

## РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ОГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА

*Шавров Егор Дмитриевич (staff@vniief.ru), Лимин Дмитрий Павлович,  
Полянцев Дмитрий Владимирович, Черепанов Илья Евгеньевич,  
Лебедева Александра Витальевна<sup>1</sup>*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.  
<sup>1</sup>СарФТИ НИЯУ МИФИ, г. Саров Нижегородской обл.

В статье рассматривается конструкция разрабатываемого электромеханического устройства ограничения доступа. Ее отличительной особенностью в сравнении с прототипом является применение планетарного редуктора в связке с байонетным соединением. В статье описываются принцип и логика взаимодействия устройства и электродвигателя. Также рассматриваются вопросы надежности и обеспечения стойкости к действиям злоумышленника при блокировке и разблокировке. Все описанные аспекты в данной статье выделяют технические решения разработанного устройства на фоне существующих конструкций.

**Ключевые слова:** устройство ограничения доступа, бесколлекторный электродвигатель, байонетное соединение, планетарный редуктор.

## THE DEVELOPMENT OF PROGRESSIVE ELECTROMECHANICAL DEVICE FOR RESTRICTING ACCESS

*Shavrov Egor Dmitrievich (staff@vniief.ru), Limin Dmitry Pavlovich,  
Polyantsev Dmitry Vladimirovich, Cherepanov Ilya Evgenievich,  
Lebedeva Aleksandra Vitalievna.<sup>1</sup>*

FSUE «RFNC-VNIIEF», Sarov, Nizhny Novgorod region, Russia  
<sup>1</sup>Sarov State Physics and Technical Institute, Sarov Nizhny Novgorod region

The article discusses the design of the developed electromechanical device for restricting access. Its distinctive feature in comparison with prototype is the use of a planetary gearbox on conjunction with a bayonet connection. The article describes the principle and logic of the interaction between the device and the electric motor. The issues of reliability and ensuring resistance to the actions of an intruder during blocking and unlocking are also considered. All the aspects described in this article highlight the technical solutions of the developed device against the background of existing designs.

**Keywords:** electromechanical device for restricting access, brushless motor, bayonet connection, planetary gearbox.

### Введение

В настоящее время вопросы физической безопасности и ограничения доступа являются ключевыми в сферах специального назначения и объектов критической инфраструктуры. Одной из главных проблем в вопросах физической безопасности и ограничения доступа является применение уже «проверенных временем» решений. Ярким примером та-

ких решений служат механические замки – замки, имеющие механический ключ и устройство фиксации. Взаимодействие с механическими замками усложнено в силу отсутствия обратной связи, но показатели надежности таких устройств высоки.

Разрабатываемое электромеханическое устройство ограничения доступа призвано улучшить эксплуатационные характеристики, упростить и ускорить процесс отпирания и запираания, повысить

взломостойкость и безопасность при сохранении высоких показателей надежности, свойственных механическим замкам.

Замки сферы специального назначения должны отличаться следующими свойствами:

- быстрое и упрощенное взаимодействие оператора с устройством;
- высокая надежность при различных условиях эксплуатации;
- высокие показатели взломостойкости.

### **Существующие исполнительные механизмы**

На данный момент существуют следующие исполнительные механизмы замков [1]:

- механические;
- электромагнитные;
- электромеханические.

Механический замок – классическая система, «обкатанная временем», но при этом он не решает следующие проблемы:

- обилие механических частей снижает надежность;
- при увеличении стойкости механизма замка к взлому путем усложнения ключа возрастает количество и сложность механических частей, что резко снижает надежность и увеличивает цену производства;
- механический привод имеет некоторые сложности проектирования, из-за значительного расстояния от «замочной скважины» до места запорного механизма;

• недостаточная надежность системы получения ключа, основанная на организационных мерах (доктрина информационной безопасности говорит нам стремиться к автоматическим мерам);

- наличие физического ключа.

Электромагнитные замки – запорные устройства, основанные на магнитном взаимодействии. Их недостатками являются:

- необходимость надежного бесперебойного источника питания, так как без подачи электроэнергии замок открывается;
- габариты и масса больше запорных устройств других типов;
- вес двери может быть достаточно большим и при закрытии возникает динамическая нагрузка ударного типа, которая приводит к трещинообразованию;
- условия эксплуатации.

Электромеханические замки – запорные устройства, основанные на механическом воздействии на запирающий механизм, которое создается соленоидом или электродвигателем. Основными недостатками существующих конструкций являются:

- сложность устройства;
- относительно низкая надежность.

