



**ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ  
ЖАРКОГО И ВЛАЖНОГО КЛИМАТА: ТЕХНОЛОГИИ И ВЫБОР  
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**FEATURES OF BUILDING CONSTRUCTION IN HOT AND HUMID  
CLIMATES: TECHNOLOGIES AND SELECTION OF BUILDING  
MATERIALS**

**Соргутов Илья Валерьевич**, К.э.н., доцент кафедры строительных технологий, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова

**Sorgutov Ilya Valerievich**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Building Technologies, Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikova

**Аннотация:** В статье рассматриваются особенности строительства зданий в условиях жаркого и влажного климата, в частности исследуются технологии, а также оценивается выбор строительных материалов. Как указывает автор, задача строительства зданий на территориях с экстремально жарким и влажным климатом - обеспечить тепловой комфорт при меньшем потреблении энергии. Было обнаружено, что самой большой проблемой в этих областях является влажность, что затрудняет разработку стратегий, используемых в других климатических условиях. Одного охлаждения недостаточно для обеспечения комфорта жителей, однако на инициацию данного процесса приходится большая часть энергопотребления. Также в местах, где скорость ветра достаточно высока, необходимо проектировать естественную вентиляцию. Создание энергонезависимых зданий требует различных проектных решений и стратегий для обеспечения сезонного комфорта.

**Abstract:** The article discusses the features of building construction in hot and humid climates, in particular, the technologies are investigated, and the choice of building materials is evaluated. As the author points out, the task of building buildings in areas with extremely hot and humid climates is to provide thermal comfort with less energy consumption. Humidity has been found to be the biggest problem in these areas, making it difficult to develop strategies used in other climates. Cooling alone is not enough to ensure the comfort of residents, but the initiation of this process accounts for most of the energy consumption. Also, in places where the wind speed is high enough, it is necessary to design natural ventilation. The creation of non-volatile buildings requires various design solutions and strategies to ensure seasonal comfort.

**Ключевые слова:** строительство зданий, жаркий климат, уровень влажности воздуха, строительные материалы.

**Keywords:** building construction, hot climate, air humidity level, building materials.

---

В странах с экстремально жарким или влажным климатом потребности в отоплении и охлаждении составляют около 35% энергии, используемой в домашних хозяйствах. Именно по этой причине существует острая потребность в новых технологиях и инвестициях[1].

Применяя новые конструкции зданий и современные технологии, можно значительно снизить охлаждающую нагрузку в жарком и влажном климате. Должна быть создана базовая справочная система, которая служит руководством для архитекторов и инженеров, эквивалентная, в частности, строительной директиве ЕС. Это главное требование для каждой страны для достижения целей, поставленных в Парижском соглашении.

В тропическом или субтропическом климате на охлаждение расходуется много энергии, и широко используются обычные кондиционеры. Коммерческие системы охлаждения неэффективны, требуют много энергии и вызывают загрязнение окружающей среды. Новые технологии должны быть эффективными, прибыльными и экологически безопасными. Они также должны убедиться, что среда обитания чувствует себя комфортно, и должны быть обеспечены здоровые условия. Из-за влажности в этих местах очень сложно

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

спроектировать здание с нулевым потреблением энергии, которое удовлетворяло бы требованиям комфорта [4].

Люди понижают температуру своего тела в основном за счет транспирации (скрытой потери тепла), когда речь идет о более высокой температуре. В регионах с влажным климатом этот процесс ограничен из-за содержания воды в воздухе. Если воздух почти насыщен, он больше не будет впитывать воду. Все это снижает уровень комфорта пребывания человека в подобных условиях. Так, исследователи, рассматривающие, как влажность влияет на комфорт, и пришел к выводу, что высокая влажность в сочетании с высокой температурой воздуха приводит к душному воздуху и дискомфорту для живых организмов.

Развитие плесени начинается при относительной влажности 80–95% в зависимости от материала, температуры и времени воздействия. Рост плесени создает серьезные риски для здоровья и устойчивости зданий во влажном климате. Следовательно, системы охлаждения во влажных зонах должны осушать воздух, чтобы дать телу возможность дышать и предотвратить конденсацию.

Помимо относительной влажности, воздушный поток влияет на определение температуры. Чем выше скорость воздуха, тем теплее может быть воздух, не вызывая дискомфорта. Кроме того, качество воздуха и его восприятие зависят от летучих органических соединений, которые, например, выделяются бетоном стен и мебели, а также от качества наружного воздуха.

