

# ИНТЕГРАЦИЯ NODE-RED С YANDEX IOT CORE ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СФЕРЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

О. Ю. Емельянова

*Белорусский государственный университет, г. Минск;  
fpm.emelyanoOY@bsu.by;  
науч. рук. – И. С. Войтешенко, канд. тех. наук, доц.*

В настоящее время перспективной является идея расширения интернета различными устройствами для того, чтобы автоматизировать и упростить многие каждодневные процессы. Актуальной является задача тестирования таких систем, в том числе и оценки качества различных подходов. Среди возможных методов одним из ключевых является имитационное моделирование, которое позволяет оценить системы и их прототипы в различных условиях при относительно низких затратах. В данной работе предлагается способ проведения такого тестирования с использованием Node-RED и Yandex IoT Core. С помощью такой программы пользователь может моделировать условия окружающей среды и оценивать реакцию системы. В качестве демонстрации ее возможностей были проведены эксперименты в области управления энергопотреблением, на основе которых были сформулированы рекомендации по применению нескольких алгоритмов. Разработанный подход и программа может применяться для тестирования и исследования в сфере интернета вещей, в частности, для оценки качества систем управления энергопотреблением.

**Ключевые слова:** интернет вещей, домашняя автоматизация, система управления энергопотреблением, визуальное программирование, облачные технологии, имитационное моделирование.

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие информационных технологий в последние десятилетия привело к появлению такой концепции, как интернет вещей. В то время как привычный интернет связывает компьютеры, в рамках новой идеи к нему подключаются в том числе и обычные вещи: осветительное оборудование, бытовые приборы, отопительные системы, автомобили и многие другие. В связи с потенциальными тяжелыми последствиями некорректной работы таких систем необходимо исследование подходов к тестированию и изучению таких систем.

В данной работе под тестированием понимается как проверка системы на соответствие заранее определенным требованиям, так и оценка качества работы путем вычисления заданных показателей. Такая задача может возникать в том числе и при предварительном исследовании предметной области для определения наиболее перспективных подходов.

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Построение физического прототипа системы сопряжено с большими дополнительными затратами ресурсов. При этом точное воспроизведение условий, в которых требуется оценить работу системы, зачастую невозможно, например, если задачей является проверка ее реакции на некоторые аномальные условия окружающей среды. Кроме того, может быть необходимо отследить изменения, происходящие на больших временных промежутках.

В связи с перечисленными особенностями для тестирования предлагается использование имитационного моделирования – воспроизведение на ЭВМ процесса функционирования исследуемой системы [2, с. 16]. Этот подход допускает детальное воспроизведение процессов, длительный период виртуального времени, отсутствие ограничений на структуру и объем входных и выходных данных [1].

## **ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЙ**

Инструменты для имитационного моделирования должны позволять реализовывать широкий круг сценариев тестирования и эмулируемых устройств, а также рассчитывать различные оценки качества. При этом созданная система должна быть легко изменяемой и дополняемой. Кроме того, хотелось бы разработать интуитивно понятный и доступный подход.

В качестве основного инструмента для реализации был выбран Node-RED – визуальное средство разработки, основанный на парадигме потокового программирования. Программа представляется как сеть так называемых узлов. Каждый узел имеет определенную цель: на вход поступают некоторые данные, они обрабатываются внутри, после чего передаются дальше по сети. За перемещение данных между узлами отвечает сеть [7]. Для сбора, передачи, хранения данных использовались облачные сервисы от компании Яндекс, в частности, Yandex IoT Core. Среда Node-RED также исполнялась на виртуальной машине на облачном сервере.

## **ЗАДАЧА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ УМНОГО ДОМА**

Для демонстрации возможностей разработанного подхода была выбрана сфера управления энергопотреблением с использованием домашней автоматизации. Коротко дадим обоснование актуальности исследований в данном направлении.

Согласно данным Национального статистического комитета Республики Беларусь, в структуре конечного потребления топливно-энергетических ресурсов в 2019 году жилищный сектор занимал почти 27% [4, с. 54]. Отметим,

что наиболее перспективной областью для оптимизации видится отопление, на которое в среднем затрачивается 59,2% от суммарной использованной энергии [3]. Автоматизация управления, то есть минимизация влияния пользователя на принятие решений, также является перспективной, ведь основной причиной неэффективности подобных интерактивных систем называется их неверное использование [5].

В данной работе была поставлена следующая задача. Существует система, управляющая обогревателем в помещении таким образом, чтобы температура оставалась в пределах заданного отклонения от целевого значения. Требуется оценить работу двух подходов, потенциально могущих снизить энергопотребление. Первый из них состоит в том, чтобы наблюдать за активностью людей, находящихся в доме, с использованием датчиков движения. В «неактивном» состоянии допускается меньшая температура [8]. Вторая стратегия использует датчик на входной двери, чтобы отслеживать моменты, когда люди покидают помещение или входят в него. Таким образом система может отключать отопление в те моменты, когда в помещении никого нет [8].

