

АЗ РЕМОНТИРАМ ВЛАКОВИ СПИРАЧКИ



Практическо ръководство за поддръжка,
ремонт и изпитване на спирачни системи

Федя Серафиев

КНИГА ЗА ЖЕЛЕЗОПЪТНИ СПИРАЧНИ СИСТЕМИ

АЗ РЕМОНТИРАМ ВЛАКОВИ СПИРАЧКИ

*От фундаменталните физически принципи до модерните многостепенни и
електропневматични системи*

Практическо и концептуално ръководство за диагностика, ремонт и разбиране на
въздушните спирачни системи във железопътния транспорт



Елементи от спирачната система: функционални вентили, цилиндри, резервоари, маркучи и регулатори

ИЗДАТЕЛСКА ИНФОРМАЦИЯ

Заглавие:

„АЗ РЕМОНТИРАМ ВЛАКОВИ СПИРАЧКИ“

Практическо ръководство за поддръжка, ремонт и изпитване на спирачни системи и функционални вентили

Автор:

Федя Серафиев

Съавтор и рецензент:

инж. Христо Сугарев

Главен инженер „Пътнически вагони“

в ППП Пловдив към „БДЖ – Пътнически превози“ ЕООД

Издание: първо • Година: 2026 • ISBN: 978-619-93799-3-6

© Федя Серафиев, 2026

„Аз ремонтирам влакови спирачки“

Всички права запазени.

Никоя част от тази книга не може да бъде възпроизвеждана, разпространявана или използвана по друг начин без предварителното писмено съгласие на автора, с изключение на случаите, разрешени от закона.

ЗА АВТОРА



Федя Серафиев е експерт в областта на железопътните спирачни системи с над 35 години професионален опит.

През тези десетилетия е работил с влакови спирачни системи на водещи световни производители като:

- Oerlikon
- **Knorr-Bremse**
- Faiveley Transport (Wabtec)
- Westinghouse
- И други водещи производители

В момента предоставя консултантски услуги в България и Европа в областта на тестването, ремонта и поддръжката на влакови спирачни системи.

За идеята и съавторството:

Идеята за създаването на това практическо ръководство бе подкрепена и вдъхновена от моя дългогодишен колега и приятел инж. Христо Сугарев. Благодарение на неговия ценен опит, задълбочени познания и съвместни усилия, тази книга се превърна в реалност. Той участва активно както като съавтор на важни раздели, така и като главен рецензент на техническото съдържание.

Съдържание

Увод и концепция на изданието	6
Глава 1: Какво е влаковата спирачка и как започва всичко?	10
Глава 2: Пневматичният триъгълник — ГВП, Помощен и Работен резервоар (А-камера)	13
Глава 3: От налягане към реална спирачна сила — цилиндър, лостова предавка и сцепление колело-релса	16
Глава 4: Електропневматичното управление (ЕР) и модерните мотрисни влакове	21
Глава 5: Функционният вентил отвътре — режими на работа, задържане и товарен авторежим	25
Глава 6: САБ регулаторът (регулатор на лостовите пръти) — принцип, видове и диагностика	29
Глава 7: Секторите — ръчните превключватели Г-П, товарен режим, изолиращият кран и магнитно-релсовата спирачка	33
Глава 8: Компресорът и подготовката на въздуха — къде всичко всъщност започва	37
Глава 9: Въздушните резервоари — тихите съдове, от които зависи всичко	40
Глава 10: Ръчната и пружинната спирачка — как влакът стои неподвижен без нито капка сгъстен въздух	44
Глава 11: Противоповличащата система при пътническите вагони — от центробежния регулатор до електронния WSP	48
Глава 12: Тегловият датчик на товарните вагони — от ръчния сектор до непрекъснатото автоматично измерване	52
Глава 13: Кранът LH 3 — конкретната реализация на изолиращия кран от Глава 7	55
Глава 14: Кноровите ръкави — гъвкавата връзка, която затваря кръга от Глава 1	60
Заклучение	64
Взаимовръзка между основните документи — Бърз справочник	65

Увод и концепция на изданието

Спирачната система е една от най-критичните системи във всяко железопътно превозно средство. От нейната безаварийна и надеждна работа зависи не просто плавното движение и спиране на влака, но и безопасността на хората — както на тези в него, така и на тези около него.

Тази книга е написана за всички, които по една или друга причина са се докоснали до света на железопътните спирачки.

Тя е предназначена както за хората с академичен и технически интерес към материята, така и за практиците — специалистите, които ежедневно изпълняват дейности по обслужване, диагностика, ремонт и изпитване на спирачни системи, но често срещат затруднения при усвояването им от традиционните учебници.

Защото понякога проблемът не е в сложността на самата система, а в начина, по който тя е обяснена.

Стандартната техническа литература изобилства от тежка терминология, сложни условни означения, формули и математически модели. Те са напълно ясни за инженера, който вече познава системата в детайли, но могат да се превърнат в сериозна пречка за човека, който тепърва се опитва да разбере какво всъщност се случва вътре в нея.

Основната цел на тази книга е проста: **да говорим за сложните неща просто.**

Свързващата нишка: от класическите вагони до модерните мотрисни влакове

Днес железопътният транспорт преминава през мащабна модернизация. На нашите релси навлизат все повече съвременни електрически мотрисни влакове от ново поколение — като съставите на Škoda (RegioPanter) и Alstom (Coradia Lint / Coradia Stream). Когато човек погледне високотехнологичната кабина или компютърните дисплеи на една модерна мотриса, може да му се стори, че спирачната ѝ система няма нищо общо с класическия вагон или локомотив.

Но това е само повърхностно впечатление!

Фундаментална приемственост: В основата си спирачката на най-съвременния мотрисен влак на Škoda или Alstom работи по абсолютно същия фундаментален пневматичен принцип, заложен още от Джордж Уестингхаус: автоматична, индиректна въздушна спирачка, контролирана от понижението на налягането в Главния въздухопровод (ГВП).

Основната разлика при модерните мотриси се крие в органа за управление и интеграцията с рекуперацията:

- **Електропневматично управление (EP/EPI):** Вместо въздушният сигнал от крана на машиниста да се разпространява само пневматично със скоростта на звука по тръбата, електрически вентили (EP) на всеки кош сработват мигновено по електронна команда. Това осигурява синхронно спиране на целия състав.
- **Смесено спиране (Braking Blending):** Компютърът на мотрисата първо задейства електродинамичната (рекуперативна) спирачка на тяговите двигатели, връщайки енергия в мрежата. Ако нейната сила не е достатъчна (или при ниска скорост), пневматичната фрикционна спирачка плавно се „добавя“, за да осигури исканото спирачно забавяне.
- **Високо ниво на безопасност (Fail-Safe):** При липса на захранване, прекъсване на електрониката или авария, микропроцесорната система „отстъпва“ и чисто пневматичната автоматична спирачка (чрез спад в ГВП) поема управлението и спира влака безопасно.

Ето защо, за да можеш да разбереш и ремонтираш спирачката на един съвременен влак на Alstom или Škoda, трябва първо да познаваш перфектно чистата пневматика, наляганията в ГВП, работата на разпределителя и механичните закони. Настоящото ръководство гради именно тази здрава основа.

Какъв е подходът ми?

Тук няма да се стремя да впечатлявам с трудна терминология там, където можем да използваме ясни и достъпни думи. Няма да започвам от сухата формула, а от физическото явление. Няма да се ограничаваме само с отговора на въпроса „Какво е това?“, а ще търсим отговорите на съществените въпроси:

- **Защо е конструирано именно така?** Повечето технически решения са резултат от години опит и преодоляване на конкретни проблеми.
- **Как работи системата в динамика?** Проследяване на реалните процеси стъпка по стъпка.
- **Какво се случва, когато нещо не работи?** Анализ на физиката на неизправностите.
- **Как да локализираме повредата?** Алгоритми за откриване на дефекти въз основа на симптомите.
- **Какво трябва да виждаме, чуваме или измерим?** Практически ориентири по време на работа на терен и на изпитателен стенд.

Ще разглеждаме спирачката не като изолирана съвкупност от апарати, разпределители, клапани, резервоари, цилиндри и тръбопроводи, а като жива система, в която всеки елемент има точно определена роля и реагира мигновено на действията на останалите.

Ще проследяваме процесите стъпка по стъпка — от първоначалното зареждане с въздух, през служебното и аварийно спиране, до задържането, регулирането и пълното отпускане. Ще виждаме как въздухът преминава през пневматичните магистрали, как се променят наляганията и как тези промени се превръщат в механично усилие върху спирачните калодки и дискове.

Практика и визуализация

Подходът ни е изцяло практически:

- **Разделяне на сложното:** Когато една пневматична схема изглежда обърквана, ще я разделяме на малки, лесно съпоставими части.
- **Изолиране на процесите:** Когато даден апарат има десетки канали и камери, ще проследяваме само един конкретен процес в даден момент.
- **Логика на симптомите:** Когато една повреда изглежда необяснима, ще тръгваме от видимия симптом и стъпка по стъпка ще стигаме до първопричината.

Илюстрациите и схемите в това издание имат ключова роля. За разлика от стандартните каталози, те няма просто да показват външния вид на даден апарат, а ще разкриват процесите, протичащи вътре в него. Защото една правилно представена схема често спестява страници сух текст.

За кого е предназначена тази книга?

- **За начинаещи и студенти:** хора, които искат да разберат железопътната спирачна система без излишна академична сухота.
- **За млади специалисти:** инженери и шлосери, които тепърва навлизат в професията и изграждат своя практически мироглед.
- **За ремонтния персонал:** механици и сервизни техници, които искат да свържат богатия си практически опит с точните физически принципи на системата.
- **За опитни експерти:** специалисти с дългогодишен стаж, които биха били любопитни от един различен, логически и структуриран начин на преподаване на материята.

В техническата практика често се среща парадокс: човек може години наред безупречно да ремонтира даден апарат, без напълно да си обяснява защо той е конструиран по този начин. Но когато разбереш логиката на конструкцията, ремонтът преставя да бъде просто сляпо изпълнение на последователност от операции. Той се превръща в истинско разбиране.

Заглавието: „Аз ремонтирам влакови спирачки“

Заглавието на тази книга е умишлено директно. Това са думи, които може да изрече всеки шлосер в ремонтния цех, всеки инженер на стенда или всеки специалист, посветил професионалния си път на тази материя.

Но зад тези прости думи стои цял един свят от знания и физически закони:

- Зад всеки звук от изпускащ въздух клапан стоят точни термодинамични и газодинамични закони.
- Зад всяко отклонение в налягането стои сложното взаимодействие между няколко пневматични елемента.
- Зад едно забавено отпускане може да се крие микроскопично замърсяване, износване, грешна настройка или фактор, който на пръв поглед изглежда напълно несвързан със симптома.

И над всичко това стои основното правило в железопътната техника: спирачката трябва да сработи безупречно винаги, когато от нея се изисква да сработи.

Ако след прочитането на тази книга погледнете една пневматична схема и вместо хаос от линии, клапани и съкращения, започнете да виждате живия път на въздуха, динамиката на налягането и последователността на физическите процеси — тогава тази книга е постигнала своята цел.

Да ремонтираш спирачки е професия. Но да разбираш защо и как работят те — това вече е майсторство.

Глава 1: Какво е влаковата спирачка и как започва всичко?

Фундаментът — от физическата функция до първото понижение на налягането

1.1. Какво е влаковата спирачка и за какво служи?

Влаковата спирачна система е най-важният съвкупен механизъм в цялото железопътно превозно средство. Основната ѝ функция е да контролира скоростта, да намалява движението и да осигурява пълното спиране на влака, като по този начин гарантира пълната безопасност на пътниците, товарите, подвижния състав и железопътната инфраструктура.

За разлика от автомобила, където спирането е мигновен механичен или хидравличен процес върху едно единично превозно средство, при влака имаме огромна маса (стотици или хиляди тонове), разпределена в дълъг състав от десетки вагони. Спирачната система трябва да накара всички тези вагони да спират синхронно, контролирано и надеждно.

Основно правило: Влаковата спирачка не просто „спира колелата“ — тя е управляваща система за кинетична енергия. Тя превръща огромната кинетична енергия на движещия се влак в топлинна енергия чрез триене и я разсейва в околната среда.

1.2. Главният въздухопровод (ГВП) — артерията на влака

За да може целият влаков състав да се управлява от едно единствено място (кабината на локомотивния машинист), през всички вагони преминава една непрекъсната стоманена тръба, наречена Главен въздухопровод (ГВП) или Главно въздушно трасе (ГВТ).

ГВП преминава под пода на всеки вагон и завършва в двата му края с челни спирачни кранове и гъвкави спирачни маркучи (кноров ръкав). Когато вагоните са скачени един за друг, техните спирачни маркучи се съединяват и челните кранове се отварят. Така се образува една обща, непрекъсната пневматична магистрала от първия до последния вагон на влака.

Главен въздухопровод (ГВП) между вагоните

Зарядно (работно) налягане в готово за път състояние: 5,0 bar по цялата дължина на състава



Фигура 1.1 — Главният въздухопровод (ГВП) образува непрекъсната пневматична магистрала по цялата дължина на влака

Работното налягане в ГВП: стандартът 5,0 bar

В нормално, готово за път състояние, когато спирачките на влака са напълно разхлабени, в главния въздухопровод се поддържа постоянно налягане от точно 5,0 bar (бара).

Това налягане от 5,0 bar се нарича нормално работно налягане или зарядно налягане. То се осигурява от компресора на локомотива и се поддържа от крана на машиниста.

1.3. Първата стъпка: какво се случва, когато намалим налягането с 0,5 bar?

