

УДК 502/504 : 699.885

АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ЮГА РОССИИ

Поступила 19.10.2015 г.

© **С. Н. Владимиров**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)», г. Москва

ARCHITECTURAL AND PLANNING SOLUTIONS IN THE CONSTRUCTION OF INDUSTRIAL AND CIVIL BUILDINGS IN THE SOUTH OF RUSSIA

Received October 19, 2015

© **S. N. Vladimirov**

Moscow State University of Mechanical Engineering, Moscow

В статье рассматриваются проблемы проектирования и строительства промышленных объектов и гражданских зданий в условиях жаркого сухого климата на территории юга России. При проектировании зданий в этих районах необходимо учитывать поступление теплового излучения Солнца, особенно в летний период. При создании комфортной среды в этих регионах предпочтение должно отдаваться проветриванию. Для достижения комфорта необходимо соответствующее затенение помещений и наружных пространств. Чтобы избежать перегрева, необходимо обладать знаниями о характеристиках строительных материалов. Выбор строительного материала должен быть основан на его теплоинерционных свойствах и соответственно на времени запаздывания теплового потока. Плотные тяжелые материалы, такие, как глина, кирпич и камень, обладают очень высокой аккумулярующей способностью: нагрев и остывание происходят медленно, поэтому в условиях жаркого климата они обладают большим преимуществом, обеспечивая прохладу в помещении. Источником теплопоступлений и теплопотерь, который часто не учитывается проектировщиками, также являются большие площади остекления в зданиях. Широкое применение больших площадей остекления в зданиях для сухого жаркого климата привело к разработке различных типов солнцезащитных устройств.

Ключевые слова: Юг России, строительство, солнечная радиация, климатические условия, проветривание, солнцезащита, кондиционирование воздуха.

Территория Южного Федерального округа России включает в себя как равнинные территории, так и горы Кавказа. Это сказывается на направлениях ветра и распределении осадков.

В зимнее время преобладает южное направление ветра (с Грузии и Казахстана). Кавказские горы являются преградой и не пропускают их к Нижнему Поволжью. Поэтому воздушные массы приходят с севера, северо-востока и северо-запада и приносят с собой циклоны с Атлантики и антициклоны с восточной части России. В летний период основная часть воздушных масс поступает с Атлантики. При проектировании зданий в южных регионах России (территории Северного Кавказа и Нижнего Поволжья, а также республики Крым) необходимо учитывать поступление теплового излучения Солнца, особенно в летний

The article discusses the design and construction of industrial facilities and civil buildings in hot and dry climate on the territory of The South of Russia. In the design of buildings in these areas must consider the flow of heat radiation from the Sun, especially in summer. When you create a comfortable environment in these regions the preference is for air conditioning and ventilation. To achieve comfort, it is important to reduce the number of Windows and skylights. To avoid overheating, it is necessary to have knowledge about the characteristics of building materials. Choice of construction material should be based on its thermal properties, and consequently on the time lag of the heat flux. Dense heavy materials such as clay, brick and stone, have a very high heat-storage capacity: heating and cooling occurs slowly, therefore, in hot climates they have a big advantage, providing coolness in the room. The income source of heat and heat loss, which is often ignored by designers, are also large areas of glazing in buildings. Widespread use of large areas of glazing in buildings for dry hot climate led to the development of different types of sun protection devices.

Keywords: The South of Russia, construction, solar radiation, climatic conditions, ventilation, protection from solar radiation, the air conditioning.

период.

Чтобы без кондиционирования воздуха создать приемлемую среду в зданиях, проектируемых для данной местности, проектировщик должен сосредоточиться, прежде всего, на вопросах регулирования микроклимата. Это значит иметь дело с такими факторами окружающей среды, как температура, влажность, скорость движения воздуха, излучение от стен, пола, потолка и других окружающих поверхностей – всем тем, что влияет на ощущение комфорта. Если их рассматривать вместе и интерпретировать применительно к проекту, то эти физические факторы определяют специфику условий, в которых осуществляется строительство [1].

