

Кошкин Егор Николаевич

магистр, НОЦ ВКО «Алмаз-Антей», г.Москва

СПОСОБЫ МАРКИРОВКИ ПРОВОДОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КАБЕЛЬНО-ЖГУТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация. В статье рассматриваются способы маркировки проводов и жгутов, которые применяются при производстве кабельно-жгутовой продукции для оборонно-промышленного комплекса (ОПК). Проведен анализ нормативной базы, включая ГОСТ Р 59820-2021, ГОСТ 2.414-75 и отраслевые стандарты. Предложена классификация методов маркировки по трем основаниям: способу нанесения, типу носителя и месту применения. Дается сравнение традиционных и современных технологий маркировки. Рассматриваются вопросы надежности, долговечности и контроля качества маркировки в условиях экстремальных воздействий, характерных для военной техники. Приведены практические рекомендации по выбору оптимального способа маркировки для различных условий эксплуатации.

Ключевые слова: кабельно-жгутовая продукция, маркировка проводов, жгуты, термоусаживаемая бирка, лазерная маркировка, контроль качества, идентификация.

Annotation. The article examines the methods of marking wires and harnesses that are used in the production of cable and harness products for the defense industry complex (DIC). An analysis of the regulatory framework has been carried out, including GOST R 59820-2021, GOST 2.414-75, and industry standards. A classification of marking methods is proposed based on three criteria: the method of application, the type of carrier, and the place of application. A comparison of traditional and modern marking technologies is provided. The issues of reliability, durability, and quality control of labeling under extreme conditions typical of military equipment are considered. Practical recommendations are provided for selecting the optimal labeling method for various operating conditions.

Keywords: cable and harness products, wire labeling, harnesses, heat-shrinkable tags, laser marking, quality control, identification.

Введение

В любом современном образце вооружения — от беспилотного летательного аппарата до стратегического ракетного комплекса — кабельно-жгутовая продукция занимает особое место. Это нервная система машины, по которой передаются сигналы управления, телеметрия, питание ответственных систем [6]. Объем жгутов в оборонной технике измеряется десятками километров проводов, а количество соединений — тысячами. В такой ситуации единственный способ не запутаться — это четкая, надежная и долговечная маркировка каждого провода, соединителя и жгута [2].

Маркировка в ОПК — это не просто этикетка. Это элемент боевой готовности. Техник в полевых условиях должен заменить отказавший блок. В тесном отсеке, при ограниченном освещении, среди сотен проводов он должен за считанные минуты найти нужный. И единственная его опора — маркировка. Если она стерлась, выцвела или нечитаема — время простоя растет, а в боевой ситуации это может стоить очень дорого. Именно поэтому к маркировке в оборонной промышленности предъявляются требования, которые гражданскому производителю могут показаться избыточными: сохранять читаемость после тысяч часов вибрации, после воздействия морской воды и авиационного керосина, после перепада температур от арктического холода до тропической жары. И при этом быть нанесенной быстро, технологично и без ошибок.

Особенности маркировки в оборонно-промышленном комплексе и нормативная база

Прежде чем говорить о способах маркировки, важно понять, чем оборонная промышленность отличается от гражданской в этом вопросе. Разница — не в цене бирки, а в требованиях к ее эксплуатации. Изделия ОПК работают там, где гражданская техника просто не выживет: температуры от -60°C (арктические широты, высотные полеты) до 150°C (около двигателей) и

кратковременно до +250°C; влажность до 98% с выпадением конденсата, плюс морской туман с солями; агрессивные среды — авиационный керосин, масла, гидравлические жидкости; вибрации до 2000 Гц, удары, перегрузки до 15g; срок службы 30–40 лет с периодическими ремонтами. Маркировка должна выдерживать все это и оставаться читаемой [5, 6].

Исходя из условий эксплуатации, можно сформулировать пять ключевых требований: долговечность (маркировка не должна исчезать в течение всего назначенного срока службы) [5]; стойкость к истиранию, химикатам, влаге, УФ-излучению, перепадам температур [4, 6]; контрастность — читаемость при любом освещении, в том числе в красном свете (ночное зрение); технологичность — возможность быстрого и точного нанесения в условиях серийного или опытного производства [2]; защищенность от подделок и ошибок — исключение дублирования или разночтения обозначений [5].

