

# СПОСОБЫ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ЛЮДЕЙ И ИХ ЗАСЕЛЕННОСТИ НА ЭНЕРГОМОДЕЛИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ

<sup>1</sup>докторант Нурланулы А.,

<sup>2</sup>д-р, проф. Палов И.,

<sup>1</sup>к.т.н., проф. Стояк В. В.,

<sup>3</sup>магистр Дауренбаева Н. А.,

<sup>2</sup>д-р, доц. Сираков К.

<sup>1</sup>Казахстан, г. Алматы, НАО Алматинский университет энергетики и связи,

<sup>2</sup>Болгария, г. Русе, Русенский университет,

<sup>3</sup>г. Алматы, Казахский Национальный Исследовательский Университет им. К.И. Сатпаева

DOI: [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_ws/31012019/6294](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31012019/6294)

## ARTICLE INFO

**Received:** 24 November 2018

**Accepted:** 16 January 2019

**Published:** 31 January 2019

## KEYWORDS

heating,  
ventilation and air conditioning (HVAC),  
human behavior,  
energy modeling of buildings,  
occupancy,  
data collection technology.

## ABSTRACT

The article is devoted to the actual problem: the study of human behavior in the house and its role in the overall life of the building in the field of energy consumption. The authors of the work seeks to follow the process of behavior of tenants. The article an analysis of the views of researchers aimed at developing various approaches to obtaining and modeling information about the behavior of people in buildings. As a research task, the authors determined an attempt to assess the potential for energy saving from human behavior in residential and commercial buildings. The paper presents modern data collection technologies for research related to human behavior. The question of modeling building occupancy by developing a software module, which could model different levels of occupancy of a building with people will continue to be controversial. The article summarizes some results of the most dominant parameters of modeling human behavior.

As a result of the analysis, the authors identified basic moments and recommendations for future research.

**Citation:** Нурланулы А., Палов И., Стояк В. В., Дауренбаева Н. А., Сираков К. (2019) Sposoby Ucheta Vliyaniya Povedeniya Lyudej i ih Zaselennosti na Ehnergomodelirovanie Zdanij. *World Science*. 1(41), Vol.1. doi: 10.31435/rsglobal\_ws/31012019/6294

**Copyright:** © 2019 Нурланулы А., Палов И., Стояк В. В., Дауренбаева Н. А., Сираков К. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

**Введение.** В последнее время наблюдается рост внимания научно-исследовательского сообщества на изучение вопросов поведения человека в доме и его роли в общей жизнедеятельности здания в области энергопотребления.

Поведение жильцов и обитателей здания напрямую влияют на энергопотребление и эффективность энергосберегающих технологий в здании. Данное влияние выражается в управлении устройствами и системами в здании, такими как открытие/закрытие окон, управление освещением, системами отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВК) и др. К тому же, неопределенность, вызванная поведением жильцов, обуславливает существенное расхождение между прогнозируемым и фактическим потреблением энергии в здании.

Кроме того, при проектировании систем управления энергоснабжением зданий и моделировании тепловых балансов зданий зачастую статус жильца и его поведение принимают

детерминированным или статическим. Это также приводит к существенному расхождению между имитируемым и фактическим энергопотреблением. Большинство традиционных инженерных систем зданий функционирует на основе фиксированного графика работы и посещаемости людей, что чаще всего не соответствует реальному графику посещения и приводит к нарушению комфортных условий жизнедеятельности работников.

**Так, в работе** [1] приводится глубокий анализ поведения людей и их роли потребления энергии в здании, фокусирующийся на четырех критических темах исследования:

- 1) современное понимание поведение человека, в частности его принятие решений для открытия окон, управления освещением и ОВК;
- 2) методы и техники для сбора данных о жизнедеятельности здания;
- 3) количественное моделирование поведения людей в здании;
- 4) оценка потенциала энергосбережения путем анализа поведения людей.

По результатам исследований, авторы оценили потенциал энергосбережения от поведения человека от 10% до 25% в жилых зданиях и от 5% до 30% в коммерческих зданиях.