Влаковата спирачка е автоматична и индиректна. Това означава, че командването се извършва не чрез подаване на въздух, а чрез **намаляване** на налягането в Главния въздухопровод.

Когато машинистът премести ръкохватката на спирачния кран и изпусне малка част от въздуха в ГВП, така че налягането да спадне с 0,5 bar (от 5,0 bar на 4,5 bar), в целия състав протича следната физическа верижна реакция:

- Вълна на понижение:** Спадът на налягането се разпространява като пневматична вълна по целия ГВП с висока скорост (спирачна вълна).
- Сработване на функционалния вентил:** Функционният вентил (разпределителят) на всеки вагон усеща, че налягането в ГВП е станало 4,5 bar, докато в неговата вътрешна работна камера е останало 5,0 bar. Това различие в наляганията премества главния управляващ орган (бутало/мембрана).
- Прехвърляне на въздух към цилиндъра:** Функционният вентил отваря път на сгъстения въздух от Помощния резервоар (ПР) на вагона към Спирачния цилиндър (СЦ).
- Начално (минимално) спиране:** Понижението от 0,5 bar е първата степен на служебно спиране. То създава малко налягане в спирачния цилиндър

(около 0,6 до 0,8 bar), което е напълно достатъчно да избути буталото, да обере хлабините в лостовата система и да притисне леко калодките към колелата.

Защо точно 0,5 bar? Това е т.нар. минимална степен на спиране. Спад, по-малък от 0,3–0,4 bar, може да се приеме от разпределителите като бавно „изтичане“ (неплътност) и спирачката няма да сработи (устойчивост на спирачката). Спадът от 0,5 bar гарантира сигурно и едновременно сработване на всички вагони във влака!

1.4. Логиката на надграждането: от степенно спиране до екстремно (аварийно)

След като сме разбрали първата стъпка от 0,5 bar, изграждането на цялостното разбиране за спирачния процес става лесно и логично:

- **Степенното (служебно) спиране:** Ако машинистът продължи да намалява налягането в ГВП на стъпки (напр. от 4,5 на 4,2... 3,8 bar), функционалният вентил подава все повече въздух към цилиндъра и спирачното усилие се увеличава.
- **Пълно служебно спиране:** При спад на налягането в ГВП с около 1,5 bar (т.е. сваляне до 3,5 bar), спирачният цилиндър достига своето максимално работно налягане (около 3,8 bar). По-нататъшно понижаване на налягането в ГВП при служебно спиране вече не увеличава натиска.
- **Аварийно (бързо) спиране:** Главният въздухопровод се изпразва напълно до 0 bar за възможно най-кратко време. Всички апарати сработват незабавно на пълна мощност.

Глава 2: Пневматичният триъгълник — ГВП, Помощен и Работен резервоар (А-камера)

Как трите налягания управляват функционния вентил, степенното спиране и пълното разхлабване

2.1. Трите основни пневматични обема на всеки вагон

След като вече знаем, че сигналът за спиране идва чрез спад на налягането в Главния въздухопровод (ГВП), възниква логичният въпрос: откъде вагонът взема енергия (въздух), за да натисне калодките, и как разбира точно колко силно да ги притисне?

Отговорът се крие във взаимодействията между три основни пневматични обема, разположени на всеки вагон:

1. **Главният въздухопровод (ГВП):** управляващата магистрала. Неговото налягане се променя постоянно от машиниста (от 5,0 bar надолу при спиране и обратно до 5,0 bar при разхлабване).
2. **Работният (Контролен) резервоар (РР / А-камера):** еталонното налягане. Това е изолиран съд (или камера във вентила), който се зарежда до 5,0 bar и запазва това еталонно налягане непроменено по време на целия спирачен процес.
3. **Помощният резервоар (ПР / R-резервоар):** източникът на силова енергия. Този резервоар също се зарежда до 5,0 bar от ГВП, но при спиране въздухът от него се подава директно в спирачния цилиндър (СЦ).

Златната формула на разпределителя: Функционният вентил постоянно сравнява еталонното налягане в Работния резервоар (А-камерата = 5,0 bar) с променливото налягане в Главния въздухопровод (ГВП). Разликата между тях определя какво налягане да се изпрати към Спирачния цилиндър (СЦ).

Пневматичният триъгълник на вагона



Фигура 2.1 — Пневматичният триъгълник: функционният вентил сравнява ГВП с РР и насочва въздух от ПР към СЦ

2.2. Разбор на степенното спиране: от 0,5 bar до пълно служебно спиране

Спирането не е просто процес на „включено“ и „изключено“. То е фино регулируемо чрез степенно намаляване на налягането в ГВП:

- 1. Първа степен (0,5 bar спад): ГВП = 4,5 bar.** Разликата от 0,5 bar между РР (5,0 bar) и ГВП (4,5 bar) премества органа на вентила. Отворен е пътят от ПР към СЦ. Въздухът навлиза в цилиндъра, докато постигнатото налягане (около 0,6–0,8 bar) създаде обратен баланс, който затваря отвора (състояние на равновесие/задържане). Калодките прилягат плътно към колелата.
- 2. Последващи степени: спад с по 0,2–0,3 bar.** Всеки следващ спад на налягането в ГВП (напр. до 4,2 bar, 3,9 bar...) нарушава отново равновесието във вентила. Той пропорционално подава още въздух от ПР към СЦ, увеличавайки натиска на калодките.
- 3. Пълно служебно спиране: спад с 1,5 bar (ГВП = 3,5 bar).** При спад на налягането в ГВП с 1,5 bar (от 5,0 на 3,5 bar), налягането в Спирачния цилиндър достига своя максимален технически предел — обикновено около 3,8 bar (при товарни/пътнически вагони). По-нататъшно изпускане на въздух от ГВП при служебно спиране няма да увеличи налягането в цилиндъра, защото е достигнат пълният потенциал на системата.

2.3. Как протича процесът на разхлабване (отпускане)?

За да разхлаби спирачките, машинистът подава въздух от компресора обратно в ГВП, повишавайки налягането му.

Степенно разхлабване: При съвременните автоматични спирачки (тип KE, Oerlikon и др.), когато налягането в ГВП се повиши с малка стъпка (напр. от 3,5 на 3,8 bar), функционалният вентил започва да изпуска съответна част от въздуха от Спирачния цилиндър в атмосферата. Това позволява плавно намаляване на спирачното усилие в движение.

Пълно разхлабване: Когато налягането в ГВП се възстанови напълно до 5,0 bar, функционалният вентил изпразва изцяло Спирачния цилиндър до 0 bar. Възвратната пружина в цилиндъра прибира буталото, а лостовата система отдръпва калодките от колелата. Същевременно през дозиращи отвори във вентила се дозарежда Помощният резервоар (ПР) до 5,0 bar, подготвяйки вагона за следващо спиране.

Ключов извод за майстора: Ако Работният резервоар (РР, А-камерата) няма плътност и изпуска въздух, вентилът „се излъгва“, че налягането в ГВП се покачва, и спирачката започва самovolно да разхлабва! Ето защо плътността на контролния/работен обем е закон №1 при ремонта.

Глава 3: От налягане към реална спирачна сила — цилиндър, лостова предавка и сцепление колело-релса

Как буталото, лостовите и триенето превръщат пневматиката в спиращо усилие — и къде е физическата граница на системата

3.1. Спирачният цилиндър — там, където въздухът става механика

До момента проследихме пътя на въздуха: от Главния въздухопровод, през функционалния вентил, до Спирачния цилиндър (СЦ). Сега трябва да отговорим на следващия логичен въпрос: как налягането в него, измерено в bar, се превръща в реална сила, притискаща калодката към колелото?

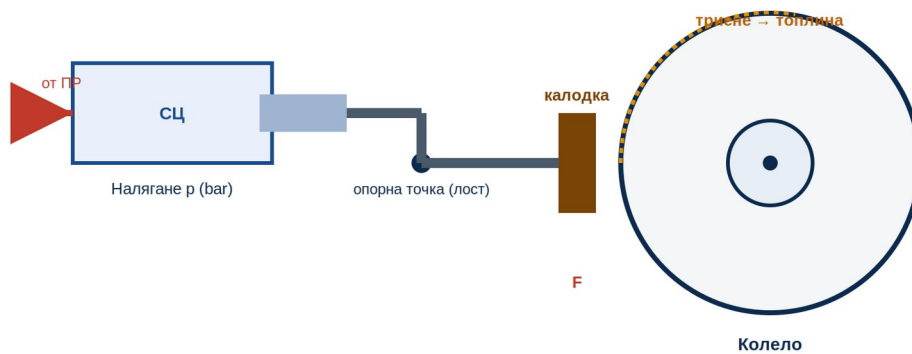
Спирачният цилиндър е обикновен, но изключително надежден апарат: метално тяло, в което се движи бутало с гумено уплътнение. От едната страна на буталото действа сгъстеният въздух, подаден от Помощния резервоар; от другата страна е разположена мощна възвратна пружина.

Ключов момент: буталният ход. Преди да се роди каквато и да е спирачна сила, буталото трябва първо да измине определено разстояние — да „обере“ хлабината между спокойните калодки и колелото. Едва след затварянето на тази хлабина нарастването на налягането започва реално да произвежда сила.

Именно затова хлабината (лостовият ход) е един от най-честите източници на проблеми в експлоатацията. Ако тя е прекалено голяма — поради износени калодки или разрегулиран регулатор на лостовите пръти — голяма част от буталния ход отива за „гонене“ на хлабината, налягането в цилиндъра расте бавно, а ефективното спирачно усилие закъснява.

Регулатор на лостовите пръти (САБ регулатор). За да не се налага ръчна настройка при всяко износване на калодките, съвременните вагони и моториси използват автоматичен регулатор на лостовите пръти — в практиката често наричан просто САБ регулатор (по името на утвърдения производител SAB WABCO) — устройство, вградено в лостовата система или директно в спирачния цилиндър, което автоматично скъсява ефективната дължина на предавката, поддържайки буталния ход в тесни, предварително зададени граници, независимо от степента на износване на фрикционния материал.

От налягане към спирателна сила: цилиндър — лост — калодка — колело



Лостовата предавка усилва (мултиплицира) буталната сила и я насочва към калодката

Фигура 3.1 — От налягане в цилиндъра, през лостовата предавка, до силата на калодката върху колелото

3.2. Лостовата предавка — умножителят на силата

Силата, която буталото развива, директно зависи от произведението на налягането и работната площ на буталото. Тя обаче рядко е достатъчна, за да притисне ефективно калодките — затова между цилиндъра и калодките е разположена лостова система (спирателна тяга).

Лостовата предавка работи по класическия принцип на лоста: къс рамо откъм буталото и по-дълго рамо откъм калодката (или обратно, в зависимост от конструкцията) умножават силата с определено предавателно число, характерно за всеки тип вагон или мотриса. При товарни вагони това отношение често е по-голямо, защото товарната маса и изискваната спирателна сила са по-значителни спрямо наличното налягане.

Важно е да се разбира: лостовата предавка не създава енергия — тя само преобразува малка сила, действаща на голям ход, в голяма сила, действаща на малък ход. Именно затова геометрията и точките на окачване на лостовете са строго определени в чертежите и не подлежат на произволна „подобряваща“ намеса на терен.

3.3. Триенето между фрикционния елемент и колелото — къде изчезва кинетичната енергия

Стигаме до мястото, където физиката на движението реално се „консумира“. Когато калодката притисне търкалящата повърхност на колелото (или когато накладката притисне спирателния диск при дисково спиране), силата на триене създава момент, противодействащ на въртенето на колооста.

Коефициентът на триене между чугунена или композитна калодка и стоманено колело не е постоянна величина. Той зависи от скоростта, температурата на повърхностите, влажността, замърсяванията (масло, листа, ръжда) и от самия

материал на фрикционния елемент. Именно тази променливост е причината композитните (органични) калодки постепенно да изместват класическите чугунени — те предлагат по-стабилен коефициент на триене в широк диапазон от скорости и температури, макар и с различен звуков и топлинен профил.

Цялата кинетична енергия на движещия се влак се превръща в топлина в зоната на триене. При продължително или интензивно спиране (например при дълъг наклон) температурата на колелото или диска може да нарасне значително, което налага прецизно проектирани системи за отвеждане на топлината и, при нужда, редуциране на спирачното усилие с цел предпазване от термична деформация.



Фигура 3.2 — Дискава спирачка: спирачен диск и спирачен апарат

3.4. Границата, която никой лост не може да пренебрегне: сцеплението колело-релса

Тук стигаме до един от най-важните — и често подценявани — принципи в цялата спирачна техника: колкото и силно да притиснем калодката, спирачната сила никога не може да надвиши силата на сцепление между колелото и релсата.

Сцеплението зависи от нормалната сила (тежестта, падаща върху осите) и от коефициента на сцепление колело-релса, който при сухи, чисти релси е сравнително висок, но рязко спада при влага, замърсяване, листа или заскрежаване — състояния, добре познати на всеки железопътен практик.

Ако спирачната сила, генерирана от лостовата система, надвиши моментната сила на сцепление, колелото спира да се търкаля и започва да се плъзга

(„блокиране“ на колелото). Плъзгащото колело не само драстично намалява ефективността на спирането (плъзгащото триене обикновено е по-слабо от търкалящото сцепление), но създава и характерни плоски участъци по бандажа („плоски места“), които впоследствие причиняват силна вибрация, шум и ускорено износване на колоосите и релсовия път.

Противоповличаща защита (WSP — Wheel Slide Protection).

