

3. *МИ 3597–18*. Порядок выдачи экспертных заключений, подтверждающих возможность организаций осуществлять аттестацию испытательного оборудования, применяемого при оценке соответствия оборонной продукции : рекомендации по метрологии : дата введения 2018-01-01. – Текст : электронный // Техэксперт : [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/437235480>.

4. *Развитие* оборонно-промышленного комплекса. Актуальные задачи. – Текст : электронный // Минпромторг : [сайт]. – URL: <https://minpromtorg.gov.ru/activities/industry/sis zadachi/oboronprom/>.

5. *Труды* международного симпозиума «Надежность и качество» : сборник материалов конференции / Пензенский государственный университет ; гл. ред. Ю. Н. Кондратьевич. – Пенза : Пензенский гос. ун-т, 2015. – Т. 2. – 384 с. – ISSN 2220-6418. – Текст : непосредственный.

УДК 621.7.08

И. Ю. Матушкина, А. В. Соболева

I. Y. Matushkina, A. V. Soboleva

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», Екатеринбург

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg

irinam@urfu.ru

**АНАЛИЗ НЕСООТВЕТСТВИЙ
ОБМОТОЧНОГО ЭМАЛИРОВАННОГО ПРОВОДА
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КАТУШЕК НА ПРЕДПРИЯТИИ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ANALYSIS OF NONCONFORMITIES OF ENAMELED
WINDING WIRE FOR THE MANUFACTURE
OF COILS IN THE ELECTRICAL INDUSTRY**

***Аннотация.** Одним из самых распространенных и востребованных видов продукции электротехнической промышленности является провод, выполненный из меди, алюминия или стали и имеющий изоляцию на основе эмалевых лаков. Полученная изоляция имеет защитные и электроизоляционные свойства. В статье рассматриваются виды дефектов провода, а также методы контроля качества провода.*

***Abstract.** One of the most common and popular types of products of the electrical industry is a wire made of copper, aluminum or steel and having insulation based on enamel lacquers. The resulting insulation has protective and electrical insulation properties. The article discusses the types of wire defects, as well as methods of wire quality control.*

***Ключевые слова:** эмалированный провод; целостность изоляции; контроль; виды дефектов; корректирующие мероприятия*

Keywords: enameled wire; insulation integrity; control; types of defects; corrective measures

На сегодняшний день актуально использование провода с эмалевым покрытием в различных сферах. Но, в основном, это сфера электротехнической промышленности. Достаточно сказать, что обмотка электродвигателя выполняется с использованием именно этого материала. Именно силовые агрегаты, работающие от электрического тока, сегодня обеспечивают высокий уровень комфорта и облегчают человеку выполнение самых сложных операций.

Также данные провода разного сечения применяют при производстве приборов для авиационной, космической, судостроительной и автомобильной промышленности. Их используют при производстве генераторов, контрольной аппаратуры, измерительных приборов, используемых повсеместно на производстве. Обмотка трансформаторов для оборудования промышленного и бытового назначения производится с помощью проводов с защитным покрытием на основе эмалевых лаков.

Провод типа ПЭТВ находится в любом бытовом приборе, начиная от проигрывателя компакт-диска и заканчивая стиральной машиной-автоматом. Доступная цена, способность работать при высоких и низких температурах, долговечность – все это ценят производители бытовой техники и их потребители. Полиэфирное покрытие, которым обладает провод ПЭТВ, надежно защищает его от кипящей воды, горячего толуола или трансформаторного масла [1].

Основными преимуществами эмалированного провода являются:

- высокая прочность даже при минимальных сечениях (0,2–1 мм);
- гибкость;
- электропроводность;
- теплопроводность;
- способность сохранять эксплуатационные характеристики при большом диапазоне температур;
- стойкость к воздействию органических технических жидкостей, таких как растворители, масла и т. д.;
- стабильность электрического сопротивления на протяжении всего срока эксплуатации.

