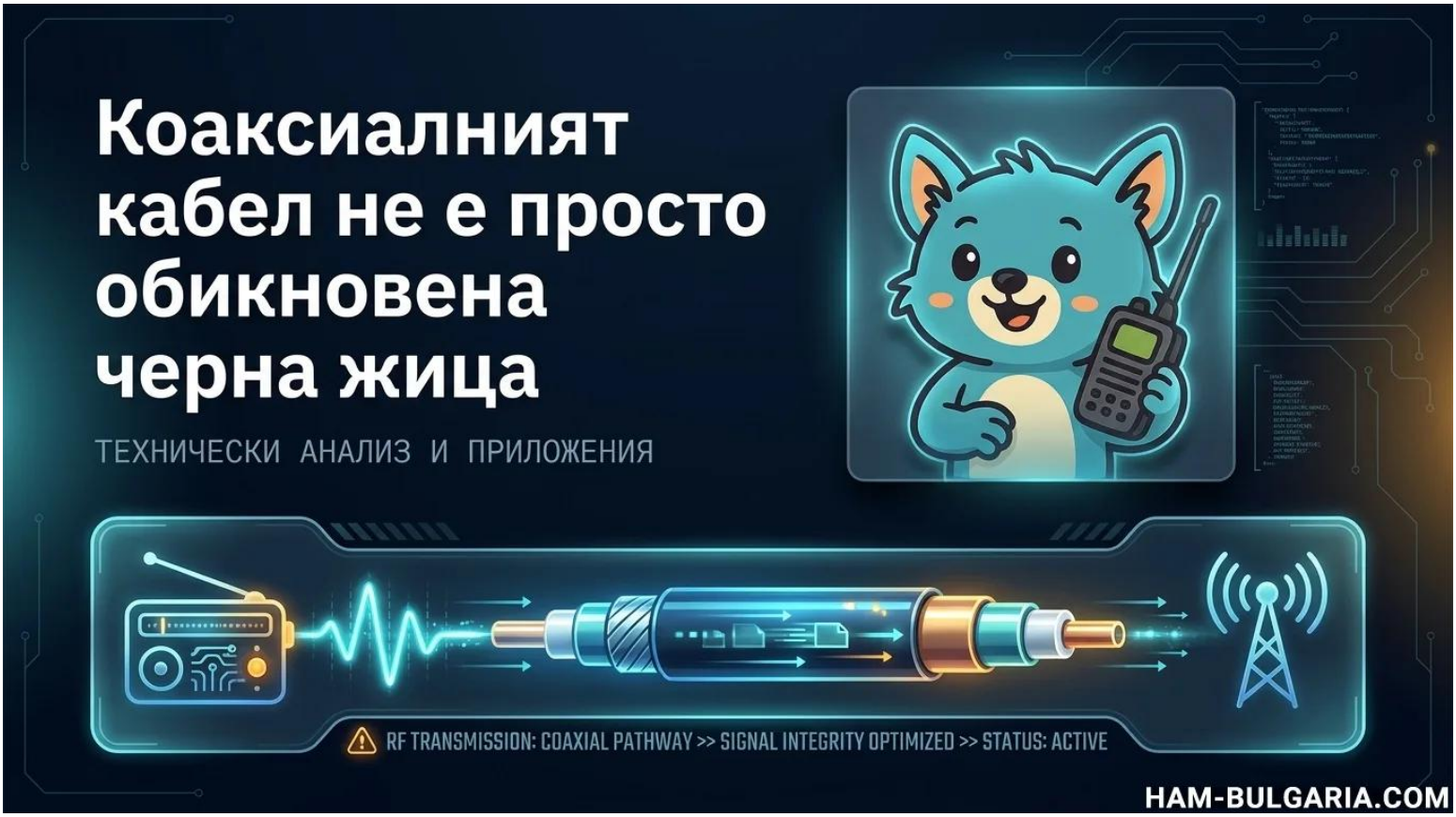


Коаксиалният кабел: материал, загуби и качество

Какво представлява коаксиалният кабел

Ако радиостанцията е сърцето на една радиовръзка, а антената е нейният глас, то коаксиалният кабел е връзката между тях. Той често остава на заден план, защото не изглежда толкова интересен като радиото или антената. В действителност обаче без него сигналът няма как да стигне нормално от предавателя до антената.

Коаксиалният кабел е кабел за пренос на радиочестотен сигнал, при който централният проводник и външната екранировка работят заедно като линия с определен характеристичен импеданс - най-често **50 Ω** при радиолюбителската техника.

