

FRI- 20.21-1-TMS-06

FAILURES IN THE BRAKING MECHANISMS OF TRUCKS ⁶**Petar Nikolaev, PhD Student**

Department of Engines and Vehicles,

“Angel Kanchev” University of Ruse

Tel.: +359888954123

E-mail: pnikolaev@uni-ruse.bg

Abstract: Braking systems are fundamental to the operational safety of trucks, where mechanical reliability directly influences both traffic safety and vehicle performance. Under demanding operating conditions—such as frequent braking, overloading, and long-distance driving—these systems are exposed to significant stress that can lead to various types of malfunctions. In view of this, the analysis of emerging malfunctions and defects in the braking systems of trucks is an important aspect of the technical operation and preventive maintenance of fleets. The present study investigates the most common failures in braking mechanisms of heavy-duty vehicles, including mechanical wear, corrosion, and inadequate maintenance practices. The purpose of this work is to systematize and classify some types of malfunctions in the braking mechanisms of trucks.

Keywords: Trucks, Braking system, Mechanical failures, Maintenance, Reliability.

ВЪВЕДЕНИЕ

Спирачната система представлява един от ключовите елементи за безопасната експлоатация на товарните автомобили, като най-често срещаните проблеми свързани с безопасността са именно спирачките на товарния автомобил и прикаченото към него ремарке. При товарните превозни средства особеното натоварване, динамичните промени в масата и геометрията, както и условията на експлоатация (чести спирания, претоварване, наклонени участъци) изискват повишено внимание към надеждността на спирачните механизми. Затова неизправностите в тези системи не само водят до повишен риск от произшествия, но и до по-високи разходи за поддръжане и прекъсване на експлоатацията.

Въпреки значимостта на темата, анализите, разглеждащи специфично дефектите и отказите в спирачните системи при товарни автомобили, остават сравнително ограничени. Например, в (Pora, M., Sarăta, D., & Burnete N., 2021) е разгледано поведението на спирачните системи при товарни превозни средства и са идентифицирани механични износвания, пукнатини и други дефекти, които потенциално възпрепятстват нормалната работа на спирачките. Други автори (Haq, M., Ampadu, V., & Ksaibati, K., 2023) са намерили, че отказите на спирачките са значим фактор при катастрофи с тежкотоварни автомобили.

Причините за неизправности в тези механизми са многобройни (Xu, Z., 2023) – от износване на накладки и дискове, през повреди по пневматични и хидравлични системи за управлението им, до неправилно поддръжане, корозия, неправилно товарене и претоварване. Например, при пневматичните спирачни системи се срещат дефекти като прекомерна влага, въздушни утечки, забавяне на възвръщането на спирачните цилиндри и намаляване на спирачната сила.

Особено тревожен е фактът, че дефектите в спирачните системи често имат пряко отражение върху безопасността на движението. В изследване на сериозността на наранявания при катастрофи с автомобили с дефектни компоненти (Adanu, E., Dzinyela, R., Okafor, S., & Jones S., 2024) е установено, че спирачните системи с неизправности са сред водещите причинители на тежки инциденти.

⁶ Докладът е представен на Научната сесия на Секция „Транспорт и машинознание“ на 24 октомври 2025 г. с оригинално заглавие на български език: Неизправности В Спирачните Механизми На Товарни Автомобили

Целта на настоящата работа е да систематизира и класифицира някои видове неизправности в спирачните механизми на товарни автомобили. Това би помогнало при изясняване на причините и по възможност да бъде намалена честотата на отказите.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Спирачната система на товарните автомобили обикновено е многоконтурна, включваща работна, спомагателна, аварийна и паркинг спирачна система. Най-разпространени са пневматичните спирачни механизми, при които предаването на усилието от педала до спирачните цилиндри се осъществява чрез сгъстен въздух. Основните елементи включват: въздушен компресор, резервоари за сгъстен въздух, регулатори на налягането, разпределителни клапани, спирачни цилиндри, фрикционни накладки и спирачни барабани или дискове. Ефективността на системата зависи от правилното функциониране на всички компоненти, от точността на регулировката, както и от качеството на използваните материали и смазочни вещества.

Основни видове неизправности

Неизправностите в спирачните системи могат да бъдат класифицирани по различни признаци – по характер (механични, пневматични, хидравлични, електронни) и по последицие (пълна или частична загуба на ефективност).

