

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМОМ МУЗЫКАЛЬНОЙ ШКАТУЛКИ**

**Зиманова О.Л., Метревели С.К.**

**Научный руководитель: Юдин А.В.**

Центр детского творчества «На Вадковском», мастерская «Спортивная робототехника»  
НИТУ «МИСиС», лаборатория цифрового производства «FabLab»

## **CONTROL SYSTEM FOR MUSIC BOX MECHANISM**

**Zimanova O.L., Metreveli S.K.**

**Supervisor: Yudin A.V.**

Children's activity center "Na Vadkovskom", "Sports robotics" workshop  
NUST "MISIS", digital fabrication laboratory "FabLab"

### **Аннотация**

В работе рассмотрена конструкция и система управления музыкальной шкатулкой. Результирующее устройство может рассматриваться как мехатронное. Состав элементов устройства включает как элементы механического конструктора, хорошо знакомого авторам, так и новые для них электронные и электромеханические компоненты, некоторые элементы разработаны самими авторами. Помимо технических подробностей в работе рассмотрена общая мотивация к разработке подобных устройств в учебном процессе дополнительного школьного образования.

### **Abstract**

The paper explains the design and control system of a music box. The resulting device may be considered as mechatronic. The elements' composition of the device includes both elements of the mechanical construction set familiar to authors and electronic and electromechanical components new to them, some elements are developed by the authors themselves. In addition to the technical details the paper considers general motivation for development of such devices in the learning process of supplementary education.

### **Введение**

Вид современной науки и техники, если не знать предыстории, а изначально погрузиться в процесс поглощения результатов работы огромного числа людей, может быть ошибочно принят за совершенно естественную среду обитания человека, которая всегда была и будет. Такое впечатление сейчас складывается у многих молодых людей, которые воспринимают сложнейшие устройства, если говорить о технике и инженерных науках, как нечто само собой разумеющееся. Простота, с которой сегодня можно играючи «повелевать» законами природы, столь обманчивая, сегодня уже никого не удивляет. И хотя сохраняются еще области, в которых абсолютного торжества человеку достичь не удастся, все-таки многие начинают забывать, а еще большее количество людей даже и не задумываются о том, как же стало возможно достигнуть современного технического уровня и уровня жизни.

Авторы попытались понять, что двигало людей к созданию механизмов и машин. Инженерная работа по созданию очередного устройства обрела в этом свете необычный оттенок любопытства, которым наделены авторы (вполне возможно в силу возраста). Совмещение технических и гуманитарных вопросов в одной работе по этой причине приводит к визуальному упрощению обоих направлений, но это совершенно не вредит результату, который состоит в освоении принципов технической работы и более глубокого понимания сути инженерного дела.

### **Музыка в жизни человека**

Музыка сопровождает человека с незапамятных времен и вполне возможно, что первые инструменты в истории человечества были именно музыкальные. Простейшее из подобных устройств может представлять из себя обыкновенную палку и какой-нибудь полый предмет. Ударяя ими друг о друга можно добиться эффекта барабана, а со временем сочинить мелодию.

У народов оломбо, топоке, келе, комо, мба и других, населяющих леса Конго, основным средством передачи сообщений на расстояние служат разнообразные гонги [1]. По существу, такой гонг имеет очень мало общего с барабаном (поэтому выражение «язык барабана», часто используемое в популярной литературе, не вполне верно). В отличие от барабана (или мембранофона), который дает звуки одинаковой высоты, гонг устроен таким образом, что из него можно легко извлечь звуки двух или более тонов. При всем разнообразии типов этого последнего инструмента общий принцип его изготовления остается достаточно постоянным. Из довольно толстого обрубка дерева длиной до двух метров через тонкую продольную щель извлекается основная часть внутренней древесины. В результате получается полый цилиндр, одна стенка которого заметно толще другой. При ударе о тонкую стенку мы получаем более высокий звук, а при ударе о толстую стенку — звук более низкий. Каждая деревня имеет собственный гонг, звучание которого вполне индивидуально (поскольку невозможно изготовить два совершенно одинаковых гонга). Мастерство обращения с гонгом вырабатывается годами, так что обычно в селении бывает не более одного-двух искусных «телеграфистов».

