



Игорь Волков  
cable@ostec-group.ru

## Организация современного производства жгутов для спецтехники

Последние 20-30 лет оказали сильнейшее влияние на положение промышленности в России. Преодоление накопленных негативных тенденций и выход на качественно новый уровень экономики, повышение ее конкурентоспособности на мировом рынке – одна из главных задач, стоящих перед нами в ближайшие три-пять лет.

Усложнение электронных узлов и их комплексов, развитие новых технологий и сфер применения диктуют новые, а в некоторых случаях и уникальные требования ко всем составным частям. Изменения происходят как на уровне плат, так и на уровне их элементов. Однако в одной из сфер, тесно связанных с обеспечением работоспособности и надежности устройств, наблюдается стагнация, растянувшаяся на 30 с лишним лет. Речь идет об обеспечении надежного, гарантированного соединения узлов и деталей. Современное жгутовое хозяйство на российских предприятиях не претерпело сколько-нибудь заметных изменений как с точки зрения технологии, так и с точки зрения организации труда. Зачастую, это ручной низкоквалифицированный труд, при котором говорить о надежности, повторяемости и гарантированности не приходится.

При этом мировой опыт показывает, насколько интенсивно развивается эта сфера производства. Наблюдается общее усложнение соединительных систем, увеличение количества межсоединений. Согласно статистике, при прочих равных условиях вес современного

жгута составляет 15% от аналогичного жгута, произведенного в 80-е годы прошлого века. Вес системы становится ключевым фактором, и это вполне понятно: например, Boeing 777, появившийся в середине 90-х годов, несет на себе около 200 км проводных соединений, в то время как Boeing 787 DreamLiner, совершивший первый полет 15 декабря 2009 года – уже более 450 км.

С одной стороны, за последние 30 лет появились и получили свое развитие более 20 новых видов изоляций с абсолютно уникальными свойствами, востребованными в спецтехнике.

Это различные полиимиды, комбинированные тефлон/каптон изоляции, композитные и гибридные технологии производства.

С другой стороны, принципиально изменились требования к самим проводникам, их рабочим токам и частотам. В настоящее время все более актуальным становится проводник из медного сплава с пониженным сопротивлением и сечением 0,127мм<sup>2</sup> и толщиной изоляции 0,04мм. В этом случае говорить о «дедовских» ручных методах обработки провода просто не приходится.

### ОСОБЕННОСТИ РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Общий тренд на вступление России в ВТО и открытие внутреннего рынка для иностранных компаний и внешнего – для российских требует доведения наших технологий до мирового уровня в кратчайшие сроки. Это позволит не



**ПРИ ПРОЧИХ РАВНЫХ УСЛОВИЯХ ВЕС СОВРЕМЕННОГО ЖГУТА СОСТАВЛЯЕТ 15% ОТ АНАЛОГИЧНОГО ЖГУТА, ПРОИЗВЕДЕННОГО В 80-Е ГОДЫ ПРОШЛОГО ВЕКА**

только выпускать конкурентоспособную продукцию, но и участвовать в международных проектах, что, как показывает практика, хорошо стимулирует отечественную конструкторскую и инженерную мысль.

С чем мы имеем дело? Где мы находимся? Ответив на эти два простых вопроса, мы сможем понять - куда и как нам необходимо двигаться.

Согласно Концепции развития радиоэлектронного комплекса Российской Федерации, качеству радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), производимой для государственных заказчиков, уделяется первостепенное значение.

В то же время качество обработанных проводов/жгутов часто не соответствует современному уровню, предъявляемому к аппаратуре специального назначения в силу ряда таких факторов, как:

- применение устаревших технологий;
- отсутствие необходимых средств на техническое перевооружение;
- неудовлетворительное качество и повторяемость свойств применяемых технологических материалов;
- низкая повторяемость технологических операций из-за применения ручного труда;
- недостаток высококвалифицированных специалистов.

Анализ качества ряда жгутовых соединений специального назначения выявил часто повторяющиеся фатальные производственные дефекты.

Дефекты можно увидеть только при частичном демонтаже жгутов и использовании системы контроля рентгеновским излучением.

Наличие указанных дефектов выводит РЭА из строя в короткие сроки после начала эксплуатации по причине вибрации, температурных и других воздействий.

## ТРЕБОВАНИЯ К ПРОИЗВОДСТВУ МЕЛКОСЕРИЙНОЙ И УНИКАЛЬНОЙ ЖГУТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Необходимо создавать современные высокотехнологичные участки обработки проводов и сборки жгутов.

