

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

К.Б. Гинзберг

kgb1597@gmail.com

SPIN-код: 9607-1341

А.Д. Балашов

balashov557@yandex.ru

SPIN-код: 9381-3026

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Приведены результаты поверхностного исследования технологий радиочастотной идентификации и технологии беспроводных сенсорных сетей. Описана работа данных технологий, отмечены протоколы их работы, их преимущества и недостатки. Выполнен сравнительный анализ технологий на основании их преимуществ и недостатков. Рассмотрен пример использования данных технологий на уже существующих производствах, обоснована необходимость их применения и отмечено новаторство метода. Выдвинуто предложение об использовании одной из беспроводных технологий в проектировании измерительных устройств на примере датчика давления, разработанного нашим научным руководителем, его 3D-модель также представлена в статье.

Ключевые слова

Радиочастотная идентификация, беспроводная сенсорная сеть, печатные платы, производство, метка, память, тег, антенна, автоматизация производства

Поступила в редакцию 19.02.2019

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019

Введение. Сегодня вопрос автоматизации производства стоит крайне остро. Каждое предприятие ищет пути для решения этой проблемы и борется со своими конкурентами. Клиента необходимо убедить в том, что производство, которое он выбирает, качественно лучше других, хорошо модернизировано и приспособлено для решения задач, необходимых клиенту.

Инструментами для решения задач, связанных с автоматизацией производства, являются технологии беспроводных сенсорных сетей и радиочастотной идентификации [1]. Данные технологии появились на рынке относительно недавно, и по различным причинам не все предприятия смогли внедрить их на своих производствах.

Технология радиочастотной идентификации (Radio Frequency IDentification — RFID) [2] продолжает завоевывать популярность в производстве [3], розничной торговле, здравоохранении, фармацевтике, транспорте и промышленности для отслеживания производственных активов и т. п. [2–6]. Чтение тега без прямой видимости, идентификации элементов, перепрограммируемая память и ее функциональная защита от подделок делают технологию RFID привлекательной для всех производственных этапов [5].

Беспроводная сенсорная сеть (БСС, или Wireless Sensor Network — WSN) является массивом распределенных в пространстве датчиков-считывателей [6], объединенных в единую сеть с исполнительными устройствами с помощью беспроводного канала связи [7]. Применение данной технологии позволяет решать такие задачи, как дистанционное контролирование, мониторинг и управление производственными процессами [8].

На современных автоматизированных предприятиях применения RFID-технологии и БСС-технологии позволяет решать задачи [9], связанные с более удобной загрузкой оборудования, удаленным контролем технологических процессов, увеличением производительности и снижением стоимости товара [10].

В статье также рассмотрено применение RFID-технологии меток ближнего поля (Near-Field, антенна UHF) в производстве печатных плат японской компанией Murata [11]. Проведен сравнительный анализ работы сенсорных сетей и метода радиочастотной идентификации [12, 13], а также рассмотрен вариант применения RFID-технологии в производстве датчика давления.

Автоматизация контроля технологического процесса. На сегодняшний день каждое предприятие старается модернизировать свое производство. Модернизация может происходить различными путями, но все они сводятся к повышению эффективности его деятельности.

Главные причины автоматизации довольно банальны:

- конкуренция с другими производителями;
- снижение расходов на различных этапах производства;
- упрощение выполнения процессов;
- повышение эффективности деятельности.

Как показывает практика, без автоматизации невозможно развить и модернизировать ни одно предприятие, причем автоматизация должна быть комплексной. Это подразумевает под собой внедрение новых технологий и процессов, а также соответствующих инструментов, с помощью которых можно оперативно анализировать деятельность компании, осуществлять контроль и принимать оперативные решения.

Основной смысл автоматизации заключается в решении комплексных задач с использованием современных инструментов. Но подобные решения трудно формализуемы и мало предсказуемы. Ведь практически любое предприятие обладает своими особенностями, которые отличают его от остальных, вследствие чего не представляется возможным создать единую модель автоматизации производства.