Многие музыкальные инструменты используют технику удара молоточка по материалу, который излучает звук (например, струны гитары или фортепиано). Интересно здесь то, что многие музыкальные инструменты дошли до нас практически в неизменном виде с тех самых пор, когда они были изобретены. Конечно, улучшения могли коснуться используемых материалов, которые были недоступны нашим предкам, но в остальном конструкция вряд ли менялась кардинально в разные эпохи. Такое постоянство не может не вызывать интереса и вопросов о природе подобного явления в мире техники.

Прежде, чем рассмотреть причины постоянства внешнего вида и конструктивных особенностей музыкальных инструментов сначала все-таки стоит выяснить причину, породившую необходимость создавать эти инструменты. Не претендуя на научную точность и поиск всех возможных причин, но используя собственный опыт каждого человека можно утверждать, что по причине изменчивости настроения у него (человека) рано или поздно возникает необходимость влиять, управлять этим явлением. Эта причина, может быть и не единственная, но безусловно является одной из основных. Музыка же является одним из наиболее действенных способов обеспечить подобное управление, т. е. музыка способна формировать настроение человека.

В силу того, что музыкальные инструменты известны очень давно, а предполагаемая нами причина для их появления затрагивает всех людей без исключения, мы можем заключить исключительную важность музыки для человека. Заклучив это, мы сразу же понимаем, что инженеры прошлого не могли обойти этот вопрос и решали его всегда как один из основных, который нельзя было игнорировать или отложить, а поэтому и добивались значительных успехов, закладывая принцип игры на столетия вперед.

Законы физики в современном виде конечно же не были знакомы изобретателям древности. Недостаток глубоких научных знаний они компенсировали обилием практики. Через которую, со временем, наиболее усидчивым и настойчивым удавалось ухватить суть протекающих явлений и процессов, описать их и передать потомкам. Все существующие науки о природе формировались подобным образом – через практику.

Получается, что для освоения технических наук требуется пройти путь наших предков и на практике освоить базовые установки научных учений. Технические науки в этом отношении оказываются проще гуманитарных, поскольку любое предположение всегда можно проверить на практике создав (или не создав) соответствующее работающее устройство. Все прочие подходы к освоению технического научного знания являются несостоятельными, поскольку противоречат естественному ходу вещей, описанному нами выше.

Разобравшись таким образом в предпосылках к работе и ее первоначального осмысления рассмотрим конкретный пример, который авторы выбрали для начального освоения разработки современных музыкальных инструментов (см. рис.1).

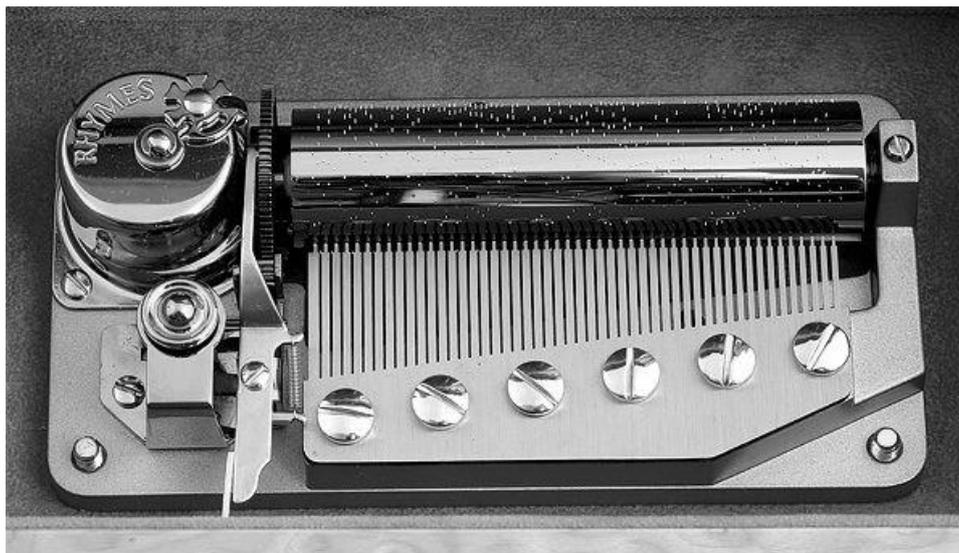


Рисунок 1 – Внешний вид музыкальной шкатулки фирмы Giglio

Механизм, подобный показанному на рисунке выше, лег в основу описываемой далее системы.