На климат региона оказывает большое влияние близость моря, которое согревает в зимний период, отдавая накоплен-

ное за лето тепло, и охлаждает весной. Высокие горы защищают от холодных ветров, дующих с материка. Ветер с моря приносит осадки, воздушные массы с материка: знойный воздух летом и заморозки зимой.

При создании комфортной среды в этих регионах предпочтение должно отдаваться проветриванию. Для достижения комфорта необходимо соответствующее затенение помещений и наружных пространств. Поскольку проветривание осуществляется за счет преобладающего направления ветров, то здание должно быть соответствующим образом ориентировано для проветривания. Радиационная тепловая энергия в форме электромагнитных волн может поступать непосредственно (без промежуточной среды), но, вступая в контакт с материалом, она может отражаться, поглощаться или передаваться далее. Таким образом, одна из главных причин дискомфорта внутри здания в сухом жарком климате – это солнечная энергия, падающая на крыши, стены и остекление и передающаяся внутрь помещения.

Количество солнечной радиации, поступающей на земную поверхность, в значительной степени зависит от высоты над уровнем моря, активности Солнца, атмосферных условий, а не от преобладающей температуры окружающей среды. Солнечная радиация повышает температуру освещаемых Солнцем поверхностей от 16,6 до 44,4 °С и вызывает перемещение воздуха, в результате чего горячий воздух попадает внутрь здания. Решение проблемы заключается в том, чтобы найти пути и средства защиты здания от такой радиации. Эффект затенения освещенных солнцем наружных поверхностей состоит в том, что температура поверхности приближается к температуре воздуха в тени: чем меньше различается температура внутри и снаружи здания, тем меньше нагретого воздуха попадает внутрь.

Не всегда удобно и экономично затенять крыши, стены же поддаются затенению различными способами. Если здание имеет вытянутую форму, то, разместив его вдоль средней линии хода Солнца и создав достаточно широкие карнизы (свесы крыши) – до 1 м или более, можно добиться того, что стены будут подвергаться минимальной солнечной радиации и, по крайней мере, одна основная стена будет получать незначительное количество солнечного тепла или вообще не будет его получать [1].

Если поступление солнечной ради-

ации из окружающей среды сведено к минимуму, то остается решить саму конструкцию здания так, чтобы сократить возможность поступления тепла за счет теплопроводности. Процесс теплопроводности представляет собой единственный способ передачи тепла твердым веществом, открытым солнечной радиации. Тепловая энергия передается от молекулы к молекуле, при этом сами молекулы не вовлекаются в движение. Хорошими проводниками тепла являются обычно металлы. Теплопроводность металла зависит от его плотности. Если компоненты структуры материала распределены недостаточно плотно, то проводимость такого материала значительно ниже проводимости материала компактной структуры, что объясняется главным образом присутствием воздуха, являющегося плохим проводником тепла. Соответственно, неметаллы и материалы с низкой плотностью наиболее эффективны в качестве теплоизоляции. Если теплопоступления от солнечной радиации обычно можно снизить посредством затеняющих устройств, отражающих покрытий, здания не отражающего лучи окружения и правильной ориентации здания, то накопление тепла за счет теплопроводности сокращается с помощью применения изоляционных средств и уменьшения площадей наружных поверхностей.

Чтобы избежать перегрева, необходимо обладать запасом сведений о характеристиках строительных материалов, особенно по отношению к изменениям температур и тепловому потоку. Количество прошедшего тепла за счет теплопроводности материала хорошо регулируется правильным выбором строительного материала, что возможно при условии сравнительной оценки поведения различных материалов в отношении их изоляционных свойств, или в отношении их общей теплопередачи, или коэффициента теплопроводности. Но количество тепла, передаваемого строительным материалом под воздействием периодического теплового потока, зависит не только от типа изоляции, но и от теплоинерционных свойств. Чем выше теплоинерционные свойства (теплоаккумулирующая способность), тем медленнее изменение температуры передается по материалу.

