



ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРИЧИНИТЕ ЗА ВЪЗНИКВАНЕ НА ПРОИЗШЕСТВИЕ В ХОДОВАТА ЧАСТ НА ПОДВИЖНИЯ ЖП СЪСТАВ

Васко Николов
va_r_nikolov@abv.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”
София, ул. „Гео Милев” № 158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

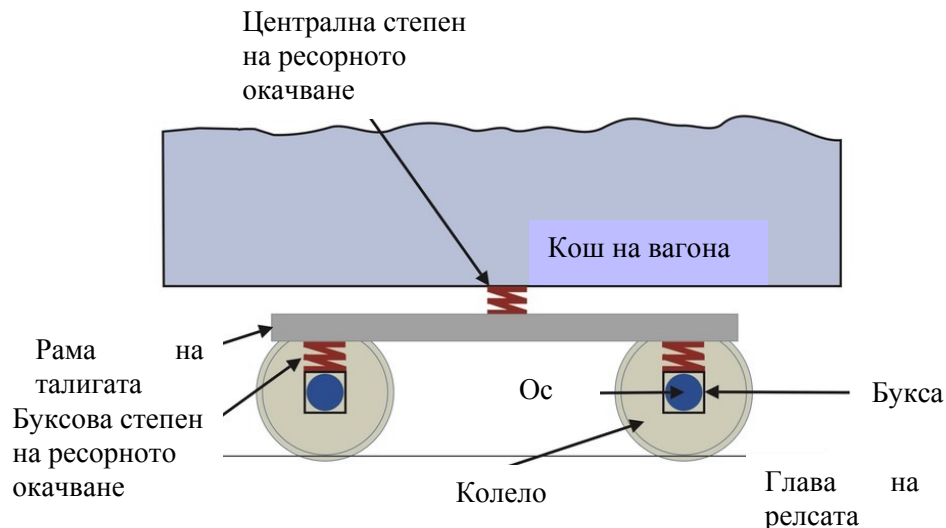
Ключови думи: колооси, букси, безопасност, ходова част, якост, метод на крайните елементи.

Резюме: Публикацията разглежда и анализира причините, довели до произшествие по време на експлоатация – дерайлиране на подвижен железопътен състав при движение по железопътната инфраструктура. Произшествието е реализирано по време на движение, което е недопустимо от гледна точка на безопасността в железопътния транспорт и не бива да бъде допускано при никакви условия и обстоятелства. Разгледано е устройството и принципът на работа на ходовата част на железопътните возила. Описани са натоварванията и основните якостни и деформационни характеристики на ходовата част на вагоните и нейните основни елементи – колооси и букси. Изследвани са силите, действащи във възела ос – букса по време на експлоатация. Изброени са повредите, които могат да се появят по време на движение в буксата и в колооста. Представени са изискванията, на които трябва да отговарят тези важни за безопасността на движението елементи от ходовата част на вагоните. Анализирани са причините за загряване на буксите, както и причините за счупване на осите на железопътните возила. Формулирани са изводи от анализите и са направени заключения за разследване на подобни произшествия и по-нататъшна експлоатация, ремонт и поддържане на подвижния състав и осигуряване на безопасна експлоатация.

ВЪВЕДЕНИЕ

Осите на несамоходните релсови возила са едни от най-отговорните и натоварени елементи от ходовата им част и от конструкцията им като цяло. Те предават всички натоварвания от рамата и коша на возилото върху пътя, както и от контакта с релсите върху екипажа на возилото, поемат и предават всички натоварвания, възникнали от спирачните сили. Напречните натоварвания и огъващите моменти върху оста представляват винаги динамично натоварване, действащо по симетричен цикъл на всеки оборот при движение на возилото. Взаимодействието им с буксовите лагери осигурява въртеливото им движение, а оттам – постъпателното движение на самото возило.

Буксите са предназначени да предават натоварването от рамата на вагона или талигата към осните шийки, като осигуряват въртенето на колоосите, както и за ограничаване на надлъжното и напречното им изместване при движение на вагона. Те участват активно в предаването на вертикалните натоварвания в покой и по време на движение от колооста към рамата на талигата (вагона) и обратно. Същевременно участват в предаването на хоризонталните напречни и надлъжни натоварвания, появяващи се при движението на вагона. Спадат към необресорените части на ходовата част на вагона, защото се намират под ресорното окачване и поемат твърдо (нееластично) всички натоварвания, възникнали между колоосите и железния път (фиг. 1).



Фиг. 1. Принципно устройство на ходовата част на вагона

ОПИСАНИЕ НА СЪБИТИЕТО

На 26.07.2020 г. директен товарен влак (ДТВ) № 80620 заминава от гара Бургас за гара Пирдоп. В гара Калояновец ДТВ № 80620 е приет в 10:47 часа на пети приемно-отправен коловоз, където престоява 40 минути и заминава в 11:28 часа.