Съвременните мотриси и локомотиви разполагат с електронна система, следяща въртенето на всяка колоос чрез датчици за скорост. При засичане на рязко забавяне на дадена колоос спрямо останалите — признак за начеващо повличане (плъзгане) — системата автоматично и мигновено намалява (или изцяло изпуска) налягането в съответния спирачен цилиндър, позволявайки на колелото отново да „захапе“ релсата, след което постепенно възстановява спирачното усилие. По същество WSP е железопътният аналог на автомобилната ABS система, но работи с по-груби пневматични изпълнителни органи и по-различна динамика.

Практическо правило: Спирачната верига е верига от последователни „тесни места“ — налягане, бутален ход, лостово усилие, триене, сцепление. Реалната спирачна сила на влака винаги е ограничена от най-слабото звено в тази верига в дадения момент, а не от максималното налягане, което можем да развием в цилиндъра.

3.5. Диагностика на терен: какво ни казва веригата „цилиндър — лост — калодка“

Разбирането на тази физическа верига директно се превежда в диагностична логика:

- Недостатъчно спирачно усилие при нормално налягане в цилиндъра почти винаги сочи към механичен проблем надолу по веригата: прекалено голям бутален ход, разхлабена или неправилно регулирана лостова система, износени или замаслени калодки, или неизправен регулатор на лостовите пръти (САБ регулатор).
- Прекалено бързо достигане на максимален бутален ход (без реално притискане) обикновено показва счупена, откачена или неправилно сглобена тяга.
- Характерен металически „ритмичен ударен“ звук при движение на влака след спиране е класически признак за плоско място по бандажа — последица от предходно блокиране на колело, което насочва проверката към изправността на противоповличащата защита (WSP) и към състоянието на калодките на съответната ос.
- **Неравномерно износване на калодките между отделните оси** на един и същ вагон често сочи различия в регулировката на буталния ход между отделните спирачни цилиндри — проблем, който изисква прецизна проверка с калибър, а не „на око“.

Именно тук се вижда защо познаването на физиката от предходните глави не е академично упражнение — то е директен и надежден инструмент за бърза и точна локализация на повредата, вместо механично подменяне на части по подозрение.

Глава 4: Електропневматичното управление (ЕР) и модерните мотрисни влакове

Как чистата пневматика получава електронен „ускорител“ — и защо тя остава последната гаранция за безопасност

4.1. Границата на чистата пневматика: скоростта на спирачната вълна

В Глава 1 видяхме, че командата за спиране се разпространява по Главния въздухопровод като пневматична вълна на понижението на налягането. Тази вълна се движи бързо, но не мигновено — тя има крайна скорост на разпространение, обусловена от физичните свойства на въздуха и геометрията на тръбопровода.

При кратък състав от два-три вагона тази разлика във времето между сработването на първия и последния вагон е практически незначима. Но при дълъг товарен влак от няколко десетки вагона закъснението между главата и опашката на състава вече е измеримо и има реално значение — то поражда надлъжни удари между вагоните (сблъсък на буферите при спиране), защото предните вагони започват да спират частица от секундата по-рано от задните.

Именно тази физическа особеност на чисто пневматичното управление е тласнала развитието на електропневматичното управление (ЕР) — решение, при което командата за спиране не разчита единствено на скоростта на пневматичната вълна.

4.2. Електропневматичните (ЕР) клапани

При влак, оборудван с ЕР спирачка, всеки кош разполага с електропневматичен клапан (ЕР клапан), свързан към управляващ електрически кабел или комуникационна шина, преминаваща по цялата дължина на състава — паралелно на класическия Главен въздухопровод, който продължава да съществува и работи.

Когато машинистът задейства спирачния кран, електронна команда се разпространява почти мигновено (със скоростта на електрическия сигнал) до ЕР клапана на всеки кош. Клапаните отварят пътя от Помощния резервоар към Спирачния цилиндър директно, без да чакат физическото пристигане на пневматичната вълна по ГВП.

Резултатът е синхронно, едновременно сработване на спирачките по цялата дължина на влака — независимо от неговата дължина — и съответно много по-плавно и комфортно спиране, без надлъжни удари между вагоните.

Важно уточнение: ЕР управлението не заменя пневматиката — то само ускорява и синхронизира нейната команда. Въздухът за самото спиране пак идва от Помощния резервоар през същите пътища, познати ни от Глава 2. ЕР системата е „нервна система“, добавена върху вече съществуващата пневматична „мускулатура“.



Фигура 4.1 — Логиката на смесеното спиране: компютърът разпределя заявеното усилие между електродинамичната и пневматичната спирачка

4.3. Смесено спиране (Braking Blending) при мотрисните влакове

При съвременните електрически мотриси (като споменатите в увода RegioPanter на Škoda или Coradia на Alstom) ЕР управлението се комбинира и с втори източник на спирачно усилие — електродинамичната (рекуперативна) спирачка на тяговите двигатели.

Когато машинистът заяви спиране, бордовият компютър анализира каква част от исканото забавяне може да бъде осигурена от тяговите двигатели, работещи в генераторен режим. Тази електродинамична спирачка се задейства с приоритет, защото връща произведената електрическа енергия обратно в контактната мрежа (или в резервни съпротивления, ако мрежата не може да я поеме) и практически не износва никакви фрикционни елементи.

Ако електродинамичното усилие не е достатъчно, за да покрие заявеното забавяне — например при ниска скорост, близо до пълна спирка, където ефективността на тяговите двигатели в генераторен режим намалява — компютърът плавно „добавя“ необходимата разлика чрез пневматичната фрикционна спирачка, управлявана от ЕР клапаните. Пътникът усеща едно-единствено плавно, непрекъснато забавяне, без да е наясно кой от двата източника на практика върши работата във всеки отделен момент.

4.4. Fail-safe: връщането към чиста пневматика

Централният принцип на железопътната безопасност е, че никоя електронна добавка не трябва да може да намали надеждността на основната, доказана във времето система. Затова ЕР управлението е проектирано изцяло върху принципа fail-safe.

При прекъсване на електрическото захранване, повреда в комуникационната шина, разкачване на влака или всякаква друга неизправност на електрониката, ЕР клапаните преустановяват работа, но спирачката не престава да функционира. Тъй като Главният въздухопровод и класическият функционален вентил на всеки вагон продължават да съществуват и да работят независимо, спадът на налягането в ГВП (задействан ръчно от машиниста или автоматично при скъсване на влака) поема управлението по чисто пневматичен път — точно така, както е описано в Глави 1 и 2.

С други думи: ЕР системата може само да добавя скорост и комфорт към спирането. Тя никога не е единственият път, по който спирачката може да сработи — а това е фундаментално условие, на което всяка съвременна железопътна администрация държи при одобряването на нов подвижен състав.

4.5. Диагностика при ЕР системи: разделяне на електрическия от пневматичния слой

Наличието на два паралелни слоя — електрически и пневматичен — променя и логиката на диагностика на терен:

- **Спирачката работи, но „закъснява“ и с удар между вагоните** — типичен признак, че ЕР управлението не функционира и влакът работи само на чиста пневматика (авариен пневматичен режим). Проверката трябва да започне от електрическата верига, а не от пневматичните апарати.
- **Отделен кош не реагира синхронно с останалите** — насочва към локален проблем с ЕР клапана, кабелното съединение или комуникационния възел на съответния кош, а не към целия състав.
- **Рязко, „твърдо“ спиране вместо плавно нарастване на усилието** — може да сочи проблем в логиката за смесване (blending) — например неправилно отчитане на наличния електродинамичен ресурс, което кара системата да разчита преждевременно единствено на пневматичната фрикционна спирачка.
- Пневматичните параметри (налягания, времена на пълнене) са в норма, но плавността и комфортът при спиране липсва — насочва вниманието именно към електрическия/софтуерния слой, а не към класическите пневматични апарати, разгледани в предходните глави.

Именно затова специалистът от новото поколение железопътна техника трябва да съчетава двете компетенции: перфектното познаване на чистата пневматика (защото тя е фундаментът и последната линия на защита) и разбирането на електрическата логика, добавена върху нея. Едното не измества другото — то стъпва върху него.

Глава 5: Функционният вентил отвътре — режими на работа, задържане и товарен авторежим

Отваряме „черната кутия“ от Глава 2: как един апарат различава зареждане, спиране, задържане и разхлабване

5.1. От черна кутия към разбираем механизъм

В Глава 2 представихме функционния вентил (наричан още разпределител) като апарат, който сравнява две налягания и в резултат пропуска въздух от Помощния резервоар към Спирачния цилиндър. Това е вярно описание, но то премълчава нещо съществено: разпределителят не е обикновен клапан с две положения „отворено“ и „затворено“ — той е прецизен механизъм с няколко ясно дефинирани работни положения, всяко със своя собствена, различна вътрешна логика.

Именно способността му да превключва плавно между тези положения — без каквато и да е електроника, само чрез механичното взаимодействие на бутала, мембрани и пружини — прави индиректната въздушна спирачка едно от най-елегантните инженерни решения в историята на железопътния транспорт.

5.2. Четирите работни положения

Независимо от конкретния производител и модел (KE, Oerlikon, Dako, Knorr), всеки функционен вентил преминава през четири принципно различни работни положения:

1. **Зареждане.** ГВП е на постоянни 5,0 bar. Вентилът пропуска въздух едновременно към Работния резервоар (РР) и Помощния резервоар (ПР), докато и двата достигнат еталонните 5,0 bar. Спирачния цилиндър е свързан с атмосферата и остава напълно изпразнен.
2. **Спиране (Service).** При спад на налягането в ГВП вентилът отваря директен път от ПР към СЦ. Въздухът навлиза в цилиндъра и налягането в него започва да расте.
3. **Задържане (Lap).** Когато машинистът спре да намалява налягането в ГВП, разликата, задвижвала клапана, изчезва и той механично застива в равновесно положение. Пътят ПР → СЦ се затваря, но и връзката към атмосферата остава затворена. Налягането в цилиндъра остава точно такова, каквото е било в момента на застиване — нито расте, нито пада.
4. **Разхлабване (Release).** Когато налягането в ГВП отново се повиши, вентилът отваря път от Спирачния цилиндър към атмосферата. Въздухът излиза, буталото се прибира от възвратната пружина, а ПР и РР се дозареждат за следващия цикъл.

Четири работни положения на функционния вентил



Фигура 5.1 — Четири работни положения на функционния вентил и преходите между тях

5.3. Задържането — най-важното и най-подценявано положение

От четирите положения именно задържането превръща спирачката от груб превключвател в прецизен регулатор. Без него всяко понижение на налягането в ГВП би довело единствено до пълно спиране (0 или максимум, без междинни степени) — точно каквото видяхме, че НЕ се случва в реалността, когато проследихме степенното спиране в Глава 2.

Благодарение на задържането всяко малко, контролирано понижение на налягането в ГВП произвежда съответно малко, контролирано покачване на налягането в СЦ, след което апаратът застива и чака следващата команда. Именно тази способност — да „запомня“ постигнатото ниво и да чака — е сърцевината на цялата концепция за степенно служебно спиране.

За майстора: Ако при частично спиране (например 4,2 bar в ГВП) налягането в цилиндъра продължава бавно да расте само по себе си, вентилът не успява да застине правилно в задържане — почти сигурен признак за износено или замърсено уплътнение на главния клапан или на мембраната.

5.4. Ускорителят на аварийното спиране

В Глава 4 обяснихме, че скоростта на разпространение на пневматичната вълна по ГВП е физически ограничена и създава закъснение между главата и опашката на дълъг влак. При служебно спиране това закъснение се толерира. Но при аварийно спиране всяка изгубена частица от секундата се превръща в допълнителни метри спирачен път — а именно тук те са напълно неприемливи.

Затова много функционални вентили включват вграден аварийен ускорител (ускорителна глава). При рязко и голямо понижение на налягането в ГВП — характерно единствено за аварийно спиране — тази част от апарата отваря локален директен изход, през който въздухът от ГВП се изпуска в атмосферата непосредствено на мястото на всеки вагон, а не само в кабината на машиниста.

Резултатът е, че самият спад на налягането се разпространява по-бързо по дължината на влака, защото всеки вагон активно „помага“ да се изпразни тръбата пред себе си, вместо пасивно да чака въздухът да пристигне отдалеч. Ускорителят е чисто механично, изцяло пневматично решение — то работи дори при влакове без никаква електроника, което го прави надежден резервен път за скъсяване на спирачния път при авария.

5.5. Товарен и празен режим (авторежим товарен-празен)

Дотук приемахме, че при пълно служебно спиране налягането в Спирачния цилиндър винаги достига един и същ максимум (около 3,8 bar). Това е вярно опростяване, но крие сериозен практически проблем при товарните вагони: празен товарен вагон тежи многократно по-малко от напълно натоварен, но и двата биха получили едно и също спирачно усилие, ако вентилът работеше еднакво и в двата случая.

При празен вагон прекалено силното спирачно усилие би довело точно до проблема, разгледан в Глава 3 — надвишаване на наличното сцепление колело-релса и блокиране на колелата. При натоварен вагон същото усилие може да се окаже недостатъчно за навременно спиране на цялата маса.

Решението е автоматичен регулатор товарен/празен режим (авторежим), механично свързан с окачването на вагона. Той физически „усеща“ доколко е притисната пружината на окачването от товара и съответно ограничава (при празен вагон) или разрешава (при натоварен вагон) максималното налягане, което функционалният вентил може да развие в Спирачния цилиндър — обикновено чрез дроселиране на пропускания дебит или чрез механично изместване на упор в самия вентил.

Практически ориентир: Ако забележите ръчен превключвател или табелка „товарен / празен“ до спирачния цилиндър на стар тип товарен вагон — това е ръчният предшественик на автоматичния авторежим. При съвременните вагони позицията се задава автоматично от механизма на окачването и не изисква намеса от персонала при всяко натоварване.