Маркировка в ОПК регулируется несколькими уровнями документов. На государственном уровне действуют ГОСТ Р 59820-2021 (маркировка для авиационной техники), ГОСТ 2.414-75 (правила выполнения чертежей жгутов и кабелей), ГОСТ 18690-82 (маркировка, упаковка, транспортирование кабельной продукции). Отраслевой уровень представлен ОСТ 4Г 0.882.200-81 (конструкция и размеры маркировочных бирок). Внутренний уровень — это ТУ и стандарты предприятий, учитывающие специфику конкретных изделий. Сводные данные по нормативной базе приведены в таблице 1.

Таблица 1

Нормативная база

Уровень	Документ	Сфера действия
Государственный	ГОСТ Р 59820-2021	Маркировка для авиационной техники (включая военную)
Государственный	ГОСТ 2.414-75	Правила выполнения чертежей жгутов и кабелей
Государственный	ГОСТ 18690-82	Маркировка, упаковка, транспортирование кабельной продукции

Отраслевой	ОСТ 4Г 0.882.200-81	Конструкция и размеры маркировочных бирок
Внутренний	ТУ и стандарты предприятий	Специфика конкретных изделий

Способы маркировки: классификация и сравнительный анализ

Все многообразие способов маркировки можно систематизировать по трем направлениям: по типу носителя (на чем делается надпись), по способу нанесения (чем и как делается надпись) и по месту применения (что именно маркируется). На рис. 1 представлена классификация способов маркировки проводов и жгутов. Рассмотрим подробнее самые распространенные варианты.

Маркировка на бирках — это отдельные элементы, которые надеваются или крепятся на провод, жгут или соединитель. Они могут быть изготовлены из разных материалов — от дешевого ПВХ до специальных термоусаживаемых полимеров и металла [6, 12]. Поливинилхлоридные (ПВХ) бирки — простые, дешевые, гибкие. Используются при температурах от -40 до +85°C. Для маркировки на них наносят текст краской, чернилами или тиснением [6]. Применяются в основном в наземной технике, оборудовании, не подвергающемся экстремальным воздействиям. Для авиации и морской техники их используют ограниченно — из-за низкой термо- и химической стойкости [2, 5].



Рис. 1 – Классификация способов маркировки проводов и жгутов.

Термоусаживаемые бирки — самое популярное решение в авиации и ракетной технике. Бирка изготавливается из полиолефина или специального термопластичного эластомера, который при нагреве (температура усадки 90-125°C) плотно облегает провод, создавая герметичную защиту [7]. Преимущества: плотная фиксация (не сдвигается) [1]; защита надписи от механических воздействий; рабочий диапазон температур от -55 до +135°C [7]; устойчивость к большинству химикатов. Металлические бирки используются в особых случаях — в основном для экранированных жгутов, где требуется обеспечить электрический контакт экрана или где другие материалы не выдерживают высоких температур (например, вблизи двигателей). Стандарт требует установки металлических бирок только на экранированные жгуты [5]. Самоклеющиеся этикетки применяются там, где нет возможности надеть бирку — например, на готовых жгутах с уже заделанными концами. Важно использовать этикетки с высокой адгезией и стойкостью к условиям эксплуатации [5].

В некоторых случаях маркировку наносят прямо на изоляцию провода — без бирки. Это экономит место и исключает риск потери бирки. Ручное нанесение (несмываемые чернила и маркеры) — самый старый и ненадежный способ. Используется в опытном производстве и при ремонте. Качество сильно зависит от человека [6]. Термотрансферная печать — современный стандарт для серийного производства. Специализированные принтеры печатают на термоусаживаемых трубках, бирках, этикетках. Высокое разрешение, автоматизация, возможность наносить штрихкоды и QR-коды [9, 13]. Лазерная маркировка — самый надежный способ. Лазер выжигает или изменяет структуру материала изоляции, создавая контрастный, практически вечный рисунок. Не стирается, не выцветает, устойчив к любым химикатам [8]. Лазерная маркировка особенно актуальна для проводов с фторопластовой изоляцией, которые традиционно сложно маркировать другими способами. Разработаны специальные материалы, обеспечивающие высокий контраст даже после старения [8].