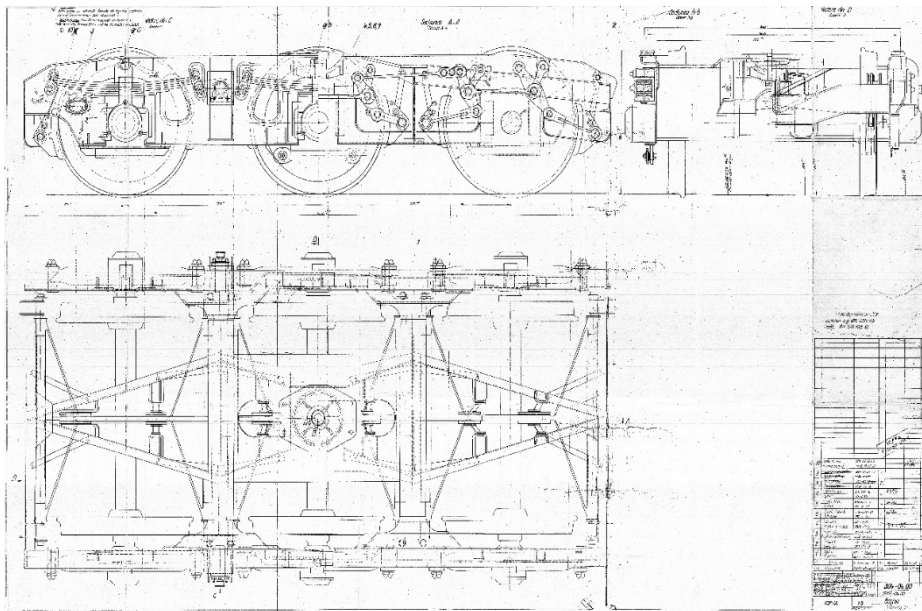
След заминаване на влака, около 600 метра при преминаване през стрелки №№ 14 и 10 последният вагон от състава дерайлира и вагонът поляга на дясната си страна по посока на движението. Установено е, че причината за дерайлирането е скъсана дясна осна шийка на четвъртата колоос на вагона (първата на втора талига) по посока на движението му вследствие блокирал буксов лагер. Заключение на комисията, назначена от НКЖИ за разследване на произшествието, е, че скъсането на осната шийка е поради загрят и впоследствие блокирал вътрешен буксов лагер (фиг. 2).



Фиг. 2. Снимка на дерайлирания вагон

ТЕХНИЧЕСКИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ДЕРАЙЛИРАЛИЯ ВАГОН

Вагонът, който е бил причина за дерайлирането, се числи към типа открити вагони с обикновена конструкция. Тези вагони са предназначени за превозване на насипни товари, които не изискват защита от атмосферните влияния: пясък, руда, въглища и др. под. Особеното в конструкцията му е това, че той е 6-осен с две триосни талиги. Рамите на талигите са изработени от листов стомана. Буксите са с челюстно водене, а ресорното окачване е едностепенно, реализирано с листови ресори, разположено в буксовата степен. Буксите са с по два ролкови лагера, монтирани един до друг в тялото на буксата. За по-добро вписване в кривите буксите на средната колоос е с увеличен аксиален разбег. Всичко това дава възможност да бъде увеличена общата товарносимост на вагона, като общата му маса достига до 135 тона при осно натоварване 225 kN/axle (фиг. 3). Кошът на вагона стъпва върху талигата в три точки: централен болт и две плъзгалки, разположени в средата на двете странични надлъжни греди и служат за предаване на вертикалните сили. Завъртането на талигата в криви се осъществява чрез централния болт, като чрез него се предават хоризонталните надлъжни и напречни сили от коша към рамата на талигата. От рамата на талигата хоризонталните сили се предават към колоосите и пътя с помощта на буксовите водачи.

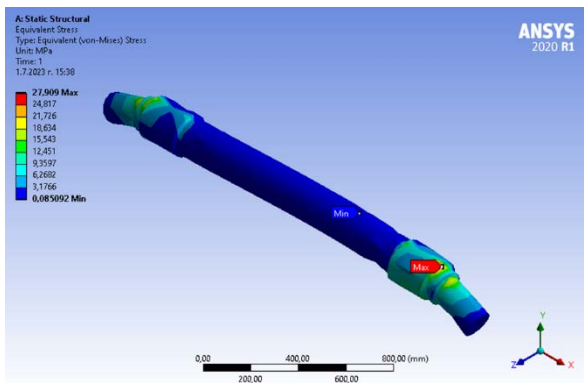


Фиг. 3. Талига на вагона

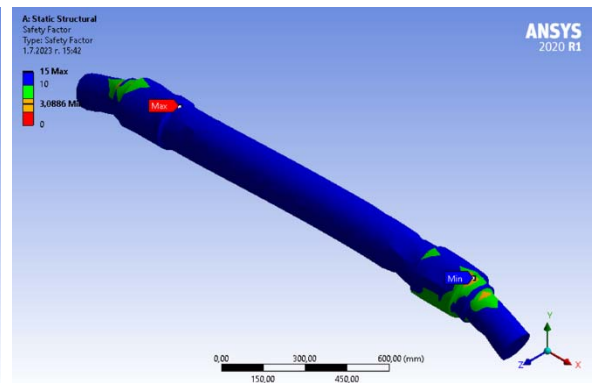
ЯКОСТНО-ДЕФОРМАЦИОНЕН АНАЛИЗ НА РАЗГЛЕЖДАНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ ОТ КОНСТРУКЦИЯТА

