техники, простота и высокая скорость сборки
Бронирование (установка защищенных тяжелых облицовочных материалов)	Возможно (небольшая площадь)	Невозможно	Бронирование защищенными панелями является вариантом комплектации благодаря высокой прочности объемного силового каркаса ТЕПЛОРИУМ

По мнению авторов, актуальным механизмом финансирования строительства таких зданий станет государственно-частное партнерство, которое уже начинает использоваться для строительства инфраструктуры в АЗРФ [7-9], включая концессию и инфраструктурную ипотеку. Особенно перспективно, по нашему мнению, для создания объектов по технологии ТЕПЛОРИУМ использование такого механизма, как контракт жизненного цикла (КЖЦ) [10]. Суть его в том, что подрядчик проектирует и строит объект за собственные средства, а публичная сторона начинает ему платить только с момента сдачи объекта в эксплуатацию. Оплата происходит в течение срока жизни объекта – от 20 до 40 лет. Публичный заказчик платит не за сам объект, а за его бесперебойное функционирование, следуя условию «нет сервиса – нет оплаты». Таким образом, предметом контракта является не сам объект, а сервис.

Таким образом, на сегодняшний день существуют все возможности, как финансовые, так и технологические для возведения в АЗРФ современных

высокотехнологичных зданий по технологии ТЕПЛОРИУМ для создания и развития общественной инфраструктуры.

Литература

1. Пленарное заседание Международного арктического форума [Электронный ресурс] // URL : <http://www.kremlin.ru/events/president/news/60250> (дата обращения 06.03.2020)
2. УНИВЕРСАЛЬНОЕ ЗДАНИЕ Реестр изобретений Российской Федерации <https://patentinform.ru/inventions/reg-2631285.html> (дата обращения 06.03.2020)
3. СВЕТОПРОЗРАЧНАЯ КОНСТРУКЦИЯ Реестр изобретений Российской Федерации <https://patentinform.ru/inventions/reg-2620241.html> (дата обращения 06.03.2020)
3. Э. Симиу Р. Сканлан. Воздействие ветра на здания и сооружения / Пер. с англ. Б.Е. Маслова, А.В. Швецово; Под ред. Б.Е. Маслова. – Москва: Стройиздат, 1984. – 306 с.
4. Сферические (купольные) дома – технология и их особенности [Электронный ресурс] // URL: <https://stroychik.ru/strojmaterialy-i-tehnologii/kupolnye-doma> (дата обращения 06.03.2020).
5. Каким будет арктическое строительство будущего? [Электронный ресурс] // URL: <https://postnauka.ru/faq/99931> (дата обращения 06.03.2020).
6. Балобанов А.Е., Воротников А.М. Финансирование ключевых инфраструктурных проектов в Арктической зоне Российской Федерации. Согласование интересов государства и бизнеса // Журнал исследований по управлению. – 2018. – №6. – С. 16–28. URL: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/22095/view> (дата обращения: 22.02.2020).
7. Воротников А.М., Максимова Д.Д., Тарасов Б.А. Государственно-частное партнерство в формировании и развитии опорных зон развития в Арктической зоне Российской Федерации // [Электронный ресурс]-URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gosudarstvenno-chastnoe-partnerstvo-v-formirovanii-i-razviti-i-opornyh-zon-razvitiya-v-arkticheskoi-zone-rossii-skoi-federatsii> (дата обращения: 14.02.2020).
8. Vоротников А. М.; Тарасов В. А. Public-private partnership as a mechanism of the Russian Arctic zone's sustainable development // [Электронный ресурс]-URL: https://www.researchgate.net/publication/335003271_Public-private_partnership_as_a_mechanism_of_the_Russian_Arctic_zone's_sustainable_development (дата обращения: 14.02.2020).
9. Фадюшин И.С. Контракты жизненного цикла как новый механизм государственно-частного партнерства // Молодой ученый. – 2019. – №15. – С. 225–226. – URL: <https://moluch.ru/archive/253/58088/> (дата обращения: 22.02.2020).