Технологии, позволяющие автоматизировать производство. Рассмотрим способы модернизации технологических процессов на предприятии, изготавливающем электронные устройства. На подобных предприятиях протекает множество технологических процессов, которые требуют постоянного контроля, необходимого для соблюдения установленных норм. В связи с тем что масштабы современных предприятий достаточно велики и их процессы имеют высокую степень сложности, автоматизированный мониторинг производства необходимо осуществлять на постоянной основе. Такие технологии, как беспроводные сенсорные сети и технология радиочастотной идентификации, могут упростить про-

цесс контроля и автоматизации предприятия. Их внедрение удешевляет и ускоряет процессы, связанные с анализом, мониторингом и оперативным устранением неполадок, а также упрощает процессы, связанные с хранением продукции и организацией логистикой на предприятии.

Беспроводные сенсорные сети. Одним из современных направлений развития сетей передачи данных на предприятиях являются БСС. Сенсорная сеть представляет собой большое число распределенных в пространстве автономных узлов, объединенных в единую сеть с помощью беспроводного канала связи, в основном работающих на стандарте ZigBee по протоколу IEEE802.15.4, который описывает физический уровень и уровень доступа к среде для беспроводных сетей передачи данных на небольшие расстояния (до 75 м) с низким энергопотреблением, но с высокой степенью надежности. Взаимодействие данной технологии с оборудованием, находящемся на предприятии, позволяет решать задачи распределенного мониторинга и управлять различными физическими процессами и объектами. Стандартная архитектура подобной системы состоит из сенсорных узлов с датчиками, процессорного модуля, элемента питания, шлюза и сервера (рис. 1).

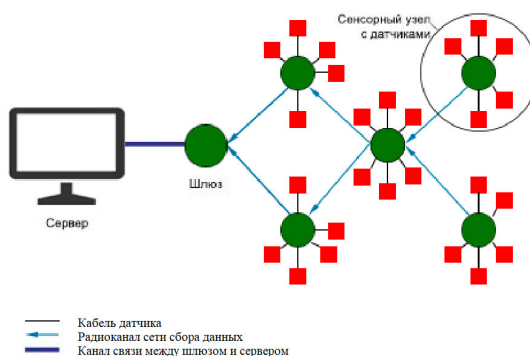


Рис. 1. Пример организации устройства сенсорной сети

Беспроводные сенсорные сети, как правило, представляют собой одноранговые физические топологии. Значит, что у таких сетей отсутствует центральное устройство и каждый узел является независимым. Их преимущества заключаются в следующем:

- сенсорные сети крайне надежны; при выходе из строя одного устройства остальная сеть продолжит работу;
- количество узлов сети не ограничено, а это значит, что заказчик сам решает, насколько большую сеть ему необходимо развернуть;
- сеть можно организовать в труднодоступных местах, там, где сложно и дорого применять проводные системы;
- обеспечивается высокий уровень проникновения сквозь препятствия (сквозь стены и т. д.) и стойкость к электромагнитным помехам;
- гарантируется длительное время работы без замены элементов питания;
- сенсорную сеть достаточно легко развернуть и обслуживать на производствах.



Рис. 2. Пример организации устройства RFID-системы

Радиочастотная идентификация (RFID).

Это технология, которая использует радиоволны для передачи данных из электронной метки, называемой RFID-меткой, прикрепленной к объекту через считывающее устройство с целью идентификации и отслеживания объекта (рис. 2).

Большинство систем RFID состоят из меток, которые прикрепляются к идентифицируемым объектам. Каждый тег имеет свою собственную функцию: «только для чтения» или «перезапись», а также внутреннюю память в зависимости от типа устройства и приложения. Типичная конфигурация данной памяти — для хранения информации о продукте. Например, хранение специальной

информации о технологическом процессе производства устройства. Считыватель RFID генерирует магнитные поля, которые позволяют системе RFID определять местоположение объектов (через теги), которые находятся в пределах его диапазона. Высокочастотная электромагнитная энергия и сигнал запроса, генерируемая считывателем, запускает теги для ответа на запрос; частота запросов может быть до 50 раз в секунду. В результате устанавливается связь между основными компонентами системы, тегами и считывателем, вследствие чего генерируются большие объемы данных.