За изследване на конструкцията е извършен якостно-деформационен анализ по метода на крайните елементи. За целта е създаден пространствен модел на колооста, като тя е натоварена с действащите в експлоатация сили. Създадени са и съответните опори, които дават възможност за извършване на анализа.

Колооста е натоварена с вертикални сили от масата на вагона и товара в него, хоризонтални надлъжни сили от спирачни усилия и хоризонтални напречни сили от преминаване през криви и стрелки, действащи в колооста. Анализът на колооста ясно показва застрашените сечения и местата, опасни за разрушаване на вагонната ос, а именно преходите между шийката и предподглавинната част и между предподглавинната и подглавинната част. Както и предишни анализи показват [2, 3, 4] именно симетричното знакопроменливо натоварване на оста по време на движение на подвижния състав е основна причина за поява на умора на материала, което от своя страна води до нейното разрушаване. Известни са също и етапите, през които преминава това разрушаване [6]: Ломът, който се получава в мястото на скъсване, се характеризира с ясно изразени фокуси (един или няколко) на първоначални огнища на разрушението (фиг. 6, поз. 1), около които възниква първата пукнатина и откъдето



Фиг. 4. Еквивалентно напрежение, действащи в оста



Фиг. 5. Коэффициент на сигурност срещу умора на материала

започва нейното развитие. Те са разположени в една равнина и първоначално са възникнали като отделни източници, като по този начин увеличават и ускоряват развитието на пукнатината. Те се характеризират с типичен блясък. След това се наблюдава зоната на собствено развитие на пукнатината (фиг. 6, поз. 2) с характерни, почти концентрично разположени спрямо фокуса линии. Следва зоната с ускорено развитие на пукнатината (фиг. 6, поз. 3). Тази зона може да се получи дори само за няколко цикъла, предшестващи окончателното разрушаване. В тази зона отсъстват типичните правилни линии. Накрая се наблюдава зоната на окончателното разрушаване (фиг. 6, поз. 4), характеризираща се с крехкия лом на материала.



Фиг. 6. Лом на осна шийка, предизвикан от недостатъчна динамична якост (умора на материала). (снимката е илюстративна)

АНАЛИЗ НА ПРИЧИНАТА ЗА ДЕРАЙЛИРАНЕТО

Заключението на комисията, разследвала случая, е, че причина за дерайлирането е счупен лагер на буксата, вследствие което поради повишеното триене лагерите и тялото на буксата са повишили температурата си и това е довело до скъсване на осната шийка [5].

Фактите и разсъжденията, проведени върху тях недвусмислено показват, че такова развитие на събитията е малко вероятно поради няколко причини:



Фиг. 7. Буксата на скъсаната осна шийка

- Вагонните оси се изработват от средно и високовъглеродна стомана с високи якостни качества;

- Обемът и масата на оста са значителни и за тяхното загряване до температури, които биха могли да доведат до структурни промени в материала и оттам до отслабване на якостните качества е необходим значителен източник на топлина, при това с продължително излъчване;

- При счупване или блокиране на буксов лагер за кратко време температурата ще се повиши и това ще доведе до изтичане на греста, излизане на пушек от самата букса и дори зачервяване. Всички изброени признаци не са наблюдавани по време и след произшествието;

- Материалът за изработване на тялото на буксата е обикновена въглеродна стомана, като освен това тя е с малки размери, маса и обем;

- Тялото на буксата е загрято само до около 250-300°C (фиг. 7) и това съвсем не е достатъчно за повишаване на температурата на оста до стойности, които биха довели до структурни промени в нея и отслабване на сечението ѝ.

ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

След обстоен преглед на документацията и анализиране на всички фактори, довели до произшествието, може да се направят следните изводи:

- Първоизточник на произшествието е вагонната ос, а не буксата;

- Скъсването на осната шийка е довело до нарушаване на съосността между вагонната ос и оста на буксовите лагери;

- Това е довело до смачкване и развалцоване на лагерните ролки, които от своя страна са въздействали върху пръстените и тялото на буксата, като всичко това е било придружено със силно триене;

- Триенето е довело до загряване на буксата и нейните елементи, но до температури около 250-300°C, което не е достатъчно за предизвикване на структурни промени и отслабване на якостните качества на вагонната ос;

- Скъсването на осната шийка е предизвикано от умора на материала, предизