

Государственное учреждение образования
«Лицей № 1 г. Гродно»



Исследовательский проект по проблеме энергосбережения

*Акустический коммутатор освещения как
идеальное и оптимальное энергосберегающее
устройство управления освещением*

Автор:

**Моисеев Владимир
Александрович,**

10 «Ф/м-2» класс

ГУО «Лицей № 1 г. Гродно»

Руководители работы:

Долоб Наталья Ивановна,

учитель физики ГУО «Лицей № 1 г.
Гродно»

Батура Леонид Леонидович,

инженер-электроник кафедры
электротехники и электроники УО
«Гродненский государственный
университет имени Янки Купалы»

Гродно, 2018 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. Теоретическая часть	
1.1. Выбор темы исследования	4
1.2. Выбор электрического оборудования.....	5
1.3. Краткие сведения о ДКО.....	6
1.4. Описания работы электрической схемы акустического ДКО (АДКО).....	7
2. Практическая часть	8
2.1. Материалы и компоненты АДКО.....	8
2.2. Практическая апробация акустического датчика коммутатора освещения.....	9
2.3. Экономическая эффективность работы акустического датчика коммутатора освещения.....	10
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	13
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	15

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность выбранной темы настоящей работы заключается в разработке наиболее простых путей экономии и применения энергосберегающих эргономических технологий в повседневной жизни. Поиск этих путей в развитых странах осуществляется постоянно, при этом расширяется круг используемых материалов и технологий.

Целью работы является: создание акустического коммутатора освещения как одного из наиболее простых и доступных методов экономии электроэнергии.

Задачи:

1. Подбор необходимых материалов и инструментов;
2. Разработка технологической карты изготовления акустического коммутатора освещения;
3. Апробация на практике прибора. Расчет экономической выгоды от использования созданного прибора на практике.

Объект исследования: процесс создания акустического коммутатора освещения.

Предмет исследования: акустический коммутатор освещения.

Гипотеза исследования: акустический коммутатор освещения можно использовать в быту, если при его разработке и изготовлении будут соблюдены определенные требования: малые габариты, возможность подключения к бытовой сети 220В, простота в эксплуатации и обслуживании; низкие затраты на приобретение и обслуживание, 100% срабатывание по заданному сигналу - звуку, отсутствие ложных срабатываний. Кроме того, он должен работать на все типы нагрузки: лампы накаливания, люминесцентные, светодиодные.

Методы исследования. В работе представлено логичное сочетание следующих теоретических и экспериментальных методов: изучение специальной литературы и периодической печати, наблюдение, беседа, эмпирический метод. При осуществлении исследования автором разрабатывались теоретические положения и гипотеза, которые затем проверялись экспериментально. По результатам экспериментов корректировались ранее предложенные теоретические представления, после чего проводились уточняющие эксперименты. Математическая обработка экспериментальных данных базировалась на строго доказанных выводах математического анализа, математической статистики и планировании эксперимента.

Научная новизна. В работе обосновывается возможность применения акустических коммутаторов освещения для физически ослабленных лиц, в частности, лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата, и пожилых лиц в рамках продолжения реализации в Республике Беларусь Государственной программы о безбарьерной среде жизнедеятельности физически ослабленных лиц [3].

Практическая и социальная значимость реализации исследования обусловлена экспериментально доказанной математическими расчетами

экономической эффективностью: реальной экономией электроэнергии и быстрой окупаемостью. Кроме того, применение акустического коммутатора освещения облегчает жизнь социально уязвимой части населения – лиц с ограниченными возможностями и пожилых людей.

Общая характеристика работы. Исследование состоит из двух взаимосвязанных и взаимообусловленных общей целью частей: основной и практической.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Выбор темы исследования

С каждым годом на бытовые нужды расходуется все большая доля электроэнергии; в огромных масштабах растёт применение бытовой электрифицированной техники. Самыми крупными потребителями электроэнергии в коммунально-бытовом хозяйстве являются жилые дома. Именно по этим причинам сегодня вопросы использования энергосберегающих технологий для собственных нужд становятся все более актуальными. Чтобы существенно снизить расходы на электроэнергию (до 50-80%), люди пользуются специальными приборами, именуемыми датчиками-коммутаторами для освещения (ДКО). Когда объект появляется в зоне охвата, свет включается по сигналу (звучу). При отсутствии сигнала на протяжении заданного времени, свет выключается. Наибольший эффект использования системой автоматического контроля освещения проявляется в паре со светодиодными лампами. [4, С. 23-24] Такое решение экономит электроэнергию (снижаются эксплуатационные расходы из-за долговечности светодиодов) и повышает комфорт жилья. Срок службы светодиодов – свыше 50 тыс. часов. Для сравнения, срок службы люминесцентной лампы – около 8 тыс. часов. Светодиодные лампы работают без мерцания, что намного полезнее для зрения. По оценкам экспертов, переход на светодиодные технологии, даже с учетом роста тарифов, может окупаться за период 4–7 лет [5].

В настоящее время количество людей с инвалидностью составляет около 10% населения Земли (примерно 650 миллионов человек). И, по прогнозам экспертов, эта цифра будет постоянно расти. Кроме того, увеличение продолжительности жизни ведет к увеличению численности пожилых людей, многие из которых имеют различные нарушения функционирования органов и систем организма. [2] Приведенные факты заставляют задуматься о важности обеспечения благоприятных и комфортных для проживания условий для лиц с ограниченными возможностями и пожилых людей.

В 2007 г. в Республике Беларусь была принята Государственная программа о безбарьерной среде жизнедеятельности физически ослабленных лиц. [3] Подобная программа являлась на тот момент единственной в своем роде в странах СНГ. Она ставила задачи обеспечения равных возможностей в

части доступности инфраструктуры для лиц с ограниченными возможностями путем создания безбарьерной среды. Проблема эта является актуальной и в настоящее время.

В конце 2013 года в Германии были подведены итоги масштабного исследования, целью которого было выяснить влияние «умных домов» на жизнь одиноких пенсионеров. Была обработана информация от 100 «умных домов», в которых проживали люди в возрасте от 65 лет. Квартыры добровольцев были оборудованы сенсорами, отслеживающими их активность. Исходя из данных с сенсоров, автоматика дома более рационально расходовала электроэнергию и делала жизнь своих подопечных более комфортной. Исследование показало, что люди с ограничениями по здоровью чувствуют себя в «умных домах» увереннее и лучше встроены в общественную жизнь. Так, например, дистанционное управление освещением помогало одной или парой команд отключить или включить свет, и не заставляло человека подходить каждый раз к выключателю. Особенно это актуально в вечернее время, когда человек уже приготовился лечь спать, и увидел, что в соседней комнате не выключен свет, или свет надо выключить в этой же комнате, а потом в темноте добираться до постели. [1, С. 202-203]

Мы полагаем, что использование акустических коммутаторов освещения целесообразно не только в местах общего пользования, что способствует экономии электроэнергии, но и в жилых домах и квартирах, где проживают лица с ограниченными возможностями, в первую очередь, лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата, и пожилые люди. Это значительно облегчит жизнь социально уязвимой части населения. Более того, их применение в квартирах и домах, где проживают данные категории лиц, позволит снизить их затраты на потребление электроэнергии.

1.2. Выбор электрического оборудования

Датчик – это устройство, преобразующее входное воздействие любой физической величины в сигнал, удобный для дальнейшего использования. **Датчики** (в литературе часто называемые также измерительными преобразователями), или по-другому, **сенсоры** являются элементами многих систем автоматизации - с их помощью получают информацию о параметрах контролируемой системы или устройства.

Датчик регистрирует наличие движения и звука, замыкает цепь и включает свет. Кроме этого можно использовать автоматический режим работы (ДКО).

Исключительное многообразие датчиков вызывает необходимость их классификации. В настоящее время известны следующие типы датчиков, которые целесообразно классифицировать **по входной величине**, практически соответствующей принципу действия (таблица 2):

*Таблица 2.
Классификация типов датчиков по входной величине*

Наименование датчика	Входная величина
Механический	Перемещение твердого тела
Электрический	Электрическая величина
Гидравлический	Перемещение жидкости
Пневматический	Перемещение газа
Термический	Теплота
Оптический	Световая величина
Акустический	Звуковая величина
Радиоволновой	Радиоволны
Ядерный	Ядерные излучения

В нашем случае датчик движения будет работать только при возникновении звука, так как мы доказываем необходимость использования данного устройства для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата, включая пожилых людей, которым движение создает определенные трудности. Это устройство должно быть идеальным и оптимальным. За основу мы возьмем понятия слов «идеальный» и «оптимальный», сформулированные В. Хлуденьковым. [6, С. 78] Идеальное устройство означает, что оно выполнено на реально существующих, доступных компонентах, минимум его собственного энергопотребления, правильность его работы (100% срабатывание при нахождении человека) и отсутствие ложных срабатываний. Сделать универсальное устройство – значит сделать устройство, работающее на все типы нагрузки: лампы накаливания, люминесцентные, светодиодные. Кроме того, нами учитывался и такой немаловажный фактор, как небольшая конечная стоимость устройства.

