

---

## **АНАЛИЗ НА ФАКТОРИТЕ, ОПРЕДЕЛЯЩИ СЪСТОЯНИЕТО НА БУКСОВИТЕ ЛАГЕРИ ОТ ПОДВИЖНИЯ ЖЕЛЕЗОПЪТЕН СЪСТАВ**

**Людмил Константинов Паскалев**

[lyudmil\\_paskalev@abv.bg](mailto:lyudmil_paskalev@abv.bg)

**ВТУ „Тодор Каблешков”, София, ул. ”Гео Милев” 158  
БЪЛГАРИЯ**

***Ключови думи:** Буксови лагери, подвижен железопътен състав*

***Резюме:** В доклада е направено изследване и анализ на неизправностите, възникнали в експлоатация по външния пръстен на буксов лагер от ПЖПС.*

Осигуряване на продължителна работоспособност на агрегатите и възлите, и в частност на буксовите лагери от подвижния железопътен състав, изисква всеотраслен (задълбочен) анализ на причините и условията, предизвикващи повишено или преждевременно износване елементите на търкалящите лагери от подвижния железопътен състав. Тези причини могат да бъдат подразделени на три основни категории:

- конструктивни причини;
- технологични причини;
- експлоатационни причини.

Влиянието на тези причини върху работоспособността на буксовите лагери от подвижния железопътен състав понякога се проявява индивидуално, но в повечето случаи е комплексно. В съответствие с това има различни начини за повишаване работоспособността и експлоатационната надеждност на елементите на буксовите лагери на подвижния железопътен състав.

**Конструктивните средства** за повишаване работоспособността на буксовите лагери на подвижния железопътен състав са разнообразни. Тук се включва:

- Проучване на неизправностите на елементите от буксовите лагери на подвижния железопътен състав, които възникват в експлоатация. За целта е необходимо постоянна връзка между производителя и различни по своята функционалност предприятия, използващи неговата продукция.

- Анализ на тези неизправности и изясняване причините, водещи до появата им.

- Предприемане конструктивни мероприятия с цел намаляване влиянието на всички фактори, водещи до поява на неизправности в експлоатация.

- Модернизиране технологията за производство на лагери, чрез внедряване на съвременни машини, поточни линии и прецизни измервателни инструменти.

- Внедряване на съвременни материали за изработване елементите на лагерите, отчитащи последните постижения в областта на металознанието.

**Технологичните средства** за повишаване работоспособността на буксовите лагери на подвижния железопътен състав са не само неизчерпано, но и недостатъчно изучени. Към тях могат да се отнесат следните възможности:

- Подобряване технологията за получаване необходимите материали за изработване на лагерите;
- Подобряване технологията на поточната линия за изработване елементите на лагерите;
- Подобряване инструменталното оборудване на технологичната линия за изработване на елементите на лагерите;
- Подобряване точността на измерителните прибори, контролиращи производствения процес, както и увеличаване междинните контроли по време на производствения процес.

**Експлоатационните средства** са средства за повишаване работоспособността на буксовите лагери на подвижния железопътен състав. Те са много разнообразни и включват следното:

- актуализиране периодичността за провеждане на техническите прегледи и плановите ремонти на подвижния железопътен състав, отчитайки спецификата на конкретните возила;
- подобряване качеството на ремонтните дейности в депата и заводите, както и контрола на извършения ремонт;
- подобряване технологичното оборудване в депата и заводите, което участва в ремонта на подвижния железопътен състав;
- подобряване качеството на влаганата смазка, съобразно режима на работа на лагерите, както и перманентно следене на нейното състояние;
- подобряване текущия контрол на подвижния железопътен състав в експлоатация и бърза и адекватна реакция при откриване на неизправности;
- подобряване състоянието на релсовия път и намаляване неговото въздействие върху на подвижния железопътен състав;
- своевременна и правилна диагностика за определяне моментното състояние на буксовите лагери на подвижния железопътен състав.

Своевременната и правилна диагностика позволява не само да се открият скрити неизправности в буксовите лагери на подвижния железопътен състав, което ще повиши експлоатационната им надеждност, но и да се изключи субективния подход при оценка на тяхното моментно техническо състояние.

В последно време на въпроса за техническото състояние на буксовите лагери на подвижния железопътен състав се отдава все по-голямо внимание, особено в развитите железопътни администрации.

**Техническата диагностика**, като раздел от експлоатационната наука, включва в себе си следните изследователски задачи:

- систематизация на неизправностите възникващи по елементите на буксовите лагери на подвижния железопътен състав;
- изучаване и анализ на тези неизправности и причините, довели до тяхното появяване;
- определяне допустимите отклонения на елементите на буксовите лагери на подвижния железопътен състав, с цел продължаване на тяхната работоспособност и експлоатационна надеждност;
- разработване методи и прибори за откриване на неизправности по техни симптоми;

- изследване методите на прогнозиране и научно-обосновани прогнози за сроковете до поява на неизправности на буксовите лагери на подвижния железопътен състав.

Използването на виброакустичната диагностика като метод за определяне техническото състояние на буксовите лагери на подвижния железопътен състав и техния ресурс е невъзможно без предварително изследване законите за разпределение на случайните величини, характеризиращи изменението на техническото състояние на буксовите лагери на подвижния железопътен състав, класификация на възникналите неизправности, разработване на система от признаци, определящи техническото им състояние и др. освен това е необходимо да се разработи метод и съответното техническо оборудване за контрол величините на параметрите, които подлежат на диагностициране. Решаването на тези въпроси от техническата диагностика ще доведе до повишаване експлоатационната надеждност на подвижния железопътен състав в Република България.

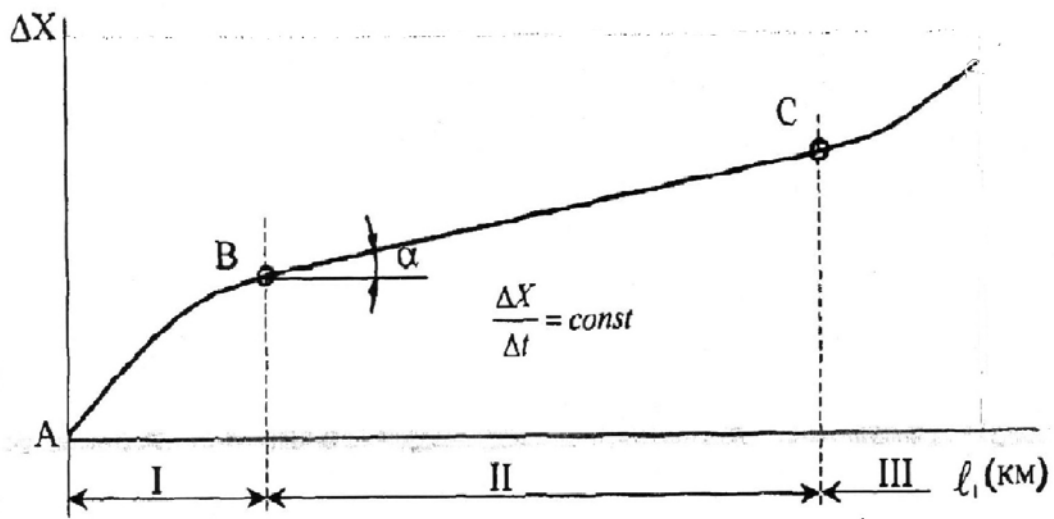
В техническата диагностика се предполага, че диагностичния обект може да се намира в крайно множество  $N$  състояния. То може да се раздели на две подмножества  $N_1$  и  $N_2$ . Преминването от едното състояние в другото, като правило, се обяснява с възникването на неизправности в обекта.

- подмножеството  $N_1$  включва всички състояния, които позволяват на обекта да изпълнява възложените му функции, т.е. определя състоянието на работоспособност на обекта. Всяко от състоянията в това подмножество се отличава с различна степен на работоспособност;

- подмножеството  $N_2$  включва всички състояния, съответстващи на възникване в обекта на диагностика някаква неизправност, водеща до загуби на работоспособност. В експлоатационни условия може да се определи техническото състояние на обекта, ако се контролират неговите параметри, характеризиращи качеството на изпълнение на неговите функции.

В днешно време един от съществуващите методи за определяне техническото състояние на агрегати и възли без разглобяване е виброакустичната диагностика. Това не е случайно, защото всеки шум в работещия механизъм, представлява съвкупност от „гласове“ на съответните в него детайли. Високото нива на шум, чуването и скърцането, открити при прослушване работата на механизмите са били, са и ще бъдат достатъчно основание за спиране тяхната работа и изпращането им за ремонт. За повишаване на виброакустичната надеждност в експлоатация на механизмите, важна роля играе разкриването на неизправностите и причините за тяхната поява. Буксовите лагери на подвижния железопътен състав в експлоатация са подложени на действието на различни сили. Те възникват както от вътрешни източници, така и от външни динамични сили, способстващи за влошаване параметрите на буксовите лагери, прогресивно износване, което води до необратими процеси с течение на времето. Най-важни, от гледна точка на техническата информация за буксовите лагери, се явяват физическите процеси, износване, пукнатини, умора на материала. Процесите, възникващи вследствие на тези въздействия могат да се разделят на три етапа.

Закономерността на износване при кинематичната двойка шийка на колооста и запресования на нея вътрешен пръстен, който е подложен на износване се вижда на фиг. 1.1



Пробег в (км) или  
време в (час)

фиг. 1.1 Крива на износването

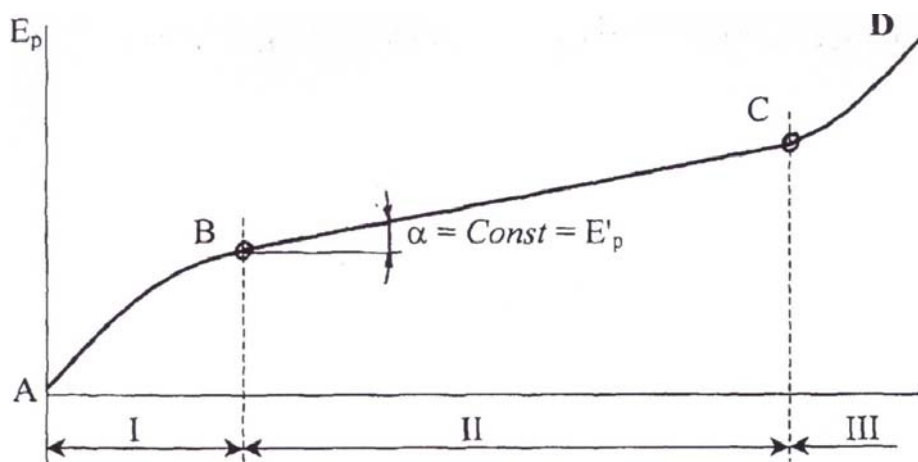
Процесът на износване се състои от три стадия:

- стадий № I – при него се наблюдава сработване на елементите на кинематичната двойка. Микронеравностите на триещите се повърхнини се заглаждат и това води до износване и по стръмен наклон на кривата.
- стадий № II – при него се наблюдава нормално износване. Наклонът на кривата е малък. Скоростта на износване е постоянна.

$$\frac{\Delta x}{\Delta t} = const$$

- стадий № III – при него настъпва интензивно износване на кинематичната двойка. Кривата на износване започва отново стръмно да нараства.

Закономерността на пълзене представлява зависимостта на пластичната деформация във функция от времето. Тя е показана на фиг. 1.2.



Време в час

фиг. 1.2. Кривата на пълзене на елементите на буксовия лагер

Видът на тази крива зависи също от напреженията и температурата, при която работят материалите на детайлите. Процесът може да се раздели също на три стадия.