Името му идва от конструкцията: централният проводник и външният проводник, наричан още екран, са разположени около една и съща геометрична ос. Затова се наричат коаксиални - от идеята за обща ос.

За да може енергията да стигне до антената без излишни загуби и странно поведение, целият път трябва да работи като система: радиостанция, кабел и антена. Затова в радиолюбителството най-често се използва коаксиален кабел с характеристичен импеданс **50 Ω**. Това е стандартният избор за повечето радиолюбителски станции и антени.

За разлика от обикновените проводници, коаксиалният кабел не е просто „жица с изолация“. При радиочестотите формата, разстоянията и материалите имат значение. Те влияят върху импеданса, загубите и начина, по който енергията се пренася към антената.

Затова изборът на кабел не е дреболия. Ако кабелът е неподходящ, твърде дълъг или некачествен, част от резултата може да се изгуби още преди антената да получи шанс да си свърши работата.

От какво се състои коаксиалният кабел

За да разберем защо един кабел може да бъде добър или лош, първо трябва да видим какво има вътре в него. Типичният коаксиален кабел има четири основни слоя.

• **Централен проводник** - това е вътрешният проводник на кабела. Той може да бъде плътен или многожилен. **Материалът има значение:** чистата мед е добър вариант, докато **CCA** и **CCS** са по-евтини решения с медно покритие, които не се държат като чиста мед.

• **Диелектрик** - това е изолацията около централния проводник. Тя го държи на определено

разстояние от екрана. Това разстояние, заедно с размерите и материалите, влияе върху характеристичния импеданс на кабела.

• **Екран** - това е външният проводник на коаксиалния кабел. Той обгръща диелектрика и помага сигналът да остане в кабела, като същевременно намалява влиянието на външни смущения.

• **Външна обвивка** - това е защитният слой на кабела. Той пази от механични повреди, влага, **UV светлина** и **стареене**. При външен монтаж този слой е особено важен.

Екранът може да бъде направен като оплетка, фолио или комбинация от двете. Оплетката дава гъвкавост и механична здравина, фолиото осигурява добро покритие, а комбинацията от фолио и оплетка обикновено дава по-добра екранировка.

Тези слоеве не са случайни. Формата, материалите и разстоянието между проводниците определят как кабелът се държи при радиочестоти - какъв импеданс има, колко загуби внася и колко добре пази сигнала от смущения.

Защо качественият коаксиален кабел е важен

Коаксиалният кабел често изглежда като най-обикновената част от радиостанцията: една черна жица между радиото и антената. В действителност той е част от цялата антенна система. Ако кабелът е неподходящ, твърде дълъг, стар или некачествен, част от енергията може да се загуби още преди да стигне до антената.

Радиостанцията, кабелът и антената работят заедно

- кабелът пренася високочестотната енергия от радиостанцията към антената;
- всеки кабел има загуби;
- екранировката помага сигналът да остане в кабела и да се намалят смущенията;
- коаксиалният кабел има характерен импеданс;
- дължината на кабела има значение;
- кабелът старее от UV светлина, влага и температурни промени.

На по-високи честоти лошият кабел се усеща повече

При **VHF** и **UHF** загубите в кабела стават по-важни, защото с повишаване на честотата много кабели започват да губят повече енергия. Затова кабел, който изглежда приемлив за кратка връзка или за по-ниски честоти, може да се окаже лош избор за по-дълго трасе към антена.

В радиолюбителството често се среща **RG-58**, защото е класически **50-омов коаксиален кабел.** Това обаче не означава, че всеки кабел с надпис **RG-58** е еднакво добър, нито че е най-добрият избор за всяка честота и всяка дължина.

Как да познаем добър коаксиален кабел

След като вече знаем защо кабелът е важен, идва практичният въпрос: **Как да разберем дали един коаксиален кабел е подходящ?** На пръв поглед всички изглеждат почти еднакво - черна външна изолация, някакъв надпис, конектор в края и обещание, че „***става***“. В радиотехниката обаче дребните разлики могат да се окажат важни.

Добрият коаксиален кабел не се познава само по дебелината или по това, че изглежда „***солидно***“. Важно е какъв е типът му, какъв импеданс има, колко добре е екраниран, какви загуби внася, от какъв материал е направен и дали е подходящ за честотата и дължината, на които ще се използва.