Существует большое количество исследований, направленных на разработку различных подходов к получению и моделированию информации о поведении обитателей в зданиях. Связанные с этим исследования начались с простого отслеживания статуса присутствия/отсутствия в помещениях или зданиях людей, а затем определения количества людей в определенном месте и в определенные периоды времени. Эта концепция часто упоминается как «заселенность здания», которую можно рассматривать как первый уровень моделирования поведения обитателей здания. Например, авторы работы [2] разработали модель прогнозирования заселенности здания, включающая в себя также прогноз продолжительности отсутствия и присутствия людей в здании. Модель основывается на методах неконтролируемой кластеризации (классификация событий на «отправление» и «прибытие») и Expectation-Maximization (EM) – алгоритмах (максимизация ожиданий). Авторы утверждают, что по результатам исследований и практическом применении разработанной модели на примере семьи (состоящей из 4 человек) точность прогнозирования составляет от 80% до 90 %, которое больше, чем выше объявленное (10...25) %.

Однако, информации о заселенности недостаточно для отражения взаимодействия между жильцами и зданием. Более того, иногда в литературе используются две терминологии «поведение жильцов» и «заселенность». Например, авторы [3] разработали алгоритм для изучения поведения жильцов, но в исследовании был смоделирован только статус присутствия людей. Авторы работы [4] утверждают, что их предлагаемый подход можно оценить, как поведение жильца влияет на потребление энергии, в то время как они фактически учитывают только количество жильцов с энергетическими расходами здания.

Моделирование поведения жильцов требует более детализированного и сложного подхода, чем определение заселенности здания [5]. С точки зрения поведения, жильцы в зданиях обычно ведут себя двумя способами: адаптация к внутренней среде и поведение между самими жильцами. Поведение, связанное с окружающей средой, может включать: включение/выключение освещения, открытие/закрытие окон или регулировку термостата, тогда как личное поведение заключается в изменении слоев одежды, позиций или жестов и т. д.

На рисунке 1 показаны современные технологии сбора данных для исследований, связанных с поведением человека. Примечательно, что, хотя технологии обеспечивают достаточное удобство для записи данных, наиболее важной задачей является определение ключевых параметров для измерения, чтобы избежать ненужного и избыточного сбора данных.

