

Соединения в шлейфах сигнализации

Монтаж и соединение компонентов в систему с помощью электрических соединителей и электромеханических деталей и узлов берет на себя значительную часть расходов на систему проводной сигнализации. А большинство повреждений в системе обусловлено, как правило, плохим качеством электрических соединений. Ведь, как утверждают все электрики и электронщики, в их деле могут быть только две неисправности: нет контакта там, где он должен быть, и есть контакт там, где быть его не должно.

With or without screws: connectors in alarm systems. Integrating components into a system using electric connectors, electromechanical units and nodes takes up a significant part of the alarm system cost; still, most system failures result from poor quality of electric connections. A newly devised solution for screw-less connectors allows to improve the electrical connection.

Основная часть:

Если в компонентах систем сигнализации значительную часть от всех соединений радиокомпонентов между собой составляют паяные соединения, то построение систем осуществляется, большей частью, с помощью соединений без нагрева – непаяных, или, иными словами, холодных соединений. Такие соединения выполняются при комнатной температуре, без нагрева составляющих материалов. При этом зачищенные провода, предназначенные для соединений, прижимают друг к другу с такой силой, чтобы обеспечить как можно большую площадь контакта соприкасающихся поверхностей, а сами проводники при этом подвергаются деформации. Как известно, основное требование для таких соединений заключается в том, чтобы они имели максимальную и постоянную во времени проводимость [1]. Для выполнения данных требований необходимо обеспечить ряд условий:

- применять для соединительных элементов материалы с необходимой удельной проводимостью;
- обеспечивать максимальные размеры контактирующих поверхностей;
- обеспечивать чистоту и коррозионную стойкость этих поверхностей;
- обеспечивать соответствующие контактные усилия.

Как уже отмечалось, использование в системах сигнализации большого числа непаяных соединений приводит к снижению эксплуатационной надежности таких систем. Поэтому основной задачей в области конструирования и производства компонентов систем пожарной и охранной сигнализации и, в частности, элементов их внешних соединений является использование новых технических решений, приводящих к повышению надежности таких соединений.

Можно выделить, по крайней мере, три группы непаяных соединений, которые широко используются при построении шлейфов сигнализации:

- соединения проводников между собой, когда необходимо обеспечить соединение нескольких проводников в одну цепь, или кабелей с попарным подключением проводников, а также соединения токопроводящих шин и т.д.;
- соединения проводников с элементами, установленными на печатных платах – именно так обеспечивается подключение шлейфов сигнализации к приемно-контрольным приборам и к некоторым извещателям;
- соединения, с помощью которых провод может быть механически и электрически прикреплен к соединительному элементу, например, к контакту базы съемного извещателя.

Традиционным и, можно сказать, неискоренимым способом обеспечения контакта между проводниками в шлейфе сигнализации является скручивание концов проводов со снятой изоляцией (см. Рис.1). Поскольку на единицу поверхности контактирующих проводников приходится относительно малое усилие сжатия, а напряжение в шлейфах пожарной сигнализации не превышает 30 В, то такие соединения не обеспечивают качественного контактирования длительное время. Особенно подвержены коррозионному воздействию окисляющиеся поверхности луженых проводников.



Рис.1.

Улучшить качество электрического контакта в скрутках можно с помощью специальных металлических втулок с внутренней конусной резьбой и внешним изоляционным покрытием. Поможет уменьшить переходное сопротивление

скрутки и пластмассовый наконечник, вовнутрь которого впрессована конусная спираль из фосфористой бронзы. Накручивание наконечника, представленного на Рис.2, на скрутку из двух и более проводников, как одножильных, так и многожильных, позволяет, с одной стороны, увеличить усилие сжатия проводников, а с другой стороны, конусная спираль, врезаясь в проводники, разрушает окисный слой. Для нормального использования таких наконечников нужно правильно выбирать его типоразмер и зачищать проводники на такую длину, чтобы все оголенные части этих проводников оказались внутри изоляционного покрытия металлической втулки или пластмассового конуса наконечника (см. Рис.3).

