

# Модернизация производства ООО «Кулон»: последние внедрения и ближайшая перспектива

Д. Беянин<sup>1</sup>, А. Дёмин<sup>2</sup>

УДК 338.32:621.319.4 | ВАК 05.27.06

Существуют различные причины, побуждающие предприятие заниматься модернизацией своей технологической базы. Это и необходимость замены физически устаревших установок, и желание повысить производительность и/или экономическую эффективность производственного процесса либо просто ускорить его при сохранении объемов выпуска продукции. И, конечно, это организация производства изделий нового технического уровня, для изготовления которых уже не хватает возможностей имеющегося парка оборудования.

Все эти задачи в той или иной степени решаются программой модернизации производства, реализуемой в последние годы в ООО «Кулон».

**П**олный цикл производства керамических конденсаторов и фильтров – многостадийный процесс, начинающийся с подготовки керамического сырья и заканчивающийся маркировкой, выходным контролем и упаковкой готовой продукции. В нем участвуют многие десятки технологических линий и установок и, если история предприятия достаточно продолжительна, то его производственные мощности неизбежно будут состоять из машин, устанавливавшихся в разные годы в соответствии с требованиями того времени к конструкции изделий и объемам выпуска продукции.

ООО «Кулон» – предприятие с более чем 70-летней историей, и в составе его технологической базы имеется оборудование разных поколений. Например, для литья керамической пленки – основного конструкционного материала будущих конденсаторов и фильтров – используются как установки УБ 636, выпущенные в 1980 году, так и закупленные недавно линии словенской компании КЕКО. Эти линии с компьютерным управлением, с тонкой настройкой процесса сушки позволили не только ввести в номенклатуру продукции конденсаторы минимальных современных типоразмеров, но и добавить новые номиналы в уже выпускающиеся линейки компонентов. Для выполнения комплекса операций по металлизации заготовок и сборке пакетов продолжают использоваться полуавтоматические линии ЛИ.КЭП-300-007 PAL (отечественный аналог югославской модели PAL3), установленные в начале 2000-х годов, но теперь они дополнены комплектом машин КЕКО с более высоким уровнем

автоматизации, ускоряющим процесс и минимизирующим влияние человеческого фактора.

Использование «старых» машин вполне оправданно, пока они надежно работают и способны обеспечивать выпуск востребованной продукции. В таких условиях наиболее эффективной стратегией развития производственной базы предприятия становится поэтапная модернизация – последовательная замена технологических установок, которые по тем или иным причинам не могут далее эксплуатироваться, а также введение в строй машин, дающих предприятию новые возможности в части совершенствования конструкции изделий, снижения производственных затрат и т. д.

Именно такая стратегия заложена руководством ООО «Кулон» в проект «Модернизация технологических линий производства конденсаторов», поддержанный льготным финансированием Фонда развития промышленности, входящего в структуру Государственной корпорации развития «ВЭБ.РФ». В последние два года в рамках проекта приобретено несколько установок, каждая из которых обладает существенными преимуществами перед тем оборудованием, которое она заменяет или дополняет.

## КАМЕРНЫЕ ПЕЧИ ПК300.1400-УС

Целью приобретения камерных печей стала экономия площадей, выделяемых под оборудование для обжига керамической массы и заготовок конденсаторов: эти печи занимают в пять раз меньше места, чем использовавшиеся ранее печи туннельного типа, и потребляют меньше электроэнергии. Эта закупка была произведена на первом этапе выполнения проекта модернизации,

<sup>1</sup> ООО «Кулон», директор по производству, d.beyanin@kulon.spb.ru.

<sup>2</sup> ООО «Кулон», коммерческий директор, a.demin@kulon.spb.ru.



Печь ПК300.1400-УС: а – камерная печь (справа) и ее система управления; б – поддоны с заготовками керамических конденсаторов в рабочей зоне печи

поскольку в это время осуществлялся перевод производства на новое место, и можно было сразу запланировать более рациональное использование производственных площадей.

Но, конечно, компактность – не единственное достоинство печей ПК300.1400-УС. Они имеют полностью программное управление. Состав агрегатов, входящих в их конструкцию, позволяет непрерывно контролировать величины и динамику изменения параметров процесса в рабочей зоне. В печах организован пятисторонний обогрев: спиральные нагревательные элементы управляемой мощности расположены на задней и боковых стенках, на поде и двери; таким образом достигается высокая температурная однородность в рабочем пространстве печи. Предусмотрена система продувки камеры предварительно прогретым воздухом с автоматическим управлением заслонками и регулировкой скорости потока. Система продувки способна создавать в камере избыточное давление, а вытяжной вентилятор – разрежение, что позволяет выполнить различные требования в части обеспечения безопасности процесса.

