

УДК 621.3.049.75-192

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПАЙКИ МИКРОСХЕМ С ТОРЦЕВЫМИ ВЫВОДАМИ

© 2011 М.Н. Пиганов<sup>1</sup>, С.В. Тюлевин<sup>2</sup>, А.И. Архипов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С.П.Королева (национальный исследовательский университет)

<sup>2</sup> ФГУП «ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс»

Поступила в редакцию 06.12.2011

Предложена методика контроля качества пайки микросхем с торцевыми выводами при поверхностном монтаже электронных узлов для космической аппаратуры. На этапе технологической подготовки производства специзделий в дополнение к типовой системе контроля предложено оценивать качество пайки путем визуального морфологического исследования и микроанализа зоны паяного соединения. Получены экспериментальные данные по содержанию олова и свинца в разных областях паяного соединения. Оценена гомогенность компонентов паяльной пасты.

Ключевые слова: контроль, качество пайки, паяные соединения, микросхема, торцевые выводы, паяльная паста, состав припоя

Современные радиоэлектронные системы для ракетно-космической техники проектируются на основе интегральных микросхем (ИМС) с высоким уровнем интеграции. Такие микросхемы выполняются в корпусах с периферийным или матричным расположением выводов. Весьма перспективными являются ИМС с матричным расположением выводов типа BGA, т.к. они имеют малый шаг выводов и используются при поверхностном монтаже, который позволяет в 6-7 раз уменьшить габариты изделий. А это очень важно для космической аппаратуры. ИМС с матричным расположением выводов выполняют в корпусах CSP, PBGA, CBGA, PPGA и CCGA типа [1]. Также корпуса обеспечивают наибольшую плотность монтажа, минимальные переходные емкости контактов, хорошую теплопередачу, упрощение технологии поверхностного монтажа на печатную плату.

**Цель работы:** анализ качества паяных соединений микросхем с шариковыми матричными выводами и контактных площадок многослойных печатных плат.

**Характеристика исследуемых образцов.** Монтаж проводился на многослойные печатные платы из материала FR-4. В качестве

материала контактных площадок использовалась медь. Для пайки были использованы паяльные пасты системы Sn-Pb с размером частиц от 25 до 45 мкм и содержанием флюса, растворителя, активатора и реологических добавок от 8 до 20%. Паяльную пасту наносили методом трафаретной печати на установке ДЕК 248Е, для этого использовались стальные трафареты толщиной 100-155 мкм с разной формой апертуры. Центрирование платы осуществляли с помощью видеосистемы ДЕК Algn 4 и с использованием прозрачного экрана. Скорость перемещения головки изменялась от 10 до 90 мм/с.

Пайка BGA-микросхем проводилась оплавлением в парогазовой фазе на установке VP-6000. Для этого использовалась рабочая жидкость Galden с разной температурой кипения. Для контроля температуры был использован восьмиканальный термопрофайлер, который помещался в рабочую камеру вместе с тестовым печатным узлом. В ряде случаев использовалось вакуумирование.

**Методика контроля.** Для первичной оценки качества паяных соединений (ПС) был использован визуальный контроль с помощью устройств ERSA и рентгеновский контроль с помощью системы rcb analyzer 160T фирмы phoenix|x-ray. Процедура рентгеновского контроля подробно описана в [2]. Система рентгеновского контроля имеет специальное программное обеспечение для обработки изображений, измерения изгиба соединительных перемычек, вычисления пустот в шариковых выводах и в зоне их пайки, диаметра шариковых

*Пиганов Михаил Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой конструирования и производства радиоэлектронных средств. E-mail: piganov@ssau.ru*

*Тюлевин Сергей Викторович, кандидат технических наук, первый заместитель генерального директора – главный инженер. E-mail: mail@samspace.ru*

*Архипов Александр Иванович, аспирант. E-mail: kipres@ssau.ru*

выводов и их формы. Однако типовая схема контроля не позволяет выявить распределение компонент паяльной пасты по ПС, степень их проникновения в шариковый вывод. В связи с этим нами было предложено на этапе технологической подготовки производства, конкретно при отбраковке технологического процесса, ввести еще две операции:

- контроль качества пайки компонентов путем визуального морфологического исследования на сканирующем электронном микроскопе;
- микроанализ зоны паяного соединения с помощью системы энергодисперсионного рентгеноспектрального анализа.

Обе операции можно реализовать на микроскопе VEGA II с системой Oxford Analytical типа INCAx-act [3]. Для исследования нами были использованы микрошлифы. Процесс их получения описан в [4].

**Результаты исследования.** Проведем исследование ПС, полученных по трем разным технологиям (Т1, Т2, Т3). В работе [2] выявлены критичные операции процесса поверхностного монтажа: нанесение паяльных паст, оплавление. Приведен рекомендуемый для данного типа компонентов и паст температурный профиль оплавления. Последующие исследования показали, что использование одного температурного профиля не совсем оправдано.

При переходе к другим типам печатных узлов увеличивается количество дефектов ПС. Было установлено, что на качество ПС влияют точность поддержания заданной пиковой температуры, скорость нагрева и скорость охлаждения.

Рассмотрим результаты микроанализа ПС, выполненных по технологии Т1. На рис. 1 приведена спектрограмма, полученная на темном поле верхней части шарика. Содержание Sn составляет 84,55, Au – 1,74, Pb – 7,26 вес.%. На светлом поле верхней части шарика содержание Sn составляет 29,61, Pb – 69,8, Cu – 0,59 вес.%. Самая обедненная свинцом область находится в центре шарика, содержание Sn в ней составляет 90,01, Pb – 0, Al – 0,85, Au – 1,81 вес.%. В области серого фона нижней части шарика появляется Pb. Включения Pb проходят через всю исследуемую область, однако однородность в ней плохая. Содержание Sn составляет 94,17, Pb – 0 (интегрально), Au – 1,41, Al – 0,84 вес.%. В области светлого фона нижней части шарика, содержание Sn составляет 44,46, Pb – 53,35, Au – 1,63, Cu – 0,56 вес.%. Таким образом, нижняя и особенно средняя часть шарика обеднены свинцом. Следовательно, технология Т1 не может обеспечить высокого качества ПС.

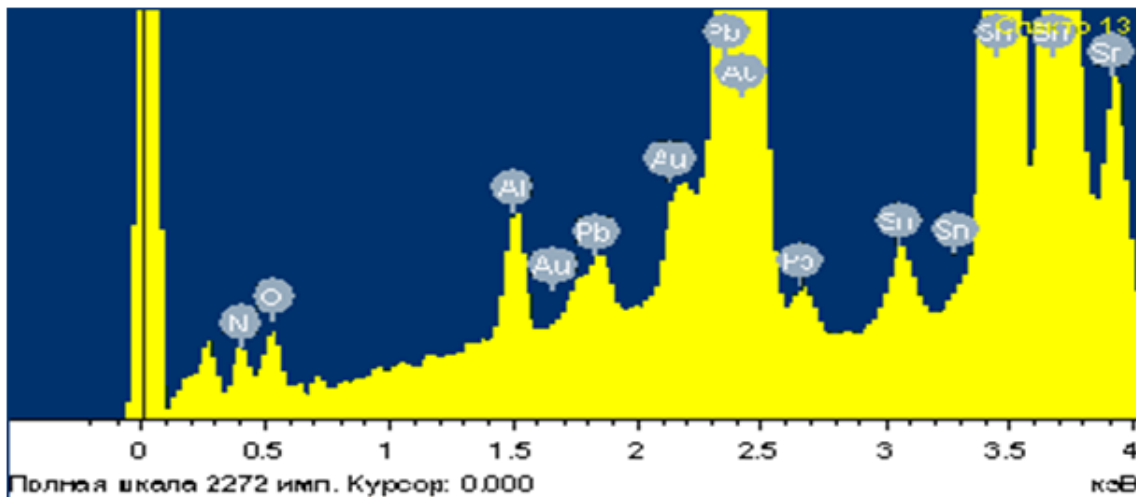


Рис. 1. Спектрограмма припоя на темном поле верхней части шарика (технология Т1)