5.6. Диагностика: симптоми, произтичащи директно от вътрешната логика на вентила

Разбирането на четирите положения превръща абстрактните оплаквания в конкретни, проверими хипотези:

- **Самоволно (спонтанно) задействане на спирачката в покой** — вентилът „мисли“, че ГВП пада, макар машинистът да не изисква това.

Насочва към неплътност в самия ГВП, в Работния резервоар или в уплътненията на главния клапан на вентила.

- **„Мързелив“ вентил — бавно нарастване на налягането в СЦ** при рязко понижение на ГВП обикновено сочи към замърсен или частично запушен вътрешен канал, пречещ на бързото преминаване между положенията.
- **Спирачката не влиза в задържане** (налягането в СЦ продължава да расте, докато не опразни целия ПР) — показва износено уплътнение на главния клапан, което не успява да застине точно в равновесната позиция.
- **Различно спирачно усилие между еднакво натоварени вагони** — насочва към разминаване в настройката или изправността на авторежима товарен/празен, а не към самите калодки или цилиндри.
- **По-дълъг от очаквания спирачен път само при екстрено спиране на дълъг състав** — насочва вниманието към ускорителната глава на вентилите по състава, а не към основния сервизен път на спирачката.

Всеки от тези пет симптома изглежда напълно различен на пръв поглед. Но щом веднъж разберете кое от четирите работни положения отговаря за всеки един процес, диагностиката престава да бъде гадаене и се превръща в последователно изключване на хипотези — точно както подхожда всеки добър инженер.

Глава 6: САБ регулаторът (регулатор на лостовите пръти) — принцип, видове и диагностика

Апаратът, който Глави 3 и 5 само загатнаха: как хлабината се поддържа автоматично, без нито един ръчен винт

6.1. Едно устройство, две имена

В Глава 3 и Глава 5 споменахме, че съвременните вагони и мотриси разполагат с автоматичен регулатор, поддържащ буталния ход в тесни граници. Време е да изясним терминологията докрай, защото в практиката се използват едновременно няколко имена за един и същ апарат:

- **Регулатор на лостовите пръти** — название, което описва мястото и начина на действие: апаратът физически скъсява или удължава ефективната дължина на тягата (лостовите пръти) между спирачния цилиндър и калодките.
- **Регулатор на хлабини** — название, което описва физическата величина, която апаратът поддържа постоянна: хлабината между калодка и колело, съответно — буталния ход.
- **САБ регулатор** — най-разпространеното разговорно име в експлоатацията, произлизащо от името на утвърдения производител SAB WABCO, чиито конструкции са толкова широко разпространени, че името на марката е станало нарицателно за целия клас устройства — подобно на „хайджак“ за крик или „скоч“ за лепенка.

И трите названия описват точно един и същ физически апарат. Няма грешка в използването на което и да е от тях — важното е да разбираме, че става дума за едно-единствено устройство, разгледано през три различни, допълващи се перспективи.

6.2. Защо хлабината расте — и защо не бива да чакаме шлосера

Всяко спиране износва мъничко фрикционния материал на калодките. С всеки следващ ремонтен цикъл разстоянието между спокойна калодка и колело леко нараства. Ако това нарастване не се компенсира, буталният ход постепенно се удължава — до степен, в която спирачният цилиндър буквално не разполага с достатъчно дълъг ход, за да притисне ефективно калодките, преди целият обем въздух от Помощния резервоар да бъде изразходван.

Преди въвеждането на автоматичните регулатори това е налагало редовна ръчна настройка от персонала — трудоемка, лесна за пропускане и зависима от човешкия фактор задача, извършвана на определен пробег или интервал. САБ регулаторът премахва тази зависимост напълно: той действа автоматично при

всяко спиране, независимо дали го е грижа някой техник за него в момента, или не.

Принципът на действие на САБ регулатора



Цикълът се повтаря автоматично при всяко спиране — без ръчна намеса от персонала

Фигура 6.1 — Принципът на действие на САБ регулатора: сензорна щанга, сравнение с номинален ход и автоматично скъсяване на тягата



Фигура 6.1а — Реален САБ регулатор (регулатор на лостовите пръти) с регулираща щанга

6.3. Принцип на действие

Въпреки разнообразието от конкретни конструкции, всички автоматични регулатори на лостови пръти работят по един и същ принципен алгоритъм:

- 1. Отчитане.** При всяко задействане на спирачката специална сензорна (контролна) щанга измерва реалния изминат ход на буталото или на свързания с него лост.
- 2. Сравнение.** Тази стойност се сравнява механично — без никаква електроника — с фабрично зададен номинален ход, вграден в геометрията на самия регулатор.

3. **Задействане при отклонение.** Ако измереният ход надвиши номиналния с повече от допустим толеранс, вътрешен съединител (муфа) освобождава задвижващ механизъм — обикновено с форма на винт и гайка — който се завърта с точно определена стъпка.
4. **Корекция.** Завъртането скъсява ефективната дължина на тягата между цилиндъра и лостовата система с точно толкова, колкото е необходимо, за да върне буталния ход обратно в зададените номинални граници.

Ключова особеност: Регулаторът работи само в посока скъсяване на хлабината (компенсиране на износване). Той никога не удължава тягата сам по себе си — това би било опасно. Удължаване (връщане назад) се извършва единствено чрез умишлена ръчна операция при подмяна на калодки или при демонтаж на лостовата система.

6.4. Основни видове конструкции

- **Външно монтиран регулатор:** разположен като отделен елемент по дължината на лостовата система, извън тялото на спирачния цилиндър. По-лесен е за визуален преглед и подмяна, но заема допълнително място под вагона.
- **Вграден (интегриран) регулатор:** механизмът е вграден директно в тялото на спирачния цилиндър, образувайки един-единствен компактен апарат. По-компактно решение, характерно за повечето съвременни мотриси, но изискващо демонтаж на целия цилиндър при по-задълбочена диагностика на самия регулатор.
- **Еднопосочно (само скъсяващо) действащ регулатор:** класическата, най-разпространена конструкция — компенсира единствено износване, без възможност за автоматично връщане назад.
- **Двупосочно действащ регулатор:** по-сложна конструкция, способна и да коригира леко в обратна посока при определени условия — среща се по-рядко и изисква по-прецизна поддръжка.

6.5. Диагностика на неизправности в регулатора

Регулаторът е механично устройство и като такова има характерни, разпознаваеми симптоми на повреда:

- **Регулаторът „не хваща“ (буталният ход продължава да расте с всеки цикъл)** — обикновено сочи към заклещен, корозирал или механично повреден задвижващ механизъм (винт/гайка), който не може да се завърти дори при ясно надвишен ход.
- **Регулаторът е „презатегнал“ (буталният ход е необичайно къс, калодките леко се допират до колелото дори в покой)** — показва прекомерно скъсяване, най-често след неправилна ръчна намеса или дефект в съединителната муфа, която не изключва навреме задвижването.

- **Пукащ или тракащ звук при всяко спиране и разхлабване** — чест, но не винаги тревожен признак за нормална работа на задвижващия механизъм; става проблем единствено ако е съпроводен от реално отклонение в буталния ход.
- Различен бутален ход между два еднакво износени цилиндъра на един и същ вагон — насочва към конкретен, локално неизправен регулатор, а не към обща системна причина.

Именно защото регулаторът работи напълно автоматично и невидимо за окото при всяко пътуване, редовната проверка на буталния ход с калибър — а не само „на око“ — остава едно от най-важните и едновременно с това най-подценявани действия в периодичната поддръжка на спирачната система.

Глава 7: Секторите — ръчните превключватели Г-П, товарен режим, изолиращият кран и магнитно-релсовата спирачка

Ръкохватките от страни на вагона, които на пръв поглед изглеждат второстепенни, но директно определят как ще се държи цялата система

7.1. Какво е „сектор“?

По цялата дължина на всеки вагон, от страни, непосредствено до функционалния вентил или до спирачния цилиндър, са изведени няколко ръкохватки — метални лостове, всеки от които може да бъде поставен в две или три ясно фиксирани положения. В железопътната практика тези лостове и вътрешните механични плочки, които те въртят, се наричат общо сектори.

Всеки сектор физически премества вътрешен механичен елемент (плочка, диск или клин) в тялото на съответния апарат, като по този начин променя пътя, по който преминава въздухът, или силата на вътрешна пружина. Това е чиста механика — без нито един електрически контакт — но последствията от неправилното положение на един-единствен сектор могат да бъдат също толкова сериозни, колкото и повреда в самия апарат.



Всеки лост физически завърта вътрешен механичен сектор, който променя пътя на въздуха вътре в апарата

Фигура 7.1 — Трите основни ръчни сектора от страни на вагона: режим Г-П, товарен режим и изолиращ кран

7.2. Режимният превключвател Г-П (товарен - пътнически)

Буквите Г и П означават товарен (Груз, по аналогия с международно възприетото немско означение „Güter“) и пътнически режим. Този сектор задава принципно различна вътрешна динамика на функционалния вентил — различна скорост на пълнене и изпразване на Спирачния цилиндър.

Положение П (пътнически): вентилът работи бързо — кратко време за пълнене на Спирачния цилиндър и бързо разхлабване. Това е необходимо при по-кратките пътнически композиции, където бързата, синхронна реакция на всички вагони е приоритет пред плавността на надлъжните усилия.

Положение Г (товарен): вентилът работи забавено и с по-голяма сила — по-бавно пълнене и особено по-бавно разхлабване. Забавянето е умишлено: при много дълъг товарен състав то предотвратява рязкото „отпускане“ на предните вагони, докато задните все още спират — ситуация, която би довела до силни надлъжни удари и опасност от разкачване или „счупване“ на състава.

Практическа опасност: Товарен вагон, забравен в режим „П“, ще реагира прекалено рязко и ще генерира опасни надлъжни усилия в дълъг състав. Обратното — пътнически вагон, останал в режим „Г“ — ще спира и ще отпусна забележимо по-бавно от съседните му вагони, нарушавайки комфорта и синхронността на спирането. Проверката на позицията на този сектор е задължителна част от прегледа преди тръгване.

7.3. Ръчният товарен превключвател (Празен - Среден - Натоварен)

В Глава 5 разгледахме автоматичния авторежим товарен/празен, който съвременните вагони определят сами чрез окачването си. При по-старите конструкции и при част от товарните вагони обаче тази функция все още се задава ръчно — чрез трипозиционен сектор с надписи „Празен“, „Среден товар“ и „Натоварен“.

Персоналът, извършващ товаренето, е длъжен ръчно да постави лоста в положение, съответстващо на реалното натоварване на вагона в момента. Логиката е абсолютно същата, както при автоматичния авторежим, разгледан в Глава 5 — само че тук решението не се взема механично от пружината на окачването, а от преценката и дисциплината на човека.

Именно затова ръчният товарен сектор е един от най-честите източници на човешка грешка в експлоатацията: вагон, натоварен докрай, но забравен в положение „Празен“, ще получи занижено спирачно усилие и ще увеличи реалния спирачен път на целия влак — обратната грешка (празен вагон в положение „Натоварен“) директно връща проблема със сцеплението колело-релса, разгледан в Глава 3, и създава реален риск от блокиране и приплъзване на колелата.

7.4. Изолиращият (спирачен) кран — включване и изключване на вагона

Третият основен сектор не променя динамиката на спиране, а изцяло включва или изключва целия вагон от системата. Изолиращият кран е монтиран

директно на връзката между Главния въздухопровод и функционалният вентил на вагона и има само две позиции: „Включено“ и „Изключено“.

Когато кранът е в положение „Включено“, вагонът участва напълно в спирачната система на влака — зарежда се, спира и отпуска синхронно с останалите. Когато е поставен в положение „Изключено“, ГВП продължава да преминава непрекъснато през вагона (влакът не губи целостта на магистралата), но конкретно този вагон вече не реагира на промените в налягането — неговите спирачки остават напълно бездействащи.

Тази функция се използва умишлено, когато спирачната уредба на конкретен вагон е установена като неизправна и представлява по-голяма опасност в действие, отколкото в бездействие — например при засечено самоволно задействане, описано в Глава 5, или при сериозна пневматична неплътност. Изключването на един вагон обаче директно намалява общото спирачно тегло на влака, затова се извършва единствено по строго определена процедура и с изричното съгласие на компетентния персонал, а не като бърз „технически трик“ на терен.

Критично правило за безопасност: Изключването на спирачката на вагон никога не е неутрално действие — то намалява реалната спирачна способност на целия влак. Всяко такова изключване трябва незабавно да бъде отчетено в изчисляването на наличното спирачно тегло на състава, а не просто „забравено“ след отстраняване на вагона от движение.

7.5. Магнитно-релсовата спирачка — усилие, независимо от сцеплението

В Глава 3 установихме фундаментална физическа граница: колкото и силно да притиснем калодката, спирачната сила никога не може да надвиши наличното сцепление между колелото и релсата. Магнитно-релсовата спирачка (позната и като електромагнитна релсова спирачка) е конструирана именно за да заобиколи тази граница — не като я нарушава, а като въвежда съвсем различен физически механизъм на спиране.

Вместо да действа през колелото, магнитно-релсовата спирачка представлява електромагнитен блок, окачен под рамата на талигата, точно над релсата. При задействане той се спуска надолу и — благодарение на силно електромагнитно поле — буквално се „залепва“ за главата на релсата. Триенето, което спира влака, възниква директно между магнитния блок и релсата, а не между колелото и релсата.

Тъй като тази сила не преминава през допирната точка колело-релса, тя изобщо не е ограничена от коефициента на сцепление, разгледан в Глава 3, и не може да предизвика приплъзване или блокиране на колелата по познатия механизъм. Именно затова магнитно-релсовата спирачка се използва основно

като допълнително, аварийен резерв — на съвременни мотриси, трамваи и високоскоростни влакове — за постигане на изключително голямо забавяне при спешни ситуации, а не като част от нормалното ежедневно служебно спиране.

За майстора: Магнитно-релсовата спирачка създава значително по-силно триене и износва релсата по различен начин от класическото колело-калодка триене. Затова тя обичайно се задейства само при аварийно спиране или при специално зададени условия (например засечена намалена адхезия), а не постоянно — прекомерната ѝ употреба ускорява износването на релсовия път.

7.6. Диагностика: сектор в грешно положение или реален дефект?

Преди да се насочи вниманието към скъп ремонт на вътрешен апарат, всяка диагностика трябва да започне с елементарната, но често пропускана проверка на позицията на трите сектора:

- **Влак или вагон реагира необичайно рязко или необичайно бавно спрямо останалите** — първата проверка е позицията на режимния сектор Г-П, а не непременно вътрешна неизправност на вентила.
- **Забележимо занижено спирачно усилие при видимо натоварен вагон** — насочва директно към ръчния товарен сектор, преди да се предполага дефект в цилиндъра или калодките.
- **Конкретен вагон изобщо не участва в спирането, докато останалите работят нормално** — най-вероятната причина е изолиращият кран, оставен по невнимание в положение „Изключено“, а не сериозна вътрешна повреда.
- **Необичайно бързо износване на релсовата глава на определени участъци** — при возила с магнитно-релсова спирачка си заслужава да се провери честотата и условията на нейното задействане.

Проверката на позицията на секторите отнема секунди и не изисква никакъв инструмент — затова тя винаги трябва да предхожда всяка по-задълбочена и времеемка диагностика на вътрешните пневматични апарати.

Глава 8: Компресорът и подготовката на въздуха — къде всичко всъщност започва

Връщаме се в самото начало на Глава 1: откъде идват тези 5,0 bar и защо влагата е тихият враг на цялата система

8.1. Скритото допускане в основата на всичко досега

В Глава 1 приехме за даденост, че Главният въздухопровод се поддържа на постоянни 5,0 bar. През следващите седем глави проследихме подробно какво се случва с този въздух — как се разпределя, как задвижва цилиндри, лостове, регулатори и сектори. Нито веднъж обаче не си зададохме въпроса откъде идва самият въздух и — още по-важно — в какво състояние трябва да бъде той, за да работи безотказно всичко описано дотук.

Отговорът е едно от най-подценяваните звена в цялата спирачна система: компресорната уредба и подготовката на въздуха. Проблем тук не спира влака веднага — той се проявява бавно, коварно, седмици по-късно, като симптоми, които изглеждат несвързани с истинската причина.

Пътят на въздуха преди да достигне ГВП



Всичко, разгледано в Глави 1–7, разчита на едно скрито условие: постъпващият въздух да е чист и сух
Влагата, пропусната тук, се проявява по-късно като „мързелив“ вентил, корозия и замръзнали клапани

Фигура 8.1 — Пътят на въздуха от компресора до Главния въздухопровод

8.2. Компресорът и Главният резервоар (ГР)

Компресорът, монтиран на локомотива или на самата мотриса, произвежда сгъстен въздух при налягане, съществено по-високо от работните 5,0 bar в ГВП — обикновено около 9–10 bar. Тази разлика не е случайна: тя осигурява необходимия резерв, за да може системата да поддържа стабилни 5,0 bar в магистралата дори при временно по-голямо потребление на въздух (например при последователни спирания и отпускания).

Произведеният въздух постъпва първо в Главния резервоар (ГР) — обемист метален съд, който изпълнява ролята на буфер. Той изглажда пулсациите от

буталния компресор и осигурява непрекъснат запас от въздух дори докато компресорът временно не работи. Специален пресостат (регулатор на налягането) автоматично включва и изключва компресора между два прага — например между 7,5 и 9 bar — поддържайки резерва в тесни граници без излишно износване на самия компресор.

8.3. Подготовката на въздуха: изсушаване и филтриране

Атмосферният въздух, засмукван от компресора, винаги съдържа известно количество водна пара. При компресиране въздухът рязко се нагрява, а после, докато преминава по тръбопроводите и се охлажда, тази водна пара кондензира — превръща се в течна вода директно вътре в пневматичната система.

Ако тази влага не бъде отстранена, тя се разпространява по целия път, разгледан в предходните глави — Главен резервоар, ГВП, Работен и Помощен резервоар, функционален вентил, спирачен цилиндър. Именно затова непосредствено след Главния резервоар се монтират изсушители на въздух (адсорбционни или хладилни) и филтри, чиято единствена задача е да отделят водата и следите от масло от компресора, преди въздухът да продължи по-нататък по системата.

Съвременните изсушители работят автоматично и включват периодично, циклично продухване, изхвърлящо събраната влага в атмосферата — характерният кратък съскащ звук, който се чува периодично изпод локомотива или мотрисата в депо, обикновено идва точно оттук.

Защо влагата е толкова опасна: Спомнете си „мързеливия“ вентил от Глава 5 — вътрешен канал, частично запушен и пречещ на бързото преминаване между работните положения. Много такива случаи нямат нищо общо с износване, а са резултат от насъбрала се вътре ръжда или намръзнал лед, стигнали дотам единствено защото подаваният въздух не е бил достатъчно сух.

8.4. Редукционният клапан — от резерва към стабилната работна стойност

Налягането в Главния резервоар непрекъснато трепти между двата прага на пресостата (например 7,5–9 bar), докато Главният въздухопровод трябва да поддържа точно стабилни 5,0 bar, за да работи коректно цялата логика, описана в Глави 1–7. Тази стабилизация се осигурява от редукционен клапан (регулатор на налягането в крана на машиниста), който независимо от моментното налягане в ГР на входа си, винаги поддържа точно зададената стойност на изхода си към ГВП.

Именно благодарение на редукционния клапан машинистът и разпределителите на всеки вагон никога не усещат директно колебанията в

Главния резервоар — те работят винаги спрямо една стабилна, предвидима базова стойност.

8.5. Предпазни (обезопасителни) клапани

Като допълнителна защита срещу евентуален дефект в пресостата или в регулацията на компресора, системата разполага с предпазни клапани — прости, изцяло механични устройства, калибрирани да отворят и да изпуснат въздух в атмосферата автоматично, ако налягането в Главния резервоар надвиши безопасна горна граница.

Тези клапани не участват в нормалната работа на системата и в изправно състояние никога не се задействат — тяхното сработване винаги е сигнал, че нещо друго (обикновено пресостатът) вече не изпълнява коректно основната си функция.

8.6. Диагностика: симптоми, водещи обратно към компресора и подготовката на въздуха

Редица оплаквания, изглеждащи като локални повреди в далечни части на системата, всъщност водят началото си точно оттук:

- **Периодично появяваща се влага или ръжда във вътрешността на апарати**, за които няма друго логично обяснение — насочва директно към неизправен или пренаситен изсушител, а не към конкретния апарат.
- **Компресорът включва прекалено често и за кратко** — обикновено сочи към неплътност (изтичане) някъде по системата, принуждаваща компресора непрекъснато да компенсира загубения въздух, вместо да почива между цикли.
- **Необичайно бавно зареждане на ГВП след продължителна престой** — може да сочи към недостатъчен капацитет или частична неизправност на самия компресор, а не към проблем надолу по веригата.
- **Замръзване на клапани и кранове през зимния период** — почти сигурен признак за влага в системата, натрупала се поради неефективно или неизправно изсушаване.
- **Задействане на предпазния клапан на Главния резервоар** — никога не е за пренебрегване; изисква незабавна проверка на пресостата и регулацията на компресора, преди какъвто и да е друг ремонт по спирачната система.

Тази глава затваря кръга, започнат в Глава 1: числото „5,0 bar“, което приехме за даденост в самото начало на книгата, всъщност е резултат от внимателно проектирана и поддържана верига — компресор, резервоар, изсушаване, стабилизация. Разбирането на цялата тази верига, от извора до последната калодка, е разликата между механик, който подменя части по подозрение, и специалист, който наистина познава системата, която ремонтира.

Глава 9: Въздушните резервоари — ТИХИТЕ СЪДОВЕ, ОТ КОИТО ЗАВИСИ ВСИЧКО

ПР, РР и ГР отблизо: защо обемът им не е случаен и защо един-единствен пропуск в грешния съд заблуждава цялата логика на системата

9.1. Резервоарът не е просто „варел за въздух“

През осемте предходни глави резервоарите се появяваха постоянно — като страна в пневматичния триъгълник от Глава 2, като енергиен източник за цилиндъра от Глава 3, като буфер зад компресора от Глава 8. Никъде обаче не спряхме да разгледаме самите резервоари като самостоятелна тема, макар че именно те съхраняват цялата енергия, с която системата разполага във всеки конкретен момент.

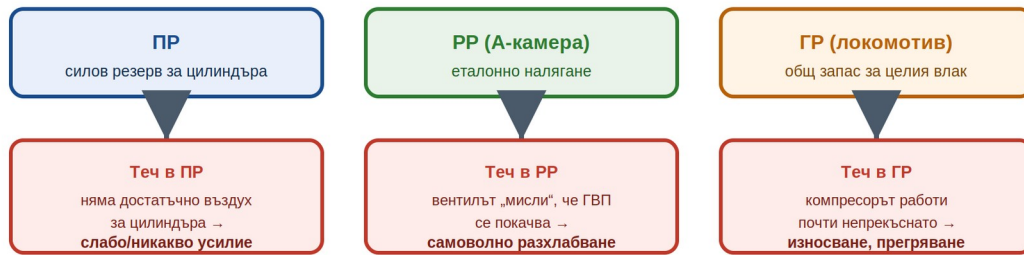
Всеки резервоар е закрит метален съд с точно определен обем (литраж), проектиран да съхранява сгъстен въздух под налягане в готовност за незабавно използване. На пръв поглед той изглежда като най-простият елемент от цялата система — няма движещи се части, няма клапани, няма електроника. Именно тази привидна простота го прави и най-лесен за подценяване, макар щетите от неизправност в него да засягат директно и незабавно цялата верига надолу по системата.

9.2. Трите основни резервоара и тяхната различна роля

- **Помощен резервоар (ПР):** непосредственият силов източник за Спирачния цилиндър, разгледан подробно в Глава 2 и Глава 3. Той съхранява точно количеството енергия, необходимо за едно пълно спиране, и се дозарежда автоматично при всяко разхлабване.
- **Работен резервоар (РР / А-камера):** еталонният, референтен обем, разгледан в Глава 2 и Глава 5. Той не подава силова енергия към цилиндъра — единствената му задача е да съхранява стабилно еталонно налягане, с което функционният вентил сравнява текущото налягане в ГВП.
- **Главен резервоар (ГР):** буферният обем на локомотива или мотрисата, разгледан в Глава 8. За разлика от ПР и РР, които са индивидуални за всеки отделен вагон, ГР обслужва цялото возило, от което тръгва зареждането на всички останали обеми надолу по влака.

При съвременните електрически мотриси и локомотиви към тези три класически обема се добавят и допълнителни (спомагателни) резервоари — независими съдове, захранващи системи, несвързани пряко със спирането: пневматично задвижване на вратите, пантографа, сигналния рог. Тяхното разделяне от основната спирачна верига е умишлено — авария или разход на въздух в спомагателна система не бива да засяга наличния резерв за спиране.

Един и същ симптом — „слаба спирачка“ — три различни причини



Външно оплакването е едно и също: „спирачката не държи“ или „не спира добре“
Но локализацията на теча в конкретния резервоар определя точната първопричина

Фигура 9.1 — Един и същ външен симптом, три напълно различни първопричини според това кой резервоар тече

9.3. Защо обемът (литражът) не е случайно избран

Обемът на всеки резервоар се определя инженерно, а не произволно, и е пряко обвързан с обема на апарата, който той захранва. Помощният резервоар например трябва да съдържа достатъчно въздух, за да напълни докрай Спирачния цилиндър при пълно служебно спиране, при това с известен резерв — защото налягането в резервоара неизбежно спада, докато въздухът преминава към цилиндъра, и след прехвърлянето остатъчното налягане в PR все още трябва да бъде достатъчно високо, за да поддържа исканата сила.

Именно затова по-големи и по-тежки вагони, изискващи повече спирачна сила и по-обемни спирачни цилиндри, задължително се комплектоват с пропорционално по-обемни помощни резервоари. Монтирането на резервоар с неподходящ (прекалено малък) обем при ремонт — дори привидно съвместим по резба и извод — може да доведе до системно занижено спирачно усилие, необяснимо на пръв поглед, ако не се провери именно тази подробност.

За майстора: При подмяна на резервоар при ремонт винаги проверявайте номиналния обем, гравирани или щамповани върху корпуса му, спрямо оригиналната техническа документация на вагона — не само присъединителните размери. Два визуално еднакви резервоара от различен литраж могат да пасват механично, но да променят реалното поведение на спирачката.

9.4. Конструкция, корозия и периодични изпитания

Резервоарите традиционно се изработват от заварена стоманена ламарина, способна да издържа многократно по-високо налягане от нормалното работно, с предвиден солиден запас на якост. Именно защото са затворени съдове под

налягане, те подлежат на същите строгите регулаторни изисквания, както индустриалните съдове под налягане в други отрасли — включително периодични хидравлични изпитания, при които резервоарът се проверява под налягане, значително надвишаващо работното, за да се потвърди механичната му годност.