Първо гледаме основните параметри

Когато избираме кабел за радиостанция, не е достатъчно да търсим просто „**коаксиален кабел**“. Трябва да знаем дали е подходящ за радиолюбителска употреба, за каква честота ще се използва и колко дълго ще бъде трасето до антената.

Какво гледаме	Защо е важно
Тип кабел	RG-58, RG-213, H-155 и други не са еднакви. Различават се по размер, загуби, екранировка и приложение.
Импеданс	За повечето радиолюбителски станции се използва 50Ω коаксиален кабел.

Какво гледаме	Защо е важно
Екранировка	Пази от смущения и помага сигналът да остане там, където трябва - в кабела.
Затихване	Показва колко сигнал се губи по трасето. Колкото е по-малко затихването, толкова по-добре.
Материал	Мед, CCA и CCS не се държат еднакво. Медният цвят не винаги означава чиста мед.
Конектори	Лош конектор или лош монтаж може да развали дори добър кабел.
Дължина	По-дълъг кабел означава повече загуби, особено на VHF и UHF.

Тази таблица не е списък за „**перфектен кабел**“, а по-скоро бърз начин да не купим нещо напълно неподходящо. За начинаещия най-важното правило е просто: кабелът трябва да е 50Ω, да е подходящ за честотата, да не е излишно дълъг и да не изглежда подозрително евтин спрямо това, което обещава.

Екранировката не е просто „има“ или „няма“

При коаксиалния кабел екранировката е много важна. Тя обикновено е направена от оплетка, фолио или комбинация от двете. Колкото по-добра е екранировката, толкова по-малка е вероятността кабелът да приема външни смущения или да се държи непредвидимо при предаване.

Плътността на оплетката също има значение. Кабел с рехава оплетка може да изглежда нормално отвън, но да се държи зле в реална работа. Това е малко като чадър с дупки - формално имаме чадър, но при дъжд бързо разбираме къде е проблемът.

Затихването показва колко губим по пътя

Всеки кабел има загуби. Част от енергията, която радиостанцията подава към кабела, не стига до антената, а се губи по трасето. Тези загуби зависят от типа кабел, честотата и дължината.

Колкото по-висока е честотата и колкото по-дълго е трасето, толкова по-важен става изборът на кабел. Къса връзка в стаята и дълъг кабел до антена на покрива не са една и съща ситуация. При **VHF** и **UHF** това се усеща още повече, защото там загубите в неподходящ кабел могат бързо да станат сериозни.

Конекторите и монтажът също участват

Добрият кабел може да бъде съсипан от лош конектор. Ако конекторът е некачествен, неправилно монтиран, окислен или хлабав, той може да внесе загуби, лош контакт и непредвидимо поведение. Затова не гледаме само самия кабел, а цялото трасе: кабел, **конектори, преходи и начин на монтаж**.

Същото важи и за прекаленото огъване. Коаксиалният кабел има вътрешна геометрия - централен проводник, изолация, екран и външна обвивка. Ако го пречупим рязко, тази геометрия може да се наруши. Затова добрият кабел трябва да се полага с нормален радиус на огъване, а не да се сгъва като зарядно в джоб.

Водата и времето са врагове на кабела

Коаксиалният кабел, който стои навън, трябва да бъде защитен от влага. Ако водата влезе в кабела или в конектора, параметрите се променят, загубите се увеличават и започва корозия. Външно кабелът може още да изглежда здрав, но електрически вече да не е същият.

Затова при външен монтаж е важно да мислим за UV устойчивост, добра външна изолация, правилно уплътняване на конекторите и защита от механично напрежение. Кабелът не е вечен - слънце, студ, жега, влага и вятър постепенно си казват думата.

Внимавайте с подозрително евтини „RG-58“ кабели

RG-58 е познато име в радиолюбителството и често се свързва с **50-омов коаксиален кабел**. Но самият надпис не е гаранция за качество. На пазара могат да се срещнат кабели, които изглеждат като **RG-58**, но са направени с по-слаби материали, рехава екранировка или неизвестни параметри.

Затова не купуваме кабел само по името. Гледаме данни, материал, затихване, екранировка и източник. Ако липсва почти всякаква техническа информация, това вече е сигнал за внимание.

Евтините кабели и „медният“ цвят

Една от най-подвеждащите части при избора на кабел е цветът на проводника. Много хора виждат меден цвят и автоматично приемат, че проводникът е от чиста мед. За съжаление това невинаги е така. Понякога медта е само тънък слой върху друг метал.