Система управления, выполненная в виде отдельного напольного шкафа, включает в себя программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК 100 и комплект необходимых преобразователей, силовых управляющих элементов и т. п. Печь оборудована независимой защитой от перегрева, имеется кнопка аварийного выключения. Максимальная рабочая температура при продолжительной эксплуатации составляет 1400 °С.

Перечисленные технические возможности печей ПК300.1400-УС дают им важное технологическое преимущество перед туннельными печами: стало возможным

объединение двух процессов из технологического маршрута изготовления заготовок керамических конденсаторов – утильный и окончательный обжиг. Первый представляет собой медленный подъем температуры до 450 °С с продувкой разогретым воздухом для удаления из заготовок связующих веществ и присадок, второй – окончательный обжиг при температуре 1000–1200 °С для формирования диэлектрика. Объединение этих двух процессов в один цикл способствует более качественному формированию диэлектрика, что в конечном итоге приводит к повышению стабильности технологического процесса и увеличению выхода годных.

### УСТАНОВКА НАНЕСЕНИЯ ТОРЦЕВЫХ КОНТАКТОВ HXFD-010

Эта машина была закуплена для выполнения недавно завершённой ОКР по бескорпусным керамическим конденсаторам К10-90 уникального для нашей страны типоразмера 0402 (1,0 × 0,5 мм), и именно типоразмер сделал необходимой ее покупку.

Серебрение торцов – это процесс, в ходе которого, во-первых, в пакете заготовки создается электрическое соединение отдельных слоев металлизированной керамики, и, во-вторых, на ее торцах формируются внешние электроды – так заготовка становится многослойным конденсатором. Серебрение – групповой процесс, в машину подаются заготовки, закрепленные в специальной оснастке – кассете. В машинах более раннего выпуска используются эластичные кассеты, в которых заготовки удерживаются в отверстиях кассеты за счет упругости материала. Однако с типоразмером 0402 такой прием уже не работает – надежная фиксация не обеспечивается.

В установке НХFD-010 используется другое решение: жесткая кассета с отверстиями под размер заготовок. На обратную сторону кассеты наклеивается липкая лента, заготовки размещаются в отверстиях при помощи вибрации и приклеиваются к ленте с одновременным выравниванием по высоте той их части, которая выступает над рабочей поверхностью кассеты. Допуск на размеры наружного электрода очень жесткий – достаточно сказать, что допуск на общую длину конденсатора типоразмера 0402 составляет всего 0,2 мм, – так что операция выравнивания должна выполняться с высокой точностью.

После нанесения серебряной пасты на один торец заготовки кассета помещается в сушильный шкаф. Затем ее остужают, удаляют отработавшую липкую ленту и наклеивают новую – уже с другой стороны кассеты. Вновь производится выравнивание с приклеиванием, нанесение пасты, сушка, удаление ленты – и заготовки, извлеченные из кассеты, уходят на операцию вжигания пасты.

Для выполнения всех описанных выше действий производитель включает в комплект поставки необходимый набор вспомогательного оборудования:

- устройство для наклеивания липкой ленты;
- вибростол для загрузки заготовок в кассету (время загрузки 15–18 с);
- выравнивающая установка с регулируемым усилием и ходом выдавливающего цилиндра. Здесь же

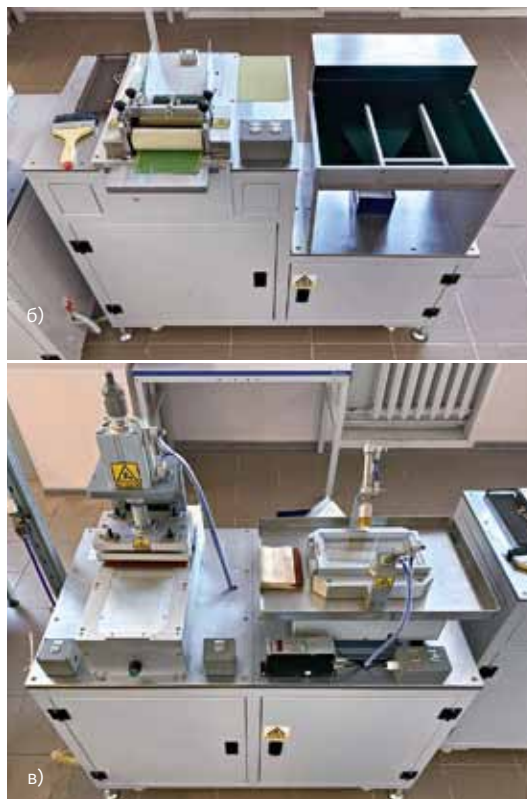
смонтировано приспособление для первого удаления липкой ленты;

- устройство для финального удаления липкой ленты с контейнером для сбора извлекаемых из кассеты обработанных заготовок.