В ранних исследованиях рассмотрено устройство экспериментальной установки для определения статического сопротивления воздушному потоку. Спроектирована и изготовлена экспериментальная установка для определения статического сопротивле-

ния воздушному потоку [2].

Плотные тяжелые материалы, такие, как глина, кирпич и камень, обладают очень высокой аккумулярующей способностью. Требуется длительное время, чтобы их нагреть, а когда они нагреваются, то медленно остывают. Такие материалы из-за высокой теплоинерционности в условиях жаркого климата обладают большим преимуществом, так как прежде, чем передать тепло внутренним поверхностям, они должны длительное время поглощать тепло. Таким образом, они обеспечивают прохладу в помещении. Для многоэтажных зданий, где масса непосредственно влияет на конструктивное решение и стоимость, с достаточным успехом можно применять умелое сочетание теплоизоляционных и тяжелых материалов. Медленная передача тепла особенно желательна для школ и административных зданий, которые обычно используются только в дневное время. Ночью, когда наружная температура снижается, температура в помещении остается слишком высокой, чтобы считаться комфортной. В некоторых странах мира с аналогичными климатическими условиями население решает эту проблему, вынося свой быт и сон на воздух, во внутренние дворы, на веранды или крыши. Однако такой образ жизни создает ощущение недостатка уединенности и не рассчитан на неожиданное выпадение осадков. Возможное решение этих проблем заключено в создании такого проекта жилого дома, где спальня, комнаты и другие помещения, предназначенные для использования только в ночное время, строятся из легких конструкций, с хорошим проветриванием.

В сухом жарком климате должно продуманно решаться проветривание. В отличие от жаркого влажного климата, где для физиологического комфорта важно сквозное проветривание и где температура внутри здания имеет тенденцию приближаться к внешним температурам, в засушливых зонах проветривание зданий, связанное с поступлением внутрь большого количества нагретого воздуха, снижает эффект, полученный в дневное время за счет массивных тяжелых конструкций зданий. Термические условия в сухом жарком климате требуют, чтобы размер окон не превышал тот минимум, который необходим для обеспечения хорошего естественного освещения. Чтобы быстро охладить помещения после захода солнца, необходимы большие проемы, но при этом надо иметь возможность закрывать их на день, чтобы не про-

пускать внутрь нагретый воздух и пыль. Ответ на этот вопрос, вероятно, надо искать в увеличении числа дверей, которые можно оставлять широко открытыми в ночное время, если, конечно, соображения безопасности не стоят на первом месте.

Чтобы осознать влияние конструкции на климат в помещении, необходимо рассмотреть различные основные элементы конструкций зданий: стены, светопроемы, крышу, потолки и пол.

Если не учитывать действия солнечной радиации, поступающей через остекление (а это воздействие значительное), то теплопоступление от стен в обычном здании составляет незначительный процент от общего количества тепла, приходящегося на всю поверхность ограждающих конструкций. В обычный ясный день солнечные лучи попадают на каждую стену здания только в течение определенного времени. Соответственно стены нагреваются от солнца значительно меньше, чем крыша. В крупноплощадном промышленном здании общая площадь поверхности стен может быть значительно меньше, чем площадь кровли. Функция стен заключается в регулировании и контроле над поступлением тепла, воздуха, света и звука внутрь помещения и из него или в обоих направлениях. Чтобы стены хорошо выполняли эту свою функцию поддержания комфортных условий в помещении, их расчленяют на отдельные участки, состоящие из светонепроницаемых панелей, площадей остекления (светопроемов) и дверей, а также устраивают стационарные или регулируемые вентиляционные отверстия для доступа воздуха. При условии продуманного решения светопроемов (окон и дверей) и их правильного размещения теплоизоляционные свойства светонепроницаемых участков стен за счет теплоаккумуляционной способности материала весьма значительны.

Выбор строительного материала должен быть основан на его теплоинерционных свойствах и соответственно на времени запаздывания теплового потока. Это зависит от того, как и для чего будет использоваться здание. Для помещений дневного пребывания требуется материал с периодом нагрева 8...10 ч.; для жилых комнат ночного использования этот период должен быть короче, с тем, чтобы они могли быстро охладиться за ночь.