Точно тук идва важната разлика между истински меден проводник и проводник, който само изглежда меден. При евтини кабели може да срещнем **алуминий** или **стомана** с **медно покритие**. Външно изглеждат убедително, но електрически и механично не се държат като чиста мед.

Не всичко, което изглежда медно, е мед

Това е едно от най-полезните правила при избор на кабел. Ако кабелът е подозрително евтин, необичайно лек или без ясни технически данни, добре е да проверим дали не става дума за **CCA**, **CCS** или друг проводник с медно покритие.

Означение	Какво означава	Какво да имаме предвид
Copper / Cu	Меден проводник	Обикновено това е търсеният вариант, когато искаме добър проводник с ниско съпротивление.
CCA	Алуминий с медно покритие	Изглежда меден отвън, но вътре основният материал е алуминий.
CCS	Стомана с медно покритие	Може да е механично здрава, но не се държи като чиста мед и не е универсален заместител.

Означение	Какво означава	Какво да имаме предвид
Copper clad	Медно покритие	Означава, че има меден слой, но не задължително че целият проводник е от мед.

Най-кратко казано: ако пише **Copper** или **Cu**, това насочва към мед. Ако пише **CCA**, **CCS** или **copper clad**, трябва да четем внимателно, защото може да става дума за проводник с медно покритие, а не за чиста мед.

Защо CCA и CCS не са същото като мед

Медта има много добра електропроводимост и затова е предпочитан материал за много кабели. **Алуминият** също провежда ток, но не толкова добре като медта. **Стоманата** е още по-различна история - тя може да даде механична здравина, но като проводник не е същото.

При CCA проводникът има алуминиева сърцевина и тънко медно покритие. Това може да изглежда добре на снимка или при бърз поглед, но при реална работа кабелът може да има по-голямо съпротивление, повече загуби и по-лоша механична устойчивост при огъване.

При CCS основата е стомана с медно покритие. Такъв проводник може да има приложения в определени случаи, но не трябва автоматично да го приемаме като равностоен на чиста мед. Важно е да знаем какво купуваме и за какво ще го използваме.

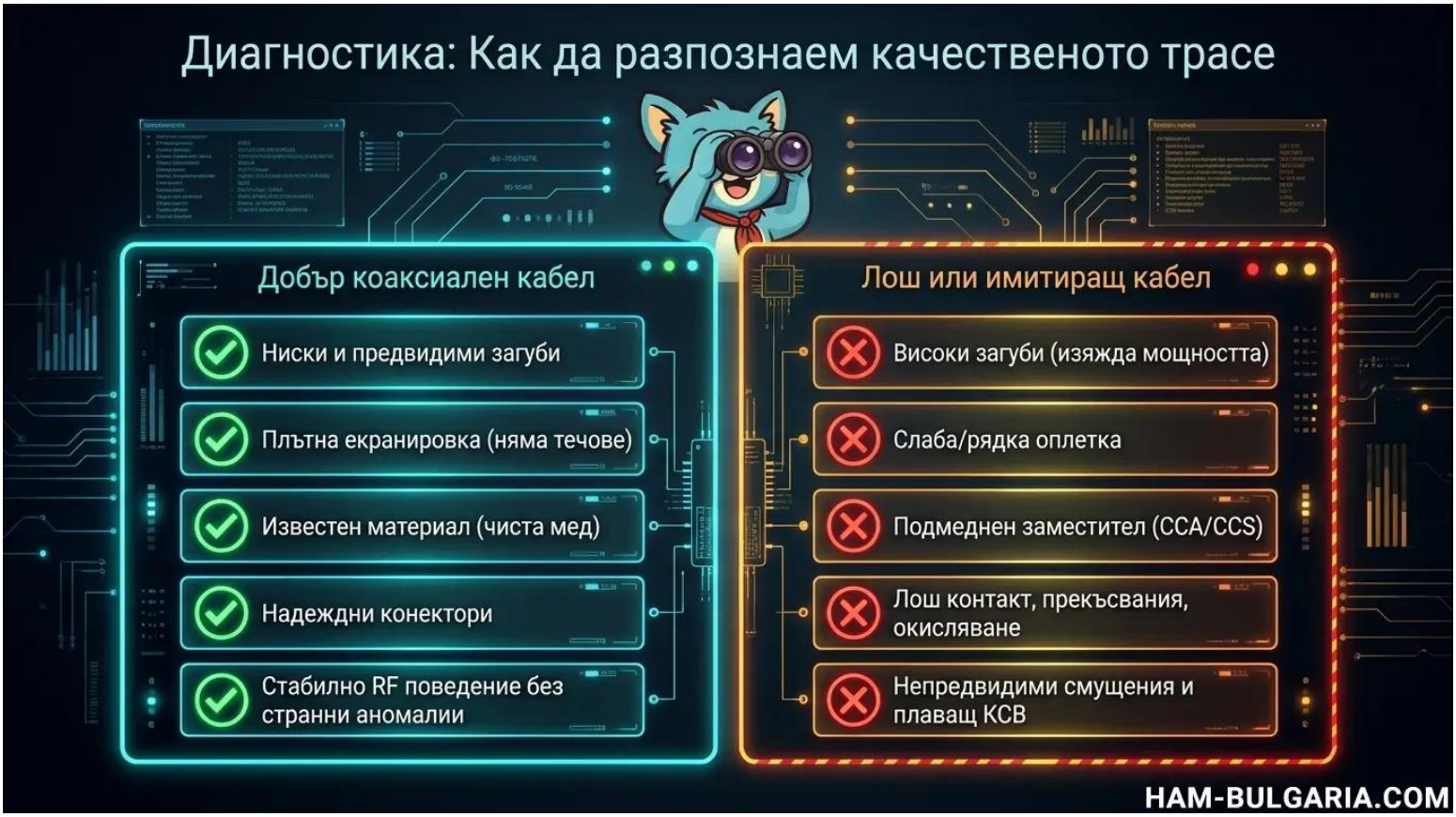
Примерът с евтините LAN, захранващи и коаксиални кабели

