

## **Разработка инновационного импортозамещающего комплекса для поверхностного монтажа**

© Д.В. Клеветов, А.Л. Симаков

АО «ВНИИ «Сигнал», Владимирская область, г. Ковров, 601903, Россия

*На отечественном рынке оборудования для поверхностного монтажа существует широкий спектр иностранных решений, позволяющих выполнять отдельные технологические операции по подготовке к монтажу, монтаж, пайку и т. п. Предлагаемый импортозамещающий комплекс должен обеспечить решение комбинированной задачи — подготовку радиоэлементов к монтажу и сам поверхностный монтаж. Комплекс имеет инновационное захватно-формовочное устройство, собственную систему управления и реализован на механизмах с параллельной кинематикой, что дает ему технологические преимущества.*

**Ключевые слова:** механизм с параллельной кинематикой, импортозамещение, комплекс, поверхностный монтаж, радиоэлемент.

В настоящее время в радиоэлектронной промышленности существует тенденция уменьшения габаритных размеров изделий. Для достижения точности позиционирования в технологическом оборудовании применяют прецизионные дорогостоящие приборы и комплекты.

Предлагаемый комплекс позволит совершить технологический скачок в области поверхностного монтажа радиоэлементов (РЭ) с одновременной автоматической формовкой их выводов. Комплекс предназначен для реализации функций подготовки выводов РЭ к поверхностному монтажу с помощью уникального захватно-формовочного устройства и последующего монтажа РЭ на поверхность печатных плат, в том числе в условиях серийного и мелкосерийного производства методом монтажа в отверстия.

Комплекс обеспечивает возможность встраивания в любые технологические линии по монтажу блоков РЭ, а его компактность за счет применения в основе механизмов с параллельной кинематической структурой (МПКС) станет весомым преимуществом в скорости выпуска качественной продукции и компактности технологии (рис. 1).

Комплекс станет доступным для предприятий, выпускающих электронные изделия в объеме серийного и единичного производства (до 7 000 шт.), и предназначен для:

- устранения ручного труда и перехода к автоматизации;
- создания гибких и компактных производств;
- повышения качества и надежности сборочных (конечных технологических) процессов производства.



**Рис. 1.** Промышленные роботы фирм ABB (а) и Fanuc (б)

Комплекс позволит обеспечить заданную технологическую точность без применения прецизионных устройств за счет замкнутой кинематической структуры при снижении себестоимости оборудования на 15...20 %.

К настоящему моменту развитие радиоэлектронной промышленности достигло совершенно нового качественного уровня. Развитие импортной компонентной базы на много опередило отечественных производителей. Даже в классификации типов электрорадиоэлементов используются иностранные обозначения типов корпусов. Однако и отечественная индустрия радиоэлектроники взяла курс на ускоренное развитие данного сектора экономики. Множество целевых программ поддержки внедряются для возрождения отрасли. О запуске одной из них — «Комплексной программы развития радиоэлектронной промышленности» — объявил Александр Якунин — директор департамента радиоэлектронной промышленности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (Международный журнал «Аэрокосмический курьер», 2011 г.). Ярким примером развития является принятая в 2008 г. федеральная целевая программа «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» на 2008—2015 годы, в которой изложена плановая государственная политика в области развития отечественной радиоэлектроники [1]. Актуальность выбранной тематики подтверждают и другие многочисленные целевые программы, реализующиеся на федеральном уровне.

Технология монтажа в отверстия (Through Hole Technology — ТНТ), иногда называемая штырьковым монтажом, является основой подавляющего большинства современных технологических процессов сборки электронных модулей.

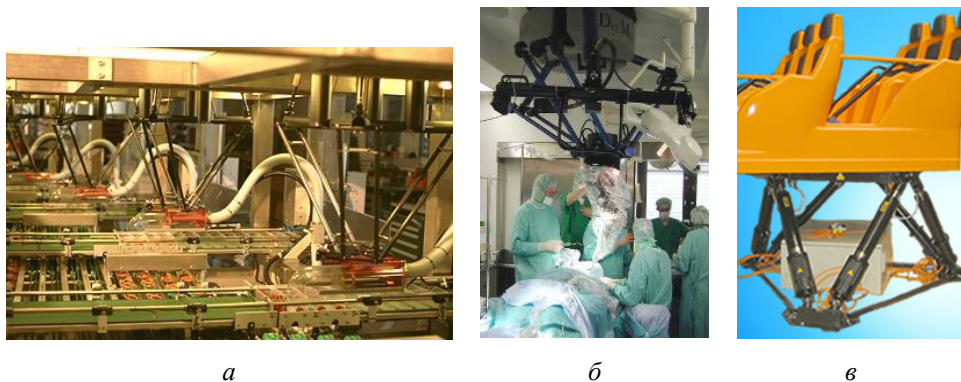
Технология монтажа в отверстия представляет собой метод монтажа компонентов на печатную плату, при котором выводы компонентов устанавливаются в сквозные отверстия платы и припаиваются к контактным площадкам и/или металлизированной внутренней поверхности отверстия.