В качестве исполнительного механизма был выбран электромеханический тип замков, так как этот

вариант позволяет реализовать поставленные задачи, но необходимо проработать его недостатки.

### **Описание разрабатываемой конструкции**

Электромеханическое устройство ограничения доступа (ЭУОД) будет эксплуатироваться в составе систем, работающих в широком диапазоне как климатических, так и механических внешних воздействующих факторов (ВВФ). Учитывая, что механизм содержит подвижные части, ЭУОД должно иметь запас ресурса по всем характеристикам, в том числе по крутящему моменту приводящего в движение механизм двигателя. Это обусловлено необходимостью выполнения задач в условиях обледенения конструкции, повышения густоты смазки при низких температурах, попадания на подвижные части пыли и других загрязнений. Кроме того, ЭУОД не должно быть источником искр при работе в средах с повышенным содержанием взрывоопасных веществ.

### **Механическая часть устройства**

Разрабатываемое устройство условно можно разделить на три части: механическую, электрическую и логическую. Механика включает в себя корпус, ригель и редуктор.

#### **Ригель**

В первую очередь необходимо определиться с принципом запорного механизма. Ригель – часть запорного устройства, которая непосредственно запирает объект закрытия. Рассматривались несколько вариантов запорных механизмов:

- ригель-стержень;
- винтовой ригель;
- байонетное соединение.

Ригель-стержень в сравнении с байонетным соединением обладает большим весом, что отрицательно скажется на массе изделия, а также подвержен загибам, что со временем негативно отразится на плотности прилегания деталей.

Винтовой ригель является разновидностью ригеля-стержня и отличается от него наличием резьбы. Такой тип соединения обладает достаточной прочностью, но учитывая обозначенные ВВФ существует риск закисания резьбы в ответной части замка, что негативно сказывается на надежности.

Учитывая перечисленные факты, был выбран вариант байонетного соединения. Этот тип механизма обеспечивает быстрое соединение деталей посредством осевого перемещения, совпадения и поворота, а также их плотное прилегание друг к другу [2].

Разработанная модель ригеля представлена на рис. 1.

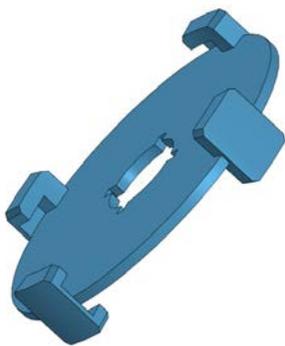


Рис. 1. Модель ригеля

### Корпус

Для выбранного типа соединения, корпус модели ЭУОД будет состоять из трёх деталей: ответная часть, корпус и задняя крышка [3]. Наиболее нагруженными из них являются первые две. В дальнейшем не исключается возможность того, что корпус и ответная часть ЭУОД будут единичными деталями с дверцей и запираемым объектом соответственно.

Разработанные корпусные детали (кроме ответной части) представлены на рис. 2.

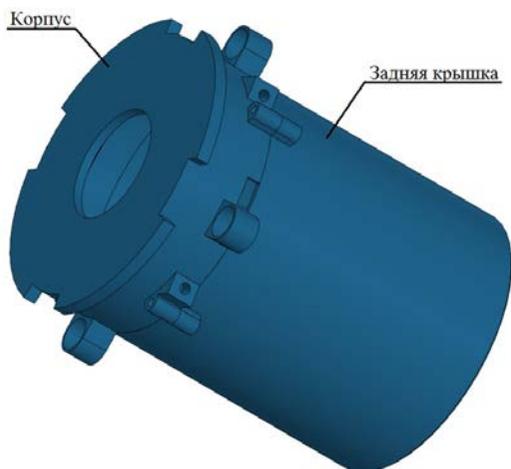


Рис. 2. Модели корпусных деталей

### Редуктор

Редуктором называют механизм, основным элементом которого является зубчатая, червячная или планетарная передача, выполненный в виде отдельного агрегата, и служащий для передачи вращения от вала двигателя к валу исполнительного механизма [4]. Его назначением является понижение угловой скорости, и, соответственно, повышение вращающего момента ведомого вала по сравнению с ведущим. Существует несколько типов:

- цилиндрический;
- конический;
- червячный;
- планетарный.

Червячные редукторы осуществляют передачу момента между скрещивающимися валами, т. е. посредством червяка и сопряжённого червячного колеса. Применяются данные редукторы во всех областях машиностроения. Плюсы: большой диапазон передаточных отношения, плавность работы и бесшумность. Минусы – низкий КПД и повышенный износ.