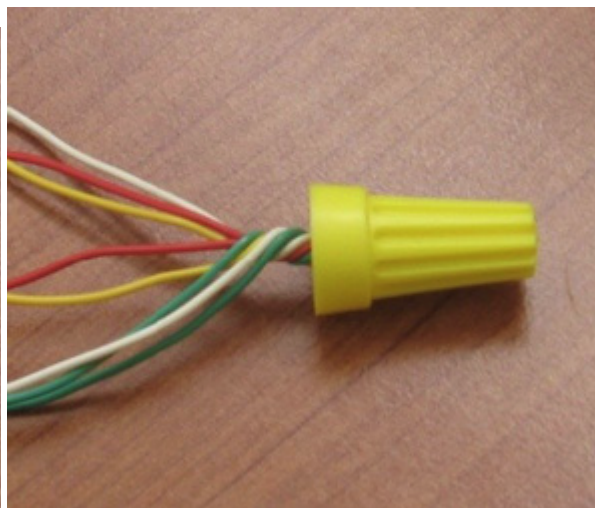


Рис.2

Рис.3

В распределительных коробках широко применяются не менее традиционные винтовые соединители. При таких соединениях усилие сжатия возникает при затяжке винта благодаря наличию резьбового усилия. Для обеспечения снижения переходного сопротивления необходимо, чтобы соприкасающиеся поверхности не были гладкими. Необходимо также помнить, что при затягивании винта в проводе происходит пластическая деформация, и она не завершается непосредственно после завинчивания винта. Текучесть материала провода медленно продолжается и дальше (особенно при колебаниях температуры), что может привести к ослаблению соединения. Известно также и то, что текучесть олова значительно больше, чем у меди. Именно поэтому не рекомендуется лудить проводники, особенно многожильные, перед их установкой в винтовые зажимы. При конструировании электрических зажимов необходимо неукоснительно соблюдать международные нормативные требования, в частности МЭК 60999-1-99, NFPA 72 [2, 3]. Так, приведенная на Рис.4 (Figure A.5.4.6(a) NFPA-72) картинка с правильными и неправильными винтовыми электрическими соединениями в шлейфах сигнализации наглядно показывает типичные ошибки монтажа электрических соединений. Жаль, что нет таких картинок в национальных строительных нормах и правилах.

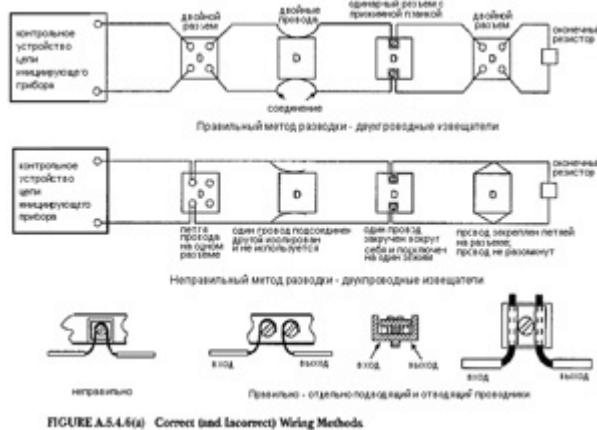


Рис.4

Как в электротехнике, так и в слаботочных цепях сигнализации хорошо зарекомендовали себя винтовые клеммные рейки. Они производятся под разные сечения проводников. Каждый контакт такой рейки представляет собой металлическую втулку, заключенную в твердую или в гибкую пластмассу, и с помощью двух винтов зажимаются два соединяемых, предварительно зачищенных конца провода. Такие клеммные рейки допускают как их расчленение, так и их объединение в необходимое количество контактных групп. Пример распределительной коробки с такими клеммными

рейками для шлейфов сигнализации представлен на Рис.5. В центре этой коробки расположен тамперный контакт – при вскрытии корпуса коробки контакт размыкается. Недостатком таких клеммных реек является то, что проводник зажимается между неподвижной и вращающейся поверхностями, что может привести к рассеканию тонких многожильных проводников.



Рис.5

Улучшить качество электрических соединений могут терминальные блоки, у которых проводник зажимается двумя пластинами под действием винтового усилия. Пример использования таких терминальных блоков в распределительной коробке представлен на Рис.6.

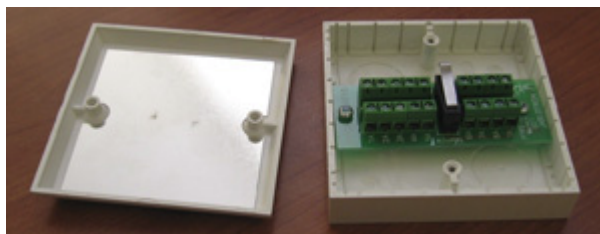


Рис.6

Коробки распределительные КР-4Т и КР-6, о которых автор говорил в своей статье [4], содержат соответственно 4 и 6 пар винтовых контактов с квадратной гайкой, установленных на печатной плате. Направление хода квадратных гаек обеспечивается нишами в пластмассовом корпусе самой коробки. Вид распределительных коробок КР-6 и КР-4Т со снятыми крышками представлен на Рис.7 и Рис.8. Распределительная коробка КР-4Т, предлагаемая для шлейфов охранной сигнализации, содержит тамперную кнопку, подключаемую в отдельный антисаботажный 24-х часовый охранный шлейф.

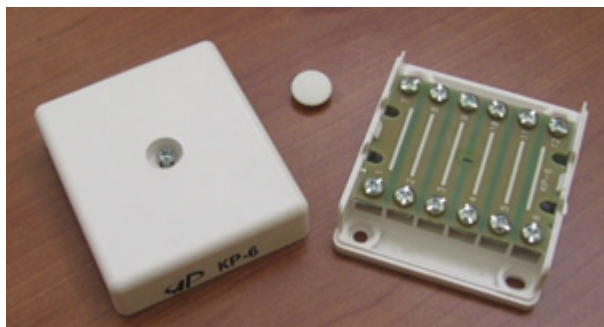


Рис.7



Рис.8

Вторая группа электрических соединений обеспечивает соединение проводников с элементами, установленными на печатных платах. Преобладают в этой группе терминальные блоки с винтовыми соединителями, которые впаяются в печатные платы, а также комбинированные - винтовые и разъемные соединители. Последние имеют очевидное преимущество при большом количестве подключаемых проводников. Если при конструировании печатной платы изделия такие блоки объединить попарно в группы из 6 контактов, то при проведении технического обслуживания или ремонта группу терминальных блоков с прикрученными к ним проводниками можно отключить от печатной платы как обычный разъем. Примеры винтовых и комбинированных соединителей, примененных в приборах приемно-контрольных пожарных «Артон-08П» и «Артон-32П», представлены на Рис.9 и Рис.10.

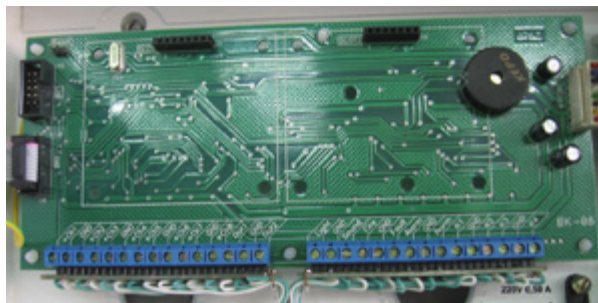


Рис.9



Рис.10

Особое разнообразие электрических контактных соединителей наблюдается в узлах подключения пожарных извещателей, как съемных, так и несъемных. Ни в одном из действующих стандартов, которые определяют основные определения и термины в пожарной сигнализации, ни в ДСТУ 2273, ни в ДСТУ EN 54-1, ни в ДСТУ ISO 7240-1, ни в ДСТУ ISO 8421-3 нет ни названий, ни определений частей съемного извещателя. С другой стороны, в ДСТУ EN 54-7 используются понятия: «база» и «головка». Как по мне, то лучше использовать понятие «активная часть» вместо «головка», ведь в практической работе очень часто приходится пользоваться этими понятиями. И даже можно предложить следующие определения:

активная часть – составная съемная часть пожарного извещателя, которая может быть отделена от базы для контроля, технического обслуживания или замены;

база – это составная съемная часть пожарного извещателя, которая используется для механического крепления на месте установки активной части, для согласования и электрического подключения ее к шлейфу пожарной сигнализации. Пожарный извещатель может не содержать базы, если крепление, согласование и подключение к шлейфу осуществляется непосредственно на нем.

На базах съемных извещателей применяются разнообразные винтовые соединения для подключения проводников шлейфа к контактам базы, которые, в свою очередь, обеспечивают разъемное соединение с активной частью. Доказательства необходимости использования именно съемных пожарных извещателей и описание баз, которые использовались в советских, российских и импортных извещателях, можно найти в статье И. Г. Неплохова [5].

Изначально к разным дымовым пожарным извещателям, которые делались съемными, предлагалась единая база. Внешний вид универсальной базы (тогда ее называли розеткой) представлен на рис.1 статьи [5]. Именно с такой базой производились первые пожарные извещатели в Обнинске и в Саратове, в Виннице и в Черновцах...

Для подключения проводников шлейфа к контактам базы применялись либо простые шайбы, установленные под головку винта, либо квадратные шайбы с «хоботком», отогнутым за край контакта. Этот «хоботок» должен был препятствовать повороту шайбы при подключении проводников и элементов шлейфа пожарной сигнализации. Нередко такую шайбу изготавливали из другого, более прочного материала, чем контакты базы. Далеко не всегда эти материалы были электрохимически совместимы, что приводило к коррозии металлов. Как выглядит такая база после нескольких лет хранения в шкафу офисного

помещения, можно увидеть на Рис.11. Проблеме качества электрического соединения активной части пожарного извещателя с базой посвящена статья Маслова И. [6].

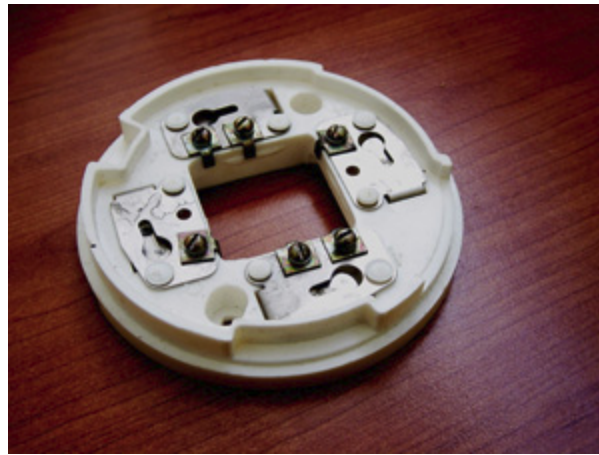


Рис.11

Повысить качество электрического соединения проводника шлейфа пожарной сигнализации с контактом базы позволяет техническое решение по патентам Украины и России [7] и [8]. На Рис.12 представлен контакт базы съемного пожарного извещателя с одним ограничителем, который выполнен из материала контакта базы, как одно из решений по приведенным патентам, а на Рис.13 представлен разрез такого контакта по линии А-А.

Контакт содержит следующие элементы:

- 1 – контакт базы;
- 2 – отверстие для крепления контакта к изоляционной основе базы;
- 3 - изоляционная основа базы;
- 4 - отверстие для винтового соединителя;
- 5 – проводник шлейфа, с конца которого снята изоляция;
- 6 – элементы упругого разъёмного соединения с контактом активной части;
- 7 – винт;
- 8 – квадратная шайба;
- 9 – гайка;
- 10 – ограничитель, выполненный из материала контакта.