К преимуществам RFID-технологии можно отнести:

- высокую надежность идентификационных средств благодаря отсутствию механического износа;
- бесконтактное считывание на расстоянии без совмещения метки со считывателем, а также считывание через различные неметаллические препятствия;
- независимость от условий эксплуатации, даже в агрессивных средах;
- высокая скорость считывания;
- размещение меток на производимом изделии для отслеживания технологических процессов;
- возможность размещения неизвлекаемого идентификатора в объекте;
- системная гибкость и простая интеграция в любые системы предприятия.

К недостаткам радиочастотной идентификации можно отнести слабую помехоустойчивость. Зачастую этот недостаток существенно мешает повсеместному внедрению данной технологии. Технология RFID менее затратная, чем технология БСС, но для ее корректной работы требуется незагрязненное радиопомехами помещение. Причиной отказа работы системы может послужить и RFID-метка, частота которой будет совпасть с частотой искомой метки. В связи с этим необходима очень точная настройка всех элементов системы, что, в свою очередь, обходится достаточно дорого.

В RFID-технологии при кодировании и чтении меток используются положения различных стандартов: ISO/IEC 18000-6:2010 — радиointерфейс на частотах

860...960 МГц, ISO/IEC 15961 — управление объектами, EPC global TDS 1.7 — определение данных и т. д.

Применение RFID-технологии японской компанией Murata. Японская компания Murata Manufacturing Co., занимающаяся производством электронных компонентов, предложила свое решение использования RFID-технологии при производстве печатных плат. Специалисты Murata используют UHF-метки для отслеживания производственного пути устройства.

Метки ближнего поля (UHF), в отличие от RFID не являются непосредственно радиометками, для них используется магнитное поле антенны, что позволяет считывать информацию в условиях высокой влажности, присутствия металла и воды. Применение UHF-меток в технологии RFID позволяет расширить использование радиочастотной идентификации в производстве.

В электронной промышленности метки UHF RFID обычно наносят на оборудование после сборки. Новый подход позволяет реализовать RFID метку прямо на печатной плате в начале производственного процесса (рис. 3). Расстояние считывания технологии UHF RFID составляет от 0,5 до 8 м в зависимости от конструкции антенны, настройки считывателя и вида окружающей среды.

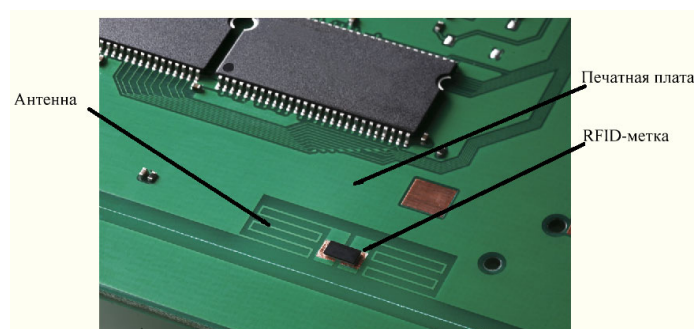


Рис. 3. Размещение метки UHF RFID на печатной плате

С точки зрения производителей, внедрение RFID-метки на печатной плате может обеспечить управление по отслеживанию информации, специфичной для отдельных печатных плат для того, чтобы лучше определить, где находится продукт и где он хранится, а также обнаружить узкие места в процессе производства. Правильно выполненная система RFID может значительно повысить эффективность использования оборудования, контролировать расходы и оптимизировать общие производственные процессы. Дополнительные преимущества применения метки RFID на уровне печатной платы — это помощь в инвентаризации: контроль, последующее обслуживание, возврат по гарантии и предотвращение подделок.

Применение технологии RFID в измерительных устройствах. Как уже было отмечено ранее, технологии беспроводного функционирования обладают большим функционалом и применимы в различных условиях. Использование и внедрение RFID-технологии на этапе конструирования электронной ячейки прибора, как показано в примере, описанном выше, идет только на пользу производству.

