

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АГЕНТНЫМ МЕТОДОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВОДОРАЗБОРА ЖИЛЫМ ЗДАНИЕМ

А.А. Февралев

Разработана программа для имитационного моделирования неравномерности водоразбора жилым зданием, на основании которой получены данные по секунднему расходу в течение суток. Произведен анализ и сравнение с результатами реальных экспериментов.

Ключевые слова: имитационное моделирование, агентное моделирование, неравномерность водоразбора.

Введение

На сегодняшний день литературы, описывающей принципы моделирования водозабора жилым зданием, не так много. Большинство работ направлено на определение максимального краткосрочного пика водозабора и вероятность его возникновения [1, 2]. В данном же исследовании ставится цель определения распределения секундного расхода для любого жилого здания в любой момент времени.

Принципиально, неравномерность забора воды человеком можно рассмотреть в разрезе теории массового обслуживания, а также применительны различные методики имитационного моделирования. В данном исследовании рассматривается методика агентного моделирования, один из видов имитационного моделирования. Данная методика используется для исследования децентрализованных систем, динамика функционирования которых определяется не глобальными правилами и законами, а наоборот, когда эти глобальные правила и законы являются результатом индивидуальной активности членов группы. Цель агентных моделей – получить представление об этих глобальных правилах, общем поведении системы, исходя из предположений об индивидуальном, частном поведении её отдельных активных объектов и взаимодействии этих объектов в системе. Агент – это некая сущность, обладающая активностью, автономным поведением, может принимать решения в соответствии с некоторым набором правил, взаимодействовать с окружением, а также самостоятельно изменяться [3].

Для задания всех характеристик модели агента, используются статистические данные, взятые из открытых источников. [4–6]. Исходные данные по потреблению берутся на основании американского исследования, этого вполне достаточно для первоначального описания модели, на основании эксперимента весьма просто произвести подстройку модели к конкретному зданию.

1. Предлагаемое решение. Описание модели

Алгоритм для данной модели можно разделить на три основных этапа:

Первый этап – это задание количества жильцов и их статуса на основании количества квартир [4]. Выделены основные следующие роли для че-

ловека (агента) – взрослый работающий, взрослый не работающий, малыш или школьник.

Во втором этапе производится планирование распорядка дня для каждого жильца время: начала и окончания сна, начала и окончания работы или школы. Считается, что рабочий или школьник уходят на работу или в школу, причем школьные занятия длятся меньше рабочих часов. Также считается, что малыш и неработающий всегда находятся дома. Также определяются дневные и недельные потребности в количестве водозаборов на основании [5]. Здесь можно остановиться подробнее, разделяют личные потребности человека и общие потребности на квартиру. Считается, что основные потребности человека в воде следующие: поход в туалет, использование душа, принятие ванны, использование умывальника (мытьё рук и прочее), говоря об общих (квартирных) потребностях, выделяют мытьё посуды и стирку.

На третьем этапе посекундно моделируется день, если человек в настоящий момент находится дома, то определяется вероятность осуществления им водозабора. Каждую секунду определяется значение случайной переменной, имеющей равномерный закон распределения. Вероятность определяется исходя из отношения суммарного времени, необходимого на данную потребность, к количеству времени нахождения дома. Возможно было использовать более сложную программную конструкцию и использовать случайную переменную с нормальным распределением, но вспомнив теорему вероятностей, где $X_1, X_2, X_3 \dots X_n$ – независимые случайные величины, имеющие один и тот же закон распределения с математическим ожиданием m_x и дисперсией σ_x^2 , то при неограниченном увеличении N закон распределения суммы $\sum X_k$ неограниченно приближается к нормальному. Соответственно, используя стандартную переменную с равномерным распределением, в итоге вычисления стремятся к нормальному распределению, т. е. получаются достаточно верные значения [3].

2. Исходные данные. Описание взятых параметров

Для описания модели неравномерности водопотребления, можно укрупненно применить следующие вероятности и зависимости.

Инженерное оборудование зданий и сооружений

Первая часть заключается в наполнении здания, определяем вероятности на основании [4]:

- а) вероятность нахождения в квартире семейной пары или одного взрослого, принято 74,5 %;
- б) вероятность количества детей в каждой семье: принято для 1 ребенка – 21,5 %; 2 ребенка – 31,2 %; 3 ребенка – 12,9 %;
- в) вероятность, что взрослый является работающим, принято 75 %;
- г) вероятность, что ребенок является школьником, принято 70 %.