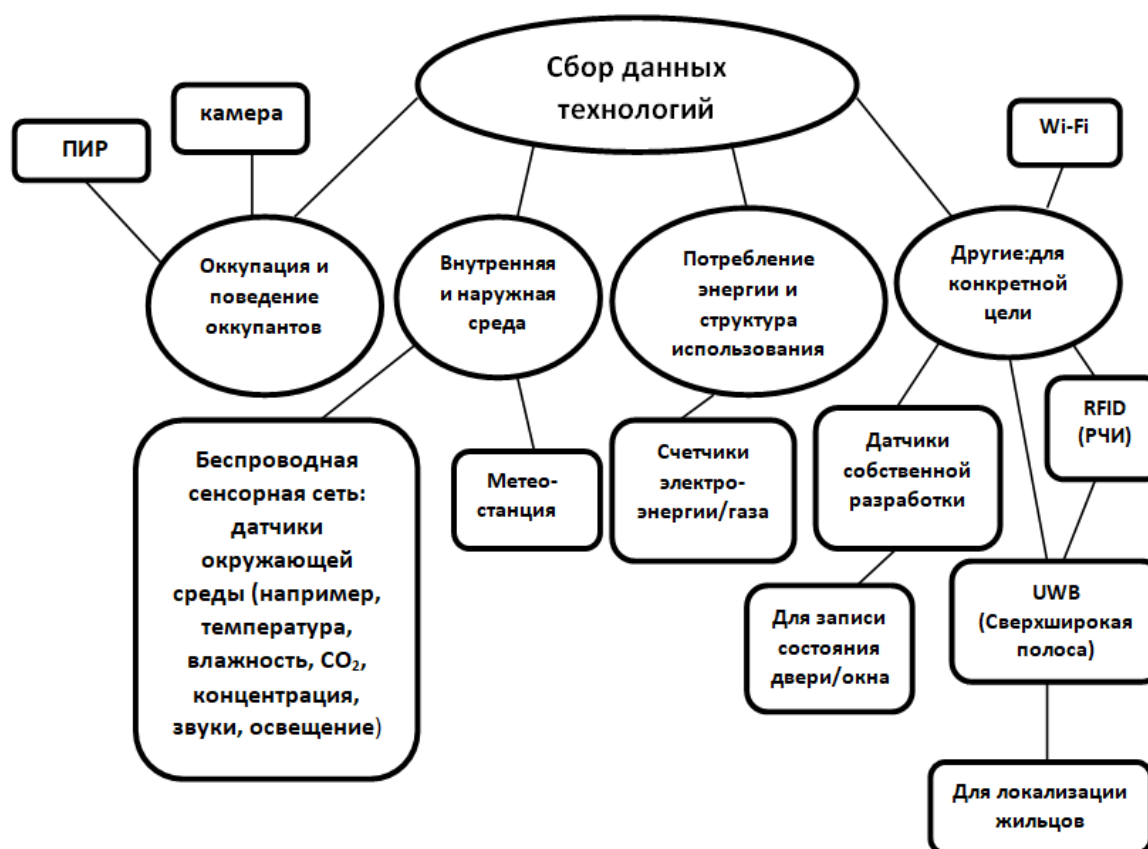


Рис. 1. Современные технологии сбора данных для моделирования поведения жильцов

**ПИР** (пенополиизоцианурат) – это полимер, родственный PUR (пенополиуретану или ППУ), имеющий закрытую ячеистую структуру (<http://ipsbel.by/pir.html>)

**(RFID – Radio Frequency Identification; РЧИ – радиочастотная идентификация)** – это технология бесконтактного обмена данными, основанная на использовании радиочастотного электромагнитного излучения. RFID применяется для автоматической идентификации и учета объектов. (<http://www.rst-invent.ru/faq/>)

#### Основные моменты и рекомендации для будущих исследований

На основе проведенного литературного исследования можно выделить следующие основные моменты и рекомендации для будущих исследований:

1. *Выбор и размещение датчиков для сбора данных о заселенности здания недостаточно изучены:* во многих исследованиях обычно измеряют такие параметры, как температура или концентрация CO<sub>2</sub> в воздухе, в то время как следует учитывать другие факторы, связанные с поведением обитателей, к примеру, ориентация комнаты. С другой стороны, избыточное развертывание датчиков приводит к ненужным затратам и помехам при моделировании поведения обитателей здания. Кроме того, в офисном здании с несколькими жильцами местоположение установки датчиков также может повлиять на окончательную модель.

Полезно изучить наиболее доминирующие параметры моделирования поведения людей и проверить, могут ли распределения датчиков играть важную роль в моделировании.

2. *Отсутствие фактических данных, связанных с имитацией:* Многие научные исследования по моделированию поведения жильцов или потреблению энергии ограничены предположениями, а не реальными данными. Например, модель, предложенная Mengda Jia et.al [6] содержит параметры функции затрат, которые нуждаются в подтверждении реальными данными обследований. Кроме того, результаты моделирования следует сравнивать с измеренными данными, чтобы быть более убедительными, утверждая, что снижение энергии достигнуто.

3. *Краткосрочное и долгосрочное поведение жильцов:* анализ показывает, что подобно обнаружению заселенности здания, детальное поведение жильцов должно быть смоделировано двумя способами. Краткосрочная модель поведения жильцов относится к мгновенной корректировке систем здания согласно поведению жильцов и является основным фактором,

влияющим на потребление энергии. Возможность моделирования краткосрочного поведения жильцов может помочь инструментам энергомоделирования зданий уменьшить несоответствие между моделируемым и фактическим потреблением энергии. Долгосрочное поведение жильца отражает обычные модели или привычки жильца в здании, в отличие от краткосрочного поведения, которое может быть дополнительно применено к ОВК.

4. *Моделирование поведения жильца является сложным процессом, которое нельзя ограничить алгоритмом «если-то»:* Bing Dong et al. [4] предложили структуру для описания поведения обитателей для построения энергомоделирования здания в соответствии с основой человеческой природы.

Вышеуказанная структура состоит из четырех важных компонентов: драйверы, потребности, действия и системы. Цель состояла в том, чтобы обеспечить стандартный метод поведения жильцов. Через понимание каждой конкретной ситуации с четырьмя факторами в деталях, поведение жильцов и их влияние на потребление энергии здания может быть идентифицировано более организованным и научным способом.