Оценим качество ПС, полученных по технологии Т2 (увеличенная зона стабилизации, сушка плат и компонентов, повышенная точность поддержания пиковой температуры). На рис. 2 приведены результаты анализа припоя в верхней части шарика. Имеем: Sn – 57,65; Pb – 27,81; Au – 2,11; Al – 1,66; Si – 0,74; С – 2,63; О – 8,07 вес.%. На рис. 3 приведены

результаты анализа в центре шарика. Имеем: Sn – 59,45; Pb – 30,56; Al – 1,97; Au – 1,85; О – 9,4 вес.%. На рис. 4 приведены результаты анализа в нижней части шарика. Получили: Sn – 58,75; Pb – 30,94; Au – 2,54; Al – 1,89; О – 8,56 вес.%. Таким образом, соотношение Sn/Pb в данном случае будет равно: верх – 2,07; центр – 1,9; низ – 1,9. Разброс составляет 8,9%.

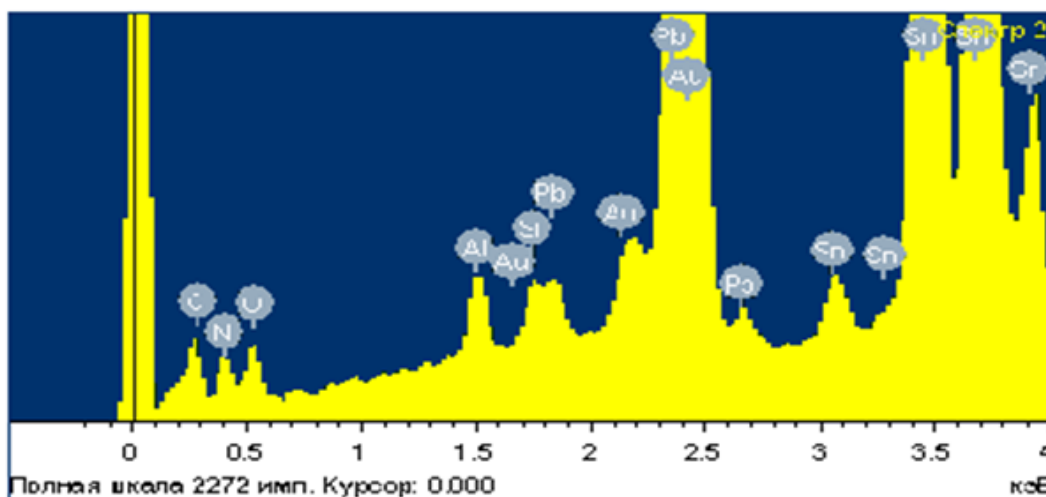


Рис. 2. Спектрограмма припоя в верхней части шарика (технология Т2)

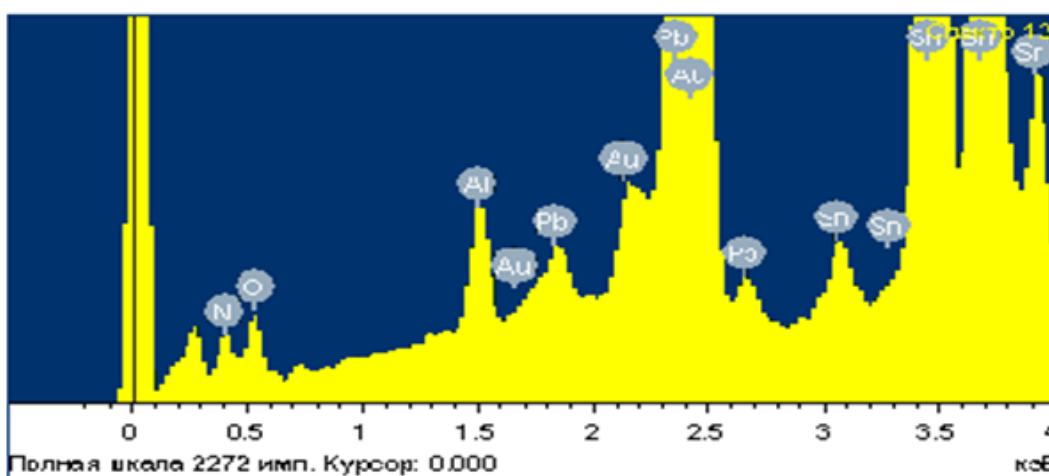


Рис. 3. Спектрограмма припоя в центре шарика (технология Т2)