Вторая часть – определение водоразборов каждым человеком. На основании исследования [5] задаются следующими значениями:

- а) использование туалета в день человеком – от 2 до 8 раз, при условии, что необходимо 7 литров на один спуск, 90 секунд набирается бак;
- б) принятие душа в неделю человеком – от 3 до 9 раз, при условии, что расход душем 10 литров в минуту, продолжительность принятия душа от 3 до 12 минут;
- в) принятие ванны в неделю человеком – от 1 до 3 раз, при условии, что необходимо от 100 до 140 литров за один раз;
- г) использование умывальника в день чело-

веком – от 10 до 15 раз, при условии, что средний расход 1,2 литра в минуту, продолжительность использования от 1 до 2 минут за один раз;

д) использование посудомоечной машины (или ручное мытье посуды) в неделю одной квартирой – от 1 до 7 раз, при условии, что необходимо от 20 до 50 литров за один раз;

е) использование стиральной машины (или ручная стирка) в неделю одной квартирой – от 2 до 6 раз, при условии, что необходимо от 60 до 140 литров за один раз.

3. Результаты, получаемые с помощью модели

В итоге была разработана прикладная программа, которая реализует вышеописанную модель. Результатом вычислений программы является txt-файл со значениями секундного суммарного расхода моделируемого здания на протяжении суток. Для создания программы использован язык программирования JavaScript, отличительной способностью является возможность применения программы в среде Internet, что позволит результаты использовать в свободном массовом доступе. Ниже представлены получаемые данные.

Для сравнения на рис. 1, 3, 5 изображены дан-

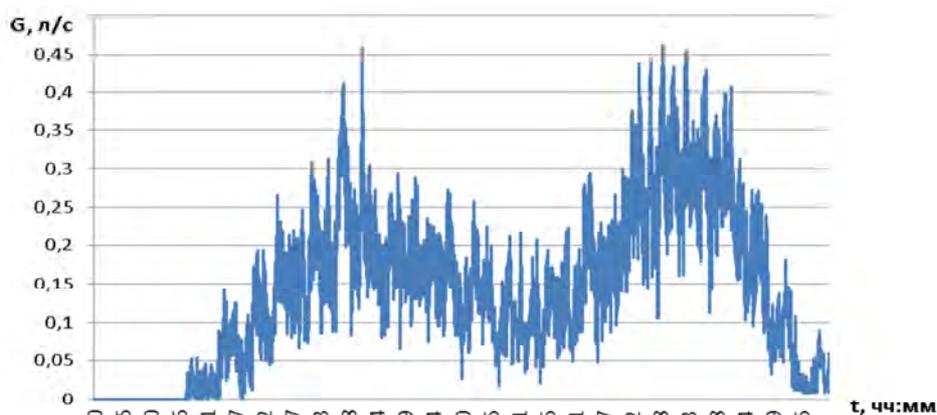


Рис. 1. Секундное потребление воды в будний день жилым зданием (данные, полученные с помощью модели)

Секундное потребление; $M = 187, N = 160$ – среда 13.03.02

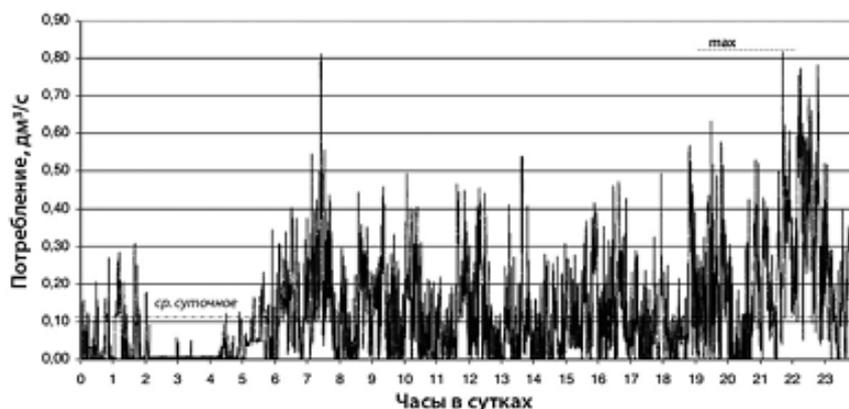


Рис. 2. Секундное потребление воды в будний день жилым зданием (данные, полученные на основании эксперимента [2])