Элементы металлического каркаса, прорезающие всю толщину стены, могут создать мостик для быстрого прохождения тепловых потоков. Если стена облицована металлом, непосредственно связанным с

металлическим каркасом, то такая облицовка еще более способствует ускорению передачи тепла через стену. Однако вычисление общей теплопередачи таких конструкций очень сложно, за исключением того, когда они определены экспериментально в каждом отдельном случае.

Другими важными факторами, влияющими на температуру внутри помещения, являются теплоинерционные свойства массы таких внутренних элементов, как перегородки, мебель, отделка, которые могут получать прямую солнечную радиацию от солнечных лучей, попадающих через незатененные окна. Радиационный обмен в интерьере на поверхностях различных строительных компонентов также может подчиняться влиянию массы. Здесь особенно важно подбирать качественные строительные материалы, которые не выделяют вредные вещества при нагревании [3, 4].

Источником тепlopоступлений и тепlopотерь, который часто не учитывается проектировщиками, являются большие площади остекления в зданиях, предназначенных для сухого жаркого климата. Большинство специалистов по строительству в жарком климате единодушно придерживается мнения, что площади остекления следует сводить к тому минимуму, который допустим с точки зрения требований к нормальному естественному освещению. Основанием служит тот факт, что остекленные поверхности в летний период обуславливают накопление длинноволновой энергии внутри помещения, что порождает так называемый тепличный эффект.

Стекло обладает низкими теплоизоляционными качествами, и тепло будет всегда проходить через него при различии температур по одну и другую его сторону. Теплопередача через один слой стекла примерно в 16 раз выше, чем через затененную щитовую стену с изоляционным слоем в 10 см из минеральной ваты. Степень теплопередачи через остекление зависит также от угла наклона остекления, ориентации, широты, размера светопроема и времени года. Угол наклона — это тот фактор, который можно использовать в проектировании для регулирования количества проникающих солнечных лучей.

Главная функция светопроема — пропускать свет и обеспечивать проветривание и зрительную связь, в то же время, ограничивая воздействие неблагоприятных факторов внешней среды. Специфическая функция светопроема в условиях сухого жаркого климата, где летний перегрев со-

ставляет основной источник дискомфорта, пропускать свет, не пропуская прямых солнечных лучей. Он должен также исключить доступ горячих, сухих и пыльных ветров.

Путем введения некоторых металлических добавок в состав стекла можно добиться поглощения стеклом некоторого количества коротковолновой энергии, падающей на него, и, таким образом, снизить интенсивность поступающей радиации. Имеется большой выбор теплопоглощающих марок стекла, пропускающего от 10 до 70 % падающей солнечной радиации. Большинство из них имеет ограниченную эффективность из-за повышения собственной температуры, что в свою очередь вызывает увеличение тепlopоступлений внутрь помещения за счет конвекции и вторичной радиации. Эксперименты, проводимые в России и за рубежом, показали, что теплопоглощающее стекло по сравнению с обычным листовым снижает количество солнечной энергии на 50 %. Но это снижение частично перекрывается поглощением большого количества энергии, которая приводит к нагреванию стекла, а за счет конвекции и низкотемпературной радиации увеличиваются тепlopоступления в помещение. Общий тепловой поток, однако, значительно меньше, чем через обычное стекло.

Большой эффективностью можно достичь, если остекление применено независимо от самой конструкции и вынесено из конструкции стены в свободную позицию. Наблюдения показывают, что кроме минимального остекления площадей необходимо создание эффективных затеняющих устройств. Другой возможностью является использование светопоглощающего стекла в сочетании с обычным стеклом в виде двойного остекления. При замене освещенного солнцем одинарного остекления из обычного стекла на остекление светопоглощающим стеклом общее количество тепlopоступлений сокращается примерно на 25 %. Отсюда следует, что эффективность светопоглощающего стекла в приведенном случае невелика. При двойном остеклении снижение тепlopоступления достигает 45 % [5]. Внутреннее остекление обычным стеклом представляет собой не только защиту от слоя нагретого воздуха, которой образуется непосредственно за внешней рамой, но и служит радиационным фактором для длинноволновой энергии, получаемой от светопоглощающего стекла. Если пространство между двойным остеклением

может свободно проветриваться, так чтобы теплый воздух удалялся по возможности быстрее, то эффективность решения светопроема еще более возрастет.

