

## ЭЛЕКТРОНИКА

---

УДК 621.357

DOI: 10.34680/2076-8052.2024.1(135).23-30

ГРНТИ 31.15.33

Специальность ВАК 2.2.2; 1.3.8

*Научная статья*

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ С КОНТАКТНЫМ УСТРОЙСТВОМ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СЕРИЙНО-ВЫПУСКАЕМЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Осинний Н. А., Петров Д. А.

*АО «ОКБ Планета» (Великий Новгород, Россия)*

**Аннотация** В статье рассматривается проект печатной платы контактного устройства, предназначенного для контроля электрических параметров серийно-выпускаемых транзисторов. Это контактное устройство представляет собой двухстороннюю печатную плату. Приведена разработанная схема электрическая принципиальная данного устройства, перечислены компоненты входящие в нее. Описан процесс проектирования печатной платы, включающий в себя несколько этапов. Приведена сделанная топология двухсторонней печатной платы с помощью программы AltiumDesigner. Выделены критерии при проектировании данной топологии. Описаны используемые слои печатной платы. Дальше по созданным Gerber-файлам с использованием высококачественной технологии производства был сделан макет печатной платы. В дальнейшем сделанная таким образом печатная плата может быть использована для тестирования электрических параметров транзисторов.

**Ключевые слова:** *печатная плата, контактное устройство, транзисторы, топология*

**Для цитирования:** Осинний Н. А., Петров Д. А. Проектирование печатной платы с контактным устройством для контроля параметров серийно-выпускаемых транзисторов // Вестник НовГУ. 2024. 1(135). 23-30. DOI: 10.34680/2076-8052.2024.1(135).23-30

*Research Article*

### DESIGN OF A PRINTED BOARD WITH A CONTACT DEVICE TO CONTROL THE PARAMETERS OF SERIAL PRODUCED TRANSISTORS

Osinniy N. A., Petrov D. A.

*JSC OKB Planeta (Veliky Novgorod, Russia)*

**Abstract** The article discusses the design of a printed circuit board of a contact device designed to control the electrical parameters of serial produced transistors. This contact device is a double-sided printed circuit board. The developed electrical circuit diagram of this device is given, the components included in it are listed. The process of designing a printed circuit board, which includes several stages, is described. The topology of a double-sided printed circuit board made using the Altium Designer program is shown. The criteria for the design of this topology are highlighted. The used circuit board layers are described. Next, based on the created Gerber files, using the high-quality production technology of a printed circuit board layout was made. In the future, a printed circuit board made in this way can be used to test the electrical parameters of transistors.

**Keywords:** *printed circuit board, contact device, transistors, topology*

**For citation:** Osinniy N. A., Petrov D. A. Design of a printed board with a contact device to control the parameters of serial produced transistors // Vestnik NovSU. 2024. 1(135). 23-30. DOI: 10.34680/2076-8052.2024.1(135).23-30

## **Введение**

В настоящее время все более актуальным становится применение в области микроэлектроники кремниевых эпитаксиально-планарных биполярных транзисторов структуры  $n-p-n$ , поскольку они являются одними из основных элементов интегральных схем. Они превосходят по техническим параметрам транзисторы структуры  $p-n-p$ . Топология такого вида транзистора может быть асимметричной и симметричной, где коллекторные и базовые электроды симметрично охватывают эмиттер.

Новизной данной работы можно считать то, что при проектировании нашего устройства будет использоваться преимущественно отечественная электронная компонентная база. Данное устройство представляет собой печатную плату. Разработка печатной платы зачастую является сложным процессом. Но с появлением САД-систем для конструкторского проектирования печатных плат [1, 2] процесс значительно упростился. Одним из таких систем является наиболее популярная программа AltiumDesigner [3, 4], с помощью которой удобно создавать проект топологии печатной платы для производства.

Целью данной работы является проектирование печатной платы для контактного устройства (КУ), предназначенного для контроля электрических параметров серийно-выпускаемых биполярных транзисторов. В ходе работы требуется решить следующие задачи:

- разработка схемы электрической принципиальной;
- создание топологии печатной платы;
- создание печатной платы по технологии.