А что если применить радиочастотную идентификацию в конструировании измерительных приборов? При проектировании, например, датчика давления нужно учитывать, что сам датчик может находиться на некотором расстоянии от считывателя или в труднодоступном месте. Это значит, что для обмена данными необходима прокладка проводов, которые со временем могут прийти в негодность, тем самым нарушив обмен данных.

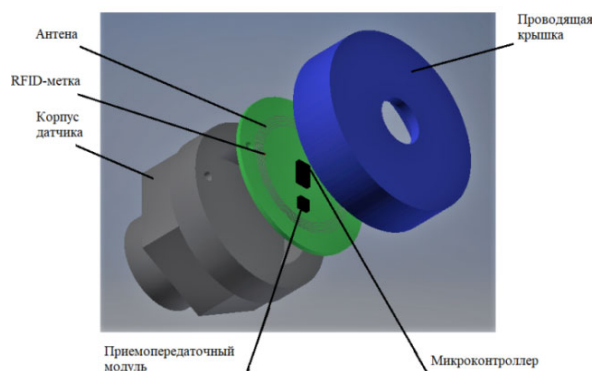


Рис. 4. Устройство датчика давления с применением технологии RFID

На электронную плату усилителя мощности датчика давления можно установить приемопередаточный модуль, антенну и RFID-метку (рис. 4). Сигнал с датчика давления, установленного в металлическом корпусе, поступает на микроконтроллер, который обрабатывает полученную информацию и в цифровом виде передает через приемопередаточное устройство на приемное устройство RFID-метки. Затем с помощью технологии радиочастотной идентификации информация передается на считыватель и далее поступает на сервер, где оперативно анализируется, после чего отдаются команды исполнительным устройствам. Печатная плата датчика закрыта крышкой из конструкционного полимерного материала, обеспечивающего прохождение радиосигнала для связи со считывателем. Считыватель отвечает за обеспечение канала передачи полученной информации на сервер.

Таким образом, контрольно-измерительные датчики служат первичным звеном сбора информации о параметрах технологического процесса на конвейерных линиях, системах пожарной или химической безопасности и т. д. Датчики с автономным питанием могут располагаться в труднодоступных местах в любом положении. Один считыватель находится в центре зоны радиодоступности передатчиков RFID-метки. Считыватель в активном режиме работы постоянно снимает сигнал одновременно со всех датчиков, находящихся в его поле видимости, и передает этот сигнал на сервер, обеспечивая оперативную связь между уровнем контроля за технологическими параметрами и уровнем исполнительных устройств, отвечающих за качественное выполнение технологических операций.

Заключение. На данный момент существуют множество разнообразных технологий, внедряемых в производство, некоторые из них описаны выше. Все технологии имеют свои сильные стороны, а также недостатки, которые стимулируют к появлению новых идей по их реализации в различных областях науки и техники. Беспроводные и облачные технологии скоро придут на смену уже существующим и давно изученным технологиям. Мы станем свидетелями этих изменений.

В связи с тем что работа радиочастотной идентификации может быть нарушена радиопомехами, она требует радио фильтрации помех в отведенном помещении. Поэтому ее не получится установить в помещении на производстве, в котором находятся источники помех. Беспроводные сенсорные сети невосприимчивы к внешним радиочастотным помехам, поскольку эти датчики пассивны, а значит, могут работать в загрязненных радиопомехами помещениях. Беспроводные сенсорные сети можно использовать там, где требуются высокие показатели помехоустойчивости, поскольку сенсорная сеть практически не производит помех. Также БСС можно комбинировать с проводными системами в условиях регламентирования.

Приведенные в статье примеры доказывают превосходство в удобстве использования технологий БСС и RFID на производствах. Они действительно дороги на этапе внедрения, поскольку каждое предприятие уникально и создание шаблонного экземпляра невозможно. В дальнейшем эти новшества практически не потребуют вложений и, соответственно, будут окупаться благодаря своему функционалу и широте применения.

Литература

- [1] Intanagonwiwat C., Govindan R., Estrin D. Directed diffusion: a scalable and robust communication paradigm for sensor networks. *Proc. ACM Mobi-Com'00*. Boston, MA, 2000, pp. 56–67.
- [2] Бхуптани М., Морадпур Ш. RFID-технологии на службе вашего бизнеса. М., Альпина Паблишер, 2007.
- [3] Dobkin D.M. RFID Basics: backscatter radio links and link budgets. *eetimes.com: веб-сайт*. URL: https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1276306 (дата обращения: 13.01.2019).
- [4] Дудко В.Г., Верейнов К.Д., Власов А.И. и др. Современные методы и средства обеспечения качества в условиях комплексной автоматизации. *Вопросы радиоэлектроники*, 1994, № 1, с. 71–89.
- [5] Cheng T., Li J. Analysis and simulation of RFID anti-collision algorithms. *9th Int. Conf. Advanced Communication Technology*, 2007. DOI: 10.1109/ICACT.2007.358450 URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4195229>
- [6] Краснобрыжий Б.В., Лавров И.В., Муравьев К.А. и др. Анализ технологии радиочастотной идентификации RFID. *Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы. XV Молодеж. науч.-тех. конф.* М., МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013, с. 306–314.
- [7] Шахнов В.А., Власов А.И., Резчикова Е.В. и др. Способ функционирования беспроводной сенсорной сети. Патент 2556423 RF. Заявл. 05.07.2013, опубл. 10.07.2015.

- [8] Муравьев К.А., Терехов В.В. Программно-аппаратный комплекс мониторинга распределенных телекоммуникационных систем. *Тр. межд. симп. Надежность и качество*. Т.1. Пенза, ПГУ, 2017, с. 324–329.
- [9] Власов А.И., Юлдашев М.Н. Анализ методов и средств обработки информации сенсорного кластера. *Датчики и системы*, 2018, № 1(221), с. 24–30.
- [10] Власов А.И., Григорьев П.В., Кривошеин А.И. Модель предиктивного обслуживания оборудования с применением беспроводных сенсорных сетей. *Надежность и качество сложных систем*, 2018, № 2(22), с. 26–35.
- [11] Yuldashev M.N., Vlasov A.I., Novikov A.N. Energy-efficient algorithm for classification of states of wireless sensor network using machine learning methods. *J. Phys. Conf. Ser.*, 2018, vol. 1015, art. 032153. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/3/032153
URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1015/3/032153>
- [12] Wood A., Stankovic J., Son S. JAM: a mapping service for jammed regions in sensor networks. *Proc. 24th IEEE RTSS*, 2003, pp. 286–297. DOI: 10.1109/REAL.2003.1253275
URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1253275>
- [13] Аверин И.А., Карманов А.А., Пронин И.А. и др. Автономный сенсор газа для систем безопасности: пути совершенствования их надежности. *Тр. межд. симп. Надежность и качество*. Т. 2. Пенза, ПГУ, 2016, с. 104–107.

Гинзберг Кирилл Борисович — студент кафедры «Проектирование и технологии производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Балашов Алексей Дмитриевич — студент кафедры «Проектирование и технологии производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Цивинская Татьяна Анатольевна, учебный мастер кафедры «Проектирование и технологии производства электронной аппаратуры», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION AUTOMATION

K.B. Ginsberg

kgb1597@gmail.com

SPIN-code: 9607-1341

A.D. Balashov

balashov557@yandex.ru

SPIN-code: 9381-3026

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The results of a superficial study of radio frequency identification technologies and wireless sensor network technologies are presented. The operation of these technologies is described, the protocols of their work, their advantages and disadvantages are noted. Comparative analysis of technologies based on their advantages and disadvantages was completed. An example of the use of these technologies in already existing industries is considered, the need for their application is substantiated, and the innovation of the method is noted. A proposal was made to use one of the wireless technologies in the design of measuring devices by the example of a pressure sensor developed by our Scientific advisor, his 3D model is also presented in the article.