- стадий № I – при него пластичната деформация е по-голяма и кривата е по-стръмна. В края на стадия тя намалява.

- стадий № I I - процесът протича с постоянна скорост. Наклонът на кривата не е голям.

$$\epsilon p^I = K \cdot \sigma^n$$

Стойностите на „K“ и „n“ за конкретния материал зависят от температурата, при която работят елементите, и се определят експериментално. С нарастване на напрежението температурата, скоростта на пластична деформация нараства, а продължителността на втория стадий намалява.

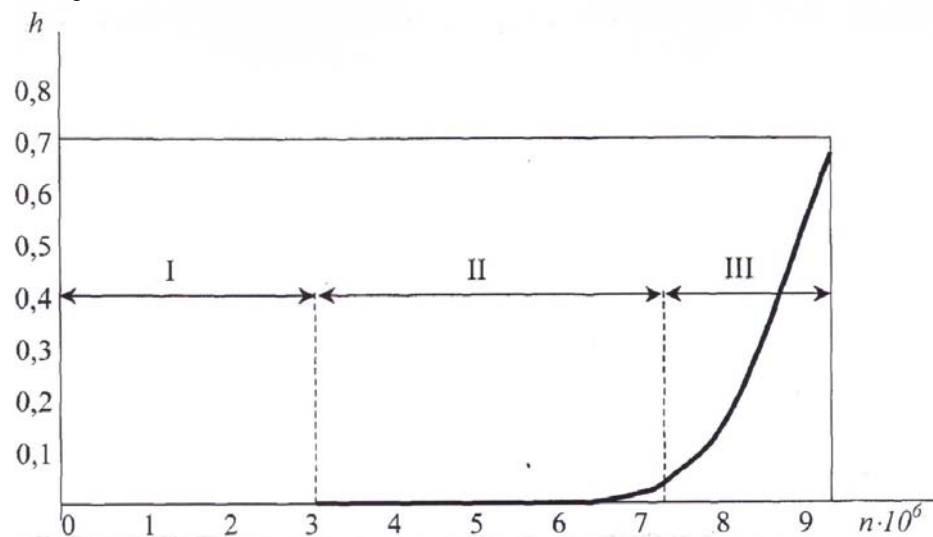
- стадий № I I I – при него скоростта на деформация бързо нараства докато не настъпи разрушаване. Наклонът на кривата става стръмен.

Закономерността на умората на материала на контактуващите детайли в търкалящите лагери от буксовия възел представлява графичната зависимост между дълбочината на пукнатините и броя на циклите т.е.

$$h = f(n \cdot 10^6)$$

Тази зависимост е показана на фиг. 1.3.

Дълбочина на пукнатините  
в микрометри



фиг. 1.3 Крива на развитие на пукнатините

Процесът тук също може да се раздели на три стадия:

- стадий № I – при него при малък брой цикли не се наблюдава поява на пукнатини в детайлите на лагерите от буксовия възел.