На установке НХFD-010 можно изготавливать конденсаторы до типоразмера 3216. Точность нанесения пасты  $\pm 0,02$  мм, время обработки одной кассеты в однопроводном режиме – 16 с, в двухпроводном – 20 с.

Система управления включает программируемый контроллер с сенсорным экраном с диагональю 10 дюймов. Функционал ПО и развитый операторский интерфейс позволяют как запускать предустановленные программы серебрения торцов, так и создавать собственные – для разных размеров и материалов заготовок. Среди настраиваемых параметров – длительность процесса серебрения, толщина наносимого покрытия, количество обработанных заготовок, по достижении которого система удаляет оставшуюся пасту и выдает уведомление о завершении операции, и т. п. Имеется возможность как автоматического, так и ручного добавления пасты в расходный контейнер.

В памяти машины можно сохранить до 50 файлов процесса. Для защиты системы от несанкционированного вмешательства организовано три уровня доступа: для оператора (по включению), инженера и администратора (через пароли, причем право смены пароля предоставлено только администратору).



Комплект оборудования для серебрения торцов бескорпусных керамических конденсаторов: а – установка НХFD-010; б – устройство для наклеивания липкой ленты (слева), устройство для удаления липкой ленты; в – выравнивающая установка (слева), вибростол для загрузки заготовок в кассету



## НХС-004 – УСТАНОВКА ИЗМЕРЕНИЯ ЧЕТЫРЕХ ПАРАМЕТРОВ БЕСКОРПУСНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ

Эта машина также закупалась в рамках ОКР по освоению в производстве конденсаторов К90-10. Она автоматически тестирует и сортирует бескорпусные конденсаторы по четырем рабочим параметрам: емкости, тангенсу угла диэлектрических потерь, сопротивлению изоляции при номинальном напряжении и сопротивлению изоляции при повышенном напряжении. Отсюда ее основное преимущество – значительно более высокая скорость проведения электрических испытаний по сравнению с системами тестирования предыдущего поколения, из которых одни выполняют сортировку по емкости и тангенсу угла диэлектрических потерь, а сопротивление изоляции и ее электрическая прочность проверяются на других.

Автомат НХС-004 выполняет проверки в следующем порядке:

- контроль электропрочности изоляции при повышенном напряжении;
- измерение сопротивления изоляции;
- определение емкости и коэффициента потерь;
- сортировка изделий в соответствии с измеренными значениями их параметров.

Установка имеет автоматическую систему подачи. Щупы с гибкими наконечниками гарантируют отсутствие или, в худшем случае, минимальные повреждения поверхностей конденсаторов в процессе испытания.



Автомат измерения четырех параметров конденсаторов НХС-004

Диапазон подаваемых напряжений – от 10 до 1000 В, скорость сортировки – 300–500 изделий в минуту.

Встроенный промышленный компьютер обеспечивает широкие возможности по настройке параметров процесса испытаний и управления его ходом, накоплению и обработке данных. Могут быть заданы базовые настройки общих параметров машины, таких как промежуток времени до включения сигнализации по отсутствию компонентов, объем выборки, скорости вращения стола и перемещения электрода и т. д. Настраиваются режимы измерителя емкости, то есть вольтметра и мегаомметра, задаются допуски для разбраковки по емкости, выдерживаемому напряжению и сопротивлению изоляции.