Keywords

Radio frequency identification, wireless sensor network, printed circuit boards, manufacturing, tag, memory, mark, antenna, production automation

Received 19.02.2019

© Bauman Moscow State Technical University, 2019

References

- [1] Intanagonwiwat C., Govindan R., Estrin D. Directed diffusion: a scalable and robust communication paradigm for sensor networks. *Proc. ACM Mobi-Com'00*. Boston, MA, 2000, pp. 56–67.
- [2] Bhuptani M., Moradpour Sh. RFID field guide: deploying radio frequency identification systems. Prentice Hall, 2005. (Russ. ed.: RFID-tekhnologii na sluzhbe vashego biznesa. Moscow, Al'pina Publisher Publ., 2007.)
- [3] Dobkin D.M. RFID Basics: backscatter radio links and link budgets. *eetimes.com: website*. URL: https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1276306 (accessed: 13.01.2019).
- [4] Dudko V.G., Vereynov K.D., Vlasov A.I., et al. Modern methods and tools for providing quality in conditions of complex automation. *Voprosy radioelektroniki*, 1994, no. 1, pp. 71–89 (in Russ.).
- [5] Cheng T., Li J. Analysis and simulation of RFID anti-collision algorithms. *9th Int. Conf. Advanced Communication Technology*, 2007. DOI: 10.1109/ICACT.2007.358450 URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4195229>
- [6] Krasnobryzhiy B.V., Lavrov I.V., Murav'yev K.A., et al. [Analysis of HF identification of RFID]. *Naukoemkie tekhnologii i intellektual'nye sistemy. XV Molodezh. nauch.-tekh. konf. [Technology&Systems. XV Youth sci.-tech. conf.]*. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2013, pp. 306–314 (in Russ.).
- [7] Shakhnov V.A., Vlasov A.I., Rezhikova E.V., et al. Sposob funktsionirovaniya besprovodnoy sensornoy seti [Operation of wireless sensory network]. Patent 2556423 RF. Appl. 05.07.2013, publ. 10.07.2015 (in Russ.).

-
- [8] Murav'yev K.A., Terekhov V.V. Hardware-software suite for monitoring distributed telecommunication systems. *Tr. mezhd. simp. Nadezhnost' i kachestvo. T.1* [Proc. Int. Symp. Reliability and Quality. Vol. 1]. Penza, PGU Publ., 2017, pp. 324–329 (in Russ.).
 - [9] Vlasov A.I., Yuldashev M.N. Analysis of methods and means of processing information of the touch cluster. *Datchiki i sistemy* [Sensors & Systems], 2018, no. 1(221), pp. 24–30 (in Russ.).
 - [10] Vlasov A.I., Grigor'yev P.V., Krivoshein A.I. Model of predictive equipment maintenance with application of wireless touch networks. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem* [Reliability & Quality of Complex Systems], 2018, no. 2(22), pp. 26–35 (in Russ.).
 - [11] Yuldashev M.N., Vlasov A.I., Novikov A.N. Energy-efficient algorithm for classification of states of wireless sensor network using machine learning methods. *J. Phys. Conf. Ser.*, 2018, vol. 1015, art. 032153. DOI: 10.1088/1742-6596/1015/3/032153 URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1015/3/032153>
 - [12] [Wood A., Stankovic J., Son S. JAM: a mapping service for jammed regions in sensor networks. *Proc. 24th IEEE RTSS*, 2003, pp. 286–297. DOI: 10.1109/REAL.2003.1253275 URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1253275>
 - [13] Averin I.A., Karmanov A.A., Pronin I.A., et al. [Stand-alone gas sensor for safety systems: ways of raising their reliability]. *Tr. mezhd. simp. Nadezhnost' i kachestvo. T. 2* [Proc. Int. Symp. Reliability and Quality. Vol. 2]. Penza, PGU PUBL., 2016, pp. 104–107 (in Russ.).

Ginsberg K.B. — Student, Department of Design and production technology of electronic equipment, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Balashov A.D. — Student, Department of Design and production technology of electronic equipment, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — Tsivinskaya T.A., Assistant, Department of Design and production technology of electronic equipment, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.