

Безошибочное производство жгутов и внутриблочных соединений для изделий специального назначения

Андрей Голубьев

cable@ostec-group.ru

Сегодня перед всеми предприятиями, в том числе ОПК, стоят задачи повышения эффективности производства и качества изделий, а также снижения влияния на производственные процессы человеческого фактора.

Решение этих задач сдерживают:

- устаревшая конструкторская и техническая документация, многие ГОСТы, ОСТы и т. д.;
- предпенсионный возраст многих специалистов на предприятиях;
- отсутствие квалифицированных молодых кадров;
- тотальный дефицит профессионалов;
- прочие проблемы.

Таким образом, современные предприятия стали заложниками ситуации, когда, с одной стороны, от них требуют роста производительности, эффективности и т. д., а с другой — действующая документация и дефицит специалистов не позволяют достичь нужных показателей.

Эта проблема характерна для большинства государственных промышленных предприятий. Многолетний опыт и исследования показали, что почти на каждом таком предприятии имеется сектор жгутового производства. Обработка проводов, производство жгутов и внутриблочных соединений практически везде находятся в упадочном состоянии. Для устаревшей технологии производства и сборки жгутов характерны низкая степень автоматизации и использование ручного труда. Применение устаревших методов приводит к высокой трудоемкости производственного процесса и отсутствию повторяемости процесса. И, безусловно, это делает процесс изготовления жгутов зависимым от человеческого фактора.

На рис. 1 показан жгут, собранный по устаревшей технологии. Каждый провод должен быть



Рис. 1. Жгут с идентификацией проводов на картонной бирке

впаян в соответствующий контакт соединителя. Идентификация каждого провода проводится вручную путем нанесения соответствующей надписи на картонную бирку. Вероятность ошибочного нанесения, помноженная на вероятность ошибочного считывания, приводит к снижению уровня качества и надежности конечных изделий. И на многих предприятиях остались лишь единицы (!) специалистов, которые могут, исключительно благодаря своему производственному опыту, на более-менее качественном уровне выполнить поставленную задачу.

Другой пример применения устаревшей технологии обработки проводов — использование бокорезов и ручных «обжигалок» (рис. 2) в качестве основных инструментов жгутового производства. Опыт использования такого «инструмента» остался лишь у немногих сотрудников предприятий.

Сегодня на многих предприятиях, имеющих жгутовое производство, процесс выглядит примерно так. Сборщик/сборщица жгута собирает вокруг себя массу катушек проводов. → Каждый провод отрезается с припуском, → зачищается и обрабатывается вручную, → раскладывается на фанерном плазе согласно нарисованному чертежу и закрученным в плаз саморезам (или вбитым гвоздям). → После этого жгут снимается и отдается на распайку и заливку разъемов. → Далее происходит тестирование.

Если в результате тестирования обнаруживается ошибка, весь описанный процесс происходит в обратной последовательности, а затем все начинается сначала.

Результатом такой «технологии» является многократный брак, крайняя неэффективность, низкая производительность и т. д. В сфере производства изделий специального назначения, где требуются дополнительные гарантии качества и надежности, такой подход недопустим. Необходимо кардинально менять взгляд на организацию жгутового хозяйства и производства.

Большинство руководителей и технических специалистов понимают, что изменения в технологии



Рис. 2. «Обжигалка» с нихромовой нитью

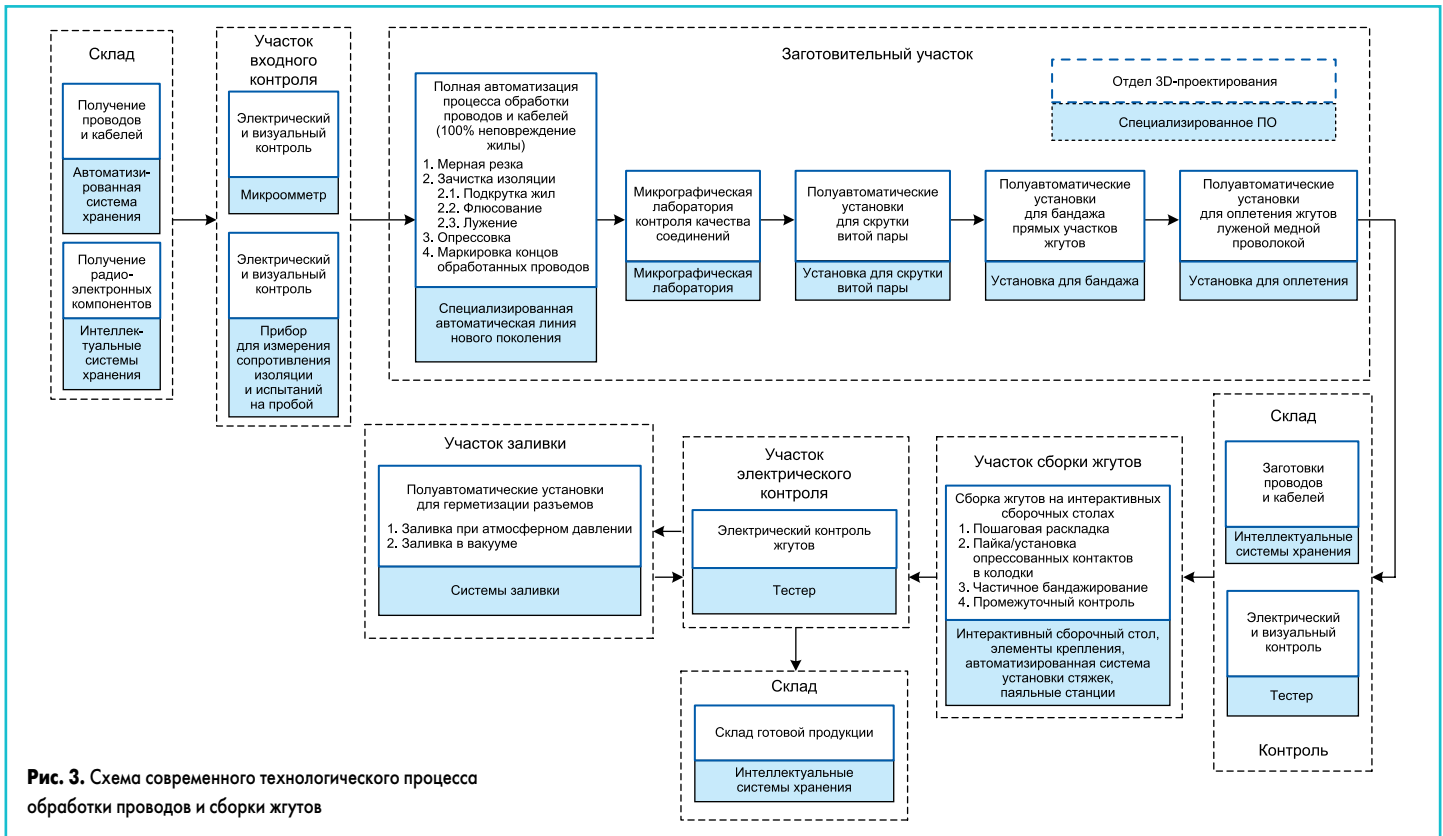


Рис. 3. Схема современного технологического процесса обработки проводов и сборки жгутов

производства жгутов необходимы и неизбежны. Более того, у многих имеется общее представление об организации конкретных технологических этапов. Однако практически никто не представляет, каким образом организовать весь процесс в комплексе, при этом соблюдая требования ГОСТов, КД/ТД, и все это сделать в условиях отсутствия молодых квалифицированных кадров и недостаточной информированности о возможностях современного оборудования и технологий.

Задача действительно сложная. За рубежом подобного рода задачи никогда не решались комплексно, поэтому при создании современного жгутового производства невозможно напрямую скопировать зарубежный опыт. Это обусловлено рядом причин, среди которых:

- применение проводов, кабелей, контактов и других материалов, отличных от используемых в отечественном производстве;
- требования и нормы КД (обработка проводов под пайку, требования к маркировке и т. д.);
- большая номенклатура жгутов и внутриблочных соединений при малой серии изделий.

Тем не менее в результате многолетних исследований и применения собственного опыта в этой области нам удалось сформулировать и реализовать основные принципы выхода из этой сложной ситуации.

Предлагаемое нами решение позволяет:

- оснастить производство передовым оборудованием в области обработки проводов, сборки жгутов и межблочных соединений;
- выстроить современное жгутовое производство в соответствии с действующими ГОСТами, КД/ТД и т. д.;
- учесть дефицит квалифицированных специалистов;

- обучить «с нуля» в течение одного месяца (!) нового сотрудника современной технологии;
 - осуществлять пошаговый контроль и фиксацию каждого действия рабочего персонала;
 - использовать поддержку поставщика;
 - оперативно вносить изменения практически на любом этапе технологического процесса. Решение гарантирует:
1. Полную автоматизацию.
 2. Снижение трудоемкости производства (в части процессов — до 10 раз).
 3. Минимальное влияние человеческого фактора.
 4. 100%-ное соответствие изделий и технологии требованиям ГОСТов, ОСТов, КД, ТД и т. д.

5. Контролируемое качество изделий.

Благодаря чему достигаются заявленные результаты? Центральным элементом предлагаемой технологии является внедрение интеллектуальной системы управления технологическими процессами. (Этот продукт запатентован разработчиком.)

Технологический процесс (рис. 3) формируется и в дальнейшем реализуется под управлением аппаратно-программного комплекса (АПК) «Интеллектуальная система управления технологическими процессами, включающая систему сквозной прослеживаемости и пошагового контроля». АПК обеспечивает постоянный независимый контроль каждого этапа технологического процесса. Схематично пути движения информации в АПК показаны на рис. 4.

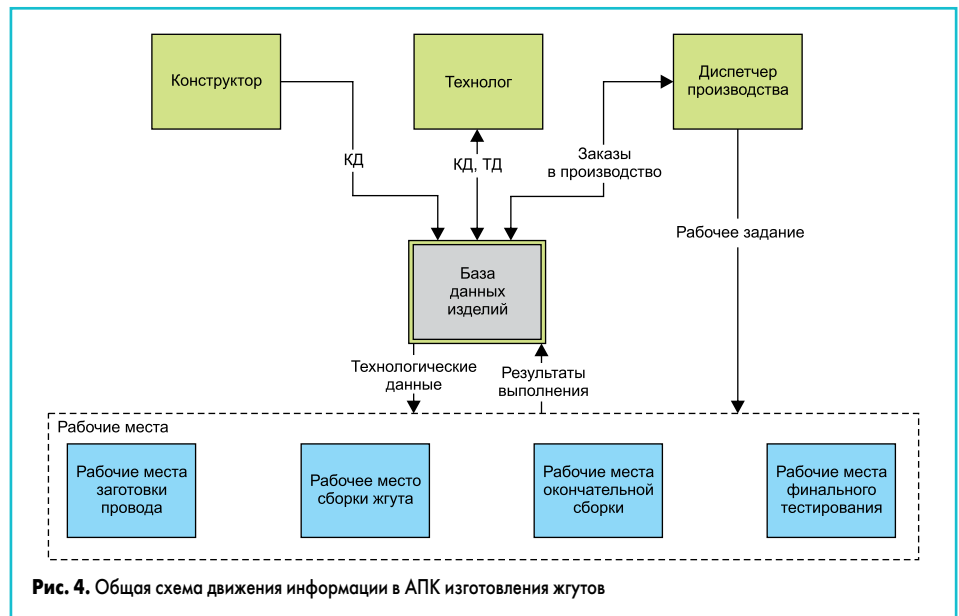


Рис. 4. Общая схема движения информации в АПК изготовления жгутов

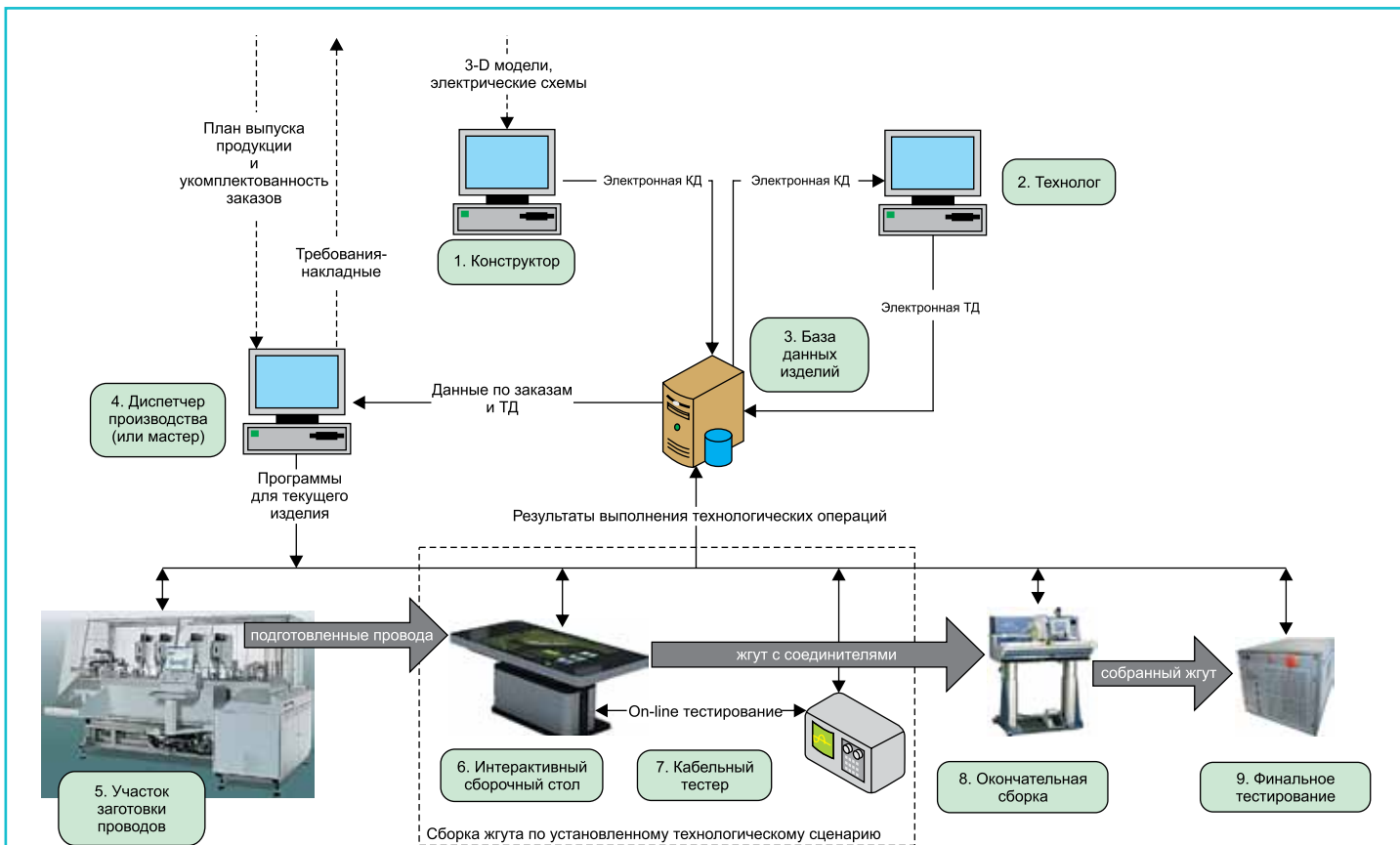


Рис. 5. Структура интеллектуальной системы управления технологическими процессами, включающей систему сквозной прослеживаемости и пошагового контроля

Исходные данные по изделию готовятся конструктором в системе автоматизированного проектирования кабельных жгутов на основании электрической схемы жгута и трехмерной модели изделия, для которого создается жгут. Результатом являются электронные документы, которые составляют комплект КД на жгут. После их утверждения начинается этап технологической подготовки производства. Исходя из имеющихся конструкторских данных технолог с помощью специального программного обеспечения формирует для каждого изделия (жгута) набор технологических документов (электронных), который содержит данные о мерной резке, зачистке и маркировке каждого провода, а также визуальные инструкции для сборки жгута. На этом этапе также формируются программы для автоматизированного тестирования жгута. Комплект технологических документов утверждается и сохраняется на сервере в базе данных. Завершение этого этапа означает технологическую готовность к производству.

Далее, в соответствии с планом производства, формируется потребность в комплектующих и материалах для выпуска изделия (партии). Данные по составу изделия выбираются из электронной спецификации жгута. Диспетчер отслеживает поступление необходимых комплектующих и материалов на склад цеха и дает команду к началу выполнения работы. Технологические данные передаются из базы на рабочие места. Для каждого жгута формируется электронный сопроводительный документ (с индивидуальным заводским номером). В этом документе будут впоследствии отмечаться все этапы прохождения технологического маршрута.

Фиксируемые параметры: время начала/завершения операции, исполнитель, параметры и результаты выполнения операции.

На этапе заготовки проводов каждый провод маркируется уникальным номером. Это позволяет при сборке однозначно его идентифицировать и привязать с помощью сканера к относящейся именно к нему части технологической инструкции. (Например, так: «Этот провод соединяет такой-то разъем с таким-то». При этом указываются номера контактов.) Таким образом, исключаются ошибки при применении в сборке заготовленных заранее проводов.

На этапе сборки контролируется использование каждого провода в соответствии со списком. По визуальной технологической инструкции производится расстановка по местам держателей и, если будет осуществляться пайка на столе, соединителей. Программа контроля сборки не позволит применить провод с неправильным номером или проложить «лишние» провода. Если производится пайка каждого провода сразу после прокладки, к ответным частям соединителей жгута подключается кабельный тестер, который разрешает прокладку следующего провода, только если предыдущий подключен правильно.

После снятия жгута с интерактивного сборочного стола проводятся дополнительные ручные или автоматизированные операции (например, бандажирование, заливка и др.). На финальной стадии сборки жгута осуществляются полное тестирование электрических параметров и печать его технологического паспорта.

Последовательность действий для большей наглядности представлена на рис. 5.

Рассмотрим подробнее основные ступени предлагаемой технологии производства жгутов и межблочных соединений.

Любой технологический процесс начинается с проектирования. К сожалению, на большинстве предприятий проектированию жгутов не уделяется должного внимания. Причина в том, что исторически принято проектировать само изделие, но не входящий в его состав жгут. Хотя именно при проектировании нужно решать задачи, которые помогут избежать появления возможных проблем и ошибок на последующих этапах (рис. 6).

Применение современных систем проектирования позволяет:

- сократить время на проектирование для конструкторов и разработчиков;
- разложить жгут в 3D-формате и построить его оптимальную геометрию в готовом изделии;



Рис. 6. Проектирование жгута

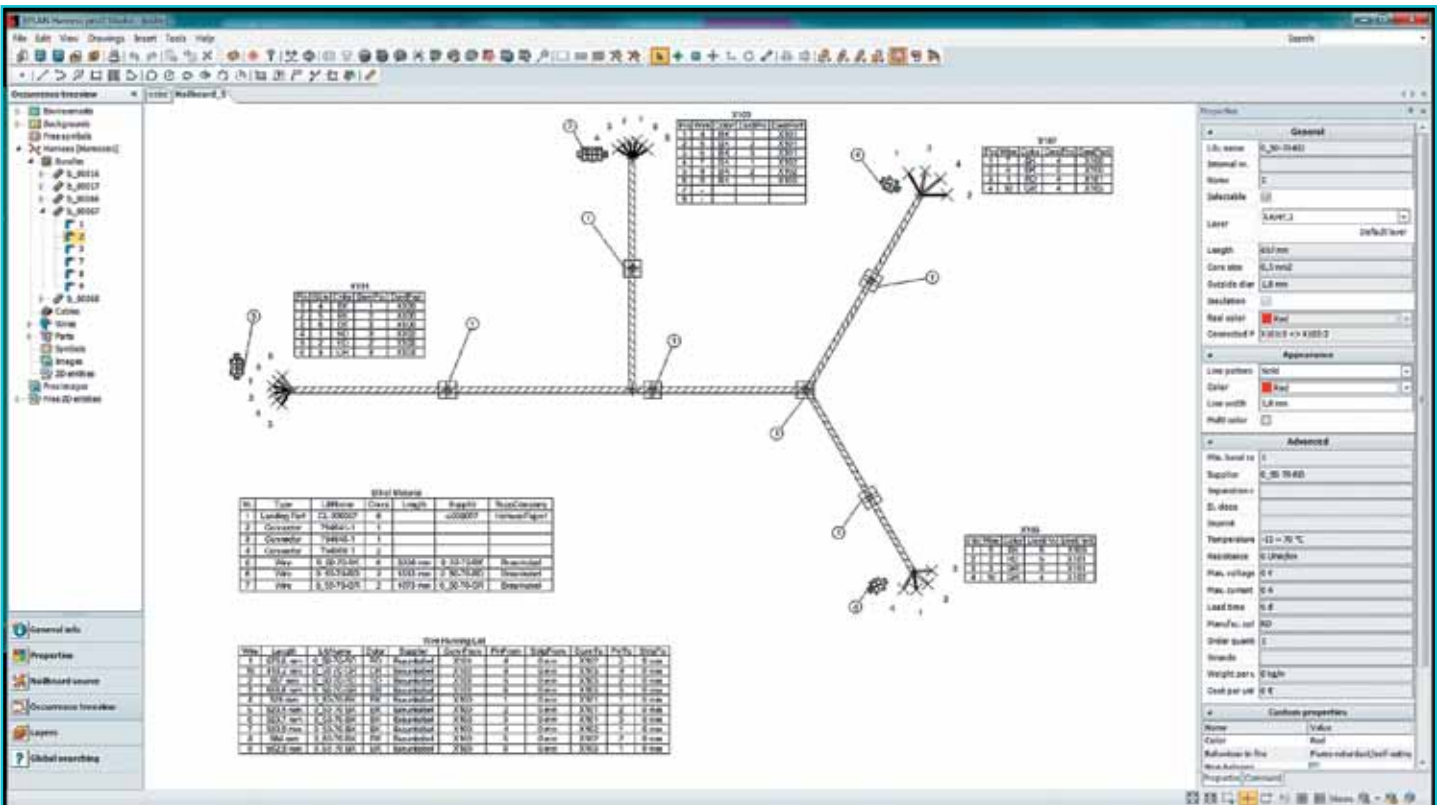


Рис. 7. Графическое изображение спроектированного жгута может быть распечатано на плоттере (вчера) или напрямую передано на компьютер рабочего места (сегодня)

- параллельно проектировать механические узлы изделия и жгутовых сборок;
- обеспечить единое информационное поле от конструкторов-разработчиков до операторов, работающих на автоматических линиях, и монтажников, осуществляющих сборку жгутов;
- сократить временные затраты на этапах подготовки производства жгутов.

Ключевой момент: «сквозное» проектирование существенно сокращает пресловутый разрыв между конструкторами и технологами. Современные системы проектирования уже на этапе разработки изделий помогут выявить «узкие» технологические места.

И, конечно, современные подходы в проектировании предполагают использование на всех этапах документов в электронном виде. Поэтому результат проектирования может непосредственно служить для получения программ и инструкций для всех технических средств, используемых в производстве.

Необходимо отметить, что языки программирования оборудования становятся все более универсальными. Иными словами, формат данных, созданных при проектировании жгута, позволяет загрузить их в качестве задания для автоматических машин по обработке провода (нарезка точной длины, зачистка по строго определенным размерам и т. д.).

Распечатанный на плоттере чертеж в современной системе проектирования можно заменить визуальным изображением жгута в формате 2D (это почти в «чистом» виде электронный сборочный чертеж!) и вывести его на экран интерактивного сборочного стола (продукт и способ запатентованы) точно в масштабе 1:1 для дальнейшей безошибочной сборки жгута (рис. 7).

После проектирования начинается собственно процесс производства жгута. Его основные этапы следующие.

Склад

При новом подходе к организации жгутового производства особое внимание необходимо уделить складскому хозяйству. При правильной организации склада поступающие на хранение провода, кабели и радиоэлектронные элементы подлежат идентификации с помощью этикеток со штрих-кодом и дублирующими символами. Все перемещения складской номенклатуры фиксируются путем считывания сканером соответствующих штрих-кодов. Это позволяет обеспечить постоянный контроль наличия на складе всех типов материалов и оперативный учет движения номенклатуры и комплектующих.

Другая важная составляющая организации складского хозяйства — обеспечение входного контроля проводной продукции. Для минимизации риска попадания бракованных проводов и кабелей в основное производство необходимо контролировать такие параметры, как:

- сопротивление проводов и кабелей с точностью до мОм;
- мельчайшие дефекты в изоляции.

Сегодня для предприятий доступны системы контроля сопротивления изоляции и испытаний на пробой (рис. 8).

Проблема контрафактной и низкокачественной продукции не обошла стороной и рынок проводов и кабелей. Зачастую в производство попадают материалы с более тонкой изоляцией и меньшим количеством токопроводящих жил, что не соответствует ни ТУ, ни ГОСТам. Применение таких материалов



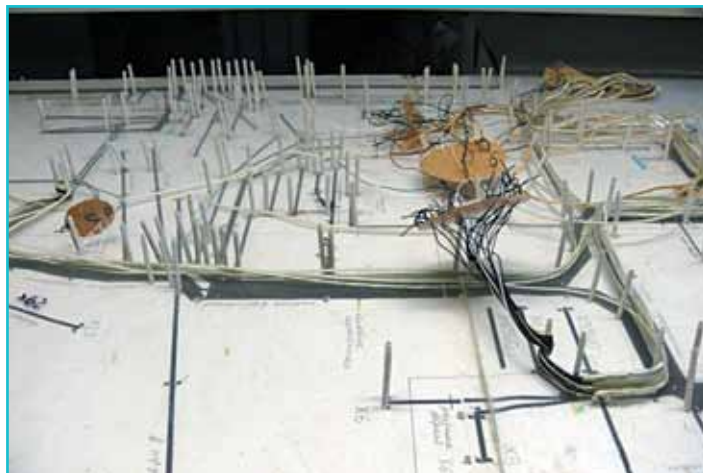
Рис. 8. Прибор для измерения сопротивления изоляции и испытания на пробой

повышает риск выпуска некачественной продукции, даже независимо от того, как будет организован дальнейший технологический процесс. Обнаружение дефекта до начала обработки провода позволит существенно сократить время и затраты на поиск дефекта на последующих стадиях производства или в готовом изделии.

Заготовительный участок

Принципиальным моментом новой технологии является отделение заготовительного участка от сборочного производства. В основе заготовительного участка должна быть автоматизированная линия (рис. 9), позволяющая осуществлять следующие операции:

- автоматическую подачу провода из различных катушек/бухт в соответствии с утвержденным заданием;
- мерную резку провода;
- зачистку изоляции провода с одной или двух сторон;
- подкрутку жил провода с одной или двух сторон;
- флюсование с одной или двух сторон;
- лужение жил провода с одной или двух сторон;


Рис. 9. Вариант специальной автоматической линии обработки провода

Рис. 11. Припуск для дальнейшей «обработки»

- встроенный автоматический контроль наличия дефектов в изоляции провода с автоматическим удалением дефектного участка провода из процесса обработки;
- маркировку концов обработанных проводов (штрих-код + символы).

Большой проблемой на сегодня является неспособность автоматических линий зарубежного производства работать с отечественными проводами в связи со спецификой последних. Для ее решения была разработана специальная автоматическая линия, гарантирующая на 100% качественную обработку отечественных проводов. (Продукт и способ запатентованы.)

Наглядная демонстрация уровня качества обработки провода на специальной автоматической линии показана на фотографиях (под микроскопом) одного и того же провода (рис. 10).

На заготовительном участке также могут использоваться полуавтоматические машины, каждая из которых включает в себя часть описанного выше функционала. Дополнительно заготовительный участок следует оснастить установками для изготовления витой пары, машинами оплетения готовых жгутов луженой медной проволокой (что заменяет процесс протягивания жгутов через оплетку), оборудованием предварительного лужения разъемов и отмывки разъемов после лужения и т. д.

Необходимость создания полноценного заготовительного участка объясняется, в том числе, и экономией расходных материалов.


Рис. 10. Зачистка, подкрутка и лужение провода МГФФ (0,12 кв. мм):
а) вручную; б) на автоматической линии

Согласно имеющейся устаревшей технологии раскладка проводов на плазе проводится оператором по месту с катушки или бухты с припуском для дальнейшей обработки (рис. 11). «Лишние» концы проводов в процессе сборки отрезают и выбрасывают. Практика показывает, что отходы, получаемые в результате применения этой технологии, составляют до 30%. В масштабах предприятия это колоссальный перерасход материалов.

Сборка

Применение в новом технологическом процессе методов и средств маркировки и прослеживания значительно сокращает время идентификации проводов и снижает вероятность ошибки до минимума. Монтажник/сборщик идентифицирует каждый провод с помощью сканера штрих-кодов и раскладывает заранее обработанные провода по структуре жгута в соответствии с требованиями КД (рис. 12).

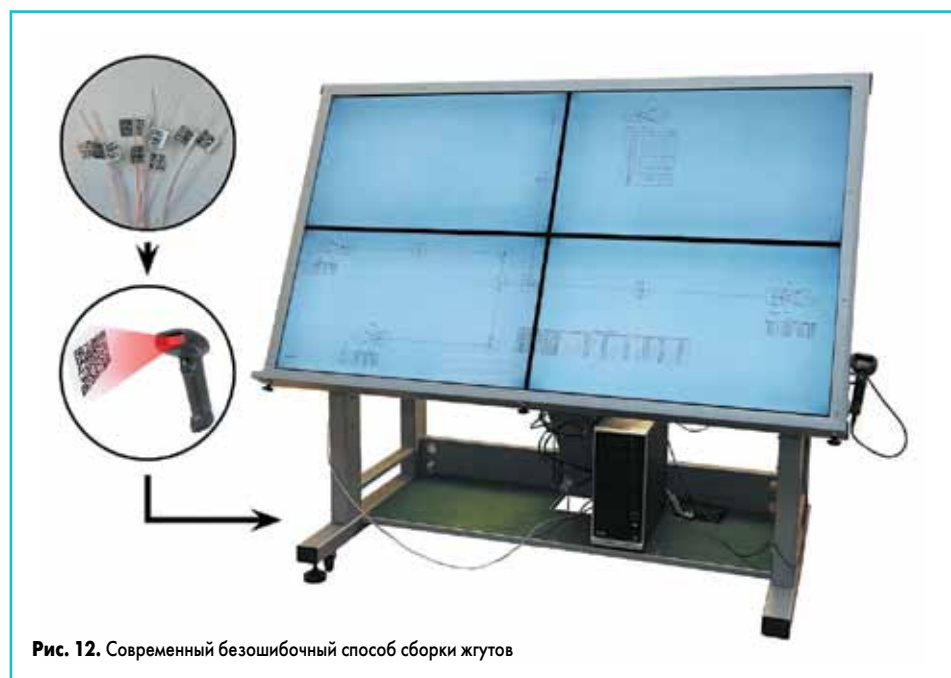
Почему эту технологию можно считать безошибочной? Интерактивная система устроена так, что в случае возникновения ошибки на любом шаге сборки система мгновенно отсле-

дит ее в режиме реального времени и не позволит оператору собирать жгут дальше. Оператор вынужден будет устранить ошибку немедленно, и система подскажет ему, как это сделать.

Кроме того, в функционал системы заложен онлайн-контроль правильности распайки соединителей жгута после его раскладки. Здесь принцип тот же: если допущена ошибка — она должна быть исправлена немедленно. В противном случае дальнейшая работа невозможна.

И наконец, ключевым фактором эффективности этой системы является то, что все описанные выше функции (раскладка, сборка, распайка, промежуточное тестирование, локальное бандажирование и т. д.) выполняются на одном рабочем месте. Жгут при этом остается неподвижным, что гарантирует его целостность (система запатентована).

Дополнительными элементами, обеспечивающими целостность провода и удобство оператора при сборке, являются современные держатели проводов. Эти приспособления в отличие от саморезов, гвоздей и фанеры существенно упрощают процесс сборки и позволяют легко формировать структуру жгута над плазом (рис. 13).


Рис. 12. Современный безошибочный способ сборки жгутов

Повышая эффективность технологического процесса, производительность труда и пр., не следует упускать из виду контроль движения товарно-материальных ценностей (ТМЦ) как важнейшего элемента организации современного производства. Разработанный АПК реализует это движение параллельно с контролем прохождения технологического маршрута. Движение товарно-материальных ценностей (ТМЦ) в АПК представлено на рис. 14.

Повышение производительности труда, эффективности производства, снижение процента брака в условиях кадрового дефицита требуют не только максимальной автоматизации и внесения изменений в технологические карты, но и новых подходов к организации всей цепочки: начиная от проектирования и складирования и заканчивая контролем. Накопленный опыт позволяет говорить о воз-



Рис. 13. Современные приспособления — держатели провода при сборке жгута

можности внесения изменений в технологический процесс и технологической подготовки производства новых изделий в сжатые сроки.

Предлагаемые многими рекомендации в области жгутового производства по переходу от отечественного сырья к импортному ставят под угрозу безопасность производства изделий

спецтехники. Исключить такую тенденцию при одновременном сохранении курса на инновации можно только путем внедрения нестандартных решений на основе новых специальных технологий, автоматизированных линий, принципиально иных технических подходов.

Обеспечение простоты использования, возможности быстрого ввода в эксплуатацию, способности оперативного обучения никогда не работавших в этом сегменте производства людей — вот ключевые элементы предлагаемых технологических решений. Кроме перечисленных в статье достоинств, предложенная технология и интеллектуальная система управления технологическими процессами, включающая систему сквозной прослеживаемости и пошагового контроля, дают предприятиям колоссальный технологический задел для развития, особенно при создании новых изделий.

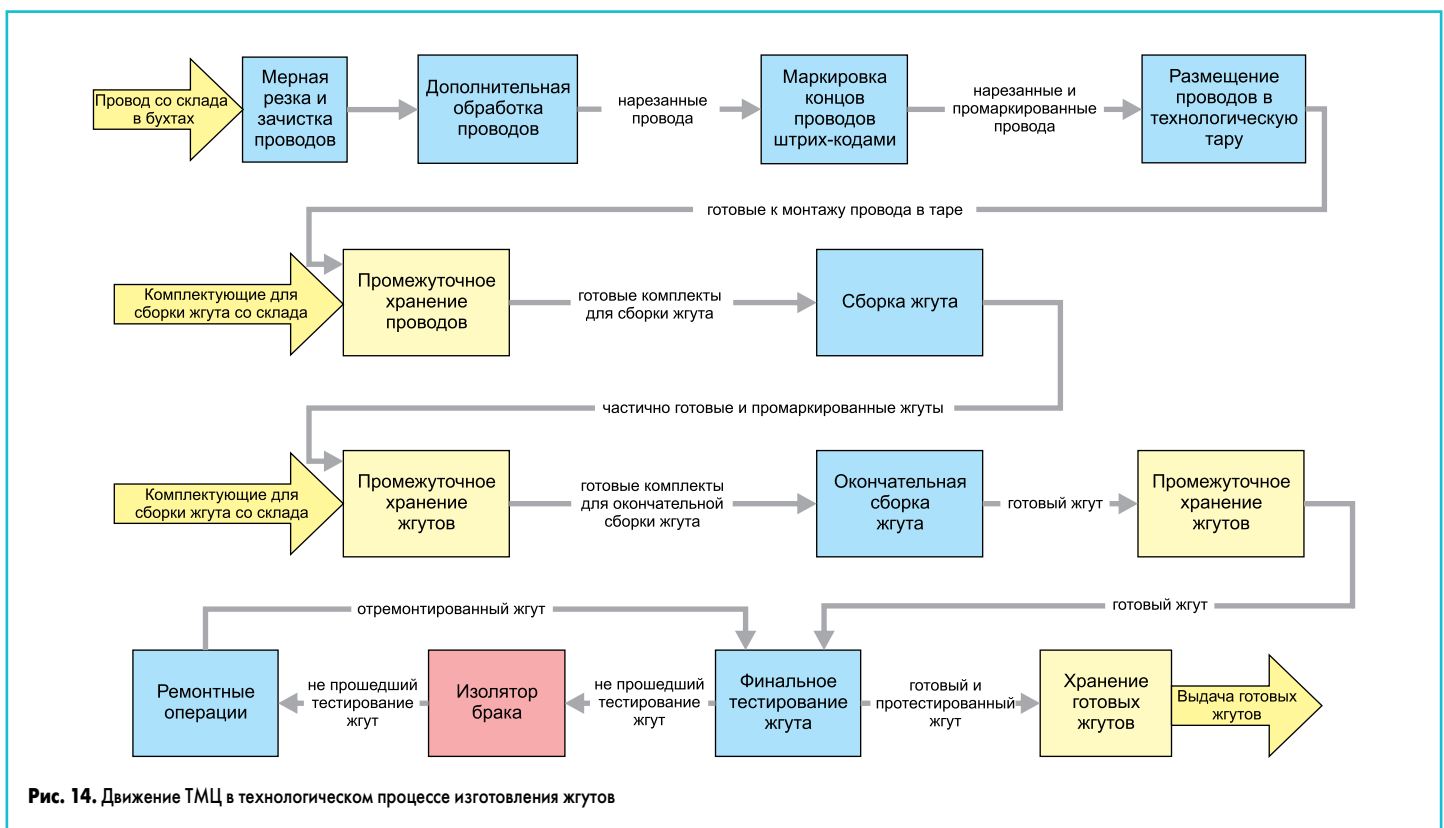


Рис. 14. Движение ТМЦ в технологическом процессе изготовления жгутов