1.3. Краткие сведения о ДКО

Структурную схему ДКО выглядит следующим образом (рис. 1):

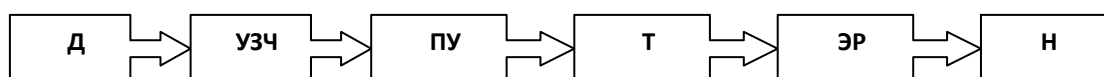


Рис .1. Структурная схема ДКО

В состав структурной схемы входят датчик (Д), усилитель звуковых частот (УЗЧ), пороговое устройство (ПУ), триггер (Т), электронное реле (ЭР) и нагрузка (Н).

Звуковой сигнал, принятый датчиком (Д) и усиленный УЗЧ поступает на пороговое устройство (ПУ). С выхода ПУ короткий импульс поступает на вход триггера (Т), который изменяет своё состояние на противоположное при

каждом новом импульсе с выхода ПУ. Выходной сигнал триггера (Т) активирует электронное реле (ЭР), которое замыкает контакты и подключает нагрузку (лампу накаливания) к сети переменного тока. Таким образом, устройство предназначено для включения-выключения нагрузки от звуковых сигналов. В случае акустического ДКО в качестве датчика можно использовать микрофон, например электретный.

1.4. Описания работы электрической схемы акустического ДКО (АДКО)

Звуковые сигналы (хлопок) принимаются высокочувствительным электретным микрофоном. Звук хлопка ладоней практически всегда громче, чем любой другой звук, который может возникнуть в жилом помещении, и такой звук обычно имеет более широкий спектр колебаний. Резисторы R1, R2 и электролитический конденсатор C1 обеспечивают необходимый режим работы микрофона. Транзистор VT1 усиливает сигналы микрофона, уровень которых составляет несколько милливольт. Емкости конденсаторов C2 и C3 выбираются относительно небольшими (0,1 мкф), чтобы не допустить усиления на более низких частотах. Режим работы транзистора VT1 по постоянному току и усиление устанавливается подбором номинала резистора R3.

Электрическая принципиальная схема АДКО представлена на (рис. 2)