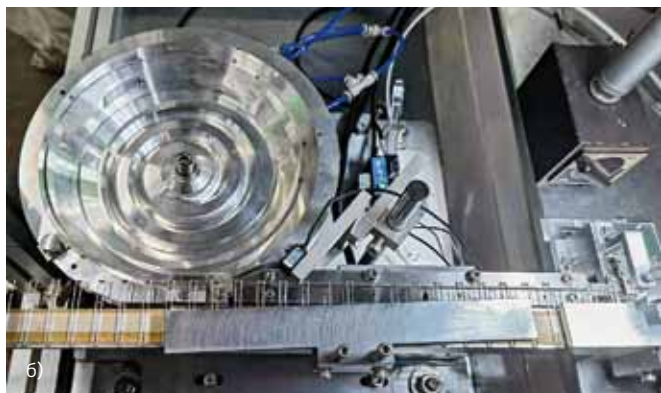
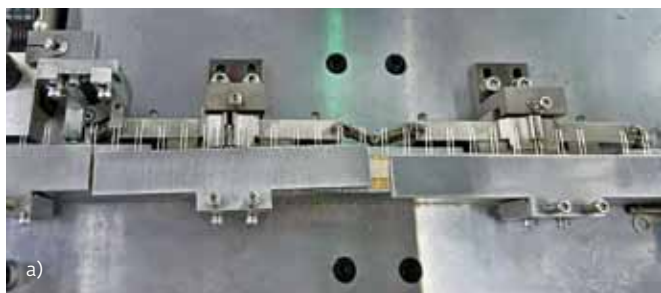
В ходе проверки отображаются не только измеряемые параметры конденсаторов, но и количественная информация о ходе испытаний: текущее число изделий в каждом лотке, их суммарное количество, процент кондиционных конденсаторов от их общего числа и для каждой из категорий по допускам, суммарное число проведенных измерений. При желании программа по этой статистике выводит на экран гистограммы, которые могут быть распечатаны на принтере.

Программа формирует для оператора подсказки, по которым можно, например, понять, есть ли конденсатор на пластиковом поворотном столе, или устранить затор в устройстве подачи. Предусмотрена возможность независимого управления каждым действием системы.

## АВТОМАТ ФОРМИРОВАНИЯ И ПАЙКИ ВЫВОДОВ НХСП-018

В конструкторской документации на конденсаторы типа К10-17а заложен особый способ припайки выводов – так называемая «пайка крючком». Она требует специальной формовки выводов в зоне их соединения с керамической заготовкой, чем достигается увеличение прочности изделия. Такой вид пайки используется только на производстве ООО «Кулон», и в свободной продаже нет машин, способных его выполнить.

Автомат НХСП-018 разработан производителем с учетом наших требований. Необходимость его приобретения обусловлена двумя причинами. Во-первых, прежняя механизированная установка аналогичного назначения эксплуатируется уже более 30 лет, всё более частыми становятся ее поломки и всё более длительными – ремонты; сегодня поддерживать ее работоспособность на требуемом уровне крайне проблематично. Во-вторых, НХСП-018 имеет в своем составе программируемый логический контроллер, проверяющий все подсистемы перед запуском, следящий за каждым из этапов процесса, поддерживающий необходимые уровни технологических параметров и т. п. В результате обеспечивается высокая точность сборки, стабильная производительность



Некоторые участки рабочей зоны автомата HXSP-018:  
 а – два узла формовки законцовок выводов;  
 б – вибробункер и механизм установки керамических заготовок между выводами (справа у обреза кадра);  
 в – заготовки над ванной с припоем перед пайкой

при практически полном исключении человеческого фактора.

Автомат имеет достаточно сложную механическую часть, состоящую из ряда агрегатов. Проволока (ее диаметр равен 0,6 мм) поступает с бобины, выпрямляется, разрезается, из нее формируются U-образные заготовки – будущие пары выводов для каждого из конденсаторов. Заготовки фиксируются на транспортной ленте из крафт-бумаги при помощи текстурированной клейкой ленты и подаются к механизму, который формует их свободные законцовки в соответствии с требованиями «пайки крючком». Далее между «крючками» вставляются керамические заготовки конденсаторов, поступающие из вибробункера, центрируются относительно «крючков».

На следующей позиции производится флюсование и затем пайка путем погружения в ванну с припоем. На выходе из автомата крафт-лента разрезается на отдельные отрезки, с которыми удобно оперировать на следующих этапах изготовления конденсаторов.

Производительность автомата HXSP-018 составляет 120–150 изделий в час, для управления нужен один оператор.