Същият проблем се среща и при **LAN кабели**. На външен вид кабелът изглежда нормален: има си изолация, усукани двойки, правилни цветове и конектор. Но вътре проводниците може да са **CCA** - алуминиева сърцевина с тънко медно покритие.

При кратка и лека употреба такъв кабел може дори да изглежда, че „работи“. Проблемите започват, когато трасето е по-дълго, когато има **PoE** захранване, когато кабелът се огъва често или когато очакваме надеждна връзка. Тогава разликата между истински меден кабел и евтин **CCA** кабел вече не е само теория.

Това е добър битов пример за същата логика, която важи и при радиото: кабелът не е просто външна изолация, правилен цвят и красив надпис. Материалът вътре има значение.

Защо лошите кабели са лоши, а добрите са добри



Когато казваме, че един кабел е „**добър**“ или „**лош**“, това не е само въпрос на цена или марка. Зад разликата стоят съвсем реални неща: **материалът на проводника, дължината, сечението, качеството на екранировката, диелектрикът, конекторите и начинът на монтаж**.

Един добър кабел не прави радиостанцията по-мощна, но помага повече от подадената енергия да стигне до антената. Лошият кабел прави обратното - част от енергията се губи по пътя, а понякога се появяват и странни проблеми, които не изглеждат като „проблем с кабела“ на пръв поглед.

Материалът, дължината и сечението имат значение

При всеки проводник има електрическо съпротивление. За начинаещия е достатъчно да видим една проста зависимост:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

Символ	Значение
R	съпротивление
ρ	специфично съпротивление на материала
l	дължина на проводника
A	сечение на проводника

Формулата казва нещо много просто: материалът има значение, дължината има значение и сечението има значение. Колкото по-неподходящ е материалът, колкото по-дълъг е кабелът и колкото по-малко е сечението, толкова по-голямо става съпротивлението.

Това не означава, че коаксиалният кабел се свежда само до тази формула. При радиочестоти има и други ефекти, а загубите не зависят само от постояннотоковото съпротивление. Но формулата дава добър ориентир: евтиният материал, дългото трасе и тънкият проводник не са добра комбинация.

Лошият кабел не губи само мощност

Когато кабелът е некачествен, проблемът не е само, че „няколко вата се губят“. Понякога се появяват и други ефекти: смущения, нестабилно поведение, загряване, лош контакт, промяна на параметрите с времето или по-висок **КСВ** в системата.

Особено важно е качеството на екранировката. При добър коаксиален кабел енергията трябва да се движи основно вътре в кабела - между централния проводник и екрана. Ако екранировката е слаба, прекъсната, рехава или лошо свързана, кабелът може да започне да се държи като нежелана част от антенната система.

Това не е поведение, което искаме. Вместо антената да върши основната работа, част от кабела може да започне да участва в излъчването или приемането. Така се появяват непредвидими резултати: смущения в близка техника, промяна в поведението на антената или различни резултати при уж една и съща настройка.

Добър кабел срещу лош кабел

Следната таблица обобщава разликата по практически начин. Не е нужно да помните всички подробности наведнъж, но е добре да разберете общата посока.

Добър кабел	Лош кабел
по-ниски загуби	по-високи загуби
по-добра екранировка	слаба или рядка оплетка
стабилни параметри	съмнителни или непълни параметри
качествен материал	неясен материал или подмеднен заместител
по-надеждни конектори	лош контакт, прекъсвания или окисляване
предвидимо RF поведение	странни проблеми, които трудно се диагностицират

Най-коварното при лошия кабел е, че системата често изглежда работеща. Радиостанцията се включва, антената е свързана, нещо се чува, понякога дори се прави връзка. Но резултатът може да е по-слаб, по-нестабилен и по-труден за обяснение.

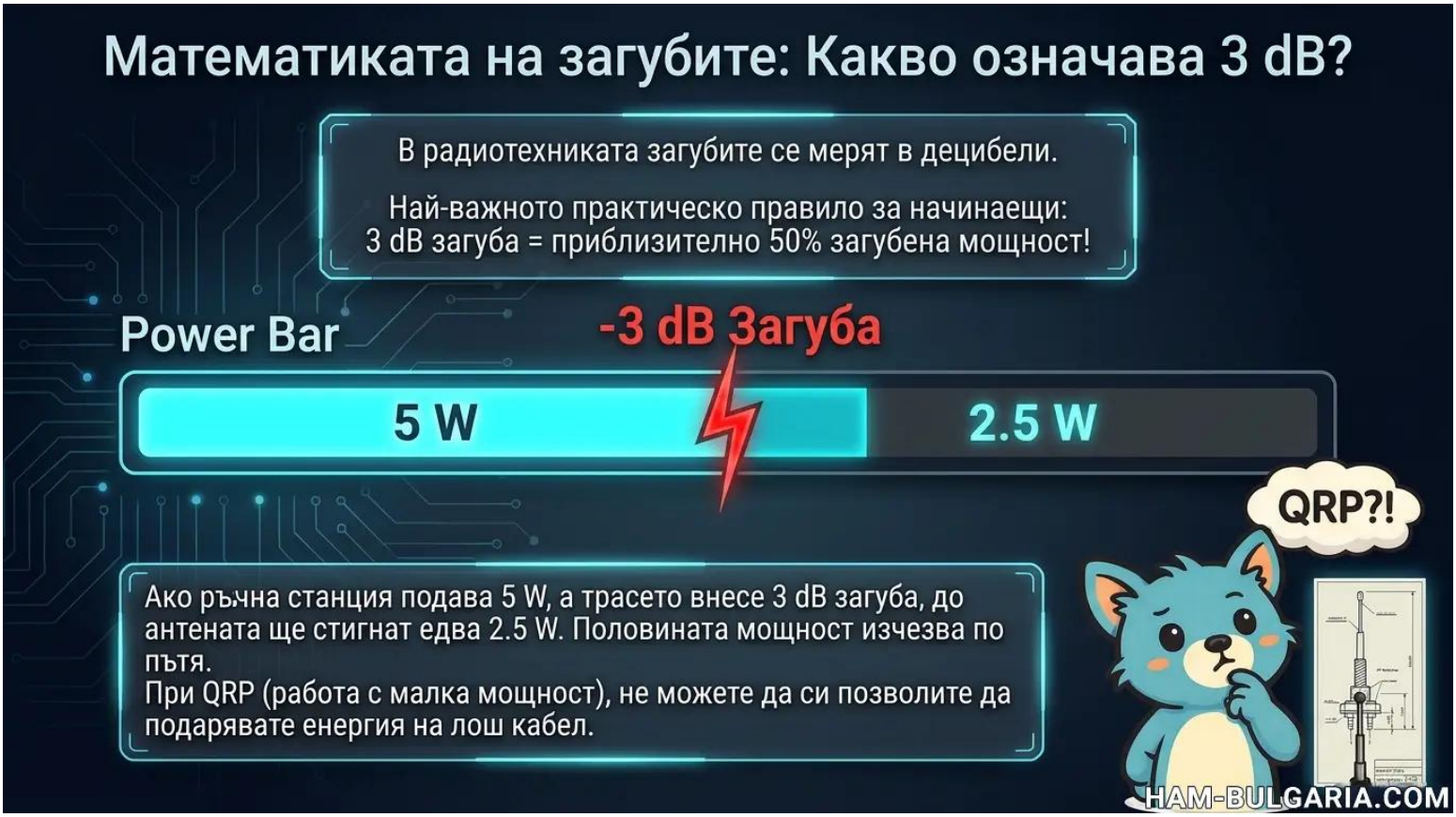
Добрият кабел не е лукс, а част от системата

