

Обзор и обобщенный анализ необходимости повышения энергетического анализа моделей пассивных солнечных систем

Станков Б.Н.

Технический Университет – София

Пассивные солнечные системы являются устойчивыми и часто недорогим решением для использования энергии солнца для обогрева и охлаждения здания, но ограничения существующих модели для оценки их энергетических эффективности уменьшает их применимости. Исследования проводятся в ТУ-София для повышения знаний по энергетическим характеристикам пассивных солнечных элементов, и обеспечить более надежные модели. Эта работа является частью программы работы исследовательского проекта, финансируемого Национальным научным фондом по договору ДУНК-01/3/2009: "Создание университетского научно-исследовательского комплекса для инноваций и передачи знаний в области микро/нано технологии и материалов, энергоэффективности и виртуальной инженерии".

Ключевые слова: пассивные солнечные системы, модели оценки энергии.

Использование солнечной энергии является одним из самых старых и проверенных стратегий по снижению потребления невозобновляемых источников энергии для кондиционирования пространства и освещения в зданиях. Прямое использование солнечной энергии может быть достигнуто активным или пассивным способом. В то время как активная система всегда предполагает использование внешней энергии (например, насосы) для функции, пассивные системы в целом системы, которые поглощают солнечную энергию непосредственно в здание, коллектор обычно является неотъемлемой частью самого здания [1]. Пассивная система может быть определена как та, в которой тепловая энергия проходит через здание (сбора, хранения, распределения) естественным путем (излучения, теплопроводности и конвекции), что позволяет системе работать без внешнего источника питания [2]. Ограждающие конструкции являются одним из важнейших элементов пассивного солнечного дизайна, потому что она имеет большое влияние на отопление и охлаждение нагрузки, необходимые для поддержания удовлетворительных условий интерьера [3]. В дополнение к этому, ограждающие конструкции также играют важные роли другие и хорошего дизайна конверта должно быть результатом системного подхода, с учетом всех соответствующих элементов [3].

Оптимизация проектирования для низкоэнергетических зданий

Несмотря на традиционный подход, продемонстрированный на протяжении веков может обеспечить пассивную солнечную оптимизацию в некоторой степени, системный подход, который необходим для общей оценки эффективности зданий требует неотъемлемого процесса принятия решений с участием всех основных заинтересованных сторон со зданием. Интегрированный процесс проектирования препятствует традиционной последовательной философии проектирования зданий и способствует целостному взаимодействию членов проектной команды (в том числе архитекторов и инженеров) на всех этапах процесса проектирования [4][5]. Интегрированный дизайн наиболее эффективен, когда ключевые вопросы решаются на ранних стадиях процесса проектирования. Получение правильных вещей требует интегральной оценки влияния предлагаемых проектных решений на основе тщательного анализа каждого из вариантов с правильным и надежным инструментом. Этот инструмент должен позволить проектной группе создать модель здания, в том числе предлагаемого решения, а затем определить ее общую эффективность энергии через симулирование модели. Энергия анализа инструментов, которые подходят для этой цели приближаются к моделированию среды, в котором отчитывают полную сложность здания и его энергетических систем [6].

В то же время "от 75% до 85% всех зданий, которые будут существовать в городских районах в 2030 году, существуют сегодня" [7] и существующие здания будет по-прежнему составлять большую часть энергии в обозримом будущем. Поэтому важно помнить, что "наибольшие возможности для общего сокращения потребления первичной энергии в пределах существующего фонда зданий" [7]. Существующие здания создают дополнительные проблемы, потому что оптимизация энергетической эффективности должны быть совместимы с существующей структурой и опции, следовательно, ограничен. Принимая во внимание важность существующих зданий на глобальное потребление энергии, которая будет относиться в будущем, многие правительства влияют на продвижения энергоэффективности аудита существующих зданий с целью стимулирования владельцев зданий для улучшения энергетической эффективности зданий. Моделирование энергетики является неотъемлемой частью такого аудита. Таким образом, вышеупомянутые инструменты анализа энергии важны не только при проектировании новых зданий, но может быть еще более ценно в целом, когда применяется для оценки возможности модернизации существующих зданий.

Кроме того, несмотря на понятны опасения, что владельцы зданий и подрядчиков по первоначальной стоимости строительного проекта, ключевым элементом надо помнить, что в жизненном цикле строительства, первоначальная стоимость строительства составляет всего 2%, а операционные и энергетические затраты только 6%, основные затраты в том, что из зданием пассажиров - 92% [7].

Комфортные условия в помещении, непосредственно связаны с жильцами удовлетворение и в свою очередь на их производительность. Поэтому принципиально важно, чтобы баланс между первоначальной стоимостью, энергетической эффективности, комфорт и условий окружающей среды. Негативное воздействие на окружающую среду, имеет и косвенное, но неизбежное негативное воздействие на благополучие человека, которое не всегда возможно определить в денежном выражении, но и представляет серьезную потерю для общества [3].

Энергоэффективности пассивной солнечной системы

Пассивные солнечные системы являются устойчивыми и часто недорогим решением для использования энергии солнца для обогрева и охлаждения (тепловые системы), и осветить (естественное освещение систем) здания. Тепловые системы обычно состоят из четырех компонентов: (1) сбор, (2), хранения, (3) распространение и (4) контроль [8]. Но часто более чем одну из этих функций могут быть включены в один из компонентов системы. Кроме того, в пассивное солнечное здание, солнечные элементы являются частью самого здания, а не отдельных подсистем. Поэтому пассивные солнечные системы отопления часто классифицируются на взаимосвязь между солнечной системой и зданием, то есть, будет ли солнечная система являются частью комнаты нагрева, частью здания, или полностью отдельной от здания. Используя эту аргументацию, есть три категории пассивных солнечных систем: (1) прямой системы сбора, (2) косвенные системы сбора (например, стеной Tromba, крыши пруды, вентилируемые фасады) и (3) изолированной системы сбора (прилагается теплицах) [8]. Хотя большая часть тепловых систем могут использоваться для отопления (например, невентилируемыми стеной Tromba, прямого системы), некоторые из них могут быть использованы для охлаждения - через естественную вентиляцию (например, вентилируемые фасады, вентилируемыми стеной Tromba, солнечный комин). На самом деле вентилируемые фасады обеспечивают двойную возможность тепла и охлаждения здания в разные периоды, а также позволяет естественное освещение.

Даже в условиях холодного климата количество полезной солнечной энергии, достигающей земли зимой больше суточной потребности нагрева хорошо изолированного дома, а солнце также является практически неисчерпаемым источником энергии [2]. Однако существуют три основные проблемы ограничения возможности использования этого источника энергии. Первая основная проблема в использовании солнечной энергии для отопления, что большинство солнечного тепла доступна в сезон, когда меньше всего требуется отопление. Напротив отопление требуется, когда есть несколько часов в день солнечного света [2]. Вторая проблема заключается в низкой плотности потока солнечного излучения, которое необходимо использовать для больших поверхностей, чтобы забрать его.

Третьей проблемой является его прерывистость. Солнечная энергия имеет регулярные суточные и годовые циклы, в то время она также будет недоступна в периоды плохой погоды. Эти ежедневные и сезонные колебания освещенности, усугубляются в связи с изменениями погоды, ввести особые проблемы в хранении и распространении этой энергии, которые полностью отличаются от проблем, связанных с использованием традиционных источников энергии [9]. Таким образом, большая часть солнечного облучения может приводить к ненужным внутреннему росту температуры, что приводит к неприемлемому перегреву пространства и вызывает необходимость усиленную вентиляцию или охлаждение помещений. Таким образом, лишь малую часть доступной тепловой прибыли будет эффективно использоваться для уменьшения спроса на нагрев [10].

Утилизация солнечной радиации в значительной степени определяется тепловой массой здания и накоплением возможной пассивной солнечной системы в частности. Хотя, когда не используется непосредственно, тепловыгода снижается, из-за тепловых потерь в течение долгого времени, тепловые хранения могут обеспечить два основных преимущества - время задержки тепла прибыли к зданию на более поздний период, когда эти достижения не требуется и пространство защита от перегрева и высокой колебания температуры [10]. Например, в качестве общих принципов, на невентилируемые стены Tromba время задержки тепла, как правило, около часа на 25 мм толщина стенки [11]. Другой важный механизм для контроля теплового усиления теней затенением контроль окна могут быть разных типов и "управляемость", начиная от штор, свесы и жалюзи, так же как использование лиственных деревьев. Подвижный внешний оттенки одной из возможных стратегий, что обеспечивает большую управляемость, но включает в себя дополнительное техническое обслуживание и обслуживанию [13]. В вентилируемых системах контроля потока воздуха через вентиляционные отверстия настройки является дополнительным механизмом контроля, который обеспечивает больше управляемости, но опять же добавляя техническому обслуживанию и эксплуатации вопросы. При пассивной солнечной системы для охлаждения, основным показателем эффективности будет способность системы, чтобы вызвать естественную вентиляцию при минимальном дополнительном притоке тепла в здание через систему.