Другое средство сокращения теплопередачи и поступления солнечной радиации через остекление – использование принципа отражения. Светоотражающее стекло получают путем нанесения полупрозрачного металлического слоя на поверхность стекла во время его изготовления или путем наложения светоотражающей пленки на обычное чистое стекло. Однако такие покрытия поглощают больше света, чем тепла, и поэтому снижают освещение. Но, несмотря на это, теплопоступления заметно уменьшаются.

Помимо создания высоких температур, большие остекленные площади светопроемов также создают проблему блескости. Большие светопроемы позволяют видеть большую часть небосвода почти в любой части комнаты, и поскольку яркость неба во много раз превосходит яркость внутри помещения, человеческому глазу требуются значительные усилия, чтобы приспособиться к переходу от одного уровня яркости к другому. Простейшим средством регулирования блескости от небосвода является уменьшение размеров световых проемов, что дополнительно сократит количество проникающей внутрь солнечной энергии. Если решение светопроемов и их размещение не продуманы тщательно, то блескость может значительно увеличиться за счет повышения контраста между яркостью светопроема и прилегающего простенка внутри помещения.

Широкое применение больших площадей остекления в зданиях для сухого жаркого климата привело к разработке различных типов солнцезащитных устройств, наиболее распространенными из которых являются жалюзи и солнцезерезы. Важность применения солнцезатеняющих устройств того или иного типа невозможно переоценить, особенно если они сделаны из тонкого материала и используются снаружи.

Эффективность наружных устройств возрастает, если они белого или другого светлого цвета. Если попадание прямого солнечного света исключается, то земля и окружающие здания представляют собой основной источник отраженного света и радиационной энергии. Это можно регулировать с помощью газонов (травяного покрытия) и озеленения, которое будет способствовать затенению пространства вблизи зданий.

Кровля может быть главным источником перегрева, поскольку она непосредственно обращена к солнцу и имеет достаточно большую площадь. Интенсивная солнечная радиация вызывает в течение дня значительный перегрев и за счет теплопередачи повышает температуру чердачного перекрытия. Чердачные перекрытия, не имеющие теплоизоляции, могут нагреться до температуры, превышающей 65°C, тогда как температура внешней среды составляет всего 30 °C. Основным следствием этого является повышение температуры поверхности потолка, который в свою очередь отдает тепло другим поверхностям и людям, находящимся в здании, таким образом усиливая физиологический дискомфорт.

Имеется много способов, с помощью которых можно уменьшить поток теплопоступления, но самым радикальным из них является уменьшение поглощения солнечной радиации поверхностью кровли и тем самым понижение ее температуры и снижение температурного градиента в конструкции кровли за счет использования для кровли материалов с низкой теплопроводностью.

Значения отражающей способности кровли нельзя недооценивать. Отражающая способность поверхности определяется числовым коэффициентом: отношением количества отраженной радиационной энергии к количеству радиационной энергии, падающей на поверхность. Коэффициент отражения, так же как коэффициент поглощения, для многих распространенных кровельных материалов известен. Теплозащитная способность кровли из современных материалов различается в значительной степени. Например, рифленое железо, как и листовой асбест, если его периодически не обрабатывать специальными покрытиями, представляет собой весьма бедный кровельный материал.

