

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Кафедра инженерной психологии и эргономики

УДК [004.7 : 621.311] : 621.396.2

Гахария
Дмитрий Нугзарович

Информационно-измерительная система учета потребления электрической энергии с возможностью передачи данных по беспроводным каналам связи

АВТОРЕФЕРАТ
на соискание степени магистра

по специальности 1-59 80 01 – Охрана труда и эргономика

Магистрант Д.Н. Гахария

Научный руководитель
В.А. Рыбак,
кандидат технических наук,
доцент

Минск 2021

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня инновационное развитие сферы ЖКХ и города в целом невозможно без точного и прозрачного учета энергоресурсов, а для этого необходима надежная система непрерывного мониторинга потребления ресурсов. Специально созданные IoT-устройства – «умные счетчики» – собирают и передают показания воды, электричества, газа и тепла дистанционным способом. IoT или интернетом вещей называют сеть устройств, связанных через интернет и способных собирать данные и обмениваться ими.

Для организации системы дистанционного учета потребления энергоресурсов применяются проводные и беспроводные технологии. На сегодняшний день современным, простым в установке и эксплуатации, менее затратным по сравнению с проводным решением, а поэтому более приоритетным является беспроводной способ передачи.

Актуальность темы магистерской диссертации обусловлена необходимостью поиска наиболее эффективных методов удаленного мониторинга состояния инженерных энергосистем в режиме реального времени.

Объект исследования магистерской диссертации: информационно-измерительные системы учета потребления электрической энергии.

Предмет исследования: методы оценки эффективности использования информационно-измерительных систем учета потребления электрической энергии с возможностью передачи данных по беспроводным каналам связи.

Цель исследования: провести оценку эффективности использования информационно-измерительных систем учета потребления электрической энергии с возможностью передачи данных по беспроводным каналам связи.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести теоретико-методологические исследования сущности и особенностей беспроводных технологии передачи данных.
2. Оценить необходимость, основные требования и обосновать выбор при проектировании системы передачи и учёта данных по беспроводным каналам связи.
3. Определить основные преимущества, перспективы и экономический эффект от внедрения информационно-измерительных систем учета потребления электрической энергии с возможностью передачи данных по беспроводным каналам связи.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования

Целью магистерской диссертационной работы является оценка эффективности использования информационно-измерительных систем учета потребления электрической энергии с возможностью передачи данных по беспроводным каналам связи для оптимизации процесса контроля за их своевременной оплатой, сокращением расходов и существенной экономией энергоресурсов.

Для достижения цели решены следующие задачи:

1. Проведены теоретико-методологические исследования сущности и особенностей беспроводных технологии передачи данных.
2. Оценена необходимость, основные требования и обоснован выбор при проектировании системы передачи и учёта данных по беспроводным каналам связи.
3. Определены основные преимущества, перспективы и экономический эффект от внедрения информационно-измерительных систем учета потребления электрической энергии с возможностью передачи данных по беспроводным каналам связи.

Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований

Тема магистерской диссертационной работы укладывается в рамки научно-исследовательской работы, которая ведется на кафедре инженерной психологии и эргономики по теме «Системы и приборы экологического мониторинга в управлении безопасностью жизнедеятельности»; а также в рамки научного направления «Технологии с использованием Altium Designer, C#, C++, Java, 3D Sliser, Solid Works», разрабатываемого на кафедре инженерной психологии и эргономики БГУИР в 2020-2021 гг. Кроме того данная тема согласуется со следующими Государственными программами на 2021 – 2025 годы: «Энергосбережение», «Строительство жилья», «Цифровое развитие Беларуси».

Личный вклад магистранта

Магистерская диссертационная работа является самостоятельным исследованием, закрепленным в ряде авторских публикаций и апробированных на различных научных конференциях. Основные научные идеи и результаты магистерской диссертационной работы получены автором в процессе исследования данной темы, в результате которого изучены информационно-измерительные системы учета потребления электрической энергии с возможностью передачи данных по беспроводным каналам связи. Кроме того,

изучен зарубежный опыт удаленного сбора и контроля данных о потреблении электроэнергии (на примере Российской Федерации).

Апробация результатов диссертации

Результаты диссертационного исследования были апробированы на следующих конференциях с последующей публикацией тезисов докладов: III Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы профессионального образования» (Республика Беларусь, г. Минск, 1-2 октября 2020 г.); 78-ая Научной конференции студентов и аспирантов БГУ (Республика Беларусь, г. Минск, 22-23 апреля 2021 г.); IV Международная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы профессионального образования» (Республика Беларусь, г. Минск, 20-21 мая 2021 г.)