Модели оценки энергии

Как упоминалось ранее, дизайнеров и аудиторов энергоэффективности требует надежных моделей оценки энергии для того, чтобы определить фактическое влияние пассивных солнечных систем на общую энергетическую эффективность зданий, а также правильно оценить применимость пассивной солнечной системы в каждом конкретном случае. Директива 2010/31/EU по энергетической эффективности зданий устанавливает общие рамки для того, чтобы способствовать улучшению энергоэффективности зданий в рамках

Европейского союза (ЕС) [14]. В рамках соответствий с этой директивой, каждая из стран-членов ЕС разработала методологию для оценки энергетической эффективности создания [14][15], либо через более сложные инструменты динамического моделирования или упрощенной квази-стационарные почасовой или ежемесячной методов, указанных в стандарте ISO 13790 [16].

Динамическое моделирование пассивных солнечных систем в контексте общей оценки энергетической эффективности зданий можно с программным обеспечением, такие инструменты, как BLAST, DOE-2, TRNSYS, SUNREL, EnergyPlus и ESP-g [17][18]. Между тем разработка инструментов энергия моделирования сложных и дорогих деятельности и современных программ моделирования, такие как вышеупомянутые, развивались в течение десятилетий под авторством десятков исследователей и разработчиков. Кроме того, после завершения, эти модели являются сложными и требуют медленной кривой обучения, которая ограничивает их привлекательность для потенциальных пользователей. Следовательно, большинство разработок, финансируемых государством и происходит либо в университет или государственные научно-исследовательские, так как из-за высоких затрат на разработку и относительно небольшой потенциал для каждого из пользователей, мало стимулов для инвестиций частного сектора в этой области [6].

Упрощенные методы, такие как методологии ISO 13790 гораздо требуют отрасли, потому что, несмотря на превосходство в точности, динамические инструменты требуют большого количества времени, чтобы потратить на обучение пользователей и моделирования и моделирования каждого конкретного здания или системы. С другой стороны пассивной солнечной системы имеют определенные сложности конструкции и проблемы не встречаются в традиционных энергетических систем [12]. Динамическое поведение этих систем способствует использование динамического моделирования и усложняет задачу создания надежной упрощенные модели, которые могут описать переходных процессов теплообмена в квази-стационарные способом, совместимым с методологией ISO 13790. Некоторые модели расчета совместима с общей философией стандартных ранее разработанные, например, солнечной нагрузки соотношение (SLR) метод [19] и не утилизируемых выгоды (UU) метод [20], что позволяет моделирование для прямой системы сбора, прилагается теплицах и стеной Tromba. Метод SLR основан на использовании эмпирических корреляций и табличные значения, чтобы найти соотношение ежемесячного количества солнечной энергии, поглощаемой системой и месячная нагрузка отопления здания, а затем часть общей нагрузки отопления здания поставляется пассивной солнечной системы.

Аналогичным образом UU метод также использует эмпирические корреляции найти долю общей нагрузки отопления здания поставляется пассивной солнечной системы, но несколько более сложная и более гибкая. Он

основан на предположении, что пассивная солнечная система может рассматриваться как коллектор с емкостью конечно, тепло усиление которых может быть определен путем нахождения решения для пограничных случаев бесконечной емкости и нулевой емкости, а затем расчет коэффициент, представляющий фактическое тепло аккумулирующей способности системы. Одним из основных элементов этого метода являются расчета ежедневных "утилизируемости" солнечных энергии от системы [20][21] – фактор, который суммирует взаимоотношения между вариации солнечного излучения и вариации теплового баланса здания в течение дня.

Утилизируемость можно рассматривать как статистики излучения, в которой избыток энергии (неутилизируемой энергии), которые не могут быть сохранены в строительной конструкции можно оценить [22]. Среднемесячная дневная утилизируемость определяется как сумма по всем часам и дням радиации на наклонной поверхности, что выше критического уровня (неутилизируемой энергии), деленное на общее ежемесячное излучения. Одним из ключевых климатических параметров, который позволяет обобщение месячного ясность неба место [12], определяется как отношение (в горизонтальной плоскости) месячных среднесуточные глобальной радиации и ежемесячный среднесуточные внеземного излучения (параметры, которые являются относительно легко определить). Этот фактор предназначен для обобщения вариаций солнечной энергии в связи с погодными факторами.

Обе модели (и других аналогичных моделей, которые здесь не упоминаются), однако есть некоторые серьезные ограничения. Одним из них является отсутствие возможности для моделирования различных конфигураций системы. SLR метод дает возможность моделировать ограниченное число справочных систем (конфигураций), хотя чувствительность кривые могут быть использованы для определения производительности вне этих границ [12]. Кроме того, ряд допущений при разработке корреляции, например, в ограниченном диапазоне комнатных температур и тени считается незначительным [20]. Это ограничение распространяется также в несколько меньшей степени на UU метод. Два подхода могут быть приняты для решения этого ограничения - для разработки более эталонные конфигурации и дополнительные кривые чувствительности или улучшить, или разработать новые алгоритмы, которые могут обеспечить большую гибкость моделей.

Пассивные солнечные системы, которые могут обеспечить отопление и охлаждение обеспечивает дополнительную проблему. Обновление существующих DIN 18599 модел для прилагается теплицах (зимний сад) была разработана от BESTFACADE проекта, для оценки энергетической эффективности вентилируемых фасадов [23]. Эта модель (BESTFACADE обновления) используется для определения интенсивности вентиляции в фасадной конструкции. Два подхода к этому даны: упрощенный, который основан на

табличные значения и детального подхода, где корреляции используется для определения передачи вентиляции тепловой коэффициент и средней температуры в воздухе полости. Вообще, в этой модели описания системы является более аналитическим и дает больше свободы пользователю. С другой стороны, в результате того, есть большой запас на ошибки со стороны пользователя при моделировании системы, так как модель требует ввода данных, которые могут быть слишком трудно определить. Это также означает, что пользователь может дать неправильную физическую интерпретацию некоторых параметров и их значений. Это ограничение усугубляется на начальных этапах процесса проектирования или при быстрой оценки различных вариантов требуется. В этих случаях многие параметры могут быть неизвестными и лучшее решение должно быть найдено между многими альтернативами.

С учетом вышеупомянутого - колебания солнечного излучения, аккумулярование тепла, тени и отверстия, пассивные солнечные системы обладают выраженным переходным (динамическим) поведением. Тот факт, что эти системы являются "пассивными", а значит в определенной степени неуправляемой, определяет эту мимолетность и осложняет задачу прогнозирования их энергетической эффективности с квази-стационарные модели. Несмотря на то, что утилизируемость (UU метод) являются стратегии для борьбы с задачей обобщения динамики солнечной радиации в квази-стационарных условиях, ни одна из моделей обеспечивает надежный подход к описанию различных режимах работы (определения динамических характеристик системы) пока нет.

Заключение

Анализ существующих упрощенных моделей для оценки энергетической эффективности пассивных солнечных систем показывает, что они имеют ограничения уменьшения их применения. Разрыв, существующий между применимости и доступности энергии инструменты моделирования для пассивной солнечной системы должен быть заполнен. Это означает, преодолеть противоречие между сложностью динамических инструментов моделирования, а также необходимость для упрощенных моделей энергии, с одной стороны, и сложностью теплового баланса пассивных солнечных систем и потребность в энергии модели, которые могут охватить этой сложности для обеспечения точные результаты, с другой. Если это препятствие преодолено, можно будет значительно увеличить количество успешных применений пассивной солнечной системы в строительной отрасли. Это может быть достигнуто путем разработки новых моделей, которые достаточно просты, чтобы иметь больше потенциальных пользователей, в то время как требуется ограниченное количество входных параметров, чтобы обеспечить возможность для оценки большого числа возможных решений в сжатые сроки. Эти модели должны в то же время обеспечить умные алгоритмы, которые в состоянии обеспечить точное описание

динамики систем и дает надежные результаты. Это может быть особенно полезно на ранних стадиях разработки проекта здания или для выполнения первоначальной оценки большого количества мер по повышению энергоэффективности для конкретного проекта.

В какой-то степени существующие модели и предыдущие результаты исследований служат основой для разработки новых моделей, но целенаправленных исследований необходимы для того, чтобы обеспечить возможность для выявления усовершенствованных моделей с более широкое применение и большей точностью. В рамках этой работы настоящее время созданы в Техническом Университете Софии создан полигон, состоящий из модульных дома с пассивным солнечным элементам интегрироваться в оболочку здания. Комбинированных активно-пассивного эксперимента, в том числе измерения всех важных параметров, влияющих на энергоэффективность пассивных солнечных элементов осуществляется на полигоне воли, а также ряд динамического моделирования различных физических конфигураций и режимов работы. Основная задача заключается в выявлении новых моделей, которые могут служить в качестве инструмента для быстрой и надежной оценки энергетической эффективности пассивной солнечной системы.