Данный метод используется в силовых устройствах, блоках питания, высоковольтных схемах мониторов и других устройствах в отраслях, где предъявляют повышенные требования к надежности, например, авионика, автоматика АЭС, ВПК и т. п. Также данная технология широко применяется в условиях единичного и мелкосерийного многономенклатурного производства, где из-за частой смены выпускаемых моделей автоматизация процессов неактуальна. Эта продукция в основном выпускается небольшими отечественными предприятиями как для бытового, так и для специального применения.

Проанализировав существующие автоматизированные комплексы по автоматическому поверхностному монтажу можно однозначно определить, что внедрение в данную отрасль механизмов с параллельной кинематикой позволят решить ряд актуальных задач, связанных:

с качеством (точностью), напрямую зависимым от стоимости; скоростью, влияющей на качество выпуска; компактностью, определяющей массогабаритные характеристики; гибкостью переналадки на основе русскоязычного интерфейса; энергоэффективностью (высокими показателями потребления); стоимостью организации и создания автоматизированной конвейерной линии окупающейся только при массовом производстве, больших временных затратах.

В общей сложности можно выделить пять больших сфер человеческой деятельности с применением МПКС (рис. 2):



**Рис. 2.** Применение робототехнических систем с МПКС:

*а* — в пищевой промышленности; *б* — в медицине; *в* — в игровой индустрии

1) механообработка (станки и оборудование токарной, фрезерной, шлифовальной групп и др.) [2];

2) упаковка (сортировка пищевых и фармацевтических товаров, транспортировка товара) (рис. 2, *а*) [3];

3) медицина (протезирование, сложное хирургическое оборудование) (рис. 2, б) [4];

4) игровая индустрия (3D- и 5D-кинозалы) (рис. 2, в);

5) военная промышленность (авиасимуляторы, симуляторы бортовой качки, стендовое оборудование, тренажерное оборудование).

Конечно, из этих направлений наиболее широко МПКС применяется в промышленности [5]. Однако упоминания о применении МПКС для автоматизации процесса монтажа блоков РЭ найти не удалось. Поэтому идею по применению МПКС в электронной промышленности можно смело назвать новаторской.

В настоящее время существуют промышленные образцы, с использованием МПКС. Стоимость одного рабочего места минимальной оснащенности по производству представленных образцов составляет более 2 млн руб., а стоимость прецизионных устройств для образцов с применением в медицинской сфере доходит до 40 млн руб.

Внедрение предлагаемой технологии в промышленное производство позволит увеличить выпуск готовой продукции до 25 % и снизить энергозатраты на 15%, высвободит дополнительные площади за счет компактности создаваемого оборудования (увеличит коэффициент использования производственных площадей на 20 %) и повысит качество предоставляемых услуг.

Предлагаемый технологический прорыв предлагается осуществить за счет применения в конструкции оборудования с параллельной кинематикой, а также собственных разработок (захватно-формовочного устройства и способа автоматизированного монтажа блоков РЭ — локальной формовки).

Отсутствие на современном рынке отечественных производителей оборудования накладывает на исполнителя проекта определенные обязательства. Исследования, проведенные профессором МАИ А. Медведевым [6], позволяют утверждать о том, что наметилась положительная динамика развития радиоэлектроники как самостоятельной отрасли промышленности. Имеются данные о том, что за последние 2–3 года предприятия проявляют интерес к приобретению SMT-линий в связи с появлением новых разработок. Предлагаемый комплекс стоимостью 500...600 тыс. руб. должен стать основным конкурентом иностранному оборудованию стоимостью 700...1 500 тыс. руб.

В связи с динамичным развитием промышленности и индустрии появилась необходимость повышения скорости и качества выпускаемой продукции в области поверхностного монтажа. Неоспоримым является и тот факт, что сборочные процессы блоков радиоэлектронной аппаратуры требуют наиболее высокого качества, так как непосредственно отвечают за работоспособность продукта в целом. По-

этому новейшие технологии в данном секторе промышленности несомненно найдут свою нишу и откроют дополнительные возможности для отрасли в динамичном развитии.

Предлагаемый комплекс [7] призван не только устранить выявленные недостатки, но и имеет ряд неоспоримых преимуществ за счет использования механизмов с параллельной кинематической структурой: замкнутая кинематическая цепь, повышенная жесткость системы, повышенная точность позиционирования, повышенные скоростные характеристики, компактность оборудования, модульность конструкции и в дополнение — собственная система управления и уникальное захватно-формовочное устройство.

К настоящему моменту задача по импортозамещению в проекте по созданию комплекса реализована уже на стадии макетирования. Созданный макет комплекса [7, 8] спроектирован на отечественной базе. Заложенные основные комплектующие (силовая плата и исполнительные двигатели) закуплены на территории РФ у отечественных поставщиков (ЗАО «Электропривод»).

Применение предлагаемого к внедрению комплекса должно обеспечить повышение общей эффективности производства до 30 %.

*Работа выполнена при поддержке ГРАНД РФФИ (проект № 05-08-50076, 2005), Государственных контрактов № 8692p/14006 от 14.01.2011 и № 10510p/16861 от 08.06.2012 на выполнение НИОКР по теме «Разработка прогрессивных методов производства в приборо-, машиностроении и высокоэффективных радиоэлектронных устройств и систем» (программа «У.М.Н.И.К.»).*

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Федеральная целевая программа «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники» на 2008–2015 годы. URL: [http://www.rosrep.ru/investment\\_projects/index.php?ELEMENT\\_ID=4794&SECTION\\_ID=23](http://www.rosrep.ru/investment_projects/index.php?ELEMENT_ID=4794&SECTION_ID=23) (дата обращения 25.08.2012).
- [2] Информационно-аналитический сайт по материалам зарубежной печати. URL: <http://www.stankoinform.ru/08.geksapod.htm> (дата обращения 25.08.2012).
- [3] *Delta Parallel Robot — the Story of Success*. URL: <http://www.parallelemic.org/Reviews/Review002.html> (дата обращения 25.08.2012).
- [4] *Haptic Devices Based on Parallel Mechanisms. State of the Art*. URL: <http://www.parallelemic.org/Reviews/Review003.html> (дата обращения 25.08.2012).
- [5] Клеветов Д.В. Применение механизмов с параллельной кинематической структурой в технологических процессах производства. *Вооружение. Технология. Безопасность. Управление. Материалы V науч.-техн. конф. аспирантов и молодых ученых*. В 6 ч. Ч. 4. Ковров, ФГБОУ ВПО «КГТА им. В.А. Дегтярева», 2010, с. 59–71.
- [6] Медведев А. *Производство электроники в России*. URL: <http://www.contractelectronica.ru/articles/kontraktное-proizvodstvo-elektroniki/>

10-articles/kontraktное-proizvodstvo-elektroniki/85-proizvodstvo-elektroniki-v-rossii (дата обращения 10.02.2015).

- [7] Клеветов Д.В. Проект создания Delta-робота. Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России. *II Всерос. науч. Зворыкинские чтения. Сб. тез. докл. II Всерос. межвузовской науч. конф.* Муром, 5 февраля 2010 г. Муром, Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2010, с. 627–629.
- [8] Клеветов Д.В. Создание обратной связи для системы управления сборочным устройством на базе трехступенного механизма с параллельной кинематикой. *Достижения в области технических наук: Сб. науч. тр., посвященный 60-летию высшего профессионального образования в г. Коврове.* Ковров, ФГБОУ ВПО «КГТА им. В.А. Дегтярева», 2012, с. 252–262.

Статья поступила в редакцию 12.10.2015

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Клеветов Д.В., Симаков А.Л. разработка инновационного импортозамещающего комплекса для поверхностного монтажа. *Инженерный журнал: наука и инновации*, 2015, вып. 12.

URL: <http://engjournal.ru/catalog/mesc/meng/1448.html>

*Статья подготовлена по материалам доклада, представленного на Восьмой всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России», Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 23–26 сентября 2015 г.*

**Клеветов Денис Викторович** — ведущий инженер АО «ВНИИ “Сигнал”», ст. преподаватель КГТА им. В.А. Дегтярева. Область научных интересов: САУ, робототехнические устройства, автоматизация технологических процессов, организация производства, управление организацией, эконометрическое моделирование. e-mail: [denis\\_klevetov@list.ru](mailto:denis_klevetov@list.ru)

**Симаков Александр Леонидович** — д-р техн. наук, профессор Ковровской государственной технологической академии имени В.А. Дегтярева