Сред най-често срещаните дефекти са:

- Износване на фрикционните накладки и барабани/дискове. Това води до удължаване на спирачния път и намаляване на коефициента на триене;
- Пропуски в пневматичната система. Изтичане на въздух от съединения или клапани или спирачните тръбопроводи понижава налягането в системата и забавя времето за сработване на спирачките;
- Повреда на спирачните цилиндри. Пробив на мембраната, пропуски през уплътненията или блокиране на буталата води до неравномерно разпределение на спирачните сили;
- Корозия и замърсяване на компонентите. Влага и прах могат да предизвикат ръжда по тръбопроводите и механичните връзки, което увеличава риска от отказ;
- Неправилна регулировка на автоматичните обтегачи. Това води до неравномерно разпределение на спирачните сили между колелата и влошена управляемост при спиране;
- Прегряване на спирачните елементи. При дълги спускания или претоварване температурата на фрикционните двойки може да надхвърли допустимите стойности, което предизвиква т. нар. „спирачно избледняване“ (fade effect).

Причини за възникване на неизправности

Основните причини за откази могат да бъдат групирани в три категории:

- *Експлоатационни фактори* – претоварване на превозното средство, честа работа при високи температури, движение по наклонени терени и неспазване на техническите интервали за обслужване;
- *Конструктивни фактори* – недостатъчна якост на материалите, неправилно оразмеряване на тръбопроводи и цилиндри, както и лоша термична устойчивост на фрикционните материали;
- *Организационно-технически фактори* – липса на редовна диагностика, некачествено поддържане, използване на неоригинални резервни части и липса на обучение на техническия персонал.

В повечето случаи комбинацията от няколко фактора води до натрупване на повреди, които постепенно намаляват ефективността на системата и повишават риска от отказ по време на движение.

Механизмите за поява на най-често срещаните неизправности са свързани с високите температури, предизвикани от триенето на спирачните челюсти и спирачния диск или барабан. При спускане по големи и продължителни наклони голяма част от водачите на товарни автомобили не използват допълнителните начини за намаляване на скоростта с помощта на моторна спирачка или

ретардер , ако има инсталирана такава система в автомобила, а използват основната спирачка и по този начин се повишава работната температура на спирачните дискове (барабани) и челюстите. Те не успяват да се охладят добре преди следващо използване на спирачката. Така отделеното количество топлина загрева останалите части от спирачната система.

При дисковите спирачки, които най-често се използват в съвременните товарни автомобили, при прекалено повишаване на температурата гугмените уплътнения на спирачните апарати и на водачите на спирачния апарат се нагряват и материалът, от който са изработени става нееластичен и се разрушава. В следствие на това в спирачния апарат или във водачите постъпва влага, която предизвиква корозия. Водачите на апаратите започват да блокират и да износват втулките в който лагеруват. По този начин след отпускане на спирачката, апаратът не освобождава добре челюстите и те трият по повърхността на спирачния диск и има постоянен контакт със спирачните челюсти. В следствие на това триене температурата на диска се повишава, тъй като не може да се охлажда ефективно. По този начин загретият диск започва да губи своите якостни свойства, като се нарушава неговата цялост.

На Фиг. 1 е показано неравномерно износване на фрикционна накладка. Накладката се износва неравномерно и се появяват концентрични канали с различна дълбочина по повърхността. Обикновено при този вид износване се появяват шумове и вибрации при спиране които се усещат от водача на превозното средство.



Фиг. 1. Неравномерно износена фрикционна накладка

По другата част от триещата двойка – диска, също се появяват канали, видими на Фиг. 2. Поради появата на наклонени повърхности по стените на каналите, нормалната сила от притискане на спирачните челюсти към диска се разлага на два компонента. Единият, който е успореден на наклона на канала от износването, не допринася за ефективното спиране. Остава другият, който е нормален на наклона и образува тангенциалната ефективна спирачна сила. Геометричният сбор на силите намалява големината на ефективния компонент. Това влияе негативно върху ефективната спирачна сила, което влошава безопасността.



Фиг. 2. Неправилно износен спирачен диск

Тези повреди са едни от най-често срещаните и са причинени от влошена работа на спирачните механизми. Обикновено те се проявяват при ремаркета и по-рядко в спирачната система на влекача.