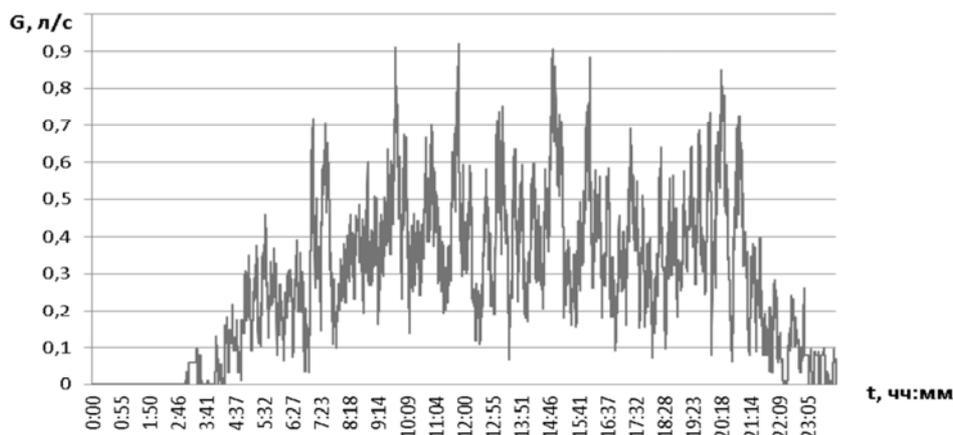


Рис. 3. Секундное потребление воды в выходной день жилым зданием (данные, полученные с помощью модели)



Рис. 4. Секундное потребление воды в выходной день жилым зданием (данные, полученные на основании эксперимента [2])

ные, получаемые с помощью математической модели, на рис. 2, 4, 6 результаты экспериментов. Из приведенных диаграмм видно, что данные полученные с помощью математической модели, отлично коррелируют с результатами реальных экспериментальных данных. Соответственно можно сделать вывод о практической применимости данного исследования.

4. Возможности применения модели.

Заключение

Использование метода агентного моделирования для описания и исследования неравномерности водоразбора является весьма необычным для решения подобной задачи. В большинстве других исследований, данная задача решалась наоборот, исследователи описывали итоговый (суммарный) расход зданием, отталкиваясь от вероятности работы того или иного прибора. В данном случае основное внимание было уделено агентам, точнее людям, для которых задавались основными закономерностями, а конкретно время нахождения дома и основные потребности в жидкости. описы-

вая законы для частного, но большого количества агентов, в итоге мы получаем суммарный расход жилым зданием на протяжении суток, или месяца, или года.

Данная модель позволяет более полно описывать водоразбор зданием. Её легко можно использовать в более крупных моделях, рассматривающих жизнедеятельность дома или микрорайона в целом. Дополнительным плюсом данной модели является возможность определения ещё более точных характеристик, например, расход воды различными этажами, или расход горячей/холодной воды.

В любом случае данные наработки можно использовать для решения конкретных прикладных задач современных систем жизнеобеспечения зданий.

В заключение необходимо отметить, что описанная разработка получена в ходе создания комплексной модели индивидуального теплового пункта [7]. Данная программа необходима для качественного формирования нагрузки на горячее водоснабжение жилого здания.