Кроме того, длинноволновое излучение в помещении вызывает различные ощущения на коже в зависимости от температуры окружающих стен. Когда стены теплее, чем температура воздуха, на коже ощущается немного более высокая температура [5].

В климате, где солнечная радиация высока, а сильные дожди и влажность вызывают проблемы с плесенью, некоторые основные меры имеют большое влияние на состояние здания. Охлаждение и вентиляция являются наиболее важными и вызывают большую часть потребления энергии. Очень важно

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

сконцентрироваться на всех возможных действиях по пассивному энергосбережению, прежде чем принимать активные меры.

Группа исследователей разработала инструмент системного моделирования, который можно использовать для изменения параметров спроектированного здания в странах с жарким климатом. Подобные инструменты потребуются для создания и работы с принципами нулевого потребления энергии.

В регионах с жарким климатом коэффициент затемнения окон должен быть низким, поскольку солнечное излучение вызывает большую часть охлаждающей нагрузки. Благодаря парниковому эффекту солнце может быть естественным обогревателем. Коротковолновое излучение проходит через окно, превращается в длинноволновое излучение, а энергия остается в комнате в виде тепла. Поэтому необходимы солнечные укрытия для предотвращения попадания прямых солнечных лучей в здание. Особое внимание следует уделить окнам, ориентированным на солнце большую часть дня. Деревья и зелень также можно использовать в качестве затеняющих устройств [2].

Исследователи обнаружили, что в субтропическом климате Китая солнечная энергия была основной частью охлаждающей нагрузки, но в очень холодном климате радиация вызывала снижение энергопотребления. Кроме коэффициента затемнения, немаловажную роль играет угол между солнцем и внешними стенами. В Гонконге приток тепла из-за солнечной радиации был намного ниже, чем в Дуньхуане, потому что коэффициент затенения был ниже, а высота солнца в целом была равной. Солнечное излучение может отражаться, в Гонконге оно выше. Эти результаты были основаны на измерениях GSR.

Также авторы рассмотрели натуральные и синтетические строительные материалы, которые могут помочь сократить выбросы и привести к более экологичному проектированию зданий в тропическом климате. Энергетические характеристики здания зависят не только от солнечного излучения, но также от материала и цвета поверхностей. Существует несколько видов исследований корреляции между нагрузками на охлаждение и нагревание и цветом и размером пигмента поверхностей. Рекомендуется использовать

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

светлые внешние поверхности для обеспечения хороших энергетических характеристик.

Чем выше коэффициент отраженного света, тем лучше энергоэффективность здания. Белый цвет имеет самый высокий коэффициент отражения, что предотвращает нагревание, но также вызывает ослепление человеческого глаза. Кроме того, белые крыши легко пачкаются, что делает их экономически менее привлекательными.

Системы рекуперации тепла необходимы для строительства домов с нулевым энергопотреблением. Система рекуперации тепла оказывает наибольшее влияние на энергоэффективность здания, за ней последовали изоляция стен, низкоэмиссионное стекло, изоляция крыши и внутренняя тень. В этом случае соотношение крыши и стен было пропорционально небольшим, что необходимо учитывать.

Чем выше соотношение поверхности и объема здания, тем выше тепловой поток. Например, особняк имеет большую площадь поверхности, чем высотное здание. Поэтому архитектор должен соответствующим образом скорректировать базовую геометрию здания [6].

По мнению авторов, проводивших исследования соотношений в различных климатических зонах. Оптимальное отношение длины к ширине было установлено равным 1: 1,7 в жарком и влажном климате. Допустимый диапазон соотношения составляет от 1: 1,7 до 1: 3.

Кроме того, для защиты стен необходимо использовать покрытия, предотвращающие попадание дождя. Дренажные системы должны гарантировать, что вода не остается на поверхностях, а покрытие должно защищать стены.

Особое внимание следует уделять зданиям, расположенным в местности, где идут сильные дожди. Капиллярное действие может привести к дестабилизации и затоплению частей здания. Либо нужно использовать дренажные слои, либо само здание должно быть построено на колоннах.