#### МОДЕЛЬ И ЕЕ РЕАЛИЗАЦИЯ. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА

Для моделирования показателей датчиков было использовано два основных подхода. Первый из них состоит в реализации математической модели, представляющей собой динамическую систему одновременных уравнений, интегрированную с источниками статистических данных [2, с. 17–18]. Например, температура в помещении может быть представлена как функция внешней температуры, параметров помещения, состояния системы отопления и так далее, например, как формула (1). Составные части при необходимости представляются аналогично, как в формулах (2) и (3). В процессе моделирования в каждый момент нужные показатели рассчитываются по этим формулам.

$$T_{\text{внутр}}(t + \Delta t) = cM_{\text{возд}}(Q_{\text{нагр}} - Q_{\text{потерь}})\Delta t, \quad (1)$$

$$Q_{\text{нагр}} = (T_{\text{нагр}} - T_{\text{внутр}})Lc, \quad (2)$$

$$Q_{\text{потерь}} = \frac{T_{\text{внутр}} - T_{\text{внеш}}}{R_{\text{экв}}}. \quad (3)$$

Альтернативным подходом является выделение в системе так называемых агентов, для которых определяется множество состояний, переходы между ними, вызывающие их события, временные задержки, совершаемые

ими действия [2, с. 37–38]. Например, поведение жителей дома, представляемое через датчики движения, может быть задано таким образом, причем разным состояниям соответствуют разные сигналы или их отсутствие.

Кроме моделирования показателей датчиков, требуется оценка поведения системы. Для систем управления энергопотреблением это могут быть денежные затраты, которые необходимо минимизировать [6]. Вместе с тем система не должна приводить к значительным неудобствам для ее пользователей, для предотвращения чего вводится оценка комфорта. Наиболее часто предлагается оценка, основанная на линейном отклонении от целевых значений [6]. В качестве альтернативы можно также предложить расчет доли времени, проведенной в состоянии, отличном от желаемого.

### ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

На основе описанных выше подходов были созданы 4 прототипа:

1. Базовая система, использующая только температуру внутри помещения.
2. Система, учитывающая также активность людей.
3. Система, учитывающая присутствие людей, но не активность.
4. Система, сочетающая оба подхода.

В результате эксперимента в течение 7 дней по виртуальному времени были получены данные, показанные в таблице.

*Таблица*

**Показатели качества систем**

Система	Потребление энергии		Комфорт	
	Общее	Среднее за день	По времени	По отклонению
1	104,13	14,87	0,0464	0,009
2	87,62	12,52	0,1201	0,0573
3	78,89	11,27	0,05	0,0136
4	70,99	10,14	0,0577	0,0197

Из полученных данных можно сделать вывод о том, что наилучшей является четвертая система, использующая как факторы для принятия решений активность и присутствие людей в помещении. При этом подход, учитывающий присутствие, показал несколько лучшие результаты, чем учитывающий активность.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе был разработан и реализован подход к тестированию и оценке качества систем интернета вещей с использованием Yandex IoT Core и

Node-RED. Он позволил оценить преимущества, получаемые при дополнении простейшей системы, основанной на контроле температуры, некоторыми поведенческими компонентами. Проведенное в рамках данной работы исследование позволяет сделать вывод о возможности использования инструмента разработки Node-RED в сочетании с облачными технологиями, представляемыми сервисом Yandex IoT Core, и о преимуществах такого использования, к которым можно отнести легкость вхождения, удобство реализации, возможность переноса разработанного прототипа в среду применения. Подход рекомендуется к использованию при оценке систем интернета вещей или их прототипов.

Автор выражает благодарность А. А. Андрушевичу за постановку задачи.

### Библиографические ссылки

1. *Левенцов В. А., Радаев А. Е., Николаевский Н. Н.* Аспекты концепции «Индустрия 4.0» в части проектирования производственных процессов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2017. С. 19–31.
2. *Акопов А. С.* Имитационное моделирование. Москва: Издательство Юрайт, 2016.
3. Потребление энергии в домашних хозяйствах Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. Минск, 2021. URL: <https://www.belstat.gov.by> (дата обращения 28.04.2021).
4. *Медведева И. В.* Энергетический баланс Республики Беларусь: стат. сборник / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь; редкол.: И. В. Медведева (председатель) [и др.]. Минск, 2020.
5. *Pritoni M.* Energy efficiency and the misuse of programmable thermostats: The effectiveness of crowdsourcing for understanding household behavior / M. Pritoni [et al.] // Energy Research & Social Science. Elsevier, 2015. Vol. 8. P. 190–197.
6. *Beaudin M., Zareipour H.* Home energy management systems: A review of modelling and complexity / Renewable and Sustainable Energy Reviews. Elsevier, 2015. Vol. 45. P. 318–335.
7. Node-RED [Electronic resource]. URL: <https://nodered.org> (date of access 13.05.2021).
8. *Liu, J.* The Smart Thermostat: Using Occupancy Sensors to Save Energy in Homes / J. Liu [et al.] // Proceedings of the 8th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems, Zurich, Nov. 2010. Association for Computing Machinery. New York, 2010. P. 211–224.