Для наглядности основные характеристики способов маркировки сведены в таблицу 2, где проведено сравнение по ключевым параметрам: стойкость к истиранию, температурный диапазон, стойкость к химикатам, автоматизация, стоимость оборудования, скорость нанесения и применение в ОПК.

Таблица 2

Сравнительная характеристика способов маркировки

Параметр	ПВХ-бирка	Термоусаживаемая бирка	Металлическая бирка	Лазерная маркировка	Термотрансфер
Стойкость к истиранию	Средняя	Высокая	Очень высокая	Очень высокая	Высокая
Температурный диапазон, °С	-40...+85	-55...+135	-60...+250	-60...+150	-55...+135
Стойкость к химикатам	Средняя	Высокая	Высокая	Очень высокая	Высокая
Автоматизация	Частичная	Полная	Нет	Полная	Полная
Стоимость оборудования	Низкая	Средняя	Низкая	Высокая	Средняя
Скорость нанесения	Низкая	Высокая	Средняя	Высокая	Высокая
Применение в ОПК	Широкое	Очень широкое	Специальное	Растущее	Растущее

На рис. 2 представлена диаграмма, отражающая применение различных способов маркировки в оборонно-промышленном комплексе [2, 9, 13]. Как видно из диаграммы, лидируют термоусаживаемые бирки — их выбирают за надежность и универсальность. Второе место — у традиционных ПВХ-бирок. Но доля лазерной маркировки и термотрансферной печати растет, особенно на новых разработках [9, 13].

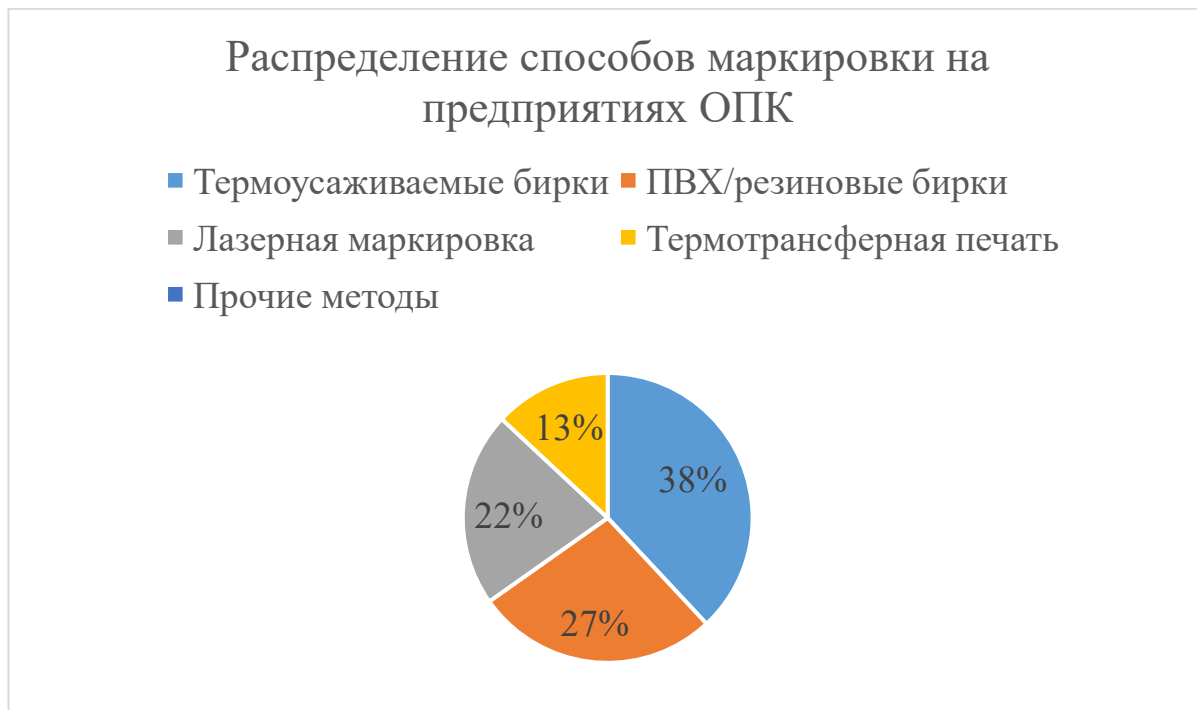


Рис. 2 – Применение различных способов маркировки в оборонно-промышленном комплексе [2, 9, 13]

На основе анализа можно сформулировать практические рекомендации по выбору способа маркировки в зависимости от условий эксплуатации. Систематизированные рекомендации представлены в таблице 3. При высоких температурах (выше 125°C) рекомендуется лазерная маркировка или металлические бирки, поскольку ПВХ и резина разрушаются. При воздействии агрессивных жидкостей (керосин, масла) оптимальны термоусаживаемая бирка или лазерная маркировка — надпись защищена или нестираема. При интенсивных вибрациях предпочтительны термоусаживаемая бирка или металл с бандажом, обеспечивающие надежную

фиксацию. При частых ремонтах и перемонтаже удобны съемные бирки (клипсы, кольца), которые можно менять без повреждения провода. В стесненном объеме (малый зазор) лучшим решением становится лазерная маркировка, не занимающая дополнительного места. Для массового серийного производства оптимальна термотрансферная печать — быстро, дешево, автоматизировано.

Таблица 3

Рекомендации по выбору способа маркировки

Условия эксплуатации	Рекомендуемый способ	Причина
Высокие температуры ($>125^{\circ}\text{C}$)	Лазерная маркировка, металлические бирки	ПВХ и резина разрушаются
Агрессивные жидкости (керосин, масла)	Термоусаживаемая бирка, лазер	Надпись защищена или нестираема
Интенсивные вибрации	Термоусаживаемая бирка, металл с бандажом	Надежная фиксация
Частые ремонты и перемонтаж	Съемные бирки (клипсы, кольца)	Можно менять без повреждения провода
Стесненный объем (малый зазор)	Лазерная маркировка	Не занимает места
Массовое серийное производство	Термотрансферная печать	Быстро, дешево, автоматизировано

Контроль качества маркировки и перспективные технологии

В ОПК контроль — это не бюрократия, а гарантия боеспособности. Проверяется все — от материала бирки до читаемости через 10 лет. Согласно ГОСТ Р 59820-2021, ОТК предприятия-изготовителя проверяет внешний вид (трещины, деформации), размеры (по чертежу, с точностью не хуже 0,5 класса, измеряется штангенциркулем, микрометром), качество текста (четкость, отсутствие смазывания, правильность символов) [5]. После нанесения маркировки проверяют читаемость (все символы должны различаться), правильность (соответствие конструкторской документации) [3], стойкость (испытания на истирание, воздействие воды и растворителей) [4, 5]. В процессе регламентных работ маркировку проверяют визуально. Если она

стала нечитаемой, ее восстанавливают по документации. Для ответственных изделий ведется журнал маркировки, где фиксируются все обозначения [2].

До недавнего времени многие предприятия ОПК использовали импортные принтеры, бирки и расходные материалы. Санкции сделали поставки проблематичными. Решение — разработка и внедрение отечественных аналогов. Первый российский термотрансферный принтер — хороший пример [9, 13]. Но нужно идти дальше: создание отечественных термоусаживаемых материалов, лазерных маркеров, программного обеспечения. Будущее — за цифровой идентификацией. Вместо текста на бирке можно наносить QR-код или встраивать RFID-метку. Тогда считыватель мгновенно выдаст полную информацию о проводе: марку, дату изготовления, результаты контроля, историю ремонтов. Внедрение таких систем требует доработки нормативной базы и создания специализированного оборудования.

Заключение

Маркировка проводов при изготовлении кабельно-жгутовых изделий для оборонно-промышленного комплекса — это не «галочка» в технологической карте. Это сложная инженерная задача, которая решается на стыке материаловедения, приборостроения, стандартизации и организации производства [2]. Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы. Нормативная база — главный ориентир. ГОСТ Р 59820-2021 установил единые правила для авиационной техники, но параллельно действуют отраслевые стандарты [12], которые нужно учитывать. Термоусаживающие бирки — сегодняшний лидер. Они сочетают надежность, стойкость и технологичность. Именно их выбирают для большинства новых разработок. Лазерная маркировка — наиболее перспективный метод для отечественных изделий, обеспечивающий максимальную долговечность и устойчивость к внешним воздействиям. Автоматизация — неизбежный путь. Ручной труд уходит в прошлое, на смену приходят термотрансферные принтеры и лазерные маркеры, работающие по данным из конструкторской документации [3].