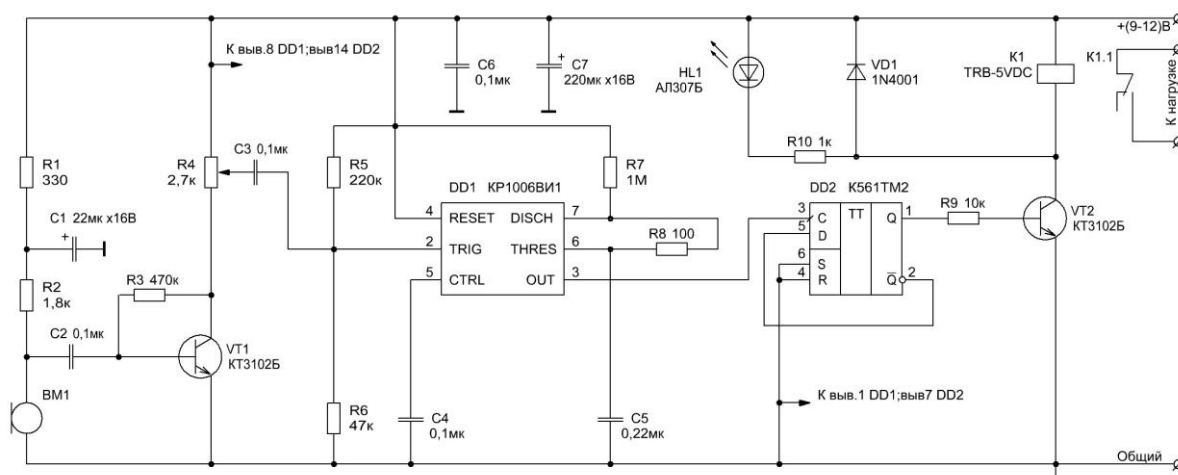


Рис.2 Электрическая принципиальная схема АДКО

Выходной сигнал усилительного каскада, значение которого при резком хлопке может составлять от 1 до 3 В, через конденсатор C3 поступает на вход порогового устройства на интегральном таймере DD1 (KP1006BI1), включенного по схеме моностабильного (ждущего) мультивибратора. Порог срабатывания схемы устанавливается делителем напряжения на резисторах R5, R6. Переменный резистор R4, используемый для регулировки чувствительности схемы устанавливается таким образом, чтобы уровень входного сигнала DD1 был близок к пороговому напряжению срабатывания.

Если амплитуда выходного сигнала VT1 превысит входное пороговое напряжения микросхемы DD1, то схема АКО срабатывает.

Длительность выходного импульса DD1 зависит от сопротивления резистора R7 и емкости конденсатора C5. Конденсатор C4 необходим для устойчивой работы ИМС DD1. К выходу таймера DD1 подключен D-триггер на ИМС DD2 (K561TM2 или CD4013), который изменяет свое состояние (уровень выходного напряжения на выходе 1) на противоположное при каждом новом выходящем с мультивибратора DD1 импульсе. В промежутке между импульсами (хлопками) D-триггер удерживает свое состояние неизменным.

С выхода DD-триггера (Втв 1) сигнал поступает на базу транзистора VT2 (транзисторный ключ), нагрузкой которого является обмотка управления реле. Диод VD1 шунтирует обмотку управления реле и защищает транзистор VT2 от пробоя. Высокий уровень выходного напряжения DD2 открывает транзистор VT2, и напряжение на его коллекторе падает почти до нуля. По обмотке реле протекает ток коллектора VT2, достаточный для срабатывания контактов реле и включения светильника от сети переменного тока.

Следующий хлопок переведет выходное напряжение DD2 на низкий уровень, ток коллектора VT2 падает ниже тока удержания реле. Это приводит к размыканию контактов реле, и светильник гаснет.

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Материалы и компоненты АДКО

При реализации схемы были использованы электронные компоненты, номиналы которых приведены в таблице 3:

Таблица 3.

Электронные компоненты, которые были использованы при реализации электрической принципиальной схемы АДКО

Обозначение на схеме	Номинал	Примечание
R1	330	
R2	3,6кОм	
R3	470кОм	
R4	2,7кОм	Переменный
R5	220кОм	
R6	47кОм	
R7	1Мом	
R8	100	
R9	10кОм	
R10	1кОм	

C1	10мкФх15В	
C2, C3, C4	100нФ	
C5	220нФ	
C6	0,1мкФ	
C7	220мкФх15В	
VD1	КД509	
HL1	АЛ307Б	
VT1	КТ3102Б	
VT2	КТ3102Б	
DD1	КР1006ВИ1	
DD2	К561ТМ2	Импортный аналог CD4013
MIC1	РК-1	Любой электретный
K1	BS-12С	Любое на напряжение 12 В и необходимый коммутируемый ток

2.2. Практическая апробация акустического датчика коммутатора освещения

Испытания АДКО при различных уровнях напряжения питания показали, что качество работы устройства сохраняется до напряжений $V_{пит.} = 5В$, после чего дальность действия начинает существенно сокращаться. Вероятно, причиной этого является ненадежность срабатывания микросхем DD1, DD2 при таких малых напряжениях питания. Также возможно некоторое падение усиления первого каскада на VT1 (рис. 3).

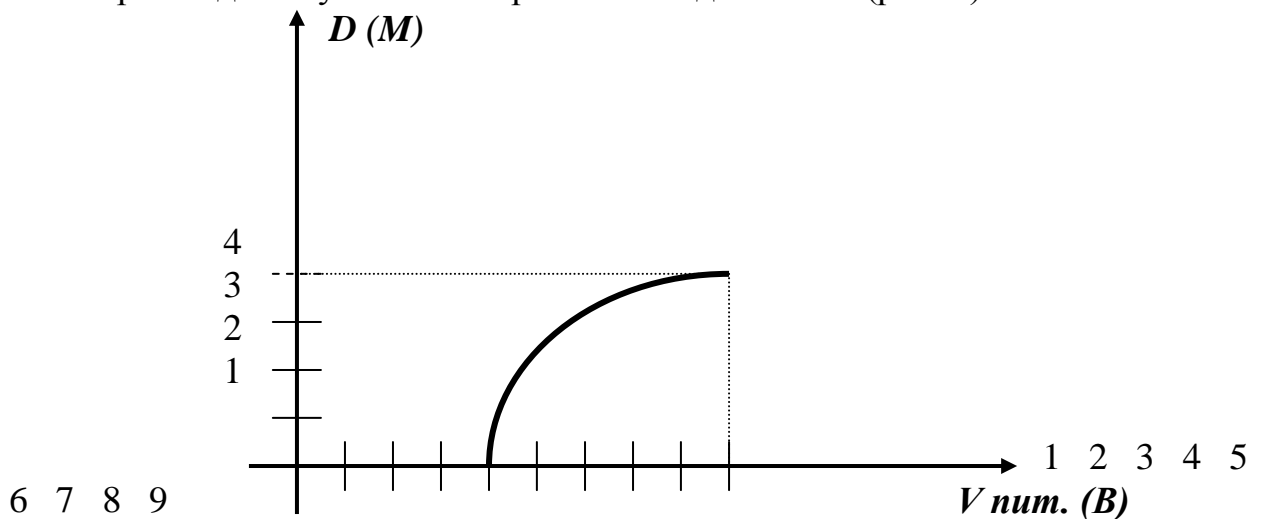


Рис. 3. Зависимость дальности действия D (М) от напряжения питания $V_{пит.}$ (В) (по мере разряда батареи)

Угол азимута α измеряется в градусах и откладывается в горизонтальной плоскости.

Поведение АДКО по углу азимута зависит от чувствительности микрофона МК1 по углу. Максимальный уровень сигнала с выхода микрофона будет в том случае, если направление на хлопок совпадает с центральной осью микрофона, т.е. $\alpha=0^\circ$.

При отклонении влево (вправо) на углы более $45-60^\circ$ сигнал микрофона ослабляется, и дальность действия немного уменьшается (рис. 4).

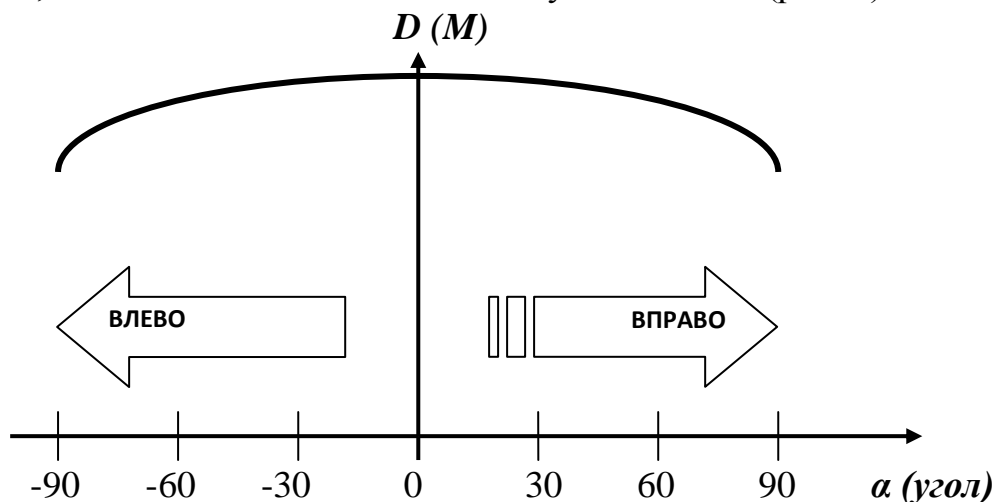


Рис. 4.

Зависимость дальности действия D (M) от угла азимута α (угол)

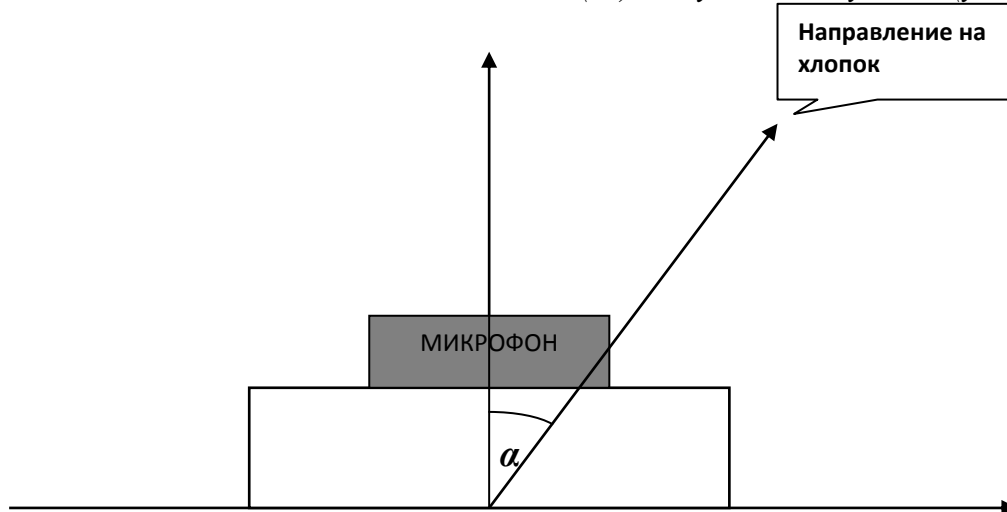


Рис. 5. Направление на хлопок

2.3. Экономическая эффективность работы акустического датчика коммутатора освещения

Эффективность работы акустического датчика коммутатора освещения зависит от ряда факторов:

1. Количество осветительных приборов, которые он обслуживает. Самый неблагоприятный в экономическом плане вариант – работа на одну

лампу. Чем больше ламп обслуживает устройство, тем выше экономический эффект.

2. Частота использования помещения. Чем реже в помещении появляются люди, тем очевиднее польза. Если людской поток постоянный, необходимость во включении и выключении света просто отсутствует.

3. Наличие естественного освещения. Даже если помещение хорошо освещается в дневные часы, прибор будет срабатывать, расходуя энергию впустую. В подобных случаях следует предусмотреть ручное отключение света в дневное время или включение в цепь фотореле.

Устройство предназначено для эксплуатации внутри помещений и рассчитано на круглосуточный режим работы.

При определении экономической эффективности особое внимание уделялось двум аспектам:

1. Реальной экономии электроэнергии, расходуемой на освещение.
2. Сроку окупаемости.

Проведем расчет для одного акустического датчика коммутатора освещения (не самый благоприятный в экономическом плане – работа на одну электролампу), установив акустический датчик коммутатора освещения в общем тамбуре на две квартиры в стандартном 9-ти этажном доме.

Исходные данные:

- количество осветительных приборов в тамбуре – одна электрическая лампа, 60 Вт;
- естественное освещение – отсутствует;
- количество жильцов: кв. № 1 – 4 чел.; кв. № 2 – 5 чел.

До установки акустического датчика коммутатора освещения освещение было постоянно включено. Расход электроэнергии в сутки составлял: 60 Вт x 24 час. = 1440 Вт.

Было установлено, что количество входов/выходов через тамбур составляет от 2-х до 8-ми на каждого жильца в сутки. Возьмем по максимуму и подсчитаем **общее количество входов/выходов в сутки: 8 x 9 (количество жильцов двух квартир) = 72**

Если не учитывать одновременное прохождение по тамбуру двух или более жильцов, то **общее время, необходимое для освещения тамбура в сутки составило 72 x 30 с. (временной цикл акустического датчика коммутатора освещения) = 2160 с. = 36 мин. = 0,6 часа.**

Потребленная при этом электроэнергия: 0,6 час. x 60 Вт + 0,25Вт (собственное потребление акустического датчика коммутатора освещения) x 24 часа = 42 Вт.

Нетрудно подсчитать, что потребление электроэнергии снизилось в 34,3 раза: 1440 Вт:42Вт.

Окупаемость определим как отношение затрат на приобретение, установку и обслуживание акустического датчика коммутатора освещения к суточной экономии.

При данном варианте установки акустического датчика коммутатора освещения **окупаемость составит: 15 руб. : (1,4 кВт x 0,1287 руб/кВт) = 83 дня**, где:

- 15 руб. - стоимость акустического датчика коммутатора освещения;
- расходы на установку не предусмотрены.
- расходы на обслуживание не предусмотрены;
- 1,4 кВт – суточная экономия электроэнергии (1440 Вт – 42 Вт = 1398 Вт = 1,4 кВт)
- 0,1287 руб/кВт - тариф на электроэнергию (для примера).

