

*Автор:*

**Моисеев Владимир Александрович**

ученик 10 «Ф/м-2» класса

ГУО «Лицей №1 г. Гродно»

г. Гродно, Республика Беларусь

*Научный руководитель:*

**Батура Леонид Леонидович**

инженер-электроник

УО «Гродненский государственный

университет им. Я. Купалы»

г. Гродно, Республика Беларусь

## **АКУСТИЧЕСКИЙ КОММУТАТОР ОСВЕЩЕНИЯ КАК ИДЕАЛЬНОЕ И ОПТИМАЛЬНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ**

*Аннотация:* по мнению исследователей, актуальность выбранной темы заключается в рассмотрении наиболее простых путей экономии и применения энергосберегающих энергономических технологий и в повседневной жизни. Цель – создание акустического коммутатора освещения, который 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.

*Ключевые слова:* энергосберегающее устройство, управление освещением, акустический коммутатор, датчик, автоматический контроль освещения, энергосбережение.

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 (звуку). 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 [6].

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. Квартиры 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.

#### *Выбор электрического оборудования*

Датчик – это устройство, преобразующее входное воздействие любой физической величины в сигнал, удобный для дальнейшего использования. Датчик регистрирует наличие движения и звука, замыкает цепь и включает свет. Кроме этого можно использовать автоматический режим работы (ДКО). 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 создаем определенные трудности. Это устройство должно быть идеальным и оптимальным. За основу мы возьмем понятия слов «идеальный» и «оптимальный», сформулированные В. Хлуденьковым [7, 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.

#### *Краткие сведения о ДКО*

Структурную схему ДКО выгидит следующим образом (рис. 1).

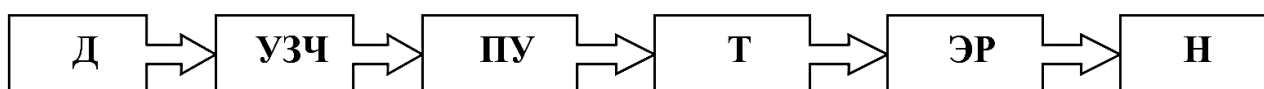


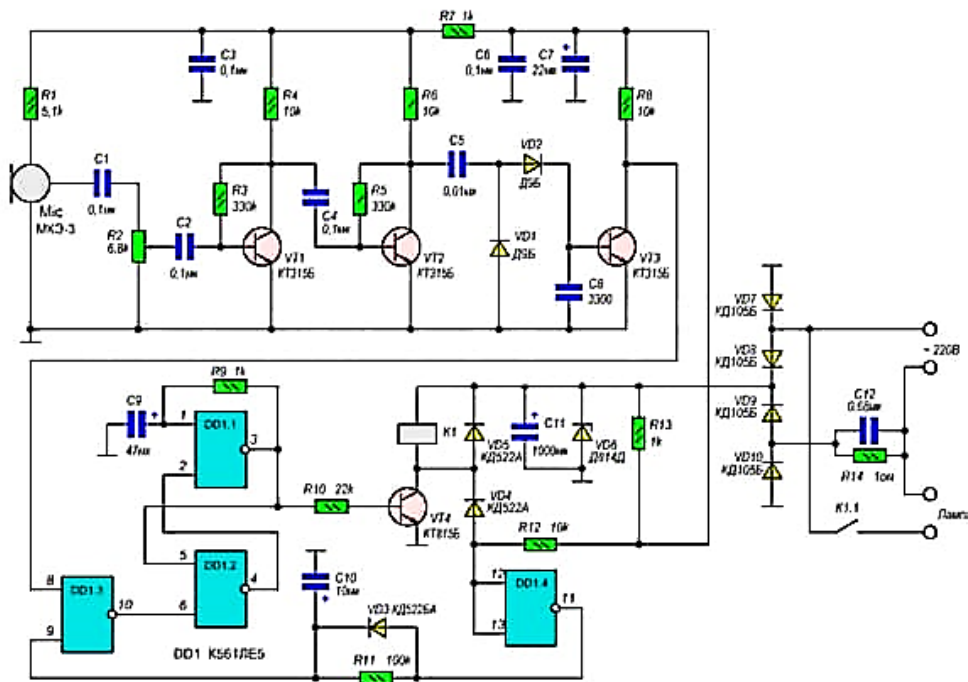
Рис. 1. Структурная схема ДКО

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.

*Описания работы электрической схемы акустического ДКО (АДКО)*

Электрическая принципиальная схема АДКО представлена на (рис. 2) [5].



*Рис. 2. Электрическая принципиальная схема 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.

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 (КР1006ВИ1), 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 переведем выходное напряжение DD2 на низкий уровень, ток коллектора VT2 падает ниже тока удержания реле. Это приводит к размыканию контактов реле, и светильник гаснет.

### *Материалы и компоненты АДКО*

При реализации схемы были использованы электронные компоненты, номиналы которых приведены в таблице 1.

Таблица 1

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

<i>Обозначение на схеме</i>	<i>Номинал</i>	<i>Примечание</i>
-----------------------------	----------------	-------------------

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	PK-1	Любой электретный
K1	BS-12С	Любое на напряжение 12 В и необходимый коммутируемый ток

*Эффективность работы акустического датчика коммутатора освещения* зависит от ряда факторов: количества осветительных приборов, которые он обслуживает; частоты использования помещения и наличия естественного освещения.

При определении экономической эффективности особое внимание уделялось двум аспектам: реальной экономии электроэнергии, расходуемой на освещение и сроку окупаемости.

1. Проведем расчет для одного акустического датчика коммутатора освещения (не самый благоприятный в экономическом плане – работа на одну электролампу), установив акустический датчик коммутатора освещения в одной из жилых комнат в квартире.

В ходе 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.

2. 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 (расчет производился в белорусских рублях):

$$15 \text{ руб.} : (1,4 \text{ квт} \times 0,1287 \text{ руб./кВт}) = 83 \text{ дня,}$$

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.

*Выводы.* 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 проведенного 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.

### ***Список литературы***

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» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <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. №5/24995).

4. Панфилов И.А. Ресурсосберегающие технологии: опыт внедрения в МГГУ им. М.А. Шолохова / И.А. Панфилов, В.И. Ерошенко, Н.О. Минькова // Социально-экологические технологии. – 2014. – №1–2. – С. 20–26.

5. Подключение хлопковых выключателей // Asutpp.ru. Портал Автоматизация и электрика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.asutpp.ru/osveshhenie/xlopkovyj-vyklyuchatel.html> (дата обращения: 25.09.2017).

6. Пронина Ю.О. Опыт Гринпис России в области энерго- и ресурсосбережения на примере проекта «Зеленый офис» // ЭнергоСовет. Портал по энергосбережению [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energsovet.ru/stat792.html> (дата обращения: 15.09.2017).

7. Хлуденьков В. Система управления освещением – идеальная и оптимальная // Полупроводниковая светотехника. Elibrary.ru. Портал научной электронной библиотеки. – 2010. – №7. – С. 78–80 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_15243964\\_94348580.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_15243964_94348580.pdf) (дата обращения: 15.09.2017).