Импортозамещение — не политический лозунг, а насущая необходимость. Первые отечественные принтеры уже есть, но нужно создавать полную цепочку — материалы, оборудование, ПО [9, 13]. Будущее за цифровой идентификацией. QR-коды и RFID-метки позволяют вывести контроль и учет кабельно-жгутовой продукции на принципиально новый уровень [13].

Литература

1. Багизов Е. О., Акилин В. И. Исследование технологического процесса изготовления электрических жгутов приборов летательных аппаратов //Гагаринские чтения-2020. – 2020. – С. 656-657.
2. Бурдо Г.Б., Интеллектуальная система управления технологическими процессами в многономенклатурном машиностроительном производстве // Проблемы информатики. — 2011. — № 1 (9). — С. 51–55.
3. ГОСТ 2.414-75. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения чертежей жгутов, кабелей и проводов. — Введ. 1977-01-01. — Москва : Издательство стандартов, 2003. — 13 с.
4. ГОСТ 18690-2012. Кабели, провода, шнуры и кабельная арматура. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение. — Взамен ГОСТ 18690-82 ; введ. 2013-07-01. — Москва : Стандартинформ, 2019. — III, 11 с.
5. ГОСТ Р 59820-2021. Маркировка проводов, жгутов, кабелей, соединителей, модульных колодок, агрегатов и элементов системы электроснабжения самолетов и вертолетов. — Введ. 2021-12-20. — Москва : Российский институт стандартизации, 2021. — IV, 20 с.
6. Камнев, В. Н. Монтаж устройств вторичной коммутации [Электронный ресурс] / В. Н. Камнев. — Режим доступа: <https://www.elec.ru/viewer?url=/files/2019/12/25/kamnev-vn-montazh-ustroystv-vtorichnoy-kommutacii.PDF>
7. Крылов, А. С. Способ защиты электрожгутов от механических повреждений : пат. 2782121 Рос. Федерация / А. С. Крылов, В. А. Кутырев, А. Б. Шилкин. — Заявл. 13.05.2022 ; опубл. 22.10.2023, Бюл. № 29. — 8 с.

8. Кудинова, Н. С. Лазерная защитная маркировка как средство предотвращения отдельных видов преступления : учебное пособие / Н. С. Кудинова, А. Г. Сухарев. — Саратов : Саратовский юридический институт МВД России, 2024. — 96 с. — ISBN 978-5-6049456-2-8.
9. Надвоцкая, В. В. Проблемы внедрения информационной системы маркировки товара / В. В. Надвоцкая, Е. А. Енгибарян. — Текст : непосредственный // Ползуновский альманах. — 2022. — № 4-1. — С. 112–115. — ISSN 2072-8921.
10. Никольский, О. К. Основы проектирования, монтажа и эксплуатации электроустановок 0,4–10 кВ : учебное пособие / О. К. Никольский, В. И. Мозоль, Л. В. Куликова, Е. В. Титов. — Изд. 2-е, испр. и доп. — Москва : Инфра-Инженерия, 2023. — 320 с. — ISBN 978-5-9729-1548-2.
11. Овсянникова, Е. А. Монтаж электропроводок / Е. А. Овсянникова, Л. В. Занфирова. — Текст : непосредственный // Актуальные проблемы авиации и космонавтики : сборник материалов XXVI Всероссийской научно-практической конференции. — Красноярск, 2025. — С. 78–81.
12. ОСТ 4Г 0.882.200-81. Бирки маркировочные для проводов, жил кабелей и жгутов. Конструкция и размеры. — [Б. м.] : [б. и.], 1981. — 9 с.
13. Полторыхин, Д. Новейшие решения в сфере автоматизации маркировки проводов и кабелей / Д. Полторыхин, Т. Попов. — Текст : электронный // Cable & Wiring. — 2023. — № 4 (34). — <https://elibrary.ru/item.asp?id=43171902>
14. Трубки полиэтиленовые термоусаживающиеся. Технические условия : ТУ 95 1613-01 : взамен ТУ 95 1613-87. — Москва : [б. и.], 2001. — 24 с.