### Структура системы управления

На рис.2 представлена структурная схема мехатронной системы.

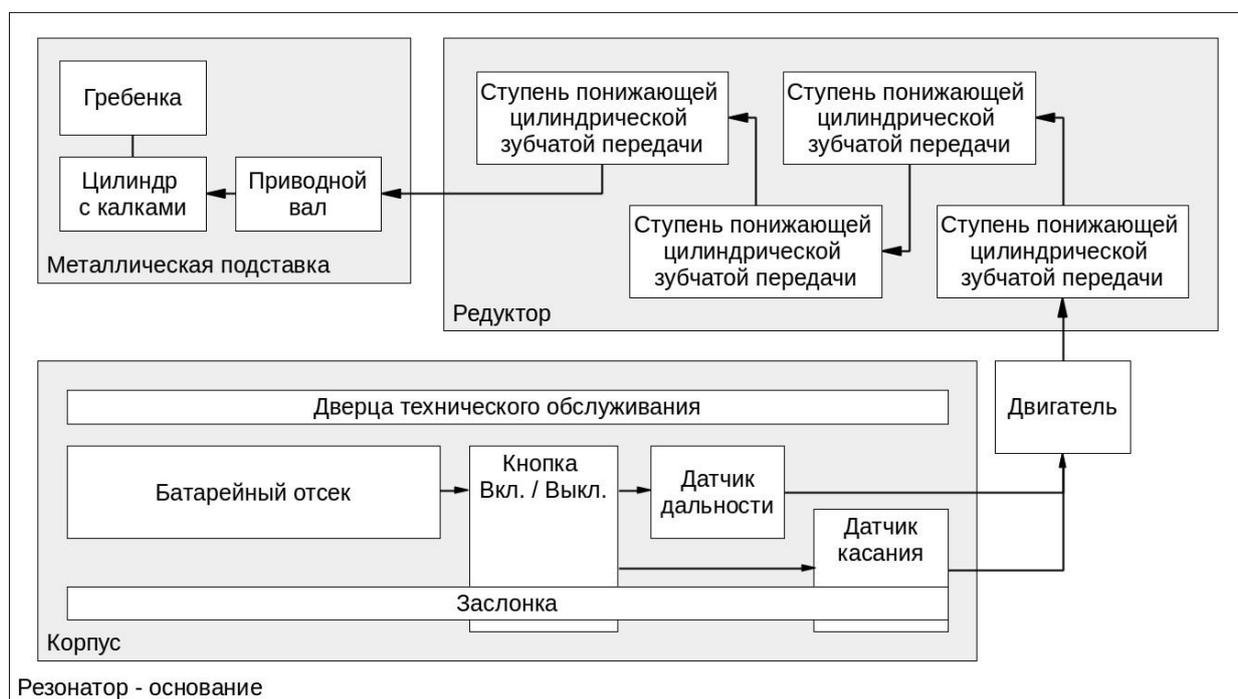


Рисунок 2 – Структурная схема устройства системы

Батарейки проводами подключаются к датчику дальности и датчику касания, оба датчика соединены с двигателем, двигатель заставляет работать редуктор, который приводит в движение приводной вал музыкальной шкатулки.

Для общего включения или выключения устройства используется отдельная кнопка «Вкл./выкл.».

Редуктор подбирался особо тщательно, поскольку скорость вращения приводного вала музыкальной шкатулки должна быть не очень медленной и не очень быстрой. В противном случае мелодия будет непонятна слушателю. Двигатель имеет слишком большую скорость на выходе и недостаточный момент для вращения приводного вала. Для решения этой задачи опытным путем были подобраны элементы редуктора.

Изначально большая скорость на двигателе была уменьшена с помощью нескольких ступеней редуктора. Каждая ступень – это переход с малой шестерёнки на большое колесо. В итоге получилось 4 понижающих передачи.

Помимо редуктора был изготовлен корпус для электроники системы управления запуском двигателя. Корпус имеет помимо рабочей заслонки, необходимой для реализации штатного пуска двигателя еще и дополнительную дверцу технического обслуживания. Периодическая замена батарей в этом случае происходит удобно.

Все элементы устройства закреплены на едином основании, которое не только обеспечивает жесткость всех конструкции, но и служит резонатором для музыкальной шкатулки, делая изначально тихий звук гребенки звонким и громким (см. рис.3 и 4).