Также необходимо учесть, что базовая нагрузка имеет большое значение для успеха зданий с нулевым потреблением энергии. Простые действия, такие

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

как замена используемых лампочек, могут существенно повлиять на энергоэффективность. Планируя системы охлаждения, вентиляторы и т. д., можно сэкономить огромное количество энергии. Кроме того, датчики могут улучшить характеристики систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (отопления, вентиляции и кондиционирования) и уровень комфорта в помещении путем измерения и регулировки температуры, влажности и воздушного потока.

Система естественной вентиляции может помочь решить проблему слишком большого количества влаги и сыграть важную роль в домах с нулевым энергопотреблением. В жарком и влажном климате для обеспечения комфортной жизненной ситуации из-за влажности требуется высокая скорость воздуха. Кроме того, хорошее качество наружного воздуха является основным требованием для обеспечения того, чтобы качество внутреннего воздуха соответствовало стандартам комфорта.

Для обеспечения воздухообмена необходимы широкие отверстия для проникновения ветра. Системы естественной вентиляции могут использовать как эффект стека, так и ветер. Можно использовать оба, чтобы иметь резервную систему, которая обеспечивает постоянную вентиляцию.

Отдельные авторы работали над обзором ветряных систем вентиляции, который суммирует большинство методов естественной вентиляции. Направление и скорость ветра в первую очередь отвечают за эффективность систем естественной вентиляции. Ветровые силы вызывают на 76% больше воздушного потока в помещении, чем при естественном движении воздуха. Преграды в помещении, которые перекрывают воздушный поток, тоже играют большую роль [4].

Размеры здания могут привести к уменьшению воздушного потока. Так, исследователи доказали, что здание размером 15 м снижает эффект естественной вентиляции.

Также есть разница в ламинарном и турбулентном ветрах. Турбулентный ветер невозможно предсказать, и он может привести к недостатку или усилению вентиляции, тогда как ламинарный ветер создает довольно устойчивую

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

вентиляцию. На побережье морской и наземный бриз можно использовать для эффективной вентиляции здания.

В жарком и засушливом климате ветряные башни в сочетании системой охлаждения, основанной на испарении, используются не только для создания воздушного потока, но и для охлаждения. Высота башни линейно зависит от объема воздушного потока, а эффективность также зависит от ширины башни. Башня должна быть достаточно высокой, чтобы не соприкасаться с турбулентными потоками воздуха вокруг крыши, а скорость ветра увеличивается с высотой. В частности, в городских условиях минимальная высота, необходимая для улавливания достаточного количества ветра для системы естественной вентиляции. Кроме того, качество воздуха обычно улучшается с увеличением высоты из-за меньшего влияния городского загрязнения.

Правильный тип и ориентация должны быть выбраны в соответствии с направлением и вариацией ветра. В случае, если ветер имеет тенденцию дуть с одного направления, четырехсторонняя ветряная мачта наиболее эффективна при ориентации под углом  $45^\circ$  к направлению ветра. Чем больше отверстий в башне, тем меньше воздушный поток. С другой стороны, влияние угла также уменьшается, чем больше отверстий в башне. При нулевом угле ветрового потока двухсторонняя башня обеспечивает наибольшее количество воздуха.

Прямоугольная ветряная башня более эффективна, чем круглая ветряная башня из-за формы прямоугольной башни. Квадратная поверхность вызывает большой дрейф ветра, следовательно, большую разницу давлений между наветренной и подветренной сторонами [3].

В зданиях в жарком и влажном климате традиционно используются легкие конструкции с низкой тепловой массой, чтобы уменьшить накопление тепла, что может отрицательно сказаться на температуре в помещении в ночное время. Строительство из термальных масс обычно применяется только в климате с высокими дневными температурами и низкой относительной влажностью.

## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Внешний изоляционный слой защищает стену от воздействия солнечного тепла и тем самым предотвращает дестабилизацию. Кроме того, предотвращаются тепловые мостики, и внутренняя сторона стены работает как теплоаккумулятор. Легкая конструкция уменьшает этот эффект. Особенно в сезон дождей, изоляционный слой должен быть защищен от сильного дождя, чтобы избежать более высокой теплопроводности и разрушения стены.

Однако затраты на изоляцию линейно растут с толщиной изоляционного слоя. Чтобы изоляция была доступной по цене, необходимо найти наиболее эффективное соотношение экономии энергии и затрат на изоляцию. В зависимости от местоположения и возникновения различные материалы могут использоваться для замены обычных веществ и улучшения экологических строительных конструкций. Вспененная пробка, древесина, солома, минеральная вата, различные виды кирпича, каменные породы и даже овечья шерсть могут быть эффективными изоляционными материалами [6].