Цилиндрические редукторы производятся в двух исполнениях: с параллельными осями и соосные. Используются в механизмах с повторно-кратковременным режимом работы. Данные редукторы отличаются высоким КПД и большая долговечность.

Конические редукторы имеют схожие с цилиндрическими редукторами характеристики, но передают момент аналогично червячным – под углом.

Был выбран планетарный тип редуктора. Его основными особенностями являются: высокий передаваемый момент, высокие воспринимаемые радиальные и осевые нагрузки, широчайший диапазон передаточных чисел, высокий КПД и низкие габаритно-массовые характеристики относительно аналогичных механизмов других типов. Он не требует частого обслуживания, обладает высокой надёжностью, соосностью входящего и исходящего момента, а также способен работать на одной шестерне, если остальные вышли из строя. Недостатком планетарного редуктора является сложность конструкции относительно цилиндрического, выражающаяся в большем количестве деталей, что, с учетом получаемых эксплуатационных характеристик и надёжности, не критично.

### Электрическая часть

#### Электродвигатель

Важнейшим элементом электромеханического замка является двигатель, создающий вращающий момент для изменения положения запорного механизма. К нему предъявляются высокие требования к надёжности срабатывания и конструктивной прочности.

Рассматривались несколько типов двигателей:

- шаговый;
- коллекторный;
- бесколлекторный.

Шаговые двигатели имеют наименьший крутящий момент и выходят из строя даже при небольшом превышении нагрузки. Коллекторные двигатели не удовлетворяют требованиям к взрывобезопасности, так как при их работе существует высокая вероятность искрообразования. Бесколлекторные двигатели представляют наиболее новый и прогрессивный тип двигателя, обладают высоким КПД, хорошо охлаждаются, благодаря тому, что катушки отводят тепло на корпус, а также могут работать в воде. Главными минусами являются наличие дорогих редкоземельных магнитов, высокая цена и сложность разработки конструкции. Также бесколлекторные двигатели требуют формирования токов управления при помощи

силовых транзисторов, что усложняет электронную часть. Несмотря на минусы данного типа, баланс их эксплуатационных характеристик оптимален.

В качестве альтернативного источника вращающего момента для модели не исключается использование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Такой тип достаточно надежен и неприхотлив, обладает простой конструкцией низкой стоимостью. Для применения в данной разработке этого двигателя требуется редуктор с большим числом редукции или дополнительная схема контроля частоты.

### Управление и силовая часть

Силовая часть предназначена для задействования исполнительного механизма путем подачи электрического тока. Так как исполнительный механизм может быть представлен несколькими вариантами устройств, силовая часть может быть унифицирована, однако из-за большого количества деталей, это может вести к снижению надежности и лавинообразному усложнению и вследствие того удорожанию устройства.

### Обеспечение информационной безопасности

Одно из обязательных требований к ЭУОД в криптографическом плане – отсутствие хранения пароля в явном виде. Для того, чтобы реализовать данную функцию необходимо что бы устройство производило некоторые математические действия над введенным паролем, а затем сравнивало результат преобразований с производной пароля, что хранится в памяти самого устройства [5].

Математические действия для получения производной пароля должны быть необратимыми в разумный период времени. Обычно для этого используют хэш-функции. Для большей надежности хэш-функция может быть применена несколько раз. Данный принцип используется для хранения паролей в популярных базах данных. Количество раз применимых к операции хеширования может меняться в зависимости от вычислительной производительности.

Однако, для одной производной хэш-функции может существовать несколько паролей. Данное явление называется «коллизией». Коллизии являются основополагающей уязвимостью хэш-функций. Для

производной хэш-функции могут быть сгенерированы таблицы, позволяющие подобрать пароль. Так же существуют способы нахождения коллизий с приемлемой вычислительной сложностью (Метод Ван Сяюня и ЮйХунбо).

Для решения данной проблемы предполагается использовать алгоритм генерации производной пароля представленный на рис. 3.

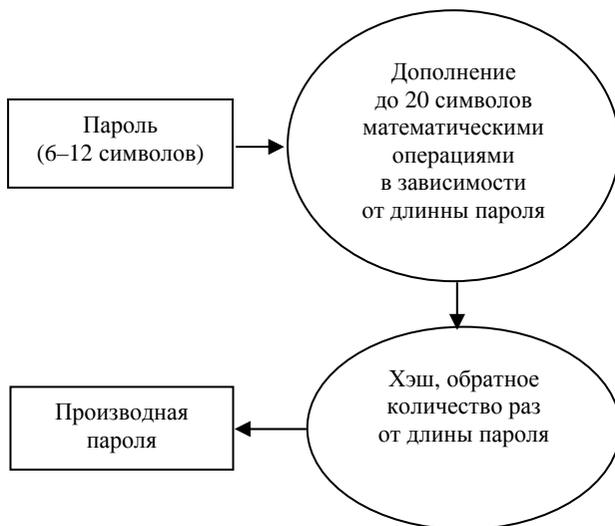


Рис. 3. Алгоритм генерации производной пароля

Дополнение последовательностью по скрытому закону, (добавление «соли») позволяет повысить криптостойкость алгоритма не позволяя использовать типовые методы подбора.