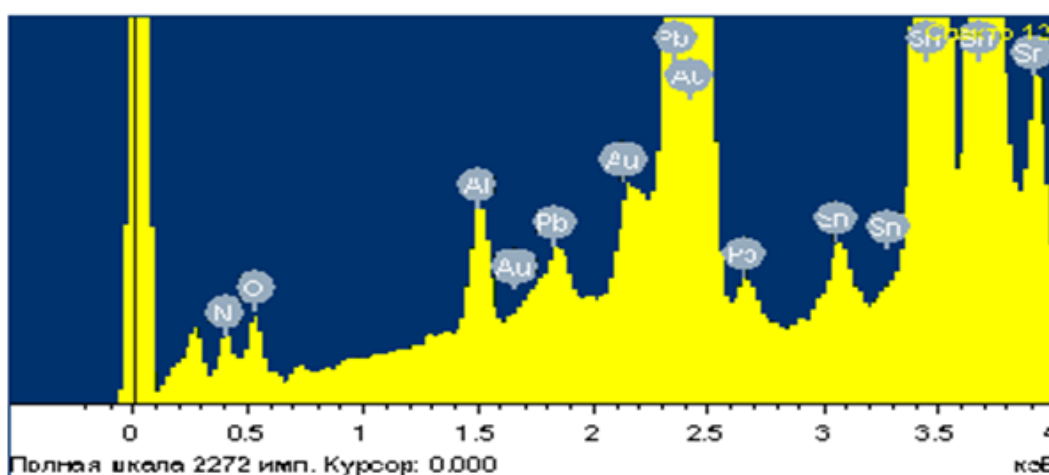


Рис. 4. Спектрограмма припоя в нижней части шарика (технология Т2)

Проведем анализ качества ПС, полученных по технологии Т3. В средней части шарика имеем: Sn – 52,17, Pb – 29,79, Si – 2,53, Al – 1,49, Au – 1,25, C – 4,36, O – 7,94, N – 0,46 вес.%. В верхней части шарика имеем: Sn – 57,88, Pb – 25,5, Au – 1,52, Al – 1,24, Si – 0,8, C

– 4,07, O – 8,52, N – 0,47 вес.%. Результаты микроанализа в области контакта дали следующие результаты: Cu – 90,75, Au – 1,15, Ni – 0,99, C – 6,82 вес.%. В самой верхней зоне шарика (область контакта с микросхемой) имеем: Ni – 55,71, Sn – 23,33, Cu – 9,6, Pb –

2,63, Au – 2,51, C – 6,22 вес.%. В нижней части шарика имеем: Sn – 56,87, Ni – 22,83, Pb – 9,24, Au – 2,94, Cu – 2,14, Al – 0,42, C – 4,75, O – 3,78 вес.%. На рис. 5 приведено электронное изображение (1000x) нижней части контакта шарика BGA с проводником печатной платы. Видны два слоя: Д1=35,42  $\mu\text{m}$ ; Д2=9,43  $\mu\text{m}$ .

Анализ слоя Д1 (рис. 6) показал, что эта область содержит следующие элементы: Cu – 90,33, Au – 1,45, C – 7,29, O – 0,94 вес.%. Анализ слоя Д2 (рис. 7) показал, что в этой области мы имеем: Sn – 59,11, Cu – 25,4, Pb – 9,82, Au – 3,07, Ni – 1,53, C – 3,63 вес.%.