Эмалированный провод типов ПЭТВ, ПЭТВМ, ПЭТ используется электротехническим предприятием «N» в Екатеринбурге. Данное предприятие получило рекламации по пробоям, первопричина которых является провод. При проведении входного и пооперационного контроля провода были обнаружены такие дефекты провода, как вспучивание, отшелушивание, отсутствие изоляции на частях провода, вмятины, царапины, узлы, петли, разрывы.

По статистическим данным, собранным за 2019 и 2020 года, выявлена динамика изменения количества несоответствующей продукции на каждый год по месяцам. Данные представлены в соответствии с рис. 1.

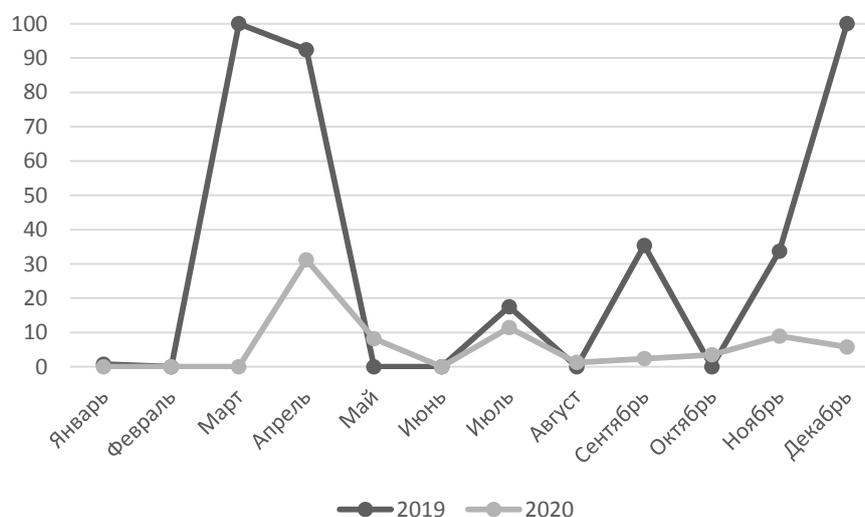


Рис. 1. Процент несоответствующей продукции в течение года

По данным графикам видно, что в 2020 году процент по месяцам значительно уменьшился, что говорит о претензиях, предоставленных поставщику провода в 2019 году.

Ниже также представлены диаграммы, которые отражают следующие вопросы: какой вид провода имеет больший процент несоответствий? (рис. 2); какое несоответствие встречается чаще других? (рис. 3); на какого поставщика стоит обратить внимание? какой поставщик поставляет больший процент несоответствующей продукции? (рис. 4).

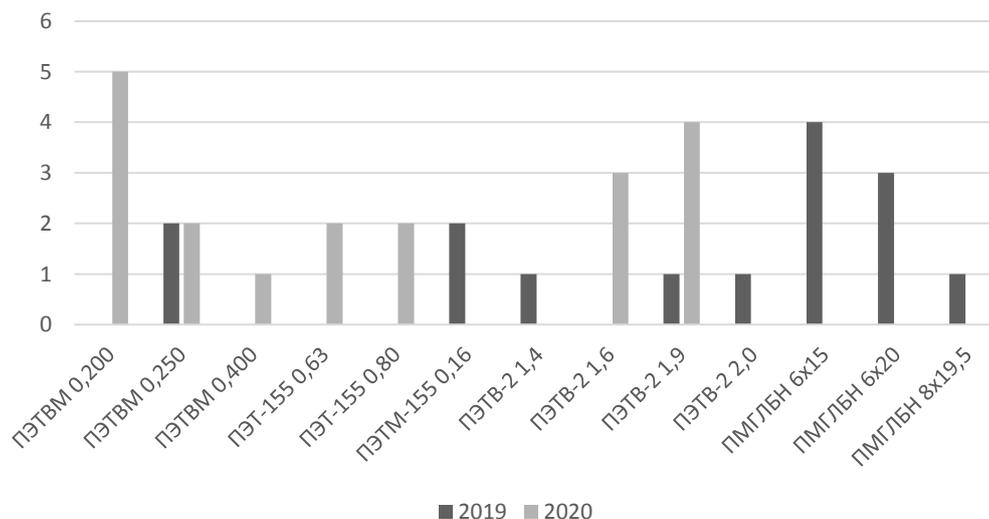


Рис. 2. Количество актов по типу провода

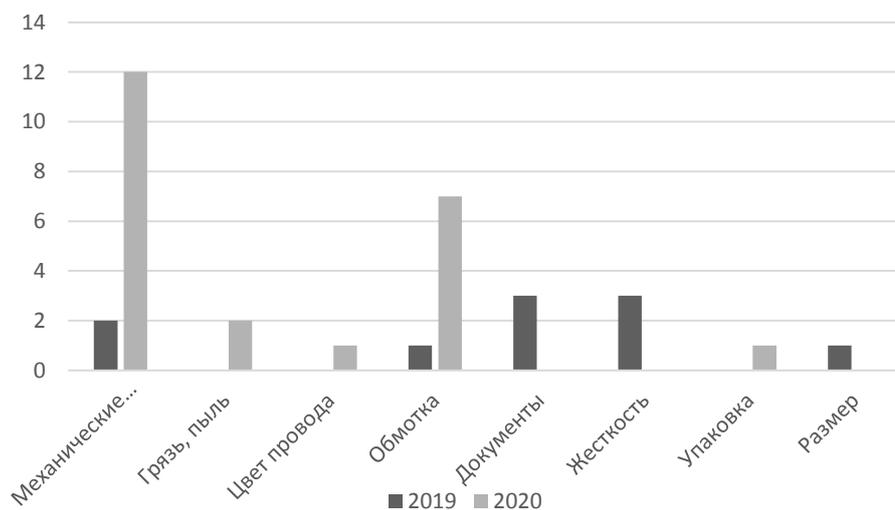


Рис. 3. Количество актов по виду несоответствия

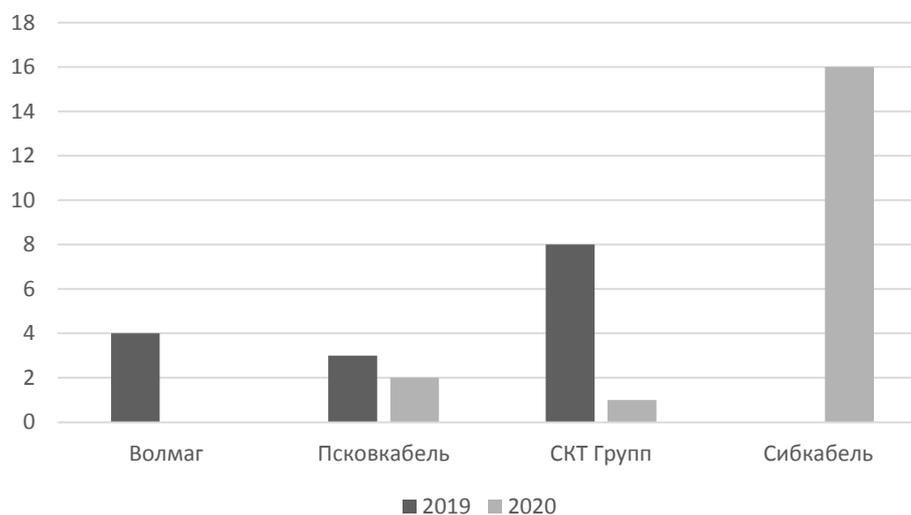


Рис. 4. Количество актов по поставщику

Диаграммы, представленные выше, показывают, что в 2020 году у поставщика «Сибкабель» выявлены механические несоответствия и проблемы с упаковкой у эмалированного провода диаметра 0,2 мм; 1,6 мм и 1,9 мм.