### **Разработка схемы электрической принципиальной КУ**

Схема электрическая принципиальная представляет собой электрическую схему, которая обозначает полный состав элементов, включая связи между ними, а также дает детальное представление о принципах работы устройства. В отличие от разводки печатной платы данный вид схемы не показывает взаимного расположения компонентов, а только указывает лишь на то, какие компоненты с какими соединяются. Как правило, схема электрическая принципиальная разрабатывается исходя из требований технического задания. От качества ее разработки зависит правильность работы устройства, а также его производительность и надежность в эксплуатации. Схема электрическая принципиальная в нашем случае имеет относительно простой конструктивный вид, поэтому нет никакой необходимости в разработке структурной схемы на устройство. На рисунке 1 приведена разработанная схема электрическая принципиальная проектируемого устройства.

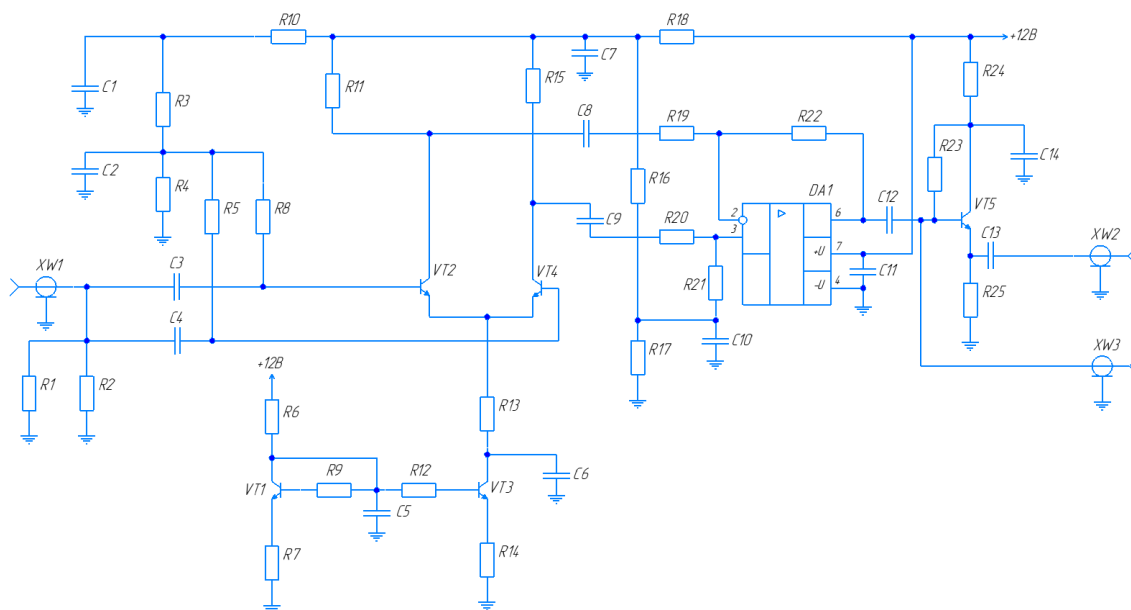


Рисунок 1. Схема электрическая принципиальная КУ

Устройство для контроля параметров серийно-выпускаемых транзисторов будет представлять собой печатную плату, на которой находятся следующие электронные компоненты:

- ВЧ-разъемы (XW1...XW3);
- резисторы (R1...R25);
- конденсаторы (C1...C14);
- операционный усилитель (DA1);
- транзисторы (VT1...VT5).

После разработки схемы электрической принципиальной можно перейти к проектированию печатной платы.

### Создание топологии печатной платы

При проектировании КУ учтены следующие конструктивные требования:

- конструктивное исполнение КУ – настольное, тип ВЧ разъемов КУ – SMA (f), разъем питания – одноразрядный штыревой;
- высокочастотные (ВЧ) линии должны быть симметричные;
- маркировка колодки должна содержать: десятичный номер, номер экземпляра колодки;
- интенсивность эксплуатации КУ – 50 тыс. парных транзисторов к КУ подключений в год.

Традиционно процесс проектирования печатной платы включает в себя следующие этапы:

- 1) создание библиотеки условно графических изображений компонентов;
- 2) создание библиотеки посадочных мест;

- 3) создание интегрированной библиотеки;
- 4) разработка схемы электрической принципиальной;
- 5) синхронизация схемы и платы, т.е. перенос элементов из схемы в плату;
- 6) создание топологии печатной платы (размещение компонентов на плате, трассировка, заливка полигоном);
- 7) создание Gerber-файлов [5] – это главные файлы, содержащие описание проекта печатной платы для изготовления фотошаблонов на самом разнообразном оборудовании.