Опубликованность результатов диссертации

По теме магистерского диссертационного исследования опубликовано 3 научных работы в виде материалов конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация включает в себя общую характеристику работы, введение, основную часть, состоящую из трех глав, заключение, список использованных источников и приложения.

Общий объем магистерской диссертации составляет 67 страниц. Список использованных источников насчитывает 35 штук.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1 «Беспроводные технологии передачи данных» состоит из трех разделов.

В разделе 1.1 «Сущность беспроводных технологий передачи данных» дано определение, приведена классификация и устройство беспроводных технологий передачи данных, рассматриваются отличия проводных и беспроводных технологий передачи данных, а также условия перехода к «умным» счетчик энергоресурсов.

В разделе 1.2 «Зарубежный опыт удаленного сбора и контроля данных о потреблении электроэнергии (на примере Российской Федерации)» показаны возможности, ранее недоступные при использовании традиционных приборов учёта, получаемые компанией-поставщиком энергоресурсов и их потребителями, при внедрении в работу информационно-измерительных систем. Кроме того, рассматривается NB-IoT как один из стандартов связи для «умных» устройств, использующий технологии LPWAN, которые разработаны для построения сетей передачи данных нового поколения. В данном разделе также описаны особенности нормативно-правовой базы, касающиеся «Умных» счетчиков в России.

В разделе 1.3 «Выводы и постановка задач на исследование» делаются выводы и резюмируются задачи на исследование.

В целом в рамках главы 1 сделаны следующие выводы:

1. Благодаря внедрению информационно-измерительных систем обратная связь между потребителем и поставщиком электроэнергии осуществляется посредством интернета и становится более оперативной. Использование приборов учёта электроэнергии с удалённой передачей данных – это отличный способ значительно сэкономить на оплате, времени, которое тратиться на стояние в очередях и пересылку показателей счётчика поставщику. Новые счётчики, в отличие от старых индукционных или электронных, дополнительно оборудованы контроллером. Устройством, позволяющим достичь смарт целей в области информированности и управляемости потоками электрической энергии.

2. В случае регулярной задолженности электрокомпания будет иметь возможность отключить должнику доступ к электроэнергии в удалённом режиме, даже не посещая квартиру потребителя. Обилие дополнительных функций у умных счетчиков достигается благодаря наличию специального программного обеспечения (ПО) в микроконтроллере прибора учёта электроэнергии. Такими микроконтроллерами оснащаются практически все современные электросчётчики.

3. Современные электронные счётчики в большинстве случаев имеют встроенный интерфейс для присоединения к автоматизированной системе учёта данных. Данные с электросчётчика передаются поставщику услуги без непосредственного участия потребителя и энергокомпании. Потребитель должен переслать только самые первые показания прибора учёта. Передача данных выполняется до тех пор, пока поставщик не сообщит, что в этом больше нет необходимости. Расход электроэнергии выполняется каждый час и пересылается поставщику один раз в сутки. Существуют модели счётчиков электроэнергии с сим-картой, с помощью которой и происходит пересылка данных энергокомпании.

4. Большой вклад в становление и развитие процесса проектирования системы передачи и учёта данных потребления электрической энергии по беспроводным каналам связи вложил накопленный за последние годы опыт Российской Федерации. Чтобы снизить нагрузку на исполнителя коммунальной услуги по снятию и проверке показаний ПУ, а также устранить зависимость корректности расчётов за коммунальные услуги от воли потребителей, Минстрой Российской Федерации предложил обязать застройщиков оснащать новые дома «умными» счётчиками с удалённой передачей показаний до 2022 года, а в старых домах при наличии технической возможности – устанавливать их после капитального ремонта. При этом закон предусматривает, что стоимость затрат на замену обычных приборов на «умные» будет закладываться в тариф. То есть обычные потребители так или иначе заплатят за новую систему – в виде платы за электроэнергию.

В качестве задач на исследование можно выделить следующие:

1. Провести теоретико-методологические исследования сущности и особенностей беспроводных технологии передачи данных.
2. Оценить необходимость, основные требования и обосновать выбор при проектировании системы передачи и учёта данных по беспроводным каналам связи.
3. Определить основные преимущества, перспективы и экономический эффект от внедрения информационно-измерительных систем учета потребления электрической энергии с возможностью передачи данных по беспроводным каналам связи.