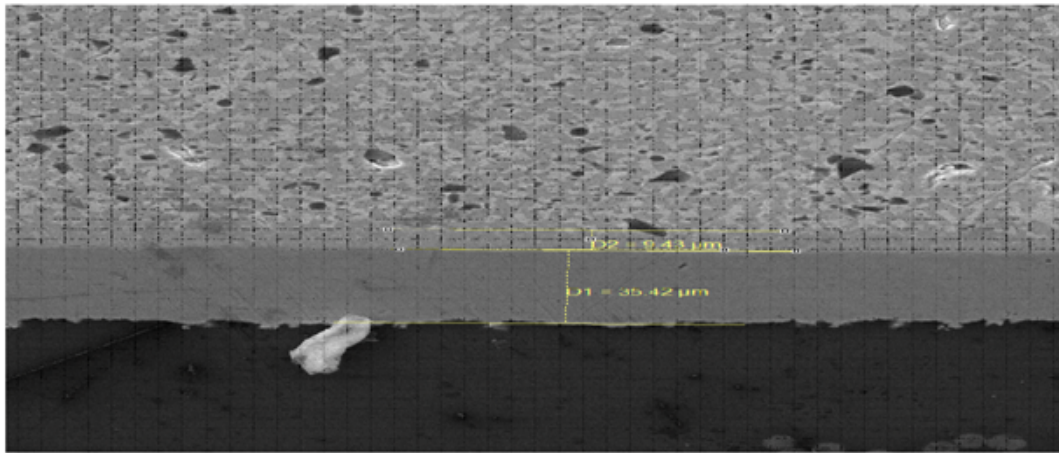


Рис. 5. Электронное изображение (x1000) нижней части контакта шарика BGA с проводником печатной платы