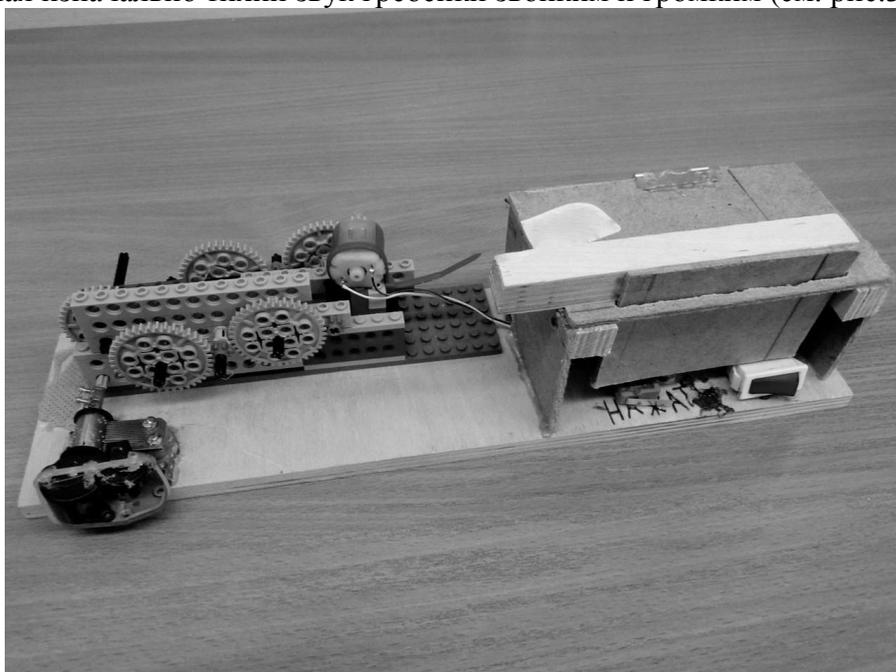


Рисунок 3 – Внешний вид устройства, вид спереди

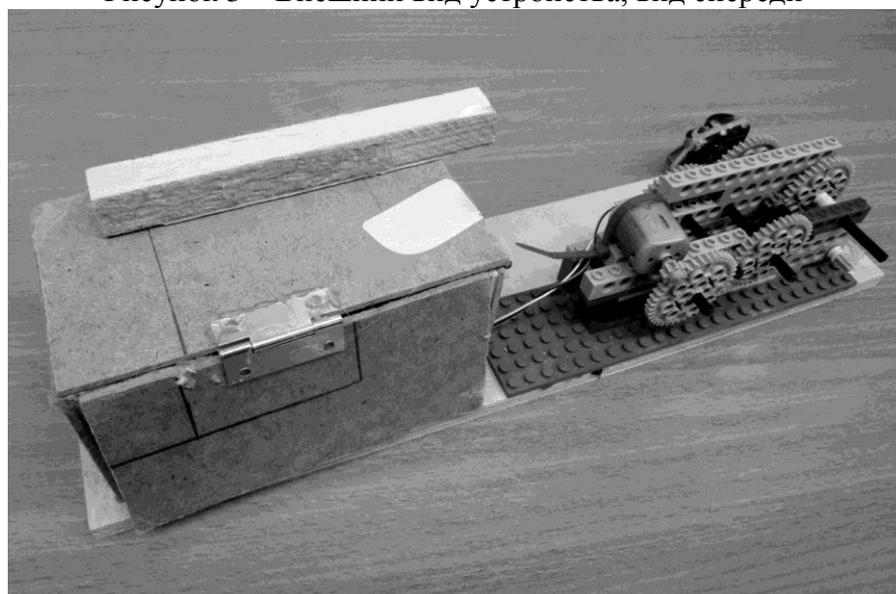


Рисунок 4 – Внешний вид устройства, вид сзади

## Устройство музыкальной шкатулки

Музыкальная шкатулка — это своеобразный автоматический музыкальный инструмент, производящий звуки при помощи калков, закрепленных во вращающемся валике или диске, которые цепляют зубья гребенки, воспроизводя мелодию. У некоторых более сложных шкатулок есть крошечный барабан и маленькие колокольчики в дополнение к металлической гребенке. [2]

Основанием, на которой закреплены остальные части, является станина или подставка. Подставку делают из металла.