На рисунке 2 приведена топология двухсторонней печатной платы КУ сделанная в программе AltiumDesigner.

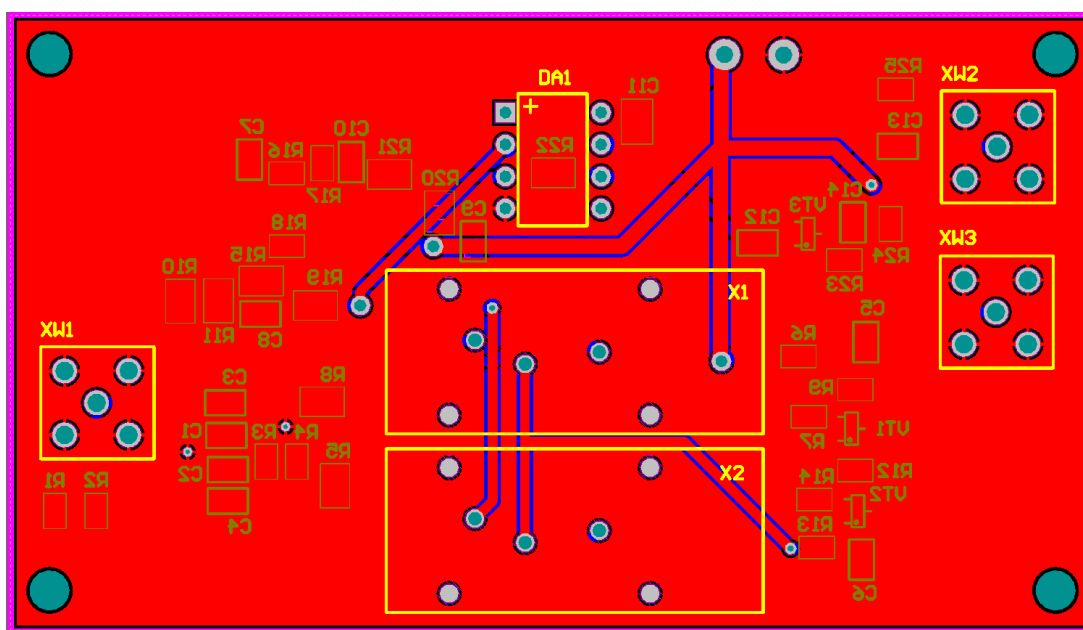


Рисунок 2. Топология печатной платы КУ

Здесь ВЧ линии расположены симметрично согласно требованиям. ВЧ разъемы расположены ближе к краям платы. Переходные отверстия (Via) на плате используются для вертикального соединения слоев платы. Расположение компонентов на плате соответствует тому, как бежит электрический ток на схеме. Дорожки питания +12 В сделаны как можно толще. Размер печатной платы составил 86×49 мм.

При проектировании топологии печатной платы использовались следующие слои.

*Top Layer* – верхний сигнальный слой, представляющий собой слой меди, который сформирован в отдельные токопроводящие дорожки, и использующийся для создания токопроводящих путей и доступных зон для всех сигналов схемы. Кроме того, при создании контактных площадок для компонентов

поверхностного монтажа, данный слой обычно используется по умолчанию для размещения контактных площадок компонентов.

*Bottom Layer* – нижний сигнальный слой, который также как и слой Top он представляет собой слой меди, но уже на нижней стороне платы. Тут также имеются контактные площадки компонентов, которые расположены на нижней стороне платы.

*Top Overlay* – слой шелкографии, используется для размещения надписей и графики компонента.

*Keep-Out Layer* – этот слой используется для выделения границы (контура) печатной платы.

*Multi-Layer* – слой размещения контактных площадок компонентов.

Сделав топологию платы с помощью готовых Gerber-файлов, которые содержат информацию об используемых слоях, можно перейти к технологии создания печатной платы.

### Создание печатной платы по технологии

Существуют несколько видов технологий изготовления двухсторонних печатных плат [6-9]. Одной из таких технологий является лазерная технология, которая используется в настоящее время на специальном для этого оборудовании. Суть данной технологии заключается в изготовлении двухсторонних печатных плат путем механического фрезерования или лазерного структурирования [10].