Вътрешната корозия е основният дългосрочен враг на всеки резервоар — пряко следствие от темата, разгледана в Глава 8: влагата, останала в сгъстения въздух, се утаява именно в най-ниските точки на резервоарите. Затова всеки резервоар е оборудван с кран за източване на кондензат в най-ниската си точка, чието редовно, периодично отваряне е елементарна, но съществена профилактична мярка — пренебрегването ѝ директно съкращава живота на самия съд отвътре навън.

9.5. Защо пропуск в резервоар лъже цялата система, а не само намалява налягането

Интуитивно бихме очаквали, че теч в резервоар просто означава „по-малко въздух“ — количествен, а не логически проблем. В действителност, както видяхме в Глава 2 и Глава 5, някои резервоари не просто съхраняват енергия, а служат за еталон, спрямо който вентилът взема решения. Именно затова последствията от теч се различават драстично в зависимост от това кой точно резервоар е засегнат:

- **Теч в Помощния резервоар** е сравнително „честен“ проблем: количеството налична енергия за цилиндъра намалява, спирачното усилие отслабва пропорционално, а симптомът е логичен и предвидим.
- **Теч в Работния резервоар** е далеч по-коварен: тъй като вентилът приема падащото налягане в РР за признак, че ГВП се покачва (в логиката, изяснена в Глава 2), системата буквално се самозалъгва и започва да разхлабва спирачката без каквато и да е команда от машиниста — най-опасният възможен резултат от привидно „дребен“ теч.
- **Теч в Главния резервоар** не засяга директно конкретен вагон, а поставя под непрекъснато натоварване компресора на цялото возило — с последствия, разгледани подробно в Глава 8.

С други думи: обемът на теча е второстепенен въпрос. Първостепенният въпрос винаги е кой точно резервоар тече, защото именно той определя коя логическа верига от предходните осем глави ще бъде нарушена.

9.6. Диагностика: локализиране на пропуск

Откриването на теч в резервоар следва логична, последователна процедура, а не случайно опипване:

- **Тест със спад на налягането във времето.** Изолира се съответният резервоар (при затворени останали пътища) и се следи скоростта, с която налягането пада за определен период. Бърз, измерим спад категорично потвърждава теч и дава груба представа за неговия мащаб.
- **Тест със сапунен разтвор.** Всички резбови съединения, заварки и изводи на резервоара под налягане се намазват с разтвор на вода и сапун — характерните мехурчета безпогрешно и визуално посочват точното място на пропуски.
- **Слухова проверка.** По-големите пропуски издават характерно, постоянно съскане, доловимо дори без специализиран инструмент — първата, най-бърза стъпка при всяка проверка на терен.
- **Съпоставка на симптома с таблицата от Фигура 9.1.** Естеството на оплакването (слабо спирачно усилие спрямо самоволно разхлабване) насочва директно към конкретния резервоар, преди изобщо да е извършена физическа проверка — спестявайки ценно време при диагностика под времеви натиск.

Резервоарите нямат нито един движещ се механизъм, който да се „износи“ в класическия смисъл — единственият им реален враг е загубата на херметичност, независимо дали причинена от корозия, лошо уплътнение или механично увреждане. Именно поради тази обезоръжаваща простота те твърде често остават извън фокуса на редовната профилактика, въпреки че — както видяхме в тази глава — пропуск в тях наистина може да „убие“ цялата логика на системата, изградена в предходните осем глави.

Глава 10: Ръчната и пружинната спирачка — как влакът стои неподвижен без нито капка сгъстен въздух

Един пропуск, който Глава 9 подсказа сама: щом никой резервоар не е перфектно херметичен, какво удържа влака на място часове по-късно?

10.1. Границата на пневматичната спирачка: тя не е за вечно неподвижно състояние

Цялата логика, изградена в Глави 1–9, описва отлично как влакът спира и как остава спрял в рамките на едно пътуване — минути или най-много часове, докато системата е под наблюдение и евентуален малък теч се компенсира автоматично от компресора. Но какво се случва, ако влак или изолиран вагон трябва да остане неподвижен часове или дни — например паркиран в депо, оставен на страничен коловоз или изведен от експлоатация за ремонт?

Както видяхме в Глава 9, никой реален резервоар не е перфектно херметичен — с течение на времето, без компресор, който да компенсира естествените микроскопични пропуски, налягането във всяка пневматична система неизбежно спада. Ако единствената спирачка на возилото беше пневматичната, разгледана дотук, всеки достатъчно дълго паркиран влак рано или късно би се разхлабил сам — точно механизмът, разгледан в Глава 5 при „самоволното разхлабване“, но тук като напълно предвидим, а не аварийно състояние. Именно затова всяко железопътно возило разполага с напълно независима от сгъстения въздух система за обездвижване.

10.2. Класическата ръчна спирачка

При товарните вагони, а и при по-старите пътнически конструкции, тази независима система най-често е механична ръчна спирачка — маховик (колело) с дръжка, монтиран обикновено в единия край на вагона, свързан чрез верига или винтова щанга директно към същата лостова система, разгледана в Глава 3.

Завъртайки маховика, работникът механично опъва веригата, издърпвайки лостовите и притискайки калодките към колелата — без нито един грам сгъстен въздух да участва в процеса. Силата идва изцяло от мускулната сила на човека, предадена през предавка с голямо предавателно число, точно както лостовата предавка от Глава 3 умножава силата на буталото.

Ръчната спирачка е бавна за задействане и не е предназначена за екстрено спиране в движение — нейната единствена задача е сигурно, дълготрайно обездвижване на неподвижен вече вагон. Именно затова тя се задейства едва след пълното спиране на вагона чрез обичайната пневматична спирачка, а не вместо нея.

Практическо правило: Броят на вагоните, обезопасени с ръчна спирачка при паркиране на състав, не е произволен — той се определя чрез изчисление, отчитащо наклона на терена, общото тегло на състава и метеорологичните условия. Задействането само на един случаен вагон „за всеки случай“ не е заместител на тази процедура.



Фигура 10.1 — Служебната камера и пружинният акумулатор споделят философията fail-safe, но в противоположни посоки

10.3. Пружинният акумулатор — паркинг спирачката на съвременните мотриси

Съвременните електрически мотриси и локомотиви рядко разчитат на маховик и верига. Вместо това те използват пружинен акумулатор (позната още като spring-applied, air-released — SAAR паркинг спирачка) — допълнителна камера, вградена в самия спирачен цилиндър, разгледан подробно в Глава 3.

Тази допълнителна камера съдържа мощна механична пружина с постоянно предварително напрежение, чиято естествена тенденция е непрекъснато да бута буталото в посока на задействане на спирачката. За да остане спирачката разхлабена, тази пружина трябва активно да бъде задържана свита — чрез сгъстен въздух, подаван в противоположната ѝ страна на камерата.

Логиката тук е буквално обратна на служебната камера от Глава 3:

- **Служебна камера (Глава 3):** наличие на въздух → спирачката се задейства. Липса на въздух → спирачката е разхлабена.
- **Камера на пружинния акумулатор:** наличие на въздух → пружината е свита, спирачката е разхлабена. Липса на въздух → пружината се освобождава автоматично и задейства спирачката.

Резултатът е елегантен fail-safe механизъм, огледален на принципа от Глава 1 и Глава 4: докато возилото е под налягане и в експлоатация, пружината остава свита и не пречи на нормалната служебна спирачка. Но при спиране на компресора, разкачване, дълъг престой или всякаква друга причина за постепенна загуба на налягане,

пружината рано или късно ще надделее и ще обездвижи возилото напълно самостоятелно — без никаква човешка намеса и без нито един волт електричество.

10.4. Блокировки за безопасност при потегляне

Точно защото пружинният акумулатор е толкова силен и надежден, съвременните возила разполагат с електронна блокировка, свързваща състоянието на паркинг спирачката директно с командата за тяга. Ако наличното налягане в системата все още не е достатъчно, за да задържи пружината напълно свита и потвърдено освободена, бордовата електроника физически не позволява подаване на тягово усилие към двигателите.

Тази блокировка предотвратява един изключително опасен сценарий: потегляне на возилото с частично задействана паркинг спирачка, което би довело до едновременно движение и силно триене — прегряване на калодките, аварийно износване и в краен случай механична повреда на самата спирачна система.

10.5. Диагностика на ръчната и пружинната спирачка

Двете системи, макар конструктивно различни, споделят сходна логика на диагностика:

- **Пружинният акумулатор не се освобождава дори при нормално налягане в системата** — сочи към заклещен механизъм, повредено уплътнение в освобождаващата камера или недостатъчно налягане поради теч именно в тази конкретна камера, а не в основната служебна част на цилиндъра.
- **Возилото се движи (или се плъзга) въпреки привидно задействана паркинг спирачка** — насочва към отслабена (уморена) пружина, изгубила част от първоначалното си напрежение след дългогодишна експлоатация, или към недостатъчна сила поради износени калодки, некомпенсирани от регулатора на лостовите пръти (Глава 6).
- **Ръчна спирачка на вагон, която не държи достатъчно здраво** — най-често показва разтегната или неправилно обтегната верига, а не проблем в самите калодки или цилиндъра.
- **Блокировката не позволява потегляне въпреки видимо освободена паркинг спирачка** — насочва към неизправност в самия електронен датчик за положение, а не към реално механично задържане на возилото.

Ръчната и пружинната спирачка рядко присъстват в ежедневните разговори за железопътната техника — те не участват в динамичното спиране, разгледано в предходните девет глави, и остават невидими през по-голямата част от експлоатационния живот на возилото. Но именно тяхната изправност е

последната гаранция, че едно неподвижно возило наистина ще си остане неподвижно.

Глава 11: Противоповличащата система при пътническите вагони — от центробежния регулатор до електронния WSP

Глава 3 само спомена WSP бегло. Сега разглеждаме и по-старото, изцяло механично решение — ЦРБ и АПП — и какво точно е спечелено при прехода към електрониката

11.1. Защо точно пътническите вагони получиха тази защита първи

В Глава 3 установихме фундаменталната физическа граница: спирачната сила никога не може да надвиши наличното сцепление между колело и релса, а нейното превишаване води до блокиране, приплъзване и характерните „плоски места“ по бандажа. Тази защита се появи първо именно при пътническите вагони — те се движат с по-високи скорости, возят хора, за които плавността и безопасността на спирането са с най-висок приоритет, а „плоско място“ по колело на бързо движещ се вагон създава силна, опасна вибрация много по-рано, отколкото при по-тежък и по-бавен товарен състав.

Преди появата на електрониката обаче не е съществувал никакъв датчик за скорост, никакъв бордови компютър и никаква комуникационна шина, каквито познаваме от Глава 4. Задачата — засичане на приплъзване и незабавна намеса — е трябвало да бъде решена по чисто механичен, изцяло пневматичен път.

11.2. Центробежният регулатор (ЦРБ) — сензорът без нито един електрически контакт

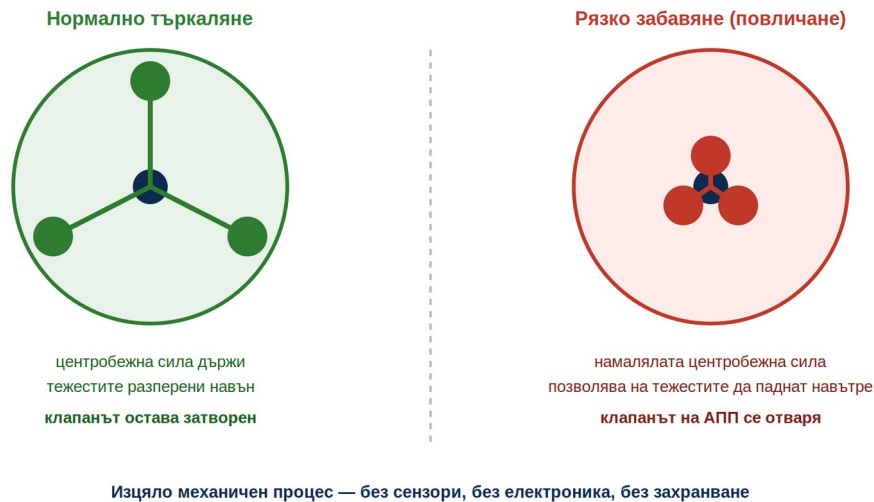
Центробежният регулатор (ЦРБ) е малък механичен апарат, монтиран директно на края на оста на колооста, въртящ се заедно с нея. Вътре в него са разположени няколко тежести, окачени на кръстовидна ос, които при въртене биват изхвърлени навън от центробежната сила — точно както при класическия регулатор на парна машина, познат от историята на машиностроенето.

Хитростта на конструкцията е следната: центробежната сила, действаща върху тежестите, зависи пряко от скоростта на въртене на оста. Докато колоостта се търкаля нормално — дори по време на интензивно, но контролирано спиране — скоростта ѝ намалява плавно, съизмеримо с реалното забавяне на влака, и тежестите остават разперени навън, задържани от достатъчна центробежна сила.

Но ако колелото внезапно блокира и започне да се плъзга по релсата (повлича), неговата ъглова скорост пада драстично и много по-рязко, отколкото реалната

скорост на самия влак. Именно тази рязка, необичайна разлика в темпото на забавяне ЦРБ засича механично: центробежната сила рязко спада, тежестите вече не могат да бъдат задържани разперени и механично „паднат“ навътре.

Механичният принцип на центробежния регулатор (ЦРБ)



Фигура 11.1 — Центробежният регулатор различава нормално забавяне от внезапно повличане единствено чрез механика

11.3. Апаратът против повличане (АПП) — изпълнителният орган

Механичното движение на тежестите в ЦРБ само по себе си не би могло да свърши работа — то трябва да бъде превърнато в реално пневматично действие върху спирачния цилиндър. Тази задача изпълнява апаратът против повличане (АПП), пряко и механично свързан с ЦРБ.

Когато тежестите на ЦРБ паднат навътре при засечено повличане, те механично задействат клапан вътре в АПП, който рязко изпуска въздух от спирачния цилиндър на съответната колоос (или талига) директно в атмосферата. Колелото се освобождава от спирачното усилие, отново получава възможност да се търкаля, а не да се плъзга, и възвръща сцеплението си с релсата — принципно същият резултат, който в Глава 3 описахме за електронния WSP, но постигнат тук без нито един сензор, кабел или бордови компютър.

Ключова разлика в детайла: Класическият ЦРБ/АПП работи на ниво талига или дори на ниво вагон, а не индивидуално за всяка отделна колоос. Той защитава от най-тежкия случай на пълно блокиране, но не притежава фиността да коригира леко, постепенно намаляващо сцепление на само една ос, докато съседната ѝ ос продължава да се търкаля нормално.

11.4. Ограниченията на чисто механичното решение

- **Механична инерция и хистерезис:** самите въртящи се тежести имат маса и не реагират абсолютно мигновено — реакцията е бърза за времето си, но принципно по-бавна от електронен сигнал, разгледан в Глава 4.
- **Грубост на прага на задействане:** чувствителността на ЦРБ се определя от теглото на тежестите и коравината на пружините му — фиксирани механични параметри, зададени още при производството, трудни за прецизна настройка спрямо конкретни експлоатационни условия.
- **Необходимост от периодична механична поддръжка:** движещите се части на ЦРБ подлежат на износване, замърсяване и нужда от смазване — за разлика от електронен датчик за скорост, който принципно няма механично триене в самия сензор.
- **Ограничена гранулярност:** реакцията обхваща цяла талига или вагон, а не индивидуална колоос, за разлика от съвременния WSP, разгледан в Глава 3.

11.5. Преходът към електронния WSP

Електронният WSP, който разгледахме накратко в Глава 3, замества именно тази механична двойка ЦРБ/АПП с индивидуален датчик за скорост на всяка отделна колоос и бордови компютър, способен да сравнява показанията им в реално време — с точност и скорост на реакция, недостижими за въртящи се механични тежести.

Предимствата на прехода са преки продължения на ограниченията, изброени по-горе: индивидуална защита на всяка колоос поотделно, електронно, а не механично конфигурируем праг на чувствителност, и директна интеграция с електропневматичното управление (ЕР) и логиката на смесеното спиране, разгледани в Глава 4 — нещо, което чисто механичният ЦРБ просто не би могъл да „разговаря“ с останалата електроника на возилото.

Въпреки това много по-стари пътнически вагони, все още в редовна експлоатация, продължават да разчитат именно на класическата двойка ЦРБ/АПП — надежден, доказан във времето механизъм, който не изисква никакво електрическо захранване, за да изпълнява основната си защитна функция дори при пълна загуба на бордовото захранване.

11.6. Диагностика: механична срещу електронна повреда

Двете поколения системи оставят коренно различни следи при неизправност, което директно насочва диагностиката:

- **ЦРБ не задейства АПП дори при явно блокирало колело** — сочи към заклещени или силно замърсени тежести, износена или скъсана вътрешна пружина, или механично увредена ос на самия регулатор.

- **АПП изпуска въздух прекалено често и без реално повличане** — насочва към прекалено чувствителна (разрегулирана) пружина в ЦРБ или към механично увреждане, предизвикващо фалшиво задействане при нормално, рязко, но контролирано спиране.
- **Плоски места по бандажа въпреки изправна и калибрирана ЦРБ/АПП система** — очаквано ограничение на самата технология, разгледано в 11.4: механичната система реагира на ниво талига, а не индивидуално за всяка ос.
- **При возила с електронен WSP: конкретна ос не се защитава, докато останалите работят нормално** — насочва директно към локален датчик за скорост или кабелно съединение на съответната ос, а не към обща логика на системата — точно както разгледахме диагностиката на EP системите в Глава 4.

Познаването и на двете поколения технология — механичната и електронната — остава задължително за всеки специалист, защото и в 2026 година двете системи продължават да работят паралелно по релсите, монтирани на возила от коренно различни десетилетия.

Глава 12: Тегловият датчик на товарните вагони — от ръчния сектор до непрекъснатото автоматично измерване

Глава 7 остави отворен въпрос: как да премахнем човешката грешка при превключване Празен/Натоварен? Отговорът е сензор, който никога не забравя и никога не бърза

12.1. Границата на ръчния сектор, разгледан в Глава 7

В Глава 7 разгледахме ръчния товарен превключвател — трипозиционен лост с надписи „Празен“, „Среден товар“ и „Натоварен“, който персоналът е длъжен физически да завърти при всяко товарене или разтоварване на вагона. Там установихме и основния му недостатък: цялата коректност на системата зависи изцяло от дисциплината и вниманието на човека, извършващ операцията.

Освен риска от директна забравя, ръчният сектор има и вътрешно, конструктивно ограничение — той предлага само две или три дискретни, фиксирани положения. Вагон, натоварен само частично (например наполовина от максималния си капацитет), няма междинна опция, по-прецизна от общото „Среден товар“, макар реалното му тегло да варира съществено в зависимост от конкретния превозван товар.

12.2. Принципът на тегловия датчик

Тегловият датчик решава и двата проблема едновременно, като напълно премахва човешката намеса от процеса. Вместо ръчно завъртане на лост, той механично се свързва директно с окачването на вагона — най-често с самите носещи пружини между рамата на талигата и корпуса на вагона.

Принципът е елементарен по своята същност: колкото по-тежко натоварен е вагонът, толкова по-силно се свиват (слягат) носещите пружини под тежестта на товара. Тегловият датчик представлява лост, единият край на който е механично закрепен към рамата на талигата, а другият следи точното разстояние (хлабината) между талигата и корпуса на вагона. Всяко изменение в товара директно и непрекъснато променя ъгъла на този лост.



Фигура 12.1 — Тегловият датчик измерва слягането на пружината непрекъснато, а не само в три фиксирани положения

12.3. От ъгъла на лоста до налягането в цилиндъра

Ъгълът на тегловия лост се предава механично към пропорционален вентил, вграден в или непосредствено до функционалния вентил, разгледан подробно в Глава 5. За разлика от ръчния сектор, който позволява само няколко фиксирани позиции, пропорционалният вентил приема лоста в буквално всяко възможно междинно положение и съответно преобразува това положение в точно съответстващо, плавно променящо се максимално налягане в Спирачния цилиндър.

Резултатът е далеч по-фина и по-точна регулация от тристепенния ръчен сектор: лек товар произвежда леко повишено спирачно усилие спрямо празен вагон, средно натоварен вагон получава междинна стойност, а вагон, натоварен до пълния си капацитет, получава максимално допустимото налягане — всичко това плавно, без резки прагове между категориите.

Ключово предимство: Тегловият датчик реагира автоматично дори при промяна на товара по време на превоза — например частично разтоварване на междинна гара. Ръчният сектор от Глава 7 би останал в старото си положение, докато някой изрично не се сети да го превключи; тегловият датчик просто следва реалната физика на пружината във всеки момент.

12.4. Защо това не е същото като авторежима, споменат в Глава 5

В Глава 5 споменахме накратко „авторежим товарен/празен“ като обща концепция. Тегловият датчик е именно конкретната механична реализация на тази идея — но си заслужава да подчертаем разликата в прецизността. Най-простите автоматични авторежими исторически също са били дву- или трипозиционни, задействани от опростен механичен превключвател на

окачването, само автоматизиращ същите фиксирани положения от ръчния сектор.

Съвременният теглови датчик отива крачка по-нататък именно с истинска пропорционалност — непрекъсната, а не стъпаловидна функция между реалното тегло и подаваното налягане. Именно тази разлика — дискретно спрямо непрекъснато регулиране — е основната инженерна еволюция в тази конкретна област през последните десетилетия.

12.5. Диагностика на тегловия датчик

Като механично-пневматичен апарат, тегловият датчик има характерни, разпознаваеми симптоми на неизправност:

- **Спирачно усилие, което не отговаря на реалното натоварване на вагона** — първата проверка е механичната връзка между лоста и окачването: корозирал шарнир, счупена или разкачена тяга често замразяват датчика в едно случайно положение, независимо от реалния товар.
- **Рязко, а не плавно изменение на спирачното усилие при последователни степени на товара** — насочва към заклещен или ограничен в хода си пропорционален вентил, който не следва плавно движението на лоста.
- **Различия в показанията между лявата и дясната пружина на една и съща талига** — може да сочи неравномерно натоварване на самия товар (лошо разпределен товар в наличния обем на вагона), а не задължително дефект в самия датчик.
- **Датчикът показва „празен“ дори при видимо натоварен вагон** — насочва към механично износена, отслабена или счупена носеща пружина, която вече не се сляга нормално под тежест, вместо към проблем в самия сензорен лост.

Именно защото тегловият датчик работи напълно автоматично и невидимо при всяко пътуване — подобно на регулатора на лостовите пръти от Глава 6 — периодичната му проверка на изпитателен стенд, а не само визуален преглед на терен, остава задължителна част от плановата поддръжка на всеки товарен вагон.

Глава 13: Кранът LH 3 — конкретната реализация на изолиращия кран от Глава 7

От общия принцип „включено/изключено“ към реалния апарат: бронзова сфера, силиконово уплътнение и заключваща механика

13.1. От общия принцип към конкретния апарат

В Глава 7 разгледахме изолиращия кран като общ принцип — сектор с две положения, „Включено“ и „Изключено“, който свързва или разделя конкретен вагон от Главния въздухопровод. Време е да разгледаме една конкретна, широко разпространена реализация на този принцип: въздухоспирателния кран модел LH 3 – 1 1/4" (Luftabsperrhahn LH 3), внедрен в значителна част от подвижния състав на БДЖ през последните години.

Конструкцията следва патентите на германския производител Knorr-Bremse — същото име, което вече срещнахме бегло като един от утвърдените производители на функционални вентили в Глава 5 — и е доказана в практиката на Deutsche Bahn (DB). Разглежданите тук конкретни изделия са продукция на българската компания „Транском Инженеринг“, сертифицирани и напълно легитимни реплики на оригиналния немски дизайн.



Фигура 13.1 — Кранът LH 3 в сглобен вид: ръкохватка, двоен пружинен пакет и сферично тяло

13.2. Историческият преход: от конусен кран АК към сферичен кран LH

През последните 8–10 години в БДЖ протича планомерна замяна на по-старите конусни кранове тип АК (Absperrhahn) с модерни сферични устройства от серията LH (Luftabsperrhahn). Разликата не е козметична, а конструктивно фундаментална.

Конусният кран АК разчита на директно триене метал в метал между конусното тяло и леглото му — решение, което изисква редовно гресиране и постепенно се износва именно по повърхността, отговорна за херметичността. LH 3 заменя тази геометрия със сферичен затвор (тяло с форма на сфера, а не конус), драстично намалявайки контактната площ на триене и съответно нуждата от поддръжка.

13.3. Конструктивни особености: сферата, уплътнението и заключването

- **Бронзова сфера („ябълка“):** сърцевината на крана. Бронзът, а не хромираната стомана, е избран умишлено — той не се „залепва“ към леглата си при продължителен престой и е устойчив на корозия дори при влага в Главния въздухопровод, точно темата, разгледана подробно в Глава 8. Сферата има основен проходен отвор за преминаване на въздуха и допълнителен технологичен отвор за обезвъздушаване на спирачния ръкав при затворено положение.
- **Силиконово уплътнение на шпиндела:** разположено непосредствено под притискащата гайка на въртящата ос (шпиндела), то е ключовият елемент за външната херметичност на крана. Силиконът запазва еластичността си в изключително широк температурен диапазон — от -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$ — компенсирайки термичното разширение и малките аксиални премествания на шпиндела при всяко завъртане на ръкохватката.
- **Двоен пружинен пакет (заключващ механизъм):** вграден в самата ръкохватка. Той изисква ръкохватката физически да бъде повдигната, преди да може да се завърти — механична защита срещу случайно, неволно затваряне на крана по време на движение на влака, което директно би изключило спирачката на вагона, точно както предупредихме в Глава 7.



Фигура 13.2 — Принципът на сферичния затвор: 90° завъртане между свободен проход и пълно затваряне с обезвъздушаване

Защо обезвъздушаването на ръкава е важно: При затваряне на крана останалият под налягане въздух между крана и съединителната глава на спирачния маркуч трябва да има път за излизане — иначе разкачването на маркуча би било рязко и опасно за персонала. Технологичният отвор в сферата решава точно този проблем автоматично, без допълнителен отделен клапан.

13.4. Ремонт и сглобяване: три фази

Възстановяването на кран LH 3 следва прецизна, стандартизирана процедура, разделена на три ясно разграничени фази.

Дефектация. След пълно разглобяване бронзовата сфера и тефлоновите ѝ легла се проверяват внимателно, обичайно под лупа — дори най-малката драскотина по повърхността на бронза може да компрометира херметичността при работно налягане от порядъка на 10 bar. Силиконовото уплътнение под гайката на шпиндела се подменя задължително при всяко отваряне на крана, защото веднъж притиснато и деформирано, то не възстановява напълно първоначалната си геометрия.