Качественият кабел не е украшение към радиостанцията. Той е част от пътя, по който енергията стига до антената. Ако този път е добър, системата работи по-предвидимо. Ако е лош, започваме да губим резултат още преди антената да получи шанс да си свърши работата.

Затова добрият кабел обикновено има ясни параметри, подходящ импеданс, добра екранировка, качествен материал и надеждни конектори. Лошият кабел често разчита на красив надпис, меден цвят и надеждата, че никой няма да пита какво има вътре.

Краткият извод е прост: при кабелите „почти същото“ невинаги е същото. В радиотехниката тази разлика може да се превърне в загуби, смущения и много чесане по главата.

Малък пример със загубите



Дотук говорихме за загуби в кабела, но нека ги направим по-видими с прост пример. В радиотехниката загубите често се изразяват в децибели, защото така по-лесно се описват отношения между мощности.

Какво означава 3 dB загуба

Едно от най-полезните правила за начинаещи е следното:

3 dB загуба означава приблизително половината мощност.

Това не е точно „магическо число“, а удобен начин да мислим за загубите. Ако някъде по пътя имаме около 3dB загуба, мощността след тази загуба е приблизително два пъти по-малка.

Пример с 5W радиостанция

Да приемем, че радиостанцията подава 5W към коаксиалния кабел. Ако кабелът, заедно с конекторите и трасето, внесе около 3dB загуба, до антената ще стигнат приблизително 2.5W.

Място в системата	Приблизителна мощност
Изход от радиостанцията	5W
След около 3 dB загуба в кабела	около 2.5W

На пръв поглед радиостанцията пак „работи“ - дисплеят свети, предаването тръгва, антената е свързана. Но половината мощност вече е изчезнала по пътя, преди изобщо да стигне до антената.