## Developing innovative import-substituting complex for surface mounting

© D.V. Klevetov, A.L. Simakov

JSC “All-Russian Scientific-research institute ‘Signal’ “,  
Vladimir Region, Kovrov town, 601903, Russia

*Domestic market of equipment for surface mounting offers a wide range of international solutions allowing to fulfill certain manufacturing operations on preparation for assembling, assembly, soldering and so on. The suggested import-substituting complex is to provide solutions to the combined problem — preparation for mounting of radioelements and surface mounting itself. The complex has an innovative gripping-and-forming device, its own control system; it is implemented by using mechanisms with parallel kinematics which gives it operating advances.*

**Keywords:** mechanisms with parallel kinematics, import substitution, complex, surface mounting, radioelement.

### REFERENCES

- [1] *Federal'naya tselevaya programma “Razvitiye elektronnoy komponentnoy bazy i radioelektroniki” na 2008–2015 gody* [The Federal target program “Development of electronic component base and radio electronics” for 2008–2015]. Available at: [http://www.rosrep.ru/investment\\_projects/index.php?ELEMENT\\_ID=4794&SECTION\\_ID=23](http://www.rosrep.ru/investment_projects/index.php?ELEMENT_ID=4794&SECTION_ID=23) (accessed 25 August 2012).
- [2] *Information-analytical site on the foreign press*. Available at: <http://www.stankoinform.ru/08.geksapod.htm> (accessed 25 August 2012).
- [3] *Delta Parallel Robot — the Story of Success*. Available at: <http://www.parallemic.org/Reviews/Review002.html> (accessed 25 August 2012).
- [4] *Haptic Devices Based on Parallel Mechanisms. State-of-the-Art*. Available at: <http://www.parallemic.org/Reviews/Review003.html> (accessed 25 August 2012).
- [5] Klevetov D.V. *Primeneniye mekhanizmov s parallel'noy kinematicheskoy strukturoy v tekhnologicheskikh protsessakh proizvodstva* [Application of mechanisms with parallel kinematic structure in processes of production]. *Vooruzheniye. Tekhnologiya. Bezopasnost'. Upravleniye. Materialy V nauch.-tekhn. konf. aspirantov i molodykh uchenykh* [Armament. Technology. Security. Control. Proceedings of the V scientific and engineering. conf. of graduate students and young scientists]. In 6 parts. Part. 4. Kovrov, Degtyarev KSTA, 2010, pp. 59–71.
- [6] Medvedev A. *Proizvodstvo elektroniki v Rossii* [manufacture of electronics in Russia]. Available at: <http://www.contractelectronica.ru/articles/kontraktnoe-proizvodstvo-elektroniki/10-articles/kontraktnoe-proizvodstvo-elektroniki/85-proizvodstvo-elektroniki-v-rossii> (accessed 10 February 2015).
- [7] Klevetov D.V. *Proyekt sozdaniya Delta-robota. Nauka i obrazovaniye v razvitiy promyshlennoy, sotsial'noy i ekonomicheskoy sfer regionov Rossii* [Project of Delta-robot creation. Science and education in the development of industrial, economic and social spheres of Russia's regions]. *II Vseros. nauch. Zvorykinskiye chteniya. Sb. tez. dokl. II Vseros. mezhvuzovskoy nauch. konf. Murom, 5 fevralya 2010 g.* [II All-Russia. scientific. Zvorykin reading. Coll. Abstracts. rep. II All-Russia. Interuniversity scientific. Conf. Murom February 5, 2010]. Murom, Murom Institute of Vladimir State University, 2010, pp. 627–629.

- [8] Klevetov D.V. Sozdaniye obratnoy svyazi dlya sistemy upravleniya sborochnym ustroystvom na baze trekhstepennogo mekhanizma s parallel'noy kinematikoy [Creating a feedback for the assembler control system based on threefold mechanism with parallel kinematics]. *Dostizheniya v oblasti tekhnicheskikh nauk: Sb. nauch. tr., posvyashchenny 60-letiyu vysshego professional'nogo obrazovaniya v g. Kovrove* [Achievements in the field of technical sciences: Coll. scientific. works, dedicated to the 60th anniversary of higher education in the town of Kovrov]. Kovrov, Degtyarev KSTA, 2012, pp. 252–262.

**Klevetov D.V.**, lead engineer at JSC “All-Russian Scientific-research institute ‘Signal’”, Senior lecturer at Degtyarev KSTA. Sphere of research interests: Automatic control system, robotic devices, process automation, production management, organization management, econometric modeling. e-mail: denis\_klevetov@list.ru

**Simakov A.L.**, Dr. Sci. (Eng.), professor of the Degtyarev Kovrov State Technological Academy.