Сглобяване. Това е най-трудоемката фаза от целия процес, именно заради двойния пружинен пакет в ръкохватката, разгледан в 13.3. Съпротивлението на пружините прави чисто ръчния монтаж рисков и физически труден за прецизно позициониране на фиксиращия щифт. Затова в практиката се използва специализирано ръчно устройство (преса), което притиска ръкохватката равномерно, гарантирайки, че пружините са натоварени симетрично и силиконовото уплътнение е притиснато правилно, без да бъде прерязано или увредено при монтажа.



Фигура 13.3 — Разглобените компоненти на LH 3: бронзовата сфера, силиконовите уплътнения, пружинният пакет и заключващата механика на ръкохватката

13.5. Изпитване и сертификация

Всеки ремонтиран кран LH 3 подлежи на задължително изпитване на пневматичен стенд съгласно стандарт DIN EN 14601, преди да бъде допуснат обратно в експлоатация:

1. **Плътност на затвора:** проверка при 10 bar налягане и напълно затворено положение на крана — допустимият теч е не се допуска образуване на мехурчета при потапяне в подходящ разтвор, без никакво изключение.
2. **Външна плътност:** отделна проверка конкретно на шпиндела и силиконовото уплътнение под гайката — мястото, най-често засегнато от износване или неправилен монтаж.
3. **Функционалност на обезвъздушаването:** проверка дали технологичният отвор в сферата, разгледан на Фигура 13.2, действително изпуска ефективно остатъчния въздух от страната на спирачния маркуч при затваряне на крана.

13.6. Диагностика: какво разказва конкретният апарат за общия принцип

Кранът LH 3 е добър пример за нещо важно, което важи за цялата тази книга: общият принцип, разгледан в една глава (изолиращият кран от Глава 7), винаги се въплъщава в реален, конкретен апарат — със свои специфични материали, допуски и точки на износване, които не могат да бъдат изведени само от абстрактната функционална схема.

- **Кранът трудно се завърта или „скърца“** — най-често сочи към недостатъчно смазване или лека корозия по бронзовата сфера, а не към механичен дефект в самата ръкохватка.
- **Видим теч при шпиндела при завъртане** — насочва директно към остаряло или неправилно монтирано силиконово уплътнение под гайката, разгледано в 13.3, което подлежи на подмяна, а не на допълнително притягане.
- **Ръкохватката не се фиксира стабилно в крайно положение** — показва износен или повреден заключващ зъб на двойния пружинен пакет, застрашаващ безопасността, разгледана в Глава 7.
- **Рязко, некомфортно разкачване на спирачния маркуч** — сочи към неизправна функция на обезвъздушаване, най-вероятно поради износване или неправилно ориентиране на технологичния отвор в самата сфера при предходен ремонт.

Именно затова тази глава съзнателно допълва, а не повтаря Глава 7: там изяснихме защо изолиращият кран съществува и каква роля играе в общата логика на влака; тук видяхме как точно тази роля се реализира в метал, бронз и силикон — и защо всеки конкретен модел заслужава собствено, задълбочено познаване.

Глава 14: Кноровите ръкави — гъвкавата връзка, която затваря кръга от Глава 1

Връщаме се към самото начало на книгата: физическото въплъщение на непрекъснатата пневматична магистрала между вагоните

14.1. Връзката, а не апаратът

Фигура 1.1 в Глава 1 показва Главния въздухопровод като непрекъсната магистрала, преминаваща от първия до последния вагон на влака, с малки червени точки, отбелязващи местата на съединяване между съседните вагони. Тринадесет глави по-късно е време да разгледаме именно тази връзка отблизо — кноровия съединителен ръкав (кнорови ръкав).

За разлика от всички апарати, разгледани дотук — вентили, цилиндри, регулатори, кранове — съединителният ръкав е единственият елемент от цялата спирачна система, който е едновременно гъвкав, постоянно изложен на атмосферните условия и пряко зависим от ръчна, физическа намеса на персонала при всяко скачване и разкачване на вагони. Именно тази комбинация го прави едновременно най-простия и един от най-критичните елементи в цялата верига.

14.2. Конструкция

Кноровият ръкав се състои от точно определен набор от части, всяка със своя специфична роля:

- Текстилно-гумен маркуч: гъвкавото тяло на ръкава, изработено от многослойна гумирана текстилна тъкан — конструкция, осигуряваща едновременно достатъчна еластичност за движенията между съседните вагони и достатъчна здравина, за да издържа работното налягане многократно на ден.
- Муфа дясна и муфа лява: двете съединителни глави в двата края на чифт съседни ръкави, проектирани да се захващат насрещно една в друга и да образуват единна, херметична връзка при скачване на вагоните.
- Накрайник 1¼": металният елемент, чрез който маркучът се присъединява към тръбопровода на вагона — същата резба 1¼", която срещнахме и при крана LH 3 в Глава 13.
- Две скоби: механично притягат маркуча плътно към накрайника, предотвратявайки изхлузване или пропуск под налягане в точката на присъединяване.
- Сменяем уплътнителен пръстен: разположен вътре в съединителните глави, той осигурява херметичността именно в точката на контакт между муфа дясна и муфа лява — най-често подменяната отделна част от целия ръкав.

Фигура 14.1 — Конструкцията на кноровия съединителен ръкав: маркуч, две насрещни муфи и сменяем уплътнителен пръстен



14.3. Критерии за бракуване

Ръкав с протрити места, цепнатини или оголване на текстилния слой под гумата подлежи на незабавна замяна — без изключение и без опит за временен ремонт на самия маркуч. Дори при напълно изряден външен вид обаче, ръкав с експлоатационен срок над 5 години също подлежи на замяна: стареенето на гумата е постепенен, невидим за окото процес, а последствията от скъсване на ръкав в движение засягат директно целостта на Главния въздухопровод, разгледана в Глава 1.

Съединителните глави (муфите) трябва да бъдат напълно изправни, без пукнатини или отчупвания по ръбовете си, а уплътнителните пръстени вътре в тях се подменят с нови при всеки преглед — независимо дали видимо изглеждат все още годни.

14.4. Технологиата на изработване на нов ръкав

Комплектоването на нов съединителен ръкав следва точна, регламентирана последователност:

1. Ръкавът се почиства от талк и прах по цялата дължина, а вътрешната му повърхност — с бензин, на разстояние 60–70 mm от двата края, точно в зоната, където ще влезе накрайникът.
2. Главата (муфата) и наконечникът се почистват основно от ръжда, преди да влязат в контакт с маркуча.
3. Вътрешната страна на маркуча, на дълбочината на запресоването на наконечника, се намазва със специално гумено лепило, след което следва самото съединяване на частите.

Така окомплектованият ръкав изисква 24-часово втвърдяване на лепилото, преди да бъде подложен на изпитване за якост и херметичност на изпитателен стенд. Изпитаните и приети ръкави се шаблонират (маркират трайно) с индекса на предприятието, месеца и годината на изпробването — трайна следа, позволяваща по-късно проследяване на възрастта и произхода на всеки конкретен ръкав.

Правило, лесно за пропускане: Окомплектованите ръкави се качват по вагоните не по-рано от 24 часа след изпитването им. Дори успешно издържан тест на стенда не гарантира достатъчна якост на връзката, ако лепилото все още не е достигнало пълната си, финална здравина.

14.5. Периодично изпитване в експлоатация

Веднъж монтирани и пуснати в експлоатация, ръкавите не се оставят без последващ контрол. След една година редовна работа всеки съединителен ръкав подлежи на повторно изпитване за якост и плътност — при постоянно налягане от 13 bar, поддържано в продължение на 2 минути.

Стойността от 13 bar заслужава кратък коментар в контекста на цялата книга: работното налягане в ГВП е едва 5,0 bar (Глава 1), а самият кран LH 3 се изпитва при 10 bar (Глава 13). По-високият праг от 13 bar, зададен именно за гъвкавия ръкав, отразява по-големия запас на якост, необходим за елемент, подложен на постоянно огъване, усукване и атмосферно стареене — условия, на които неподвижните метални апарати по вагона не са изложени.

14.6. Изисквания по стандарт UIC 541-1

Международният стандарт UIC 541-1 регламентира редица конкретни, практически изисквания към съединителните ръкави, пряко свързани с ежедневната им безопасна експлоатация:

- Светлият отвор на маркучите на автоматичната спирачка трябва да бъде между 25 и 30 mm — стойност, пряко определяща капацитета за пренос на въздух между вагоните при рязко изпускане на ГВП, разгледано в Глава 5.
- За междувагонните съединения по правило се използват гумени маркучи; метални варианти се допускат единствено ако притежават задоволителна еластичност, съпоставима с гумените.
- Гледано към края на вагона, отворът на съединителната глава не трябва да сочи наляво — изискване за унификация, гарантиращо коректно съвпадение на муфа дясна с муфа лява между вагони от различни железници.
- Вагонът трябва да разполага с приспособления за окачване на неизползваните ръкави, предпазващи ги от механична повреда и от проникване на чужди тела в отвора — с минимално свободно разстояние спрямо релсата, за да не се влачат по трасето.
- Всеки съединителен ръкав трябва да носи ясен знак на железницата собственик — проследимост, аналогична на шаблонирането след фабричното изпитване, разгледано в 14.4.

14.7. Диагностика на терен

Голяма част от проблемите със съединителните ръкави са видими с просто око, стига човек да знае какво точно да търси:

- Съскащ звук или видимо изтичане на въздух точно в мястото на скачване между два ръкава — на първо място сочи към износен или неправилно поставен уплътнителен пръстен в муфите, а не към проблем в самите вагони.
- Напукана или изтъняла повърхност на маркуча, особено близо до крайника — класически признак, изискващ незабавна замяна съгласно критериите от 14.3, независимо от възрастта на конкретния ръкав.
- Труден или невъзможен монтаж между муфа дясна и муфа лява — най-често показва набъбнал, деформиран или замърсен уплътнителен пръстен, а не механична повреда на самите глави.
- Провиснал, влаещ се по трасето неизползван ръкав — директно нарушение на изискването по UIC 541-1 за окачване и минимално разстояние от релсата,

разгледано в 14.6, с реален риск от механично увреждане при следващото движение на състава.

Съединителният ръкав няма нито сложна вътрешна механика като функционалния вентил от Глава 5, нито прецизна метална геометрия като крана LH 3 от Глава 13. Именно тази простота обаче е причината той твърде лесно да остане подценен при бърз преглед — въпреки че е буквално гъвкавото звено, от което зависи непрекъснатостта на цялата пневматична магистрала, с която тази книга започна.

Заклучение

От първото понижение на налягането в Главния въздухопровод до гъвкавия ръкав, който физически свързва вагоните — изминахме пътя на въздуха през цялата спирачна система.

Започнахме с фундаменталния принцип на Джордж Уестингхаус: автоматична, индиректна въздушна спирачка, управлявана чрез спад на налягането. Преминахме през пневматичния триъгълник, цилиндъра и лостовата предавка, електропневматичното управление и смесеното спиране на модерните мотриси. Разгледахме функционния вентил отвътре, САБ регулатора, секторните превключватели, компресора, резервоарите, ръчната и пружинната спирачка, противоположачите системи, тегловия датчик и конкретния кран LH 3. И завършихме с елемента, който затваря кръга — кноровия съединителен ръкав.

По пътя се опитахме да говорим за сложните неща просто. Не защото материята е лека, а защото истинското разбиране идва, когато видиш живия път на въздуха, динамиката на наляганията и последователността на физическите процеси — вместо хаос от линии, клапани и съкращения.

Спирачката трябва да сработи безупречно винаги, когато от нея се изисква да сработи. Това правило стои над всяка схема, всеки апарат и всяка процедура. А зад всеки звук от изпускащ въздух, зад всяко отклонение в налягането и зад всяко забавено отпускане стоят точни физически закони — които вече познавате.

Да ремонтираш спирачки е професия. Но да разбираш защо и как работят те — това вече е майсторство.

Благодаря ви, че изминахте този път заедно с мен.

— Федя Серафиев

Взаимовръзка между основните документи

Бърз справочник

Таблицата дава практичен ориентир към основните UIC/IRS, TSI и EN документи, свързани с разгледаните в книгата спирачни системи и процеси.

Документ	Основна функция	Ключов параметър / приложение
UIC IRS 50540 (UIC 540)	Принцип на действие на въздушната спирачка	5,0 bar; режими G/P/R; автоматична спирачка и поведение при прекъсване на влаковата магистрала
UIC IRS 50541-01 (UIC 541-01)	Спирачни цилиндри и единици за въздушни спирачки	Общи функционални изисквания, изпитвания и критерии за приемане
UIC IRS 50541-04 (UIC 541-04)	Товарозависимо спиране и автоматичен товарен режим	Саморегулиращи се устройства, empty/loaded и автоматично измерване на товара
UIC IRS 50541-06 (UIC 541-06)	Магнитнорелсова спирачка	Конструкция и изисквания към магнитнорелсовите спирачни компоненти
UIC IRS 50544-1 (UIC 544-1)	Спирачна ефективност	Спирачна маса, спирачен процент (λ), забавяне и оценка на спирачната ефективност
TSI WAG / LOC&PAS	Европейски технически изисквания за оперативна съвместимост	Изисквания към спирачната система на товарни и пътнически/локомотивни превозни средства
EN 14531	Методи за изчисляване на спирачния път и забавянето	Изчисляване на спирачни характеристики, спирачен път и забавяне

Забележка: Посочените документи имат различен технически и нормативен статут. Този справочник е ориентиран и не заменя изискванията на действащите документи и техните актуални редакции.

Свържете се с автора



Сканирайте QR кода, за да посетите ***fedia.eu***

За консултации, въпроси относно съдържанието на книгата или повече информация за поддръжката и ремонта на въздушни спирачни системи, посетете уебсайта на автора.