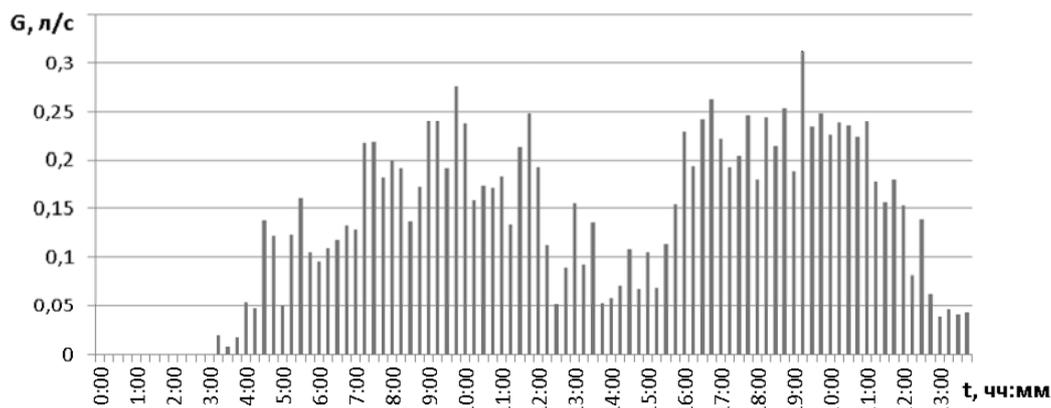


Рис. 5. Гистограмма среднего 15-минутного потребления воды в будний день жилым зданием (данные, полученные с помощью модели)



Рис. 6. Гистограмма среднего 15-минутного потребления воды в будний день жилым зданием (данные, полученные на основании эксперимента [2])

Литература

1. Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения / Н.Н. Чистяков, М.М. Грудзинский, В.И. Ливчак и др. – М.: Стройиздат, 1988. – 314 с.
2. Шафлик, В. Современные системы горячего водоснабжения / В. Шафлик. – Киев: ДП ИПЦ «Такісправи», 2010. – 316 с.
3. Петухов, О.А. Моделирование системное, имитационное, аналитическое: учебное пособие / О.А. Петухов, Е.О. Морозов, Е.О. Петухова. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2008. – 288 с.
4. Социально-демографический портрет России: по итогам Всероссийской переписи насе-

ления 2010 года / Федер. служба гос. статистики. – М.: ИИЦ «Статистика России», 2012. – 183 с.

5. Gato, S. Forecasting Urban Residential Water Demand / S. Gato. – 2006. – 298 с.

6. СНиП 2.04.01-85* «Внутренний водопровод и канализация зданий».

7. Февралев, А.А. Принципы формирования математической модели индивидуального теплового пункта. Проведение качественного анализа и сравнение схем ИТП / А.А. Февралев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Строительство и архитектура». – 2013. – Т. 13, № 1. – С. 96–99.

Февралев Алексей Андреевич, региональный представитель ЗАО «РИДАН» (ведущий производитель теплообменного оборудования), преподаватель, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), fevral25@mail.ru

Поступила в редакцию 12 февраля 2014 г.

MATHEMATICAL SIMULATION OF THE IRREGULARITY OF WATER CONSUMPTION BY RESIDENTIAL BUILDINGS USING THE METHOD OF AGENT-BASED MODELING

A.A. Fevralev, RIDAN CJSC, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation, fevral25@mail.ru

A program for simulation of the irregularity of water draw-off by residential buildings is developed. On the basis of this program the data on the momentary consumption during 24 hours are obtained. The analysis and comparison with the results of real experiments are carried out.

Keywords: mathematical simulation, agent-based modeling, irregularity of water consumption.

References

1. Chistyakov N.N., Grudzinskiy M.M., Livchak V.I. *Povyshenie effectivnosti raboty system goryachego vodosnabzhenie* [Efficiency Increase of Systems with Hot Water Supply]. Moscow, Stroiizdat, 1988. 314 p.
2. Shaflik V. *Sovremennye sistemy goryachego vodosnabzhenia* [Modern systems of hot water supply]. Kiev, Dp IPC Takispravi, 2010, 316 p.
3. Petukhov O.A., Morozov E.O., Petukhova E.O. *Modelirovanie sistemnoe, imitacionnoe, analiticheskoe* [Modeling – system, simulation, analysis]. SPb, Izd-vo SZTU, 2008. 288 p.
4. *Socialno-demograficeskij portret Rossii: Po itogam Vserossiskoj perepisi naselenia 2010 goda* [Socio-demographic profile of Russia: According to the results of all-Russia population census 2010]. Federal government statistics service. Moscow, IPC «Statistics of Russia», 2012. 183 p.
5. Gato S. *Forecasting Urban Residential Water Demand*, 2006. 298 p.
6. SNiP 2.04.01-85* *Vnutrennij vodoprovod i kanalizacia zdaniy* [Internal plumbing and sanitary of buildings].
7. Fevralev A.A. [Fundamental mathematical modeling of heat point. Qualitative analysis and comparison of the different schemes]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2013, vol. 13, № 1, p. 96–99. (in Russ.)

Received 12 February 2014