Музыкальная шкатулка состоит из:

1. Заводной ключ или рукоятка для того, чтобы завести механизм.
2. Пружинный механизм (их может быть несколько, или пружина может быть больше, для того чтобы продлить время звучания мелодии) позволяет проигрывать музыкальное произведение от одной минуты до нескольких часов.
3. Гребенка - плоская металлическая часть со множеством настроенных зубьев различной длины. Чем зуб короче, тем звук выше, а чем зубец длиннее, тем звук ниже.
4. Цилиндр - вращающаяся часть механизма с штырьками или калками (выполняют функцию нотного листа), которые цепляют за зубья гребенки, и получается мелодия. Чем диаметр цилиндра больше, тем длиннее и сложнее мелодия.

## Инструменты, похожие на музыкальную шкатулку

На музыкальную шкатулку похожи такие инструменты как шарманка и ксилофон.

Шарманка – это ящик, внутри которого размещены в несколько рядов звучащие трубки, меха и деревянный или металлический валик с шипами-кулачками. Крутя ручку, шарманщик может воспроизвести 6-8 мелодий, записанных на валике. Такие «кулачковые устройства» были известны ещё со времен античности: маленькие выступы-«кулачки» крепятся на вращающихся цилиндрах или дисках, попеременно включая звучание той или иной ноты.

Ксилофон – это ударный музыкальный инструмент. Представляет собой ряд деревянных брусков разной величины, настроенных на определённые ноты. По брускам ударяют палочками с шарообразными наконечниками (малетами) или специальными молоточками, похожими на небольшие ложки.

## Принцип работы редуктора и его основные параметры

Редуктор - это механизм, передающий и преобразующий крутящий момент, с одной или более механическими передачами [3]. Основные характеристики редуктора – КПД, передаточное отношение, передаваемая мощность, максимальные угловые скорости валов, количество ведущих и ведомых валов, тип и количество передач и ступеней.

Обычно редуктором называют устройство, преобразующее высокую угловую скорость вращения входного вала в более низкую на выходном валу, повышая при этом вращающий момент. Редуктор, который преобразует низкую угловую скорость в более высокую обычно называют мультипликатором. Редуктор, который преобразует высокую угловую скорость в более низкую, обычно называют демумльтипликатором.

Передаточное отношение – это одна из важных характеристик механической передачи вращательного движения. В общем случае передаточное отношение находится как отношение угловой скорости ведущего элемента ( $\omega_1$ ) механической передачи к угловой скорости ведомого элемента ( $\omega_2$ ) или отношение частоты вращения ведущего элемента ( $n_1$ ) механической передачи к частоте вращения ведомого элемента ( $n_2$ ).

$$i = i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (1)$$

$\omega_1$  и  $\omega_2$  – угловые скорости зубчатых колес.  $n_1$  и  $n_2$  - количество зубьев на шестерёнке и колесе.  $i_{12}$  – передаточное отношение между 1 и 2 звеном.  $i$  – передаточное отношение.

### Схема состояний и принцип работы устройства

Возможные состояния системы учтены на рис.5.