В качестве примера на рисунке 3 приведена сделанная по данной технологии плата коммутационная.

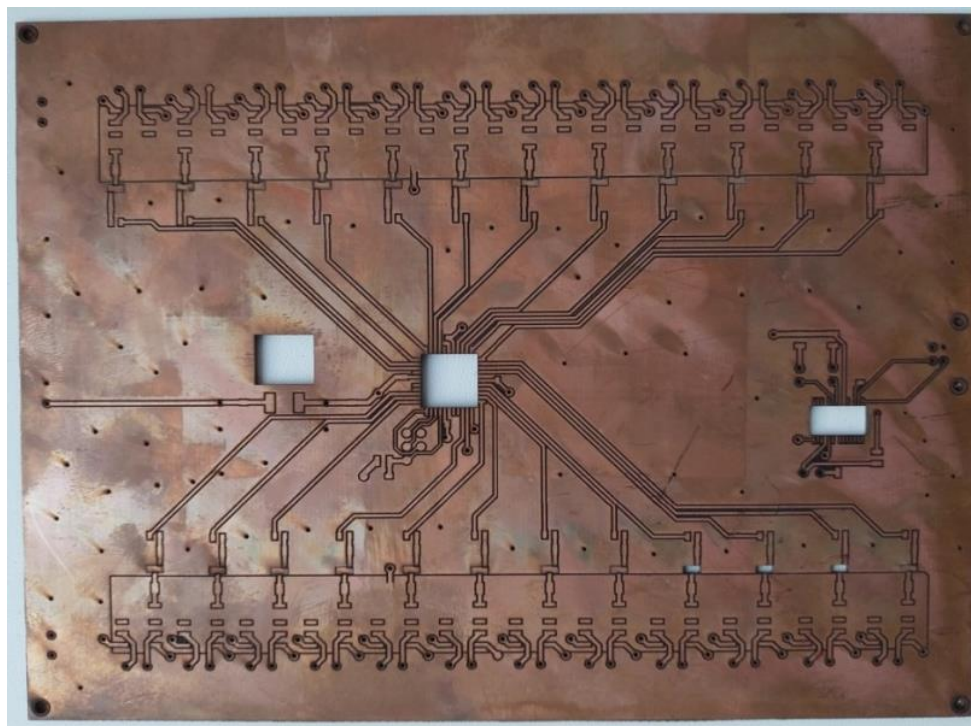


Рисунок 3. Плата коммутационная

В нашей работе будет использоваться не лазерная, а другая более продвинутая совершенствованная технология. Благодаря применению передовых технологий и качественных материалов от проверенных поставщиков доступна возможность изготавливать печатные платы высокого класса точности и уровня качества.

На рисунках 4 и 5 приведены верхняя и нижняя соответственно стороны печатной платы нашего КУ, сделанной по упомянутой выше продвинутой технологии.

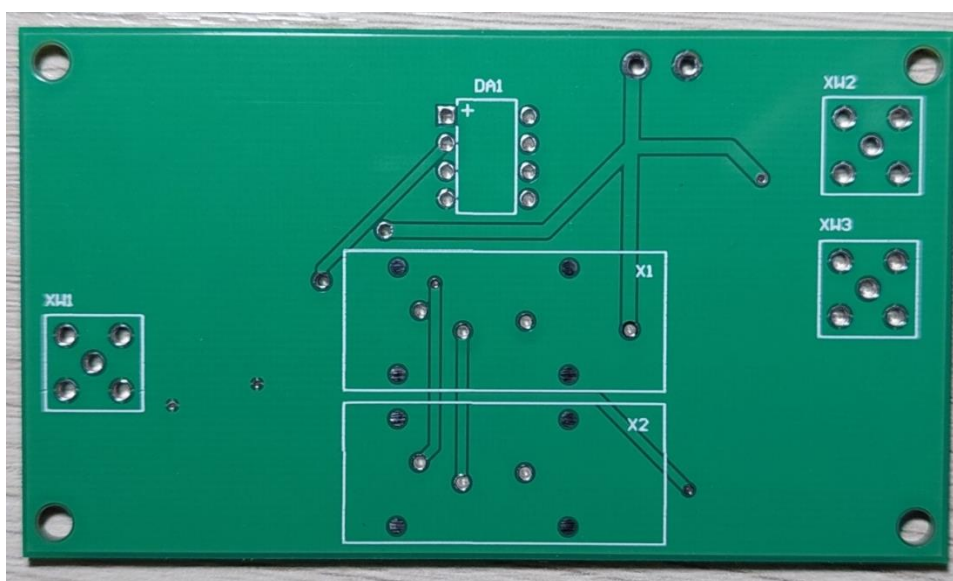


Рисунок 4. Печатная плата КУ (слой Top-Layer)