Таким образом, в данной магистерской диссертации будут рассмотрены основные требования и обоснование выбора при проектировании системы передачи и учёта данных по беспроводным каналам связи; отличия дистанционных информационно-измерительных систем потребления электрической энергии между многоквартирной застройкой и частным сектором. Кроме того, будут выявлены преимущества и перспективы от внедрения информационно-измерительных систем учета потребления

электрической энергии с возможностью передачи данных по беспроводным каналам связи. Будет обосновано, что лучше всего устанавливать многотарифные приборы учёта электроэнергии, т.к. они позволяют более эффективно планировать расход и оплату электричества. А также будет произведен расчет эффективности внедрения и использования автоматизированной системы контроля и учета электрической энергии (АСКУЭ).

Глава 2 «Проектирование системы передачи и учёта данных потребления электрической энергии по беспроводным каналам связи» состоит из трех разделов.

В разделе 2.1 «Основные требования и обоснование выбора при проектировании системы передачи и учёта данных по беспроводным каналам связи» определены основные требования при проектировании системы передачи и учёта данных по беспроводным каналам связи, особенности работы автоматизированных систем.

В разделе 2.2 «Отличия дистанционных информационно-измерительных систем потребления электрической энергии между многоквартирной застройкой и частным сектором» описаны и обоснованы основные отличия моделей электронных счетчиков и автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ), принципы функционирования счетчиков, оснащенных системой передачи данных, уточнено, что конкретный функционал энергоучетного устройства определяется программной прошивкой.

В разделе 2.3 «Выводы по главе 2» подводятся итоги и делаются выводы по главе 2. В рамках данной главы сделаны следующие выводы:

1. Самые простые автоматизированные системы передачи данных выполняют функции сбора данных, передачи информации поставщику услуги, а также анализ и последующее хранение данных. Обоснование при проектировании системы передачи и учёта данных потребления электрической энергии по беспроводным каналам связи осуществляется с учетом основных требований, предъявляемых счетчикам электроэнергии, устройствам сбора и передачи данных, каналам связи и программному обеспечению.

2. Технология радиосвязи NB-Fi обеспечивает связь между устройствами в труднодоступных местах на больших расстояниях при плотной городской застройке, идеально подходит для построения сетей Интернета вещей, создания автоматизированных систем учета коммунальных ресурсов и диспетчеризации городской инфраструктуры. Технология NB-Fi позволяет обеспечить высокую дальность передачи сигнала (до 10 км в городской среде) и долгий срок работы устройств от одной батареи (до 10 лет).

3. Все данные обрабатываются специальным программным обеспечением (ПО), которое позволяет создавать базу данных, анализировать информацию,

формировать отчеты и другое. Пользователи могут просматривать информацию с ПК или мобильного устройства, имеющего доступ в Интернет, с любой точки мира.

4. Отличия дистанционных информационно-измерительных систем потребления электрической энергии между многоквартирной застройкой и частным сектором состоит в выборе соответствующего оборудования и, соответственно, создании необходимых схем передачи данных.

5. Экономическим обоснованием при выборе схемы может служить использование адекватной системы диспетчеризации, которая позволяет получать точную информацию о расходах электрической энергии, выявлять факты ее хищений, минимизировать потери за счет постоянного контроля, мониторинга и исключения нерационального использования энергоресурсов, а также снижать затраты на контролирующий персонал.

Третья глава магистерской диссертации «Преимущества, перспективы и экономический эффект от внедрения информационно-измерительных систем учета потребления электрической энергии с возможностью передачи данных по беспроводным каналам связи» состоит из трех разделов.

В разделе 3.1 «Преимущества внедрения и перспективы развития» определены преимущества умных энергосетей (англ. Smart grid), намечены перспективы их развития в глобальном масштабе и в рамках нашей страны. Уточнены особенности зеленой энергетики и управления домом и зданием, при условии использования мирового стандарта KNX, т.к. современным зданиям нужны современные технологии.

В разделе 3.2 «Экономический эффект от внедрения» доказан экономический эффект от внедрения информационно-измерительных систем учета потребления электрической энергии с возможностью передачи данных по беспроводным каналам связи.

В рамках данной работы рассчитана экономическая эффективность внедрения установки АСКУЭ в одном многоквартирном доме. В связи с тем, что система АСКУЭ в многоквартирной застройке требует капиталовложений, то их целесообразность в условиях рыночных отношений необходимо экономически обосновать.

Вариант 1 (базовый) В двухподъездном двенадцатиэтажном многоквартирном доме (96 квартир) предполагается установка 96 счетчиков электроэнергии индукционные [типа СО-И496.