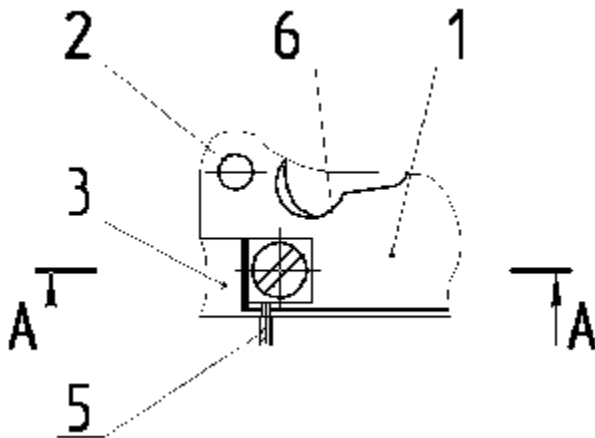


Рис.12

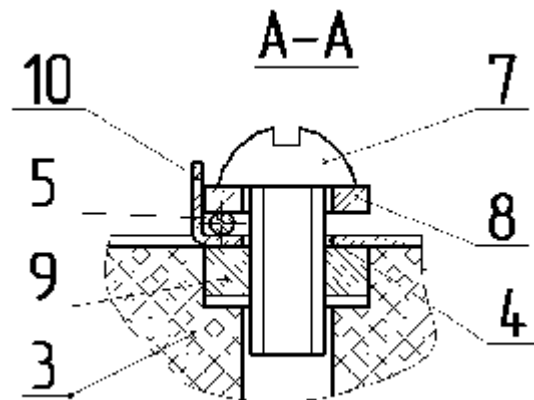


Рис.13

Другое техническое решение винтовых соединителей по данным патентам было реализовано в конструкции новой базы Б102, представленной на Рис.14. В этом изделии реализовано еще два изобретения по патентам Украины и России [9] - [12]. Первое из них позволяет существенно сократить расход цветного металла, применяемого в контактах базы. Второе изобретение позволяет не только сократить вес базы, но и создать новую базу для двухточечного пожарного извещателя. Ведь такой извещатель содержит два дымовых сенсора, которые располагаются по разные стороны от базы. Центральное отверстие в изоляционном основании базы сделано таким, что позволяет беспрепятственно пропускать через него верхний сенсор двухточечных извещателей серии СП-2 (ИП-2).



Рис.14

Проблеме улучшения качества электрического соединения проводник–контакт базы было посвящено очередное изобретение по патентам Украины и России [13] и [14] творческого коллектива соавторов. Техническое решение по указанным патентам было реализовано в новой конструкции базы пожарного извещателя, представленной на Рис.15. Кроме того, по данной конструкции также получены решения о выдаче двух патентов Украины на полезные модели.

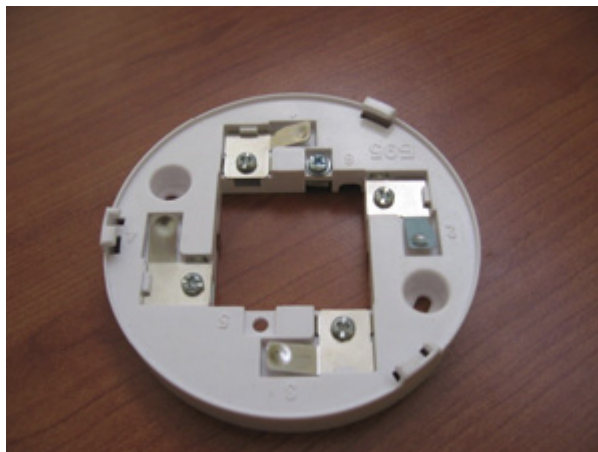


Рис. 15

В последние годы на рынках пожарных извещателей все больше проявляется тенденция использования баз пожарных извещателей с безвинтовым подключением проводников и элементов шлейфа сигнализации. Примером могут служить технические решения по российским патентам на изобретения №№ 2314612 и 2314613, реализованные в базах извещателей ИП 212-85 и ИП 212-41М соответственно. И если первый патент в реализованном продукте просуществовал около года, и извещатель ИП 212-85 был снят с производства, то новая безвинтовая база ИП 212-41М через некоторое время стала стандартной практически для всех извещателей группы компаний «Рубеж», г. Саратов.

Однако у безвинтового соединителя, используемого в базе извещателя ИП 212 41М, имеется несколько существенных недостатков:

- достаточно узкий диапазон значений площади сечения используемых проводников;
- перегиб проводников шлейфа, введенного в такой безвинтовой зажим, осуществляется между пластиковой и металлической пластиной;
- выводы элементов и проводники шлейфа сигнализации выходят в сторону поддона активной части, мешая качественному электрическому контакту между базой и активной частью пожарного извещателя.

Технические решения по приведенным выше патентам стали аналогом и прототипом нового изобретения [15] творческого коллектива соавторов. Заявка на это изобретение была подана и в Российское патентное ведомство.

Особенностью этого изобретения является то, что сам зажим, представленный на фиг. 16 состоит всего из трех деталей:

1 - плоского контакта; 2 - изоляционного основания; 3 - фигурного рычага.

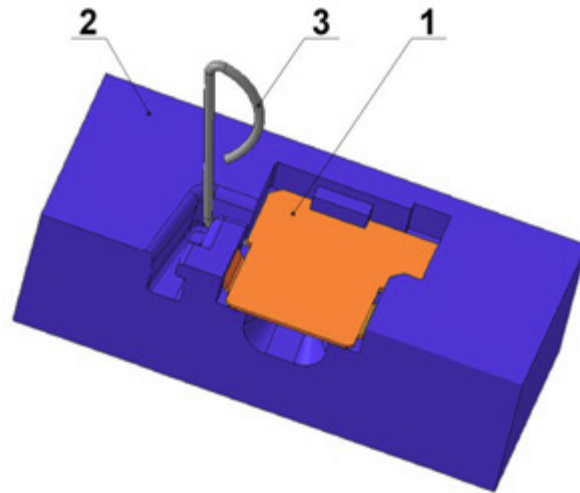


Рис.16

На плоском контакте 1 (см. Рис.17) методом штамповки выполнены элементы 4 крепления контакта 1 в изоляционном основании 2, а также элемент 5 для электрического подключения контакта 1. В изоляционном основании 2, которое представлено на Рис.18, имеется паз 6 для ввода электрических проводников 16 с предварительно снятой изоляцией.

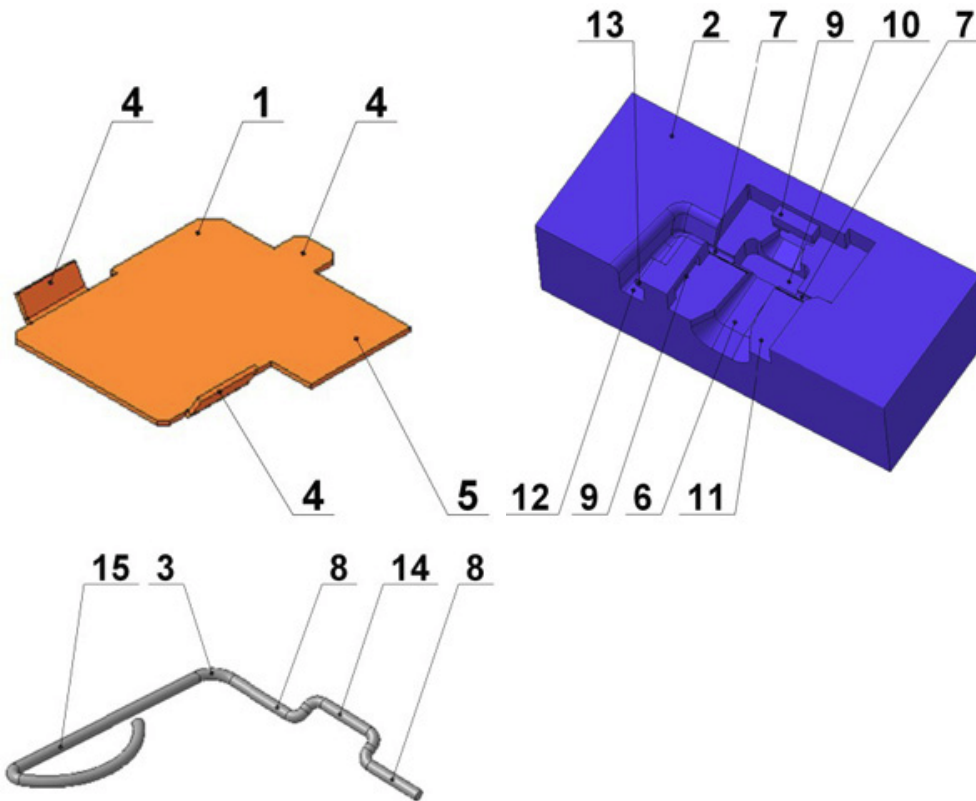


Рис.17

Рис.18

Рис.19

Паз 7 используется для размещения в нем оси 8 фигурного рычага 3. Элементы 9 предназначены для надежной фиксации контакта 1 на плоскости 11 основы 2. Дополнительный паз 10 необходим для вращения в нем П-образного изгиба 14 на оси 8 фигурного контакта 3. Г-образный канал 12 с защелкой 13 используется для размещения и фиксации рукоятки 15 фигурного рычага 3.