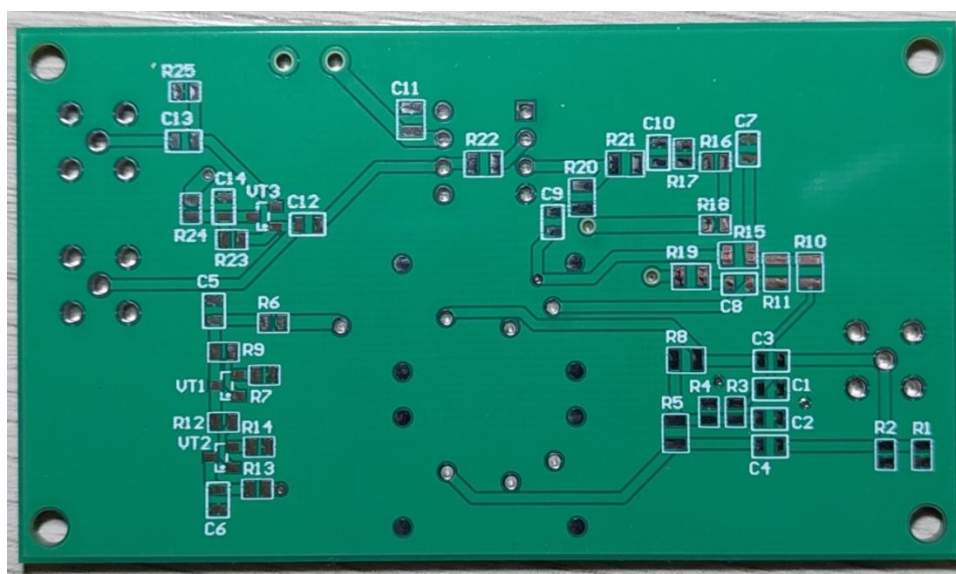


Рисунок 5. Печатная плата КУ (слой Bottom-Layer)



Как можно видеть из данных рисунков печатные платы совпадают со сделанной ранее топологией.

### **Заключение**

В ходе выполнения данной работы была спроектирована печатная плата устройства для контроля электрических параметров серийно-выпускаемых транзисторов. В целом поставленные цели и задачи можно считать выполненными, полученная печатная плата может быть использована для тестирования электрических параметров транзисторов.

### **Список литературы**

1. Сергеева М. Д., Кузьмина С. В., Борисов Г. М. Анализ систем автоматизированного проектирования печатных плат // Технологии инженерных и информационных систем. 2021. 1. 59-71.
2. Андреев В. В., Куропатова Л. С. Исследование и оптимизация печатной платы для испытательного стенда // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2021. 1 (32). 87-96.
3. Лопаткин А. Проектирование печатных плат в системе Altium Designer: учебное пособие. 2-е изд. Москва: ДМК Пресс, 2017. 554 с.
4. Utekhina N., Solomatin A. Adaptation of the electronic device design route using Russian software // Journal of Physics: Conference Series. 1680. 012053. DOI: 10.1088/1742-6596/1680/1/012053
5. Исаев В. В., Зимин А. А. Разработка системы анализа Gerber файлов для оценки качества трассировки печатных плат // Молодёжь и будущее авиации и космонавтики: сборник аннотаций конкурсных работ XIV Всероссийского межотраслевого молодёжного конкурса научно-технических работ и проектов. Москва, 21–25 ноября 2022 года. Москва: Издательство Перо, 2022. С. 79.
6. Боброва Ю., Смирнова О., Мануков Д. Обзор технологических возможностей трехмерной печати в производстве печатных плат // Технологии в электронной промышленности. 2019. 7(115). 38-45.
7. Асатулова Е. С., Ермилова Ю. С. Типы и особенности проектирования печатных плат // Интернаука. 2019. 47-1(129). 67-69.
8. Потапов Н. С. Изготовление двусторонних печатных плат с применением фрезерного станка с числовым программным управлением // Наука и образование – 2021: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Мурманск, 01 декабря 2021 года. Мурманск: Мурманский государственный технический университет 2022. С. 63-67.
9. Ланин В. Л., Емельянов В. А., Петухов И. Б. Технология и оборудование сборки и монтажа электронных средств. Минск: Белорусская наука, 2022. 512 с.
10. Вакс Е. Д., Миленький М. Н., Сапрыкин Л. Г. Практика прецизионной лазерной обработки. Москва: Техносфера, 2013. 696 с.