Вариант 2 (проектируемый) предусматривает установку счетчиков с подключением их к системе АСКУЭ. К установке принимаем 96 счетчиков электроэнергии однофазных CE102-S7, 4 счетчиков электроэнергии трехфазных акт/реакт CE318BY R32.043.JR.UVFL (для мест общего пользования, пожарно-

насосной станции, лифтов и т.д.), а также устройства сбора и передачи данных УСПД 164-01М.

Объектом внедрения АСКУЭ является двухподъездный двенадцатиэтажный многоквартирный дом (96 квартир).

Результаты расчетов представлены в табличной форме (таблица 1).

Таблица 1 – Эксплуатационные издержки при сравнении вариантов

Элементы затрат	Варианты		Изменения ± (3-2) руб./год
	Базовый руб.	Проектируемый руб.	
1	2	3	4
Затраты на оплату труда	1 645,65	881,84	-763,81
Отчисления на социальные нужды	559,52	299,83	-259,69
Амортизационные отчисления	1 287,36	2 925,21	1 637,85
Затраты на техническое обслуживание и ремонт	849,66	3 475,15	2 625,49
Расходы на электроэнергию	158 229,9	144 572,6	-13 657,3
Затраты на прочие нужды	16 257,21	15 215,46	-1 041,75
Итого	178 829,3	167 370,1	-11 459,2

Данные, приведенные в таблице 1, показывают, что внедрение АСКУЭ обуславливает снижение суммарных эксплуатационных издержек на 11 459,21 руб. При этом основным источником полученной прибыли является снижение расходов электроэнергии (13 657,3 руб.).

Основные технико-экономические показатели сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Технико-экономические показатели проекта

Показатели	Варианты		Изменения, ± (3-2)
	I. Базовый индукционный счетчик	II. Проектируемая система АСКУЭ	
1	2	3	4
1. Количество коммунально- бытовых потребителей	96	96	–

Окончание таблицы 2

1	2	3	4
2. Расход электроэнергии, кВт·ч/год	840 754	840 754	–
3. Балансовая стоимость действующего оборудования, руб.	10 298,88	–	–
4. Капиталовложения в новое оборудование, руб.	–	17 334,6	–
5. Эксплуатационные издержки, руб./год	178 829,3	167 370,1	-11 459,2
5.1 Затраты на оплату труда	1 645,65	881,84	-763,81
5.2 Отчисления на социальные нужды	559,52	299,83	-259,69
5.3 Амортизационные отчисления	1 287,36	2 925,21	1 637,85
5.4 Затраты на техническое обслуживание и ремонт	849,66	3 475,15	2 625,49
5.5 Расходы на электроэнергию	158 229,9	144 572,6	-13 657,3
5.6 Затраты на тепловую энергию	16 257,21	15 215,46	-1 041,75
6. Прирост прибыли, руб./год	–	9 396,55	–
7. Годовой доход, руб.	–	11 034,4	–
8. Чистый дисконтированный доход за расчетный период, руб.	–	35 466,81	–
9. Индекс доходности проекта, относительных единиц	–	2,52	–
10. Срок окупаемости капиталовложений, лет:			
- статический	–	2,12	–
- динамический	–	2,75	–

Применение системы АСКУЭ вместо индукционных счетчиков позволяет за счет отдельного учета потребляемой электроэнергии в разное время суток существенно снизить расходы на ее оплату. При этом срок окупаемости капиталовложения – 2,75 года. Это аргументируется снижением эксплуатационных издержек и получением в предлагаемом проекте ЧДД в размере 35 466,81 руб. Поэтому данный вариант можно рекомендовать для практической реализации.

В разделе 3.3 «Выводы по главе 3» подводятся итоги и делаются выводы по главе 3. В рамках главы 3 сделаны следующие выводы:

1. Энерго- и ресурсосберегающие интеллектуальные технологии становятся обязательным элементом любого современного проекта. Безопасная жизнедеятельность multifunctional высотных и жилых объектов, спортивных комплексов, отелей невозможна без оснащения современными информационно-измерительными системами автоматизации и учета потребления электрической энергии с возможностью передачи данных по беспроводным каналам связи, которые эффективно управляют электроснабжением и освещением. Они также контролируют потребление энергоресурсов и обеспечивают надежное функционирование здания в течение всего жизненного цикла.

2. Перспективным продолжением отдельных систем диспетчеризации является возведение умных домов, городов, построенных на принципах устойчивого развития. В рамках таких проектов разрабатываются и внедряются в пилотном режиме новые цифровые решения для эффективной и надежной работы распределительных сетей, интеграции в энергосистемы и совместной работы распределенной генерации, накопителей, средств регулирования нагрузки, а также различного типа агрегаторов распределенных объектов энергетики.