Список литературы

1. Leija, M. (2009) Space heating design options for Anheuser Busch's storage facility. Thesis (M.Sc.). California State University: Sacramento, California.
2. Psarompas, A. (2001) Solarwall energy performance assessment. Thesis (M.Sc.). University of Strathclyde: Glasgow, UK.
3. Warren, P. (2003) Integral building envelope performance assessment. Hertfordshire, United Kingdom: Faber Maunsell.
4. ASHRAE (2006) ASHRAE GreenGuide. 2nd ed. Burlington, Massachusetts: Butterworth-Heinemann.
5. ASHRAE Handbook - HVAC Applications (2007) Atlanta, Georgia: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
6. Charron, R. and Athienitis, A. (2006) 'Design and optimization of net zero energy solar homes', ASHRAE Transaction, 112 (2), pp.285-295.
7. Holness, G. (2009) 'Sustaining our future by rebuilding our past', ASHRAE Journal, 51 (8), pp.16-21.
8. USAF passive solar handbook, Volume I: Introduction to passive solar concepts (n.d.) Boulder, Colorado: USAF.
9. Okpani, P. and Nnabuchi, M. (2009) 'Determination of hourly temperature variation in the elements of a poultry brooder pen heated by Trombe wall', The Pacific Journal of Science and Technology, 10 (2), pp.905-918.
10. Kisilewicz, T. (2009) 'Glazed building wall as a solar thermal collector', Archives of Civil and Mechanical Engineering, 9 (1).

11. Torcellini, P., Pless, S., Judkoff, R. and Crawley, D. (2007) 'Solar technologies and the building envelope', *ASHRAE Journal*, 49 (4), pp.14-22.
12. Reddy, T.A., Battisti, R., Schweiger, H., Weiss, W., Morehouse, J.H., Vijayaraghavan, S. and Goswami, D.Y. (2007) 'Solar thermal energy conversion' in: Kreith, F. and Goswami, D.Y. (eds) *Handbook of energy efficiency and renewable energy*. UK: Taylor & Francis.
13. Long, N., Pless, S., Torcellini, P. and Judkoff, R. (2006) 'Evaluation of the low-energy design process and energy performance of the Zion National Park visitor center', *ASHRAE Transactions*, 112 (1), pp.321-340.
14. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council (2010) *Energy performance of buildings*.
15. Ruiz-Pardo, A., Dominguez, S.A. and Fernandez, J.A.S. (2010) 'Revision of the Trombe wall calculation method proposed by UNE-EN ISO 13790', *Energy and Buildings*, 42, pp.763-773.
16. Международная организация по стандартизации (2008) *ISO 13790:2008. Энергетические характеристики зданий. Расчет расхода энергии для отопления и охлаждения помещений*.
17. Ellis, P. (2003) *Development and validation of the unvented Trombe wall model in EnergyPlus*. Thesis (M.Sc.). University of Illinois at Urbana-Champaign: Urbana, Illinois.
18. Dickson, A. (2004) *Modelling double-skin façades*. Thesis (M.Sc.). University of Strathclyde: Glasgow, UK.
19. Balcomb, J.D. and McFarland, R.D. (1978) 'A simple empirical method for estimating the performance of a passive solar heated building of the thermal storage wall type'. *Proceedings of the Second National Passive Solar Conference*, Philadelphia, PA, 16-18 March.
20. Duffie, J. and Beckman, W. (2006) *Solar engineering of thermal processes*. 3rd ed. Hoboken, NJ: Wiley, pp.733-759.
21. Klein, S. and Beckman, W. (1984) 'Review of solar radiation utilizability', *Transactions of the ASME*, 106.
22. Ozbalta, T. and Kartal, S. (2010) 'Heat gain through Trombe wall using solar energy in a cold region of Turkey', *Scientific Research and Essays*, 5 (18), pp.2768-2778.
23. Erhorn, H. (ed.) (2007) *BESTFACADE WP 4 Report "Simple calculation method"*.

Overview and general analysis of the need for improving energy analysis models for passive solar systems

Stankov B.N.

Technical University of Sofia

Passive solar systems are a sustainable and often cost-effective solution for utilization of solar energy for heating and cooling buildings, but limitations of existing models for evaluation of their energy performance diminish their applicability. Research is carried out in TU-Sofia in order to increase knowledge on the energy characteristics of passive solar envelope elements, and to provide more reliable models. This work is done as part of research project funded by The National Science Fund, under contract DUNK-01/3/2009: “Creation of a University research and development complex for innovation and transfer of knowledge in the fields of micro/nano technologies and materials, energy efficiency and virtual engineering”.

Key words: passive solar systems, energy analysis models.