Покрытие белым или другим светлым цветом наружных поверхностей в целях отражения тепловой радиации – это хорошо известное средство улучшения теплоустойчивости кровли. Белый цвет наиболее эффективен с точки зрения снижения температуры на поверхности кровли, хотя его способность поглощать солнечную радиацию ненамного выше, чем та же способность светлого металла. Этот кажущийся парадокс объясняется тем, что белые поверхности обладают высокой излучающей способностью для длинноволновой радиации, такой, какая бывает при диапазоне температур 10...38 °C, тогда как соответст-

вующая излучающая способность металлов весьма низкая. Таким образом, если белые поверхности поглощают несколько большую часть поступающей коротковолновой солнечной радиации, чем металлические поверхности, они могут рассеивать накопленное тепло в окружающую среду посредством длинноволновой вторичной радиации и снижать температуру, тогда как металлы вследствие низкой излучающей способности подвержены эффекту наращивания температуры.

Теплоустойчивость кровли непосредственно связана с высотой потолка. При сухом жарком климате высокие потолки зданий более эффективны для создания прохлады в помещении. Поэтому, с точки зрения физического комфорта существенными факторами следует считать необходимость достаточного пространства над головой во избежание перегрева, обеспечение хорошего уровня естественного освещения, регулирование проветривания и предотвращение превышения уровня шума [6].

Выводы

Независимо от наличия каких-либо дополнительных факторов, массивные тяжелые материалы оказывают стабилизирующий эффект на микроклимат внутри зданий, возводимых в условиях сухого жаркого климата. Вторым очевидным и важным условием является необходимость сокращать площади остекления до абсолютного минимума, обеспечивая при этом необходимый уровень освещенности и регулируя блескость с помощью соответствующих технических и планировочных средств.

Хотя конструкции из тяжелых материалов отвечают требованиям условий сухого жаркого климата, тем не менее, нельзя игнорировать растущую популярность легких конструкций, основанную на их экономичности, особенно за счет затрат и транспорта. Комфортные условия для жизни и работы в сухом жарком климате требуют значительного снижения и эффективного регулирования температуры воздуха, что в свою очередь можно достичь за счет регулирования влажности. Обеспечение этого условия в зданиях из легких конструкций требует использования технических средств и применения соответствующих систем и оборудования. Даже если такие возможности имеются, необходимо помнить, что технические средства,

такие, как частичное или полное кондиционирование воздуха, представляют собой всего лишь способ обеспечения удовлетворительной микроклиматической среды за счет удаления поступающего в помещение тепла, а не средство сокращения самих теплопоступлений в здание. Когда в здании не предусматривается кондиционирования воздуха, а обеспечение физического комфорта ставится основной целью, то необходимо принять соответствующие меры для сокращения радиационных теплопоступлений; однако такие меры в равной степени необходимы для зданий с кондиционированием, если величина тепловых нагрузок может сделать работу системы кондиционирования экономически неэффективной.

Библиографический список

1. Саини В. С. Исследование проблем строительства в районах с сухим жарким климатом. – Москва.: Стройиздат, 1980.
2. Курылев В. В., Владимиров С. Н. Факторы, влияющие на эффективность каталитической очистки воздуха от загрязнителей // Экология и строительство. – 2015. – № 1. – С. 15–18.
3. Владимиров С. Н. Эколого-гигиенические требования при производстве строительных материалов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2014. – № 3–1 – С. 39–41.
4. «Санитарно-гигиеническая оценка полимерных и полимерсодержащих строительных материалов и конструкций, предназначенных для применения в строительстве жилых, общественных и промышленных зданий», утвержденные Главным государственным санитарным врачом РФ 06.01.2004: МУ 2.1.2.1829-04 [Электронный ресурс]. – URL: http://infosait.ru/norma_doc/44/44764/index.htm (дата обращения 02.11.2015).
5. Саини В. С. Строительство и окружающая среда: [пер. с англ.]. – М.: Стройиздат, 1980.
6. I. S. Groundwater. Solar Radiation in Air Conditioning. – London: Crosby Lockwood Son, 1997.

Сведения об авторе

Владимиров Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент (e-mail: snvl@mail.ru).

Information about the author

Vladimirov Sergei Nikolaevich, candidate of technical sciences, associate professor (e-mail: snvl@mail.ru).