Работает зажим следующим образом. В исходном состоянии, когда рукоятка 15 фигурного рычага 3 находится перпендикулярно к плоскости контакта 1, П-образный изгиб 14 на оси 8 открывает канал 6 для ввода проводников 16. После установки проводников 16 до упора производится их фиксация. После поворота фигурного рычага 3 вокруг его оси 8 и фиксации рукоятки 15 в г-образном канале с помощью защелки 13, П-образный изгиб прижимает проводники 16 к плоскому контакту 1. Зажим в состоянии фиксации проводников представлен на Рис.20.

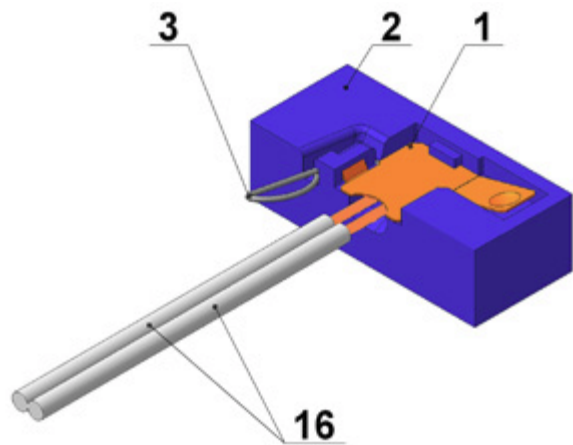


Рис.20

Как всякое новое решение, этот зажим подвергся испытаниям по тем техническим требованиям, которые предъявляются соответствующими нормативными документами, в частности, международным стандартом [16], к такому виду соединений. Были разработаны и изготовлены специальные испытательные установки (см. Рис.21 и Рис.22) для проверки реальных параметров зажима.



Рис.21



Рис.22

На первой испытательной установке, представленной на Рис.21, осуществлялась проверка статических усилий зажима. Для выбранных сечений, используемых в пожарной сигнализации проводников, а конкретно до $1,5 \text{ мм}^2$, усилие обеспечивается не менее 40 Н согласно стандарту [16].

На второй установке проводились испытания на динамические воздействия с вращающимся проводником. При заданном натяжении проводника и угле «атаки» зажим обеспечивает не менее 150 оборотов со скоростью $(10 \pm 2) \text{ мин}^{-1}$. Не всякий винтовой зажим выдерживает такое испытание, так как из-за резкого перепада усилий, прикладываемых в винтовом зажиме к проводнику, он может просто сломаться. А предлагаемая конструкция безвинтового зажима свободна

от этого недостатка, что подтверждено соответствующими испытаниями.

Величина переходного сопротивления в таком электрическом соединении плоского контакта с цилиндрическим проводником, прижимаемым к плоскости контакта в одной точке, зависит от усилия сжатия согласно [1]. Теория электрических соединений гласит, что сопротивление сужения обратно пропорционально кубическому корню усилия сжатия. Это означает, что для того, чтобы сопротивление переходного точечного контакта увеличилось в два раза, например, с 0,01 Ом до 0,02 Ом, необходимо, чтобы усилие сжатия уменьшилось в ВОСЕМЬ раз, т.е. с 40 Н до 5 Н. Так как ход рукоятки рычага с усилием пропорционален усилию, то становится очевидным, что при статическом усилии сжатия переходное сопротивление контакта практически не будет заметно возрастать даже в процессе длительной эксплуатации зажима.

Преодолевая технические и технологические трудности, удалось сконструировать базу пожарного извещателя с применением заявленного безвинтового зажима. Конструкция базы в разрезе представлена на Рис.23, а ее фотография на Рис.24.