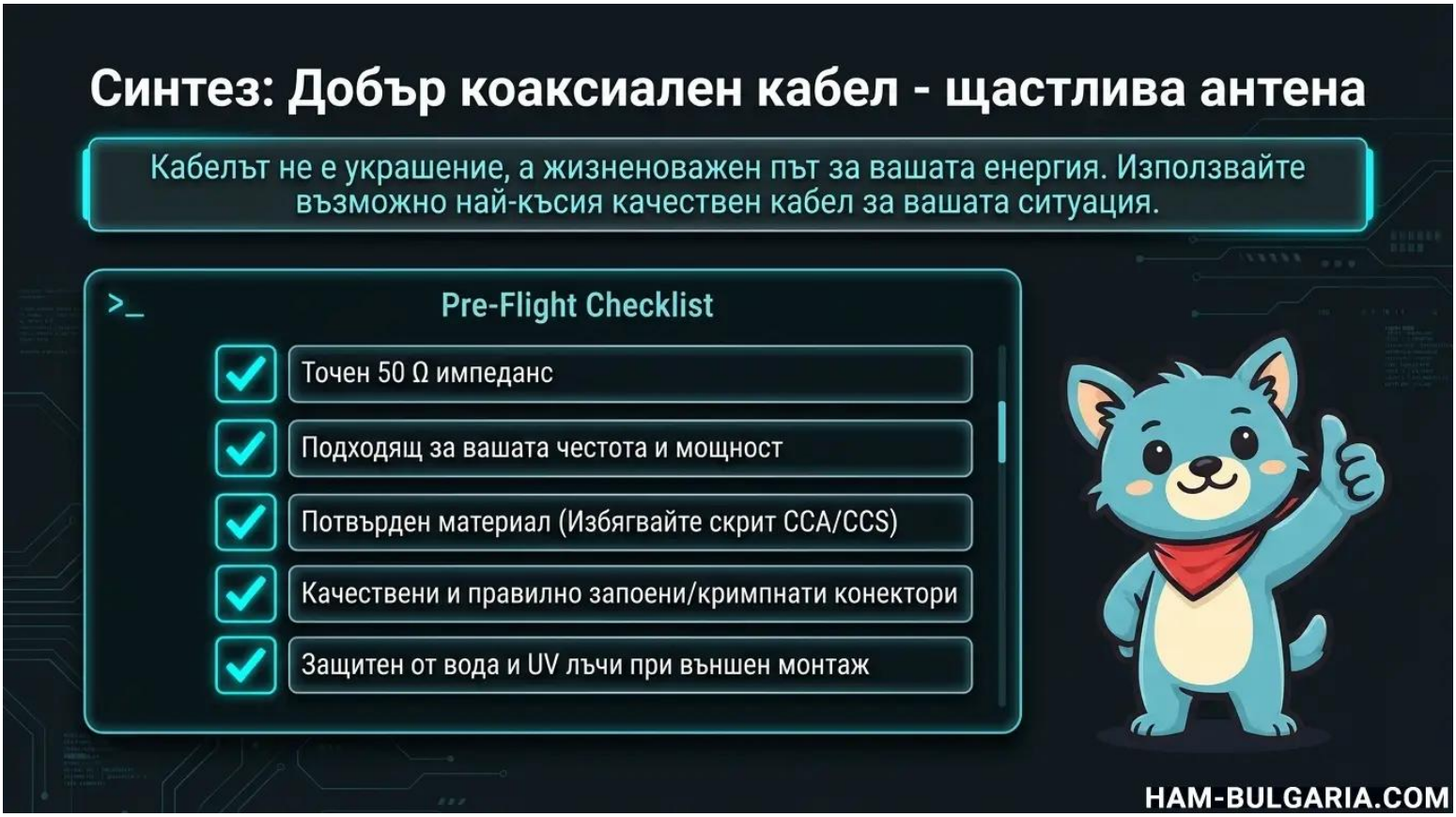
Защо това е важно

Този пример показва защо качеството и дължината на кабела не са дреболии. При ниска мощност, например при ръчни станции и **QRP** работа, всяка загуба се усеща повече. Ако започнем с 5W и загубим половината в кабела, антената вече няма същия шанс да свърши работата си.

Затова децибелите са удобни: те не са само суха математика, а начин да видим колко от резултата се губи по системата. Ако темата с **dB** изглежда странна в началото, това е нормално. След като идеята стане ясна, числата започват да говорят много повече.

Повече за това как се мисли в децибели има в отделната статия за **dB**. Тук е достатъчно да запомним практичното правило: **3 dB загуба е приблизително половината мощност**, а половината мощност е твърде много, за да я подаряваме на лош кабел.

Заключение



Коаксиалният кабел често остава на заден план, защото вниманието обикновено отива към радиостанцията и антената. Но връзката между тях също има значение. Ако кабелът е неподходящ, твърде дълъг, стар или некачествен, част от резултата може да се изгуби още преди сигналът да стигне до антената.

Добрият кабел не е просто по-скъп кабел. Той има подходящ импеданс, по-ниски загуби, добра екранировка, надеждни конектори и ясни параметри. Това прави цялата система по-предвидима и по-надеждна.

Лошият кабел може да изглежда напълно нормално отвън. Може да има правилния надпис, меден цвят и конектор в края. Но ако материалът е съмнителен, екранировката е слаба, трасето е излишно дълго или загубите са големи, радиостанцията и антената няма да могат да покажат пълния си резултат.

Затова практическото правило е просто: използвайте възможно най-късия качествен кабел, който е подходящ за честотата, мощността и монтажа. Евтин, дълъг и съмнителен кабел може тихо да изяде част от сигнала, без веднага да изглежда като виновник.

Добрата радиовръзка не зависи само от радиостанцията и антената. Кабелът между тях също участва. Когато той е качествен, подходящ и добре монтиран, цялата система има много по-голям шанс да работи както трябва.

Добър коаксиален кабел - щастлива антена.

Като допълнение:

Не всеки антенен фидер е коаксиален кабел. В изпитните въпроси може да срещнеш и стария плосък телевизионен кабел с два успоредни проводника. Това е симетрична линия със собствен характеристичен импеданс - често около 300 Ω - и не бива да се бърка с 50 Ω коаксиалните кабели, използвани при повечето радиолюбителски станции.

Документ, създаден от **ham-bulgaria.com** · Пълната статия е достъпна на ham-bulgaria.com/tutorials

Забележка: Поради автоматичното генериране на този PDF, част от математическите формули може да не бъдат визуализирани напълно коректно. За най-добро изживяване, препоръчваме да разгледате статията директно в сайта.