Становление производства должно проходить с учетом следующих этапов:

- внедрение единых руководящих указаний по конструированию жгутов и

организации межсоединений, обязательных для всех разработчиков, входящих в структуру;

- внедрение современных технологий и оборудования;
- внедрение эффективной организации производства;
- обучение персонала;
- внедрение эффективной системы обслуживания оборудования.

Организация эффективного производства позволит значительно снизить сроки освоения новых изделий и обеспечить качество и конкурентоспособность выпускаемой продукции.

## ТРЕБОВАНИЯ К ОСНАЩЕНИЮ

Основным требованием к автоматизированному оборудованию, кроме высокого качества и повторяемости процесса, является его гибкость – возможность работать с обширной номенклатурой проводов и широчайшим объемом производства - от единичного изделия до крупносерийного производства.

Данное требование означает быструю переналадку оборудования на сборку различных типов жгутов. Переналадка комплекта оборудования должна занимать не более 10–25 минут.

Основные требования к оборудованию:

- высокая надежность;
- гибкость (возможность переналадки за 10-25 минут);
- сборка самых сложных жгутов (работа с широкой номенклатурой проводов и сечений).

Для обеспечения высокой скорости переналадки при сборке мелких партий жгутов эффективно использование в комбинации настольных и автоматических линий.

Комплектование сборочного участка должно происходить исходя из требований конкретного производства - основной номенклатуры изделий и технологических ограничений, связанных со сферой применения готовых изделий.

Одним из важных этапов производства является сборка жгута на стационарных монтажных досках. Этот участок занимает наибольшую площадь производственного помещения, т.к. линейные размеры доски зависят от сложности и протяженности самого сложного

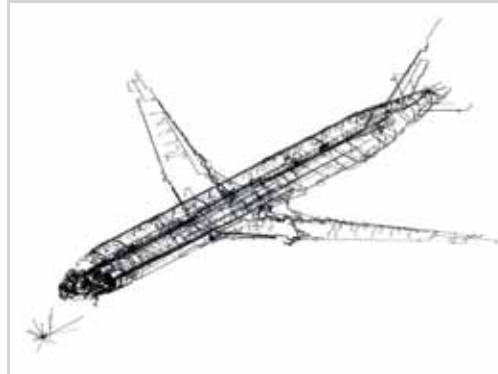


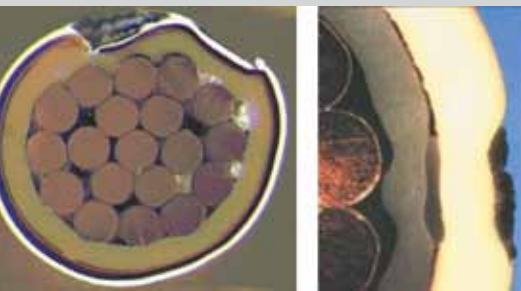
Рис. 1 Boeing 777 – около 200 км провода на борту!



Рис. 2 Дефекты монтажа жгутов – плохое изолирование проводов и дефекты пайки разъемов



Рис. 3 Маркировка проводов в жгуте – устаревшие методы маркировки значительно повышают трудоемкость операции сборки жгута, увеличивают его линейные размеры и вес, не обеспечивая гарантированной идентификации в течение срока службы оборудования



**Рис. 4** Дефекты маркировки провода – недопустимое утонение изоляции проводника с одновременным нарушением его геометрии



**Рис. 5** Дефекты маркировки проводников в жгуте проводов – недопустимое утонение изоляции проводников при их эксплуатации в составе жгута приводит к возникновению короткого замыкания и выходу оборудования из строя

из выпускаемой номенклатуры жгутов. Универсальные решения позволяют устанавливать монтажную доску вертикально, горизонтально или под наклоном, обеспечивая наибольшее удобство работы монтажников, доступность к любым элементам монтируемого изделия.

Одним из ключевых элементов производства жгутов является участок контроля качества. Для обеспечения 100% контроля выпускаемых жгутов с точностью до каждого установленного компонента рекомендуется применение

одного поста оптического контроля Microlab ML 3000 и одной универсальной установки электрического контроля Synor 4209. Процедура и объем приемо-сдаточных испытаний определяется техническими условиями на изделие, требованиями ОТК и Заказчика и предоставляемого им специализированного тестового оборудования.

Следует также отметить, что современное тестовое оборудование позволяет проводить испытания жгута не только после его сборки, но и на частично или полностью собранном изделии, включая те участки жгута, доступ к которым ограничен или полностью невозможен. Это позволяет в случае необходимости значительно упростить поиск неисправностей на изделии, сократить временные затраты на монтаж жгута в изделие.

В зависимости от технологических требований к производству жгута могут быть добавлены и другие участки для выполнения операций по заливке разъемов, паяного монтажа кабелей, монтажа оптоволоконных кабелей и т.д.

Примерная планировка современного цеха сборки жгутов проводов, краткое описание технологических операций и применяемого оборудования приведены на рис. 9.

### Выводы

На большинстве российских предприятий в области производства жгутов для спецтехники наблюдается 30-40-летнее отставание от современных технологий. Назрела острая необходимость внедрения новых методов и технологий, изменения подходов к организации производства.

Возможности автоматизации процессов обеспечат, с одной стороны, повторяемость производственных результатов, с другой – позволят снизить себестоимость изделия. Еще одним немаловажным результатом будет возможность перехода на более низкие сечения проводов и, как следствие, снижение общего веса изделия.

Новые технологии дадут возможность легкого осуществления переналадки при переходе с одного изделия на другое при неизменном гарантировании ре-

зультатов работы с точки зрения обеспечения надежности.

Полная прослеживаемость технологического процесса позволит кон-

тролировать качество конечных изделий и вовремя вносить корректировки при возникновении тех или иных отклонений в любой момент времени на любом этапе производства.

Использование новых технологий обеспечит качественный скачок в производстве жгутов – переход от технологий 30-40-летней давности к современному уровню, с возможностью использования проводников с новейшими типами изоляции, улучшению ремонтпригодности изделий, соответствию новейшим мировым стандартам.

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ И ИСПОЛЪЗУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Автоматическая линия мерной резки провода, устройства лазерной зачистки и маркировки провода, ручная сборка скелета жгута проводов, ручная пайка разъемов, герметизация разъемов, бандажирование/изолирование/экранирование жгута.

1-й этап

- формирование набора проводов, используемых в производстве жгута.

2-й этап

- входной контроль компонентов, проводов и технологических материалов.

3-й этап

- лазерная маркировка проводов на установке Capris 50-100;

- лазерная зачистка проводов на установке Sienna 325D и мерная резка на установке KOMAX 310.

4-й этап:



**НАЗРЕЛА ОСТРАЯ НЕОБХОДИМОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ, ИЗМЕНЕНИЯ ПОДХОДОВ К ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА**

- подготовка проводов к монтажу (формовка выводов, надевание уплотнителей, кембриков и т.д.);

- ручная пайка разъемов жгута;
- автоматическая опрессовка наконечников (если это допустимо технологическим процессом).

5-й этап: монтаж разъемов жгута

- формирование скелета жгута проводов на раскладочном стенде PintoBrasil;

- контроль качества монтажа и зачистки на оборудовании оптического контроля Microlab ML 3000.

6-й этап: контроль

- визуальный контроль качества паяных соединений в на установке MANTIS UV;

- рентгеновский контроль качества паяных соединений и внутреннего состояния компонентов на системе рентгеновского контроля pcbalyzer (Nanomelx 160) (при необходимости);

- ремонт (при необходимости).

7-й этап:

- отмывка собранных паяных соединений.

8-й этап: электрический контроль

- электрический и функциональный контроль SYNOR 4209 (оборудование и технология предоставляются разработчиками);

- ремонт (при необходимости).

9-й этап: герметизация выводов на установке HUBERS Compact

- подготовка герметизирующего состава;

- заливка компаунда;

- сушка.

10-й этап: бандажирование готового жгута проводов

- оплетание металлическими, лавсановыми и т.д. нитями собранного жгута

на установке NovaBraider (процесс производится в полуавтоматическом режиме по всем ветвям жгута. Заключительным этапом оплетается центральный ствол жгута);

- обматывание тканными или синтетическими ленточными материалами собранного жгута на установке OndaTaper (процесс производится в полуавтоматическом режиме по всем ветвям жгута. Заключительным этапом оплетается центральный ствол жгута);

- увязывание готового жгута капроновой нитью (операция производится вручную. Длительный процесс, невысокая производительность).

Процессы и порядок бандажирования жгута проводов должны быть разработаны для каждого конкретного Заказчика.