3. Использование электрических счетчиков с передачей данных выгодно не только компаниям, поставляющим энергию, но и тем, кто является ее потребителем. Кроме того, в рамках инициативы предусматривается создание решений, обеспечивающих конечным потребителям кастомизированные сервисы энергоснабжения и управления инженерной инфраструктурой (в том числе автономными источниками энергии). При этом интернет вещей в электроэнергетике рассматривают как пилотный заход для всей коммунальной инфраструктуры: на следующем шаге эта технология может охватить тепло- и газоснабжение, а также другие коммунальные ресурсы.

4. Как показывает практика диспетчеризация и автоматизация процессов сбора информации, в частности с физических и юридических лиц, несет в себе большой потенциал для развития и материальную выгоду с течением времени. В процессе расчета экономической эффективности необходимо учитывать одно свойство: чем больше средств и времени потрачено на организацию информационно-измерительных систем учета потребления электрической энергии с возможностью передачи данных по беспроводным каналам связи, тем выше экономический эффект от внедрения. Объясняется это довольно просто: если качественно подойти к выбору счетчика и ПО на этапе проектирования и внедрения, все подключить и отладить, то в последующем будет потрачено гораздо меньше средств на эксплуатацию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Все потребляемые людьми ресурсы нуждаются в учёте. Это необходимо, чтобы знать, сколько потребитель израсходовал, например, электроэнергии, какую сумму он должен заплатить за поставленные ему киловатты, и объёмы электричества, которые требуется произвести поставщику, чтобы не было переизбытка продукции. Для этого были разработаны и всё время совершенствуются специальные приборы учёта. Одним из таких приборов является электросчётчик, передающий показания непосредственно поставщику электричества дистанционно. Актуальность вопроса энергоэффективности постоянно возрастает. NB-IoT – это стандарт связи для «умных» устройств, относящийся к технологиям LPWAN. На сегодняшний день существуют беспроводные контроллеры, позволяющие вести учёт не только со счетчиков электроэнергии, но и воды, газа, тепла.

2. В настоящее время в рамках концепции устойчивого развития становится актуальным вопрос энергосбережения. Он рассматривается на разных уровнях: глобальном, локальном, отдельными предприятиями, частными лицами. Это происходит не только из-за экологических проблем, но и из-за перспективы сэкономить средства, не просто сохранив качество процесса, но и увеличить его результативность. Люди хотят комфортного, экологичного и безопасного места для жизни и работы, и именно здесь необходима зеленая энергетика и автоматизация с ее Smart Grid или умными сетями электроснабжения. Благодаря современным технологиям Smart Grid может применяться как в масштабах зданий, предприятий, так и для обычных домашних электрических устройств.

3. Главное преимущество от внедрения и использования «умных» счетчиков сводится к снижению несанкционированного использования энергоресурсов, т.к. специалисты снабжающих организаций могут ежедневно дистанционно контролировать потребление ресурсов в каждой отдельной квартире, во всем доме в целом, на объектах предприятий, заводов, офисов и т.д. Благодаря этому пользователи будут платить только за то количество электричества, которое действительно потребляют. В конечном итоге это позволяет оптимизировать процессы, сокращать расходы и существенно экономить энергоресурсы. Чем выше класс точности счётчика, тем меньше придётся платить за электроэнергию.

4. Критерием эффективности создания и внедрения новых информационно-измерительных систем учёта потребления электрической энергии с возможностью передачи данных по беспроводным каналам связи является ожидаемый экономический эффект.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1-А] Гахария, Д.Н. Особенности цифровой трансформации энергосетей / Д.Н. Гахария // Актуальные вопросы профессионального образования (материалы III Международной научно-практической конференции), Республика Беларусь, г. Минск, 1-2 октября 2020 г. [Научное электронное издание] / редкол.: С.Н. Анкуда [и др.]. – Минск : БГУИР, 2020. – с. 63-65.

[2-А] Гахария, Д.Н. Умные энергосети в условиях цифровизации / Д.Н. Гахария // 78-й Научной конференции студентов и аспирантов БГУ, Республика Беларусь, г. Минск, 22-23 апреля 2021 г. [Научное электронное издание] / редкол.: П.И. Бригадин. – Минск : БГУ, 2021.

[3-А] Гахария, Д.Н. Зеленая энергетика и автоматизация как факторы устойчивого развития Республики Беларусь / Д.Н. Гахария // Актуальные вопросы профессионального образования (материалы IV Международной научно-практической конференции), Республика Беларусь, г. Минск, 20-21 мая 2021 г. [Научное электронное издание] / редкол.: С.Н. Анкуда [и др.]. – Минск : БГУИР, 2021.