Таким образом, окупаемость одного акустического датчика коммутатора освещения при данном варианте установки составит менее 3-х месяцев.

При расчете экономической эффективности не учитывалась экономия от увеличения срока службы электроламп (статистика по данной теме до сих пор не конкретизирована, так как электролампы при применении плавного накала при включении практически не выходят из строя).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во введении нами была выдвинута гипотеза: акустический коммутатор освещения можно использовать в быту, если при его разработке и изготовлении будут соблюдены определенные требования: малые габариты, возможность подключения к бытовой сети 220 вольт, простота в эксплуатации и обслуживании; низкие затраты на приобретение и обслуживание, 100% срабатывание по заданному сигналу - звуку, отсутствие ложных срабатываний. Кроме того, он должен работать на все типы нагрузки: лампы накаливания, люминесцентные, светодиодные. В результате проведенного исследования выдвинутая гипотеза подтверждена.

В работе обосновывается возможность применения акустических коммутаторов освещения для физически ослабленных лиц, в частности, лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата, и пожилых лиц в рамках продолжения реализации в Республике Беларусь Государственной программы о безбарьерной среде жизнедеятельности физически ослабленных лиц.

Практическая и социальная значимость выполненного нами исследования обусловлена экспериментально доказанной математическими расчетами экономической эффективностью: реальной экономией электроэнергии и быстрой окупаемостью. Кроме того, применение акустического коммутатора освещения облегчает жизнь социально уязвимой части населения – лиц с ограниченными возможностями и пожилых людей.

Вначале работы над исследованием перед нами была поставлена цель, которая в ходе выполнения работы была успешно достигнута, были выявлены объект и предмет исследования, а также решены следующие задачи:

1. Разработана структурная схема акустического коммутатора освещения для энергосберегающих светильников; сформулированы требования, предъявляемые к разработке данного устройства, проработаны варианты его реализации; выбран оптимальный вариант.

2. На основании полученных данных синтезирована электрическая схема акустического коммутатора освещения.

3. Таким образом, подготовлена вся необходимая информация для изготовления акустического коммутатора освещения, ориентированного на применение в сфере энергосберегающих технологий.

В ходе осуществления исследования мы рассмотрели показатели электроэнергии до появления светильника в доме и после. За рассматриваемую неделю количество использованных кВт уменьшилось после появления светильника на 25 кВт. При дальнейшем использовании данного светильника можно сделать предположение, что экономия будет возрастать.

Результаты работы были представлены на V-ой научно-практической конференции школьников «Физика вокруг нас» (диплом II степени), районной конференции ученических исследовательских работ (диплом II

степени), IX областном конкурсе работ исследовательского характера «Хрустальная альфа» (диплом II степени), V международной научно-практической конференции школьников «Осенний школьный марафон», г. Чебоксары (статья в рецензируемом журнале).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Илюшников А.В. Умный дом, как технология помощи пожилым людям и инвалидам // Глобальные проблемы модернизации национальной экономики: Материалы V Международной научно-практической конференции (заочной), Тамбов, 10 мая 2016 г. – С. 202-206.
2. Инвалидность: факты и статистика. // Портал общественного объединения «Белорусское общество инвалидов» URL: <https://beloi.by/2010/invalidnost-faktyi-i-statistika/>. (дата обращения: 25.09.2017).
3. Об утверждении Государственной программы о безбарьерной среде жизнедеятельности физически ослабленных лиц на 2007-2010 годы: Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 3 апреля 2007 года (Зарегистрировано в Национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 6 апреля 2007 г. N 5/24995).
4. Панфилов И.А., Ерошенко В.И., Минькова Н.О. Ресурсосберегающие технологии: опыт внедрения в МГГУ им. М.А. Шолохова // Социально-экологические технологии. – 2014. - № 1-2. – С. 20-26.
5. Пронина Ю.О. Опыт Гринпис России в области энерго- и ресурсосбережения на примере проекта «Зеленый офис» // ЭнергоСовет. Портал по энергосбережению. URL: <http://www.energsovet.ru/stat792.html>. (дата обращения: 15.09.2017).
6. Хлуденьков В. Система управления освещением – идеальная и оптимальная // Полупроводниковая светотехника. – 2010. - № 7. – С. 78-80. Elibrary.ru. Портал научной электронной библиотеки. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_15243964_94348580.pdf. (дата обращения: 15.09.2017).