11-й этап: упаковка жгута проводов в возвратную тару

Участок вакуумной упаковки должен быть разработан для каждого конкретного Заказчика

12-й этап: дополнительные операции

\* Операции, не вошедшие в типовой технологический процесс

- нанесение влагозащитных покрытий;

- ремонт влагозащиты;

- пропитка изделий эпоксидными смолами;

- вакуумная упаковка изделий;

- дополнительные испытания;

- термокомпрессионная сварка;

- ультразвуковая сварка;

- резистивная (импульсная) сварка;

- лазерная сварка;

- лазерная/чернильная маркировка компонентов, жгутов.

Все дополнительные операции разрабатываются для каждого конкретного Заказчика в случае необходимости. **С**



Рис. 6 Участок монтажа вертолетного жгута



Рис. 7 Тестирование жгута, установленного на изделии (участок сборки крыла Airbus A-310)

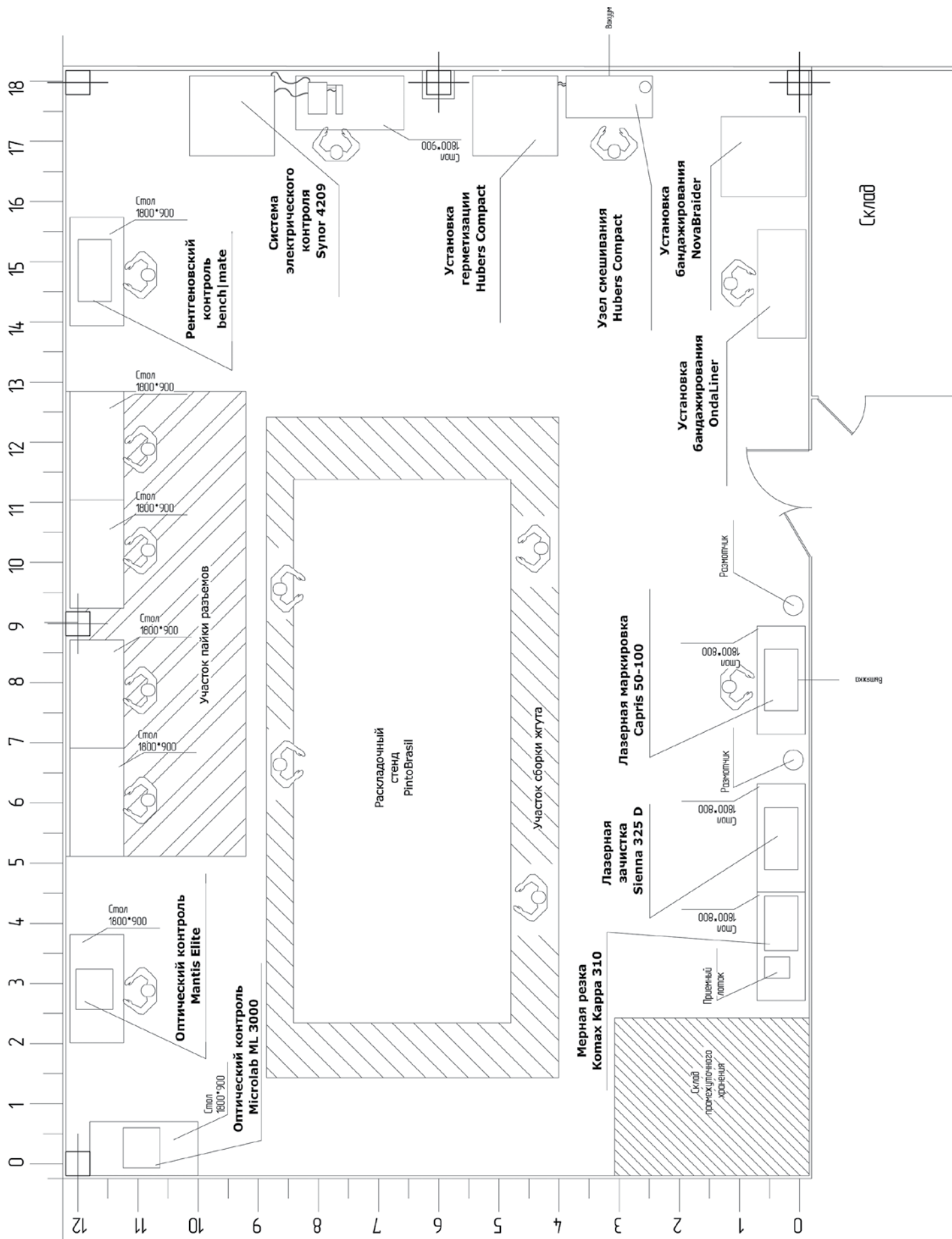
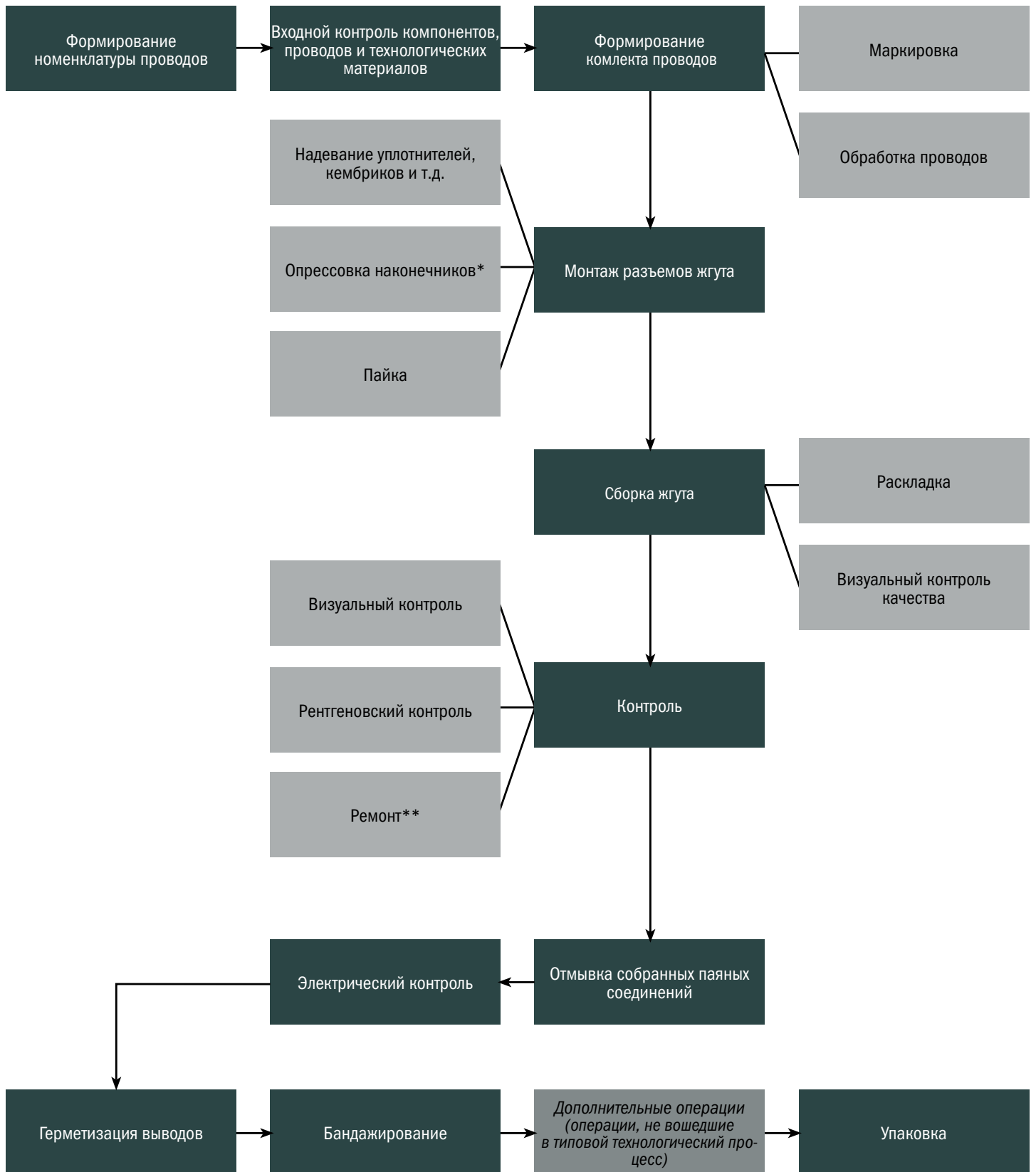


Рис. 9 Пример планировки цеха сборки жгутов проводов

## ТИПОВАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ЖГУТА ДЛЯ СПЕЦТЕХНИКИ



\*если допускает технологический процесс

\*\*при необходимости