## АВТОМАТИЧЕСКАЯ УПАКОВОЧНАЯ МАШИНА HXBD-080

Эта машина покупается в дополнение к имеющимся полуавтоматам упаковки в блистерную ленту. Машина может работать с конденсаторами типоразмеров 0603, 0805, 1206, для чего она укомплектована тремя вибробункерами со своими вибродорожжками. Управление системой подачи включает функции настройки по высоте изделий, которая в пределах данного типоразмера не одинакова для конденсаторов разных типов и номиналов, а также выбора количества пустых позиций в ленте, необходимых для ее заправки в автоматический установщик компонентов. Скорость упаковки составляет 100–150 изделий в минуту.

Установки HXSP-018 и HXBD-080 будут поставлены на предприятие в июле-августе текущего года.

\* \* \*

Завершаемый в этом году этап модернизации технологической базы ООО «Кулон» устраняет наиболее значимые на данный момент «тонкие места» в производстве – как с точки зрения замены физически изношенного оборудования, так и в плане перехода на новые современные типы изделий, и повышения экономической и сроковой эффективности производства. Последнее важно не только само по себе, но и как средство решения задачи ближайшего времени, стоящей перед предприятием: снижения срока поставки партий изделий с сегодняшних 180 до 90 дней с момента заказа.

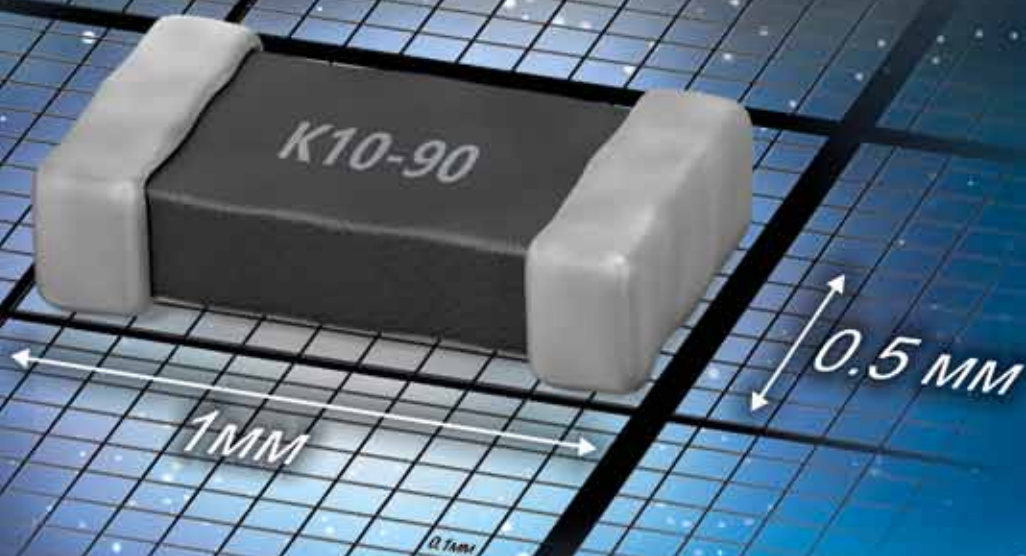
С каждым годом «Кулон» становится лучше – это видно как «изнутри» завода, так и нашим заказчикам. Процесс модернизации – большой труд, в чем-то даже исторический, ведь заложенные сейчас идеи станут подспорьем для работы предприятия на десятилетия. Стоит отметить, что персонал завода полностью поддерживает руководство в нововведениях. Все понимают, что мы делаем одно общее важное дело, и такое отношение со стороны работников придает дополнительный стимул к развитию.

Мы благодарим наших заказчиков за критику и замечания в наш адрес. Критика позволяет получать обратную связь о нашей работе и корректировать управленческую модель как для улучшения качества продукции, так и для совершенствования форм взаимодействия с ее потребителями.





**РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ  
КОНДЕНСАТОРОВ И ПРОХОДНЫХ ФИЛЬТРОВ**



**ЕДИНСТВЕННЫЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ  
КОНДЕНСАТОРОВ РАЗМЕРА 1005\***

\* в России

Постоянная ёмкость. Многослойные. Для работы в цепях постоянного, переменного тока и в импульсном режиме.

Являются аналогом зарубежных изделий Murata серии GRM; GR3, GRJ

**Хотите узнать больше? Приходите на наш семинар**

новинки завода «Кулон». Семинар состоится 15.09.21 в рамках вставки ЧипЭкспо (Капсула #2)



[kulon.spb.ru](http://kulon.spb.ru)

+7 (812) 317-33-04  
[sale@kulon.spb.ru](mailto:sale@kulon.spb.ru)

Официальный  
поставщик



[www.zolshar.ru](http://www.zolshar.ru)