В другой работе авторы [7] заявили, что поведение жильцов невозможно моделировать полностью, поскольку люди слишком неоднозначны. Это одна из причин, почему измерение данных в режиме реального времени является необходимым для решения этой проблемы.

5. *Жилые и коммерческие здания сильно отличаются не только по назначению, но и по потреблению энергии обитателями:* Одна из причин может заключаться в том, что жильцы в жилых домах сами оплачивают счета за энергию и имеют доступ к системному контролю, поэтому их поведение, как правило, более энергоэффективно, по сравнению с офисными зданиями. В литературе отсутствуют конкретные методы или предложения о вариантах моделирования и учета поведения людей для соответствующих типов зданий.

6. *Отсутствуют исследования и решения для интеграции моделей поведения людей в зданиях и существующим программным обеспечением по энергомоделированию зданий:* Несмотря на то, что наблюдается рост заинтересованности ученых в исследованиях поведения жильцов в зданиях, нет никаких решений по включению предложенных моделей в существующие инструменты энергомоделирования зданий. То есть, расхождение между прогнозируемым и измеряемым потреблением энергии в зданиях до сих пор не устранено. В работе [8] представлен анализ связей между факторами, которые ассоциируются с поведением жильцов и входными данными моделирования производительности зданий. Однако, по данным исследования, из 27 факторов, в состав современных средств моделирования, входят только 5. Таким образом, усилия должны быть направлены на интеграцию модели поведения жильцов в программном обеспечении по энергомоделированию зданий. Фактически, Changhai Peng, Kun Qian [9] проводили исследования по моделированию заселенности зданий путем разработки программного модуля, который мог бы моделировать различные уровни заполняемости здания людьми. Но исследования находятся на предварительных этапах.

**Выводы.** Подводя итог, необходим целый модуль по интеграции модели поведения людей, а не только некоторые настройки параметров модели здания.

Учет и моделирование заселенности здания людьми и, в частности, поведение человека в здании является на сегодняшний день одной из актуальных тем исследований. Данная область исследований нуждается в решении таких проблем, как оптимальный выбор и размещение датчиков для сбора данных о заселенности здания людьми, детальные исследования поведения человека в здании с целью правильного моделирования и прогнозирования потребления энергии, разработка методов и решений для моделирования поведения человека для различных типов зданий и др.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Yan Zhang, Xuemei Bai, Franklin P. Mills, John C.V. Pezzey. Rethinking the role of occupant behavior in building energy performance: A review // Manuscript. - 2018. - p. 39.
2. Amel Nacer, Bruno Marhic, Laurent Delahoche, Jean-baptiste Masson. ALOS: Automatic learning of an occupancy schedule based on a new prediction model for a smart heating management system // Building and Environment. - 2018. - p. 484-501.
3. Bruna Faitao Balvedi, Enedir Ghisi, Roberto Lamberts. A review of occupant behaviour in residential buildings // Manuscript. - 2018. - p. 25.
4. Bing Dong, Zhaoxuan Li, Ahmad Taha, Nikolaos Gatsis. Occupancy-based buildings-to-grid integration framework for smart and connected communities // Applied Energy. - 2018. - p. 123-137.

5. Ибрагимова М.В., Стояк В.В., Нұрланұлы А. Метод учета потерь тепла с инфильтрацией и вентиляцией воздуха и поступлений тепла от людей в общем энергобалансе здания // Тезисы докладов X международной научно-технической конференции, посвященной памяти Первого ректора АУЭС Гумарбека Даукеева. - 2018. - с. 17.
6. Mengda Jia, Ravi S. Srinivasan, Adeeb A. Raheem. From occupancy to occupant behavior: An analytical survey of data acquisition technologies, modeling methodologies and simulation coupling mechanisms for building energy efficiency // Renewable and Sustainable Energy Reviews. - 2017. - p. 525-540.
7. Azar E, Menassa CC. Agent-based modeling of occupants and their impact on energy use in commercial building. J Comput Civ Eng 2011.
8. Wei S, Jones R, de Wilde P. Driving factors for occupant-controlled space heating in residential building. Energy Build 2014; 70:36–44.
9. Changhai Peng, Kun Qian. Development and Application of ZigBee-Based Building Energy Monitoring and Control System // The Scientific World Journal. -2014. –p.2-13.