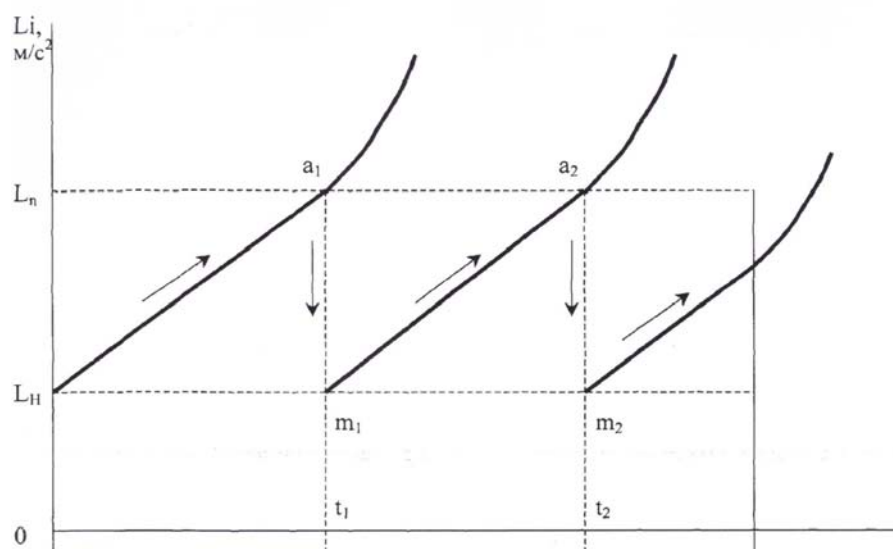
- стадий № I I – при него се появяват пукнатини с минимална дълбочина. Нарастването им е незначително и става по линейна зависимост. В края на стадия пукнатините започват да нарастват в дълбочина и кривата започва стръмно да расте. Това става в интервала от 7 ÷ 8 · 10<sup>6</sup> брой цикли.

- стадий № I I I – при него дълбочината на пукнатините започва рязко да расте в малък интервал на брой цикли 8 ÷ 9 · 10<sup>6</sup> след което настъпва разрушаване на материала.

При анализ на гореизложените закономерности е видно, че необратимите физически процеси в контактуващите кинематични двойки в буксовите лагери по време

на експлоатация предизвикват ненормални явления, които често настъпват внезапно след дълъг период на нормална работа. Може да се направи заключение, че с изменение на горепосочените закономерности и свързаните с тях параметри се изменят също и виброакустичните характеристики на елементите на буксовите лагери. Основен източник за възникване на собствените корпусни вибрации в буксовия възел са разликата в състоянията и нарастване хлабините в лагерите. Тези величини се изменят пропорционално на износванията и пластичната деформация, вследствие на това, собствените корпусни вибрации на буксовия възел нарастват линейно по време на втория период на експлоатация на лагерите. На фиг. 1.4 е показано изменението във времето на нивото на ускоренията от собствените корпусни вибрации.

Ниво на ускорения на вибрациите



Време за експлоатация  
в хил. км или в часове

фиг. 1.4 Изменението във времето на нивото на ускоренията от собствените корпусни вибрации

От графиката се вижда че:

- интервалите „0-t1“, „t1-t2“ са времето за нормална работа на буксовия възел;
- a1-m1 и a2-m2 - подобряване техническото състояние на буксовия възел при извършване на ремонтни дейности;
- L<sub>n</sub> – максимална допустима стойност на виброакустичните параметри по време на нормалната експлоатация на буксовия възел;
- L<sub>H</sub> – нормални допустими стойности на виброакустичните параметри след възстановяване работоспособността на буксовия възел, вследствие на ремонтни мероприятия.

Разглеждайки физическите причини за поява на виброакустични откази, може да се направят следните изводи:

- Отказите, възникващи вследствие на неизправности по елементите на буксовите лагери, по своята природа са „износващи“.
- По време на нормалната експлоатация на буксовите лагери измененията на виброакустичните параметри става по линеен закон.
- „виброакустичен“ отказ, като правило, настъпва преди началото на физически отказ т.с., преди настапване на третия стадий от експлоатацията на буксовия възел.

**ЛИТЕРАТУРА:**

[1] Справочник на SKF по техническо обслужване на търкалящи лагери 1995 г.

**RESEARCH AND ANALYSIS OF OPERATIONAL RELIABILITY  
OF THE ROLLING STOCK AXLE BEARINGS**

**Lyudmil Konstantinov Paskalev**

[lyudmil\\_paskalev@abv.bg](mailto:lyudmil_paskalev@abv.bg)

*Todor Kableshkov University of Transport,  
Sofia, 158 Geo Milev Str.  
BULGARIA*

**Key words:** *axle bearing, rolling railway stock*

**Abstract:** *The report further study and analysis to the deficiencies occurring in service on the outer ring axle bearing of the rolling railway stock*