Первопричинами образования вышеперечисленных несоответствий могут быть:

- наличие в лаке остатков смолы в виде сгустков повышенной вязкости;
- отсутствие средств контроля целостности изоляции у изготовителя и использование человеческого ресурса при намотке;
- нарушение требований ГОСТ 18690, ГОСТ 26615, ГОСТ 23216 к упаковке, транспортировке и хранению;
- нарушение требований транспортировки со стороны транспортной компании;
- нарушение требований к размотке на предприятии-потребителе;

- отсутствие устройств, обеспечивающих постоянное натяжение провода в процессе переработки у потребителя.

Корректирующие мероприятия для исключения первичных причин появления выявленных несоответствий представлены в соответствии с табл. 1.

Таблица 1

План корректирующих действий (ПКД)

№	Выявленные несоответствия	Причина возникновения несоответствия	Корректирующие действия
1	2	3	4
ПКД со стороны поставщика			
1.	Несоответствие требованиям ТУ 16–705.110–79 и ГОСТ 26615 внешнего вида провода, качества изоляции провода в виде инородных включений, вспучиваний, отслаиваний и т. д.	1. Наличие в лаке остатков смолы в виде сгустков повышенной вязкости. 2. Отсутствие средств контроля целостности изоляции у изготовителя и использование человеческого ресурса при намотке.	1.1. Осуществить 100 процентную проверку внешнего вида готовой продукции для потребителя. 1.2.1. Провести набор образцов провода с наплывами и шероховатостями. 1.2.2. Произвести проверку геометрических размеров и испытания образцов на соответствие требований ТУ по пробивному напряжению, механической прочности, эластичности. По полученным результатам предоставить отчет потребителю. 1.3. Приобрести датчик контроля целостности изоляции на станок намотки и исключить человеческий фактор при проверке.
2.	Несоответствие качества намотки провода на катушках. Перепутаны верхние витки провода у потребителя	Крепление верхних витков провода не обеспечивает предотвращения осыпания при транспортировании на катушках 250; ослабление витков провода на упакованной катушке 125 при транспортировании по причине смещения упаковочной бумаги	1. Разработать чертеж конуса для срабатывания провода с катушки 125 мм, изготовить конуса, подготовить опытную партию провода на конических катушках. 2. Подготовить опытную партию провода с фиксацией упаковочной бумаги при помощи трех резинок (по верху, середине, низу живота катушки).

1	2	3	4
		и ослабления петли закрепления верхнего конца провода на катушке.	3. Подготовить опытную партию провода с фиксацией конца отрезка при помощи стретч-пленки.
ПКД со стороны потребителя			
1.	Несоответствие качества намотки провода на катушках. Перепутаны верхние витки провода у потребителя	1. Возможная неправильная размотка провода при переработке у потребителя. Верхний конец взят «из-под витка», что приводит к перепутыванию. 2. Отсутствие устройств, обеспечивающих постоянное натяжение провода в процессе переработки у потребителя.	1. Разработка инструкции по распаковке и установке провода на станок без спутывания. Обучение персонала. 2. Приобретение устройств для постоянного натяжения провода.
ПКД со стороны транспортной компании			
1.	Разрыв упаковки, наличие опилок от поддонов на катушках и самом проводе	Неправильная фиксация катушек на поддонах, отсутствие защитной пленки.	1. Проверка фиксации провода поставщиком и представителем транспортной компании, фотофиксация. 2. Приобрести защитную пленку предприятию-изготовителю, закрывать поддоны с катушками пленками.

Данные корректирующие мероприятия позволят снизить процент появления несоответствий за счет устранения первопричин, что позволит повысить степень удовлетворенности потребителей, то есть качества продукции. Последнее позволит поставщику повысить конкурентоспособность своей продукции на рынке и выйти на новый уровень.

Список литературы

1. *Эмальпровод* и сферы его применения. – Текст : электронный // Кабель.РФ : [сайт]. – URL: <https://cable.ru/articles/id-1150.php> (дата обращения: 13.05.2021).