Ефект от прегряването на фрикционните накладки може да се види на Фиг. 3. Материалът, от който са изработени, започва да променя своята структура. Повърхностният слой започва да се рони и саморазрушава. Също така коефициентът на триене намалява, тъй като се изменят и свойствата на материала. Този ефект се наблюдава предимно в спирачните механизми на влекача, поради по-големите спирачни усилия, които изпитва при спиране, особено при спускане на продължителни и големи наклони.



Фиг. 3. Прегрети фрикционни накладки

Един от проблемите при спирачните системи на товарните автомобили е, че не се обслужват в препоръчителния интервал, което е поради натовареността им по отношение на транспортните услуги, които извършват фирмите. От там се получават и често срещаните неизправности, свързани с прекомерното износване на фрикционните накладки и на спирачните дискове, което е показано на Фиг. 4.



Фиг. 4. Прекомерно износен спирачен диск

Виждат се появилите се ръбове извън триещите повърхности на дисковете. Така визуално може да се съди за големината на износване. Съществуват допустими стойности на големината на износването на дисковете, заложи в техническата документация на автомобилите. Ако не се вземат навременни мерки, свързани с подмяна на диска, той може да се раздели на две части, като това обикновено случва в отслабената част на диска за вентилационните отвори (Фиг. 5).



Фиг. 5. Част от спирачен диск, разделен на две части

Когато дискът се раздели на 2 части, има голяма опасност той да се разруши и да се заклини в спирачния апарат и джантата. Това може да причини блокиране на колелото.

При навлизане на вода в спирачните камери и спирачните цилиндри, където пружините които натискат спирачния механизъм корозират и се счупват. Това води до блокиране на спирачния цилиндър или неправилната му работа.

Когато пружината в спирачния цилиндър се счупи е възможно тя да пробие спирачната мембрана, която я натиска и започва намаляване на налягането на въздуха. Когато налягането на

въздуха намалее прекалено много и компресорът не успява да запази работното налягане в норми се стига до блокиране на аварийната спирачка и автомобилът не може да се движи до отстраняване на неизправността. Често се практикува и изолиране на неизправния спирачен механизъм, докато автомобилът се придвижи до сервиз.

При анализиране на информация от сервиз с 6 монтьори, през който са преминали около 800 товарни автомобили за различни ремонти за последната 1 година се вижда, че при 133 ремонта е било включено и смяна на челюсти. 56 са били планирани, а останалите са в следствие на внезапен отказ на спирачната система и неправилно или прекомерно износване на фрикционните накладки.

Смяна на спирачни дискове е извършена на 96 автомобили, като планираните са били за 42 автомобили, а останалите са в следствие на неправилна работа на спирачната система и прегряване. При 12 от случаите по повърхностите на дисковете са наблюдавани пукнатини вероятно причинени от високи температури. При 5 от ремонтите е установено и разделяне на дисковете на две половини през вентилационните отвори. При два от случаите със разделяне на дисковете, автомобилът не е можел да се придвижи до сервиза и се е наложило екип да отстранява заклещените части от диска на пътя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Честата проверка и профилактика на спирачните системи може да намали рисковете от поява на неизправности в спирачните системи и то най-опасните, причиняващи внезапни откази. Въпреки, че компетентните органи извършват чести проверки, голяма част от автопарка в България не се поддържа качествено и навременно. Това е една от основните причини да се получават неизправности със спирачните системи. В техническите документации на различни производители на спирачни системи и автомобили е указано, че спирачната система трябва да се проверява и обслужва периодично от в интервал от 3 до 6 месеца, за да може да функционира нормално с намален риск от внезапни откази.

Изследванията са подкрепени по договор на Русенски университет "Ангел Кънчев" с № 2025-ФТ-03 "Изследване на характеристиките на двигателите и автомобилите"

REFERENCES

- Adanu, E., Dzinyela, R., Okafor, S., & Jones S. (2024). Injury-severity analysis of crashes involving defective vehicles and accounting for the underlying socioeconomic mediators. *Heliyon*. 10 (5), e26944.
- Haq, M., Ampadu, V., & Ksaibati, K. (2023). An investigation of brake failure related crashes and injury severity on mountainous roadways in Wyoming. *Journal of Safety Research*. 84, 7-17.
- Popa, M., Capătă, D., & Burnete N. (2021). Analysis of defects in the braking systems of commercial vehicles. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*. 1169(1):012010.
- Xu, Z. (2023). Common faults and solutions of air brake system. *Seventh International Conference on Mechatronics and Intelligent Robotics (ICMIR 2023)*. 127792T.