### Интерфейс

Блок-схема системы ЭУОД представлена на рис. 4.

Пульт ввода пароля представляет собой стандартную цифровую клавиатуру с цифрами от 0 до 9 и служебными символами для ввода и отмены (примером может служить простая клавиатура от телефона). Может быть оборудован либо семисегментными, либо 35 точечными знаковосинтезирующими элементами, в зависимости от необходимости восприятия системы пользователем. Предоставляет пользователю интерфейс взаимодействия с блоком управления. Является съемным, хранится отдельно от запираемого объекта.

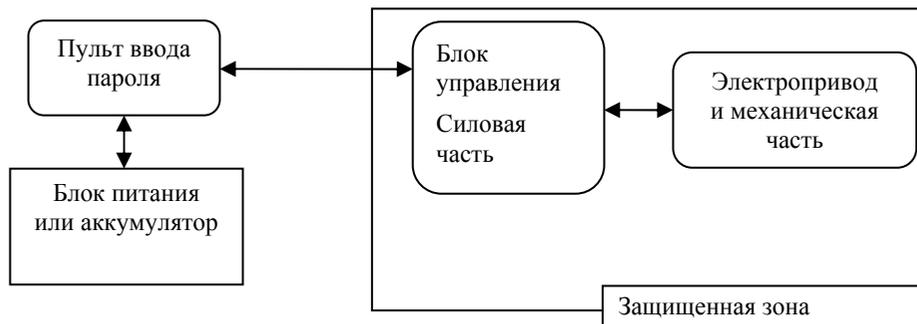


Рис. 4. Блок-схема системы ЭУОД

Блок питания или аккумулятор – элемент для запитывания всего механизма. Должен выдавать в импульс достаточные токи для бесперебойного питания электроники во время ее работы.

Блок управления включает в себя силовую и криптографическую части. Находится в защищенной зоне, доступ в которую имеет только авторизованный персонал.

### Вывод

Таким образом, разрабатываемое ЭУОД (рис. 5.) будет представлять собой разъемный корпус, в одной части которого установлен бесколлекторный электродвигатель с платой управления, а в другой части планетарный редуктор, выходной вал которого проходит через сквозное отверстие. На валу редуктора установлен ригель, который состоит из двух частей, одна из которых выполнена в виде поворотного диска, с обеих сторон которого расположены зацепы. Другая часть выполнена в виде отдельной детали, которая устанавливается на ответной части запираемого объекта. На боковых поверхностях корпуса и ответной части, по окружности, выполнены пазы, которые одновременно взаимодействуют с зацепами диска. Также для настоящего макета устройства были разработаны принцип и логика работы, модели обеспечения информационной безопасности интерфейса, благодаря которым обеспечивается функционал.

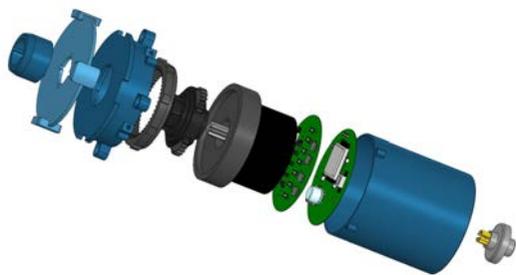


Рис. 5. ЭУОД

### Список литературы

1. Солодовников В. В. Техническая кибернетика. Устройства и элементы систем автоматического регулирования и управления. Книга 3. Исполнительные устройства и сервомеханизмы // М.: Машиностроение, 1976.
2. Макаров В. М., Невесенко В. И., Плейкин А. В. Байонетные затворы аппаратов // М.: Машиностроение, 1980.
3. Горюнов Н. Н., Мозгалев В. А. Конструкции корпусов и тепловые свойства полупроводниковых приборов // М.: Энергия, 1972.
4. Непомнящий Л. Л., Семичев Л. Е. Редукторы (каталог-справочник) // М.: ГОСИНТИ, 1963.
5. Бондарев В. В. Введение в информационную безопасность автоматизированных систем. Учебное пособие // М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016.