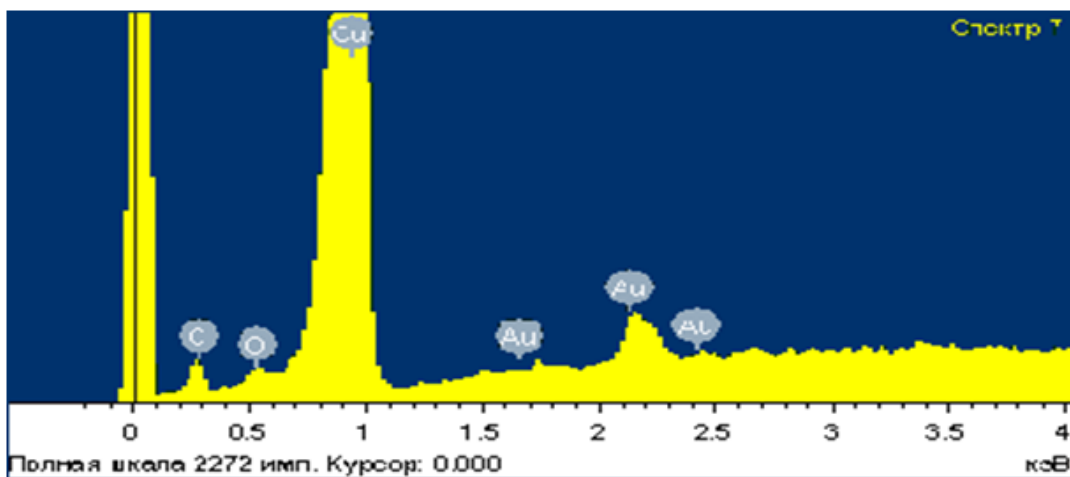


Рис. 6. Спектрограмма слоя Д1

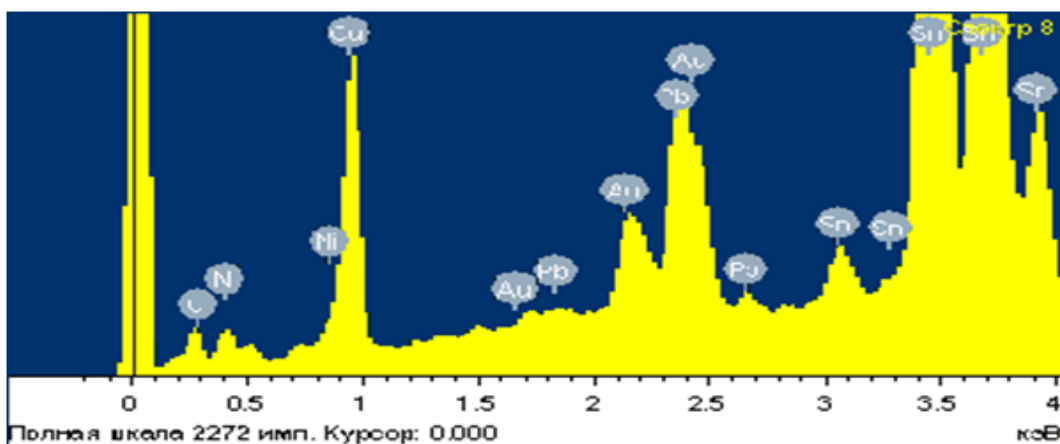


Рис. 7. Спектрограмма слоя Д2

**Выводы:** проведенный анализ показал, что лучшие показатели качества обеспечивает технология Т2. При этом соотношение Sn/Pb равно: верх – 2,7; центр – 1,9; низ – 1,9. Разброс составляет всего 8,9%. После оплавления шарики имеют размеры: высота – 437,9  $\mu\text{m}$ , ширина – 612,24  $\mu\text{m}$ . Расстояние между внешними частями шариков (зазор) изменяется от 374,05 до 389  $\mu\text{m}$ . Толщина верхней контактной площадки составляет 28,21  $\mu\text{m}$ . Верхний слой содержит 90,75 вес. % Cu. Область перехода от слоя Ni к шариком содержит: Ni – 55,71; Sn – 23,33; Pb – 2,63; Cu – 9,6 вес. %. Это говорит о хорошем взаимопроникновении компонентов. Толщина нижней контактной площадки (на печатной плате) составляет 35,42  $\mu\text{m}$ . Она содержит 90,33 вес. % Cu. На ней располагается подслой толщиной 9,43  $\mu\text{m}$ . Он содержит Sn (59,11); Pb (9,82); Cu (25,4 вес. %). Видимо это переходный слой от КП к припою. Наблюдается хорошее взаимопроникновение компонентов. Толщина защитных слоев составила: верхнего – 39,5  $\mu\text{m}$ , нижнего – 73,36  $\mu\text{m}$ . Выявлены области ореола (облака) с глубиной залегания 10,86 и 22,93  $\mu\text{m}$ . Идентифицировать и определить их происхождение на данном

этапе не удалось. Для этого требуются дополнительные исследования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Медведев, А.М.* Электронные компоненты и монтажные подложки // Компоненты и технологии. 2006. № 12. С. 124-134.
2. *Пиганов, М.Н.* Обеспечение качества и надежности электронных узлов космической аппаратуры в процессе поверхностного монтажа / *М.Н. Пиганов, С.В. Тюлевин, А.И. Архипов, А.С. Севрюков* // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании – 2010: сборн. науч. тр. – Украина, Одесса: Изд-во «Черноморье», 2010. Т.7. С. 29-35.
3. *Тюлевин, С.В.* Анализ качества паяных соединений электронных узлов / *С.В. Тюлевин, А.С. Севрюков, М.Н. Пиганов* // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития – 2010: сборн. науч. тр. – Украина, Одесса: Изд-во «Черноморье», 2010. Т3. С. 65-69.
4. *Тюлевин, С.В.* Анализ качества пайки ВГА микросхем / *С.В. Тюлевин, А.И. Архипов, М.Н. Пиганов* // Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: матер. Всеросс. НТК. – Самара: Изд-во СГАУ, 2011. С. 224-229.

## RESEARCH THE QUALITY OF SOLDERING THE MICROCIRCUITS WITH FACE LEADS

© 2011 M.N. Piganov<sup>1</sup>, S.V. Tyulevin<sup>2</sup>, A.I. Arhipov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolev  
(National Research University)

<sup>2</sup> State Research and Production Space Rocket Center “TsSKB-Progress”

The method of quality assurance at soldering the microcircuits with face leads at superficial installation of electronic units for space equipment is offered. At stage of technological preparation of production the special articles in addition to typical monitoring system to estimate quality of soldering by visual morphological research and microanalysis of soldered leads zone is offered. Experimental data under stannum and lead maintenance in different areas of soldered connections are received. Homogeneity of soldering paste components is estimated.

Key words: control, quality of soldering, soldered connections, microcircuit, face leads, soldering paste, solder structure

---

*Mikhail Piganov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Construction and Manufacture of Radioelectronic Devices Department. E-mail: piganov@ssau.ru*  
*Sergey Tyulevin, Candidate of Technical Sciences, Cities Deputy General Director – Chief Engineer. E-mail: mail@samspace.ru*  
*Alexander Arhipov, Post-graduate Student. E-mail: kipres@ssau.ru*