Инновационные синтетические материалы могут быть альтернативой для улучшения энергетических характеристик и выбросов в течение всего жизненного цикла. Газобетон в автоклаве известен как материал, обладающий множеством преимуществ, которые делают его очень подходящим для жаркого и влажного климата. Он легкий, легко обрабатываемый, экологически чистый, долговечный и не разлагается при нормальных условиях. Кроме того, он сам по себе является изоляционным материалом, огнестойким и звукоизоляционным, а благодаря своему легкому весу он более безопасен в сейсмоопасных регионах, чем обычный бетон.

Как считают исследователи, другими перспективными материалами являются вермикулит, бетон, аэрогели, вакуумные изоляционные панели и полимеры с памятью формы. Следует отметить, что для их производства требуется много энергии, но она компенсирует ее в течение срока службы.

Таким образом, задача строительства зданий на территориях с экстремально жарким и влажным климатом - обеспечить тепловой комфорт при меньшем потреблении энергии. Было обнаружено, что самой большой проблемой в этих областях является влажность, что затрудняет разработку



## Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

стратегий, используемых в других климатических условиях. Одномоментного охлаждения недостаточно для обеспечения комфорта жителей, однако на инициацию данного процесса приходится большая часть энергопотребления. Также в местах, где скорость ветра достаточно высока, необходимо проектировать естественную вентиляцию. Создание энергонезависимых зданий требует различных проектных решений и стратегий для обеспечения сезонного комфорта.

### Список литературы

1. Мажанская Е.В., Калинина Д.А., Беккер М.С., Серебренникова С.А., Полегенько А.В. Анализ оценки стоимости строительства в экстремальных климатических условиях // Инновации и инвестиции. 2020. №3.
2. Сапрыкина Н.А. Моделирование жилой среды для экстремальных условий как ресурс безопасности обитания // АМИТ. 2019. №4 (49)
3. Shady Attia, Elisabeth Gratia, Andre De Herde, L.M. Jan, Hensen Tool for design decision making: zero energy residential buildings in hot humid climate 13th Conference of International Building Performance Simulation Association (2013) Chambéry, France, August 26-28
4. Naghman Khan, Yuehong Su, Saffa B. Riffat A review on wind driven ventilation techniques Energy Build., 40 (2008), pp. 1586-1604
5. Karam M. Al-Obaidi, Mazran Ismail, Abdul Malek Abdul Rahman A review of the potential of attic ventilation by passive and active turbine ventilators in tropical Malaysia Sustainable Cities Soc., 10 (2014), pp. 232-240
6. Yixing Chen, Benny Raphael, S.C. Sekhar Experimental and simulated energy performance of a personalized ventilation system with individual airflow control in a hot and humid climate Build. Environ., 96 (2016), pp. 283-292

**List of literature**

1. 1.Mazhanskaya E.V., Kalinina D.A., Becker M.S., Serebrennikova S.A., Polegenko A.V. Analysis of construction cost estimation in extreme climatic conditions // Innovations and investments. 2020. №3.
2. 2.Saprykina N.A. Modeling of the living environment for extreme conditions as a resource of habitat safety // AMIT. 2019. No. 4 (49)
3. Shady Attia, Elizabeth Grazia, Andre De Hurd, L.M. Jan, Hensen Design Decision-making Tool: Zero-energy Residential Buildings in Hot Humid Climates 13th Conference of the International Association for Building Performance Modeling (2013) Chambéry, France, August 26-28
4. 4.Nagman Khan, Yuehong Su, Saffa B. Riffat Review of wind ventilation technologies., 40 (2008), pp. 1586-1604
5. Karam M. Al-Obaidi, Mazran Ismail, Abdul Malek Abdul Rahman Review of the attic ventilation potential using passive and active turbine fans in tropical cities of Malaysia, Soc., 10 (2014), pp. 232-240
6. Yixing Chen, Benny Raphael, S.S. Sekhar Experimental and simulation energy characteristics of a personalized ventilation system with individual airflow control in hot and humid climates. Environment., 96 (2016), pp. 283-292

© Соргутов И.В., 2021 *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2021*

**Для цитирования:** Соргутов И.В. Особенности строительства зданий в условиях жаркого и влажного климата: технологии и выбор строительных материалов// Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2021.