## References

1. Sergeeva M. D., Kuzmina S. V., Borisov G. M. Analiz sistem avtomatizirovannogo proyektirovaniya pechatnykh plat [The choice of CAD for PCB design] // Technologies of engineering and information systems. 2021. 1. 59-71.
2. Andreev V. V., Kuropatova L. S. Issledovaniye i optimizatsiya pechatnoy platy dlya ispyatel'nogo stenda [Research and optimization of the printed circuit board for the test bench] // Electronic journal: science, technology and education. 2021. 1 (32). 87-96.
3. Lopatkin A. Proyektirovaniye pechatnykh plat v sisteme Altium Designer: uchebnoye posobiye [Designing printed circuit boards in the Altium Designer system: study guide]. 2nd edition. Moscow: DMK Press, 2017. 554 p.
4. Utekhina N., Solomatin A. Adaptation of the electronic device design route using Russian software // Journal of Physics: Conference Series. 1680. 012053. DOI: 10.1088/1742-6596/1680/1/012053
5. Isaev V. V., Zimin A. A. Razrabotka sistemy analiza Gerber faylov dlya otsenki kachestva trassirovki pechatnykh plat [Development of a system for analyzing Gerber files to assess the quality of tracing printed circuit boards] // Youth and the Future of Aviation and Cosmonautics: collection of abstracts of competitive works of XIV All-Russian Cross-Industry Youth Contest of Scientific and Technical Works and Projects, Moscow, November 21-25, 2022. Moscow: Pero Publisher, 2022. P. 79.
6. Bobrova Yu., Smirnova O., Manukov D. Obzor tekhnologicheskikh vozmozhnostey trekhmernoy pechati v proizvodstve pechatnykh plat [Review of the technological capabilities of three-dimensional printing in the production of printed circuit boards] // Technologies in Electronic Industry. – 2019. – No. 7(115). – P. 38-45.
7. Asaturova E. S., Ermilova Yu. S. Tipy i osobennosti proyektirovaniya pechatnykh plat [Types and features of printed circuit board design] // Internauka. 2019. 47-1(129). 67-69.
8. Potapov N. S. Izgotovleniye dvustoronnikh pechatnykh plat s primeneniym frezernogo stanka s chislovyim programmnyim upravleniyem [Manufacturing of double-sided printed circuit boards using a milling machine with numerical control] // Science and Education – 2021: materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Murmansk, December 1, 2021. Murmansk: Murmansk State Technical University, 2022. P. 63-67.
9. Lanin V. L., Emelyanov V. A., Petukhov I. B. Tekhnologiya i oborudovaniye sborki i montazha elektronnykh sredstv [Technology and equipment for assembly and installation of electronic equipment]. Minsk: Belorusskaya nauka, 2022. 512 p.
10. Vaks E. D., Milenky M. N., Saprykin L. G. Praktika pretsizionnoy lazernoy obrabotki [Practice of precision laser processing]. Moscow: Technosphera, 2013. 696 p.

## Информация об авторах

*Осинний Никита Александрович* – инженер-конструктор, АО «ОКБ Планета» (Великий Новгород, Россия), ORCID: 0009-0007-2861-6623, [nikita.osinnii@yandex.ru](mailto:nikita.osinnii@yandex.ru)

*Петров Дмитрий Александрович* – инженер-конструктор I категории, АО «ОКБ Планета» (Великий Новгород, Россия), ORCID:0009-0006-6894-259X, [petrovd@okbplaneta.ru](mailto:petrovd@okbplaneta.ru)