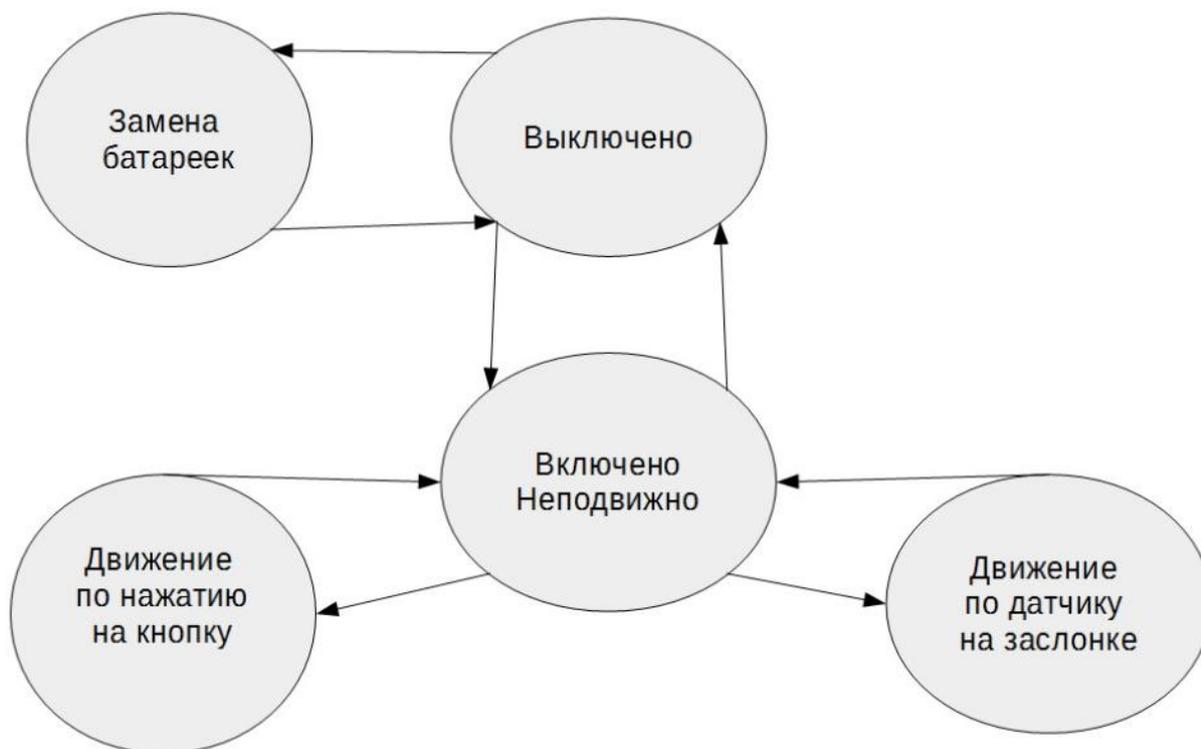


Рисунок 5 – Машина состояний устройства

Чтобы заработала музыкальная шкатулка нужно нажать на кнопку (датчик касания) или отворить заслонку. Когда пользователь отворяет заслонку срабатывает датчик дальности. Когда пользователь активирует датчик касания, замыкается цепь между батарейками и двигателем, что приводит двигатель в движение.

### Заключение

В работе рассмотрена конструкция и система управления музыкальной шкатулкой. Результирующее устройство может рассматриваться как мехатронное. Состав механических элементов устройства включает как элементы конструктора, хорошо знакомого авторам, так и новые электронные и электромеханические компоненты. Сопряжение конструктора, самодельных элементов конструкции и отдельных покупных компонентов позволило не только создать работающее устройство, понятное пользователю, но и освоить принципы разработки мехатронных устройств, применяемых при конструировании роботов, станков с ЧПУ и в инженерной работе в целом.



Рисунок 6 – авторы работы с разработанным устройством

Авторы, работая в рамках кружка дополнительного образования, особо оценивают и подчеркивают возможность сопряжения школьных знаний через практику разработки и сборки реального работающего устройства. Эта работа дополняет островки уже имеющихся знаний и умений до системообразующего комплекса знаний, полезного в дальнейшей учебе и выборе ВУЗа для поступления.

### Литература

1. Панов Е.Н. Знаки, символы, языки. – 2-е изд., доп. – М: Знание, 1983. – (Библиотека «Знание») – 248 с.
2. Механизм музыкальной шкатулки. Режим доступа: <https://www.kakustroen.ru/tehnika/mehanizm-muzykalnoy-shkatulki> – Проверено 31.01.2015г.
3. Механический редуктор и передаточное отношение. Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Механический\\_редуктор](https://ru.wikipedia.org/wiki/Механический_редуктор) – Проверено 31.01.2015г.
4. Григорьев П.В., Егоркин К.С., Кириллов А.В., Костюченко С.В., Лобанов В.С. Мехатронный модуль с органом технического зрения // Сборник научных трудов. 16-я Молодежная научно-техническая конференция «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2014». – Москва. 23 апреля 2012 г. – С.202-208.
5. А.А.Андреев, А.И.Власов, В.Н.Гриднев и др. Методические указания по организации и проведению итоговой государственной аттестации бакалавров и магистров по направлению «Конструирование и технология электронных средств»: учебное пособие под ред. В.А.Шахнова. – М.: Изд-во НИИ РЛ МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2015. – 164 с.: ил.