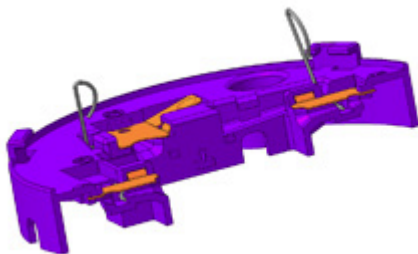


Рис.23



Рис. 24

Наиболее сложной деталью в изготовлении оказался фигурный рычаг. Разработать, изготовить, испытать и доработать автомат изготовления рычагов из пружинной проволоки оказалось куда сложнее, чем разработать чертеж этой детали. Как видно, на такой базе, кроме четырех безвинтовых зажимов, может быть установлено до двух винтовых соединителей, которые применяются для крепления и электрического соединения дополнительных элементов в шлейфах пожарной сигнализации.

В настоящее время уже производится несколько типоразмеров баз с такими безвинтовыми зажимами. Четыре извещателя с безвинтовыми базами прошли сертификационные испытания и поставляются в Российскую Федерацию. В Украине реализуется один дымовой извещатель с безвинтовой базой, а два дымовых извещателя, которые уже демонстрировались на первой международной выставке KIPS 2011, готовятся к сертификации.

Литература:

1. Фролих Я. «Непаяные соединения в электронике» Пер. с венгер. М. Энергия, 1978, с.11.
2. ГОСТ Р 51686.1-2000 (МЭК 60999-1-99) Соединительные устройства. Требования безопасности к контактным зажимам. Требования к винтовым и безвинтовым контактным зажимам для соединения медных проводников с номинальным сечением от 0,2 до 35 мм².
3. NFPA 72 National Fire Alarm Code 2002 Edition.
4. Баканов В. «Пути решения проблем в шлейфах пожарной сигнализации», ж. "F+S: Технологии безопасности и противопожарной защиты", № 4 (40), 2009 г., с.54.
5. Неплохов И. Г. «Базовый элемент», ж. Скрытая камера, №2 (22) 2004 г., с.22.
6. Маслов И. «Контакт? Есть контакт! Надолго ли...», ж. БДИ, №1 (58) 2005г., с.17.
7. Баканов В. В., Мисевич И.З., Михавчук М. И., Перегудов С. М. «Контакт базы пожарного сповісчувача», Патент України на винахід №85211, бюл. №1, 12.01.2009.
8. Баканов В. В., Мисевич И.З., Михавчук М. И., Перегудов С. Н. «Контакт базы пожарного извещателя», Патент России на полезную модель №67783, бюл. №30, 27.10.2007.
9. Баканов В. В., Мисевич И.З. «Контакт базы пожарного сповісчувача», Патент України на винахід №83277, бюл. №12, 26.06. 2008.
10. Баканов В. В., Мисевич И.З. «Контакт базы пожарного извещателя», Патент России на изобретение №2317620, бюл. №5, 20.02.2008.

11. Баканов В. В., Мисевич І. З., Перегудов С. М. «Контакт бази пожежного сповіщувача», Патент України на винахід №87554, бюл. №14, 27.07. 2009.
12. Баканов В. В., Мисевич І. З., Перегудов С. Н. «Контакт бази пожежного извещателя», Патент России на изобретение №23164941, бюл. №23, 20.08.2009.
13. Баканов В. В., Мисевич І. З., Михавчук М. І., Перегудов С. М. «Контакт бази пожежного сповіщувача», Патент України на корисну модель №43096, бюл. №15, 10.08. 2009.
- 14 Баканов В. В., Мисевич І. З., Михавчук М. І., Перегудов С. Н. «Контакт бази пожежного извещателя», Патент России на полезную модель №67784, бюл. №30, 27.10.2007.
- 15 Баканов В. В., Капре М. К., Мисевич І. З., Чумак А.М «Безвинтовий затискач електричних провідників», Рішення про видачу патента на винахід від 24.01 2011 р. за заявкою № а 201001448 від 12.02.2010 р.
- 16 ГОСТ Р 50043/3-2000 (МЭК 60998-2-2-91) Соединительные устройства для низковольтных цепей бытового и аналогичного назначения. Часть 2-2. Дополнительные требования к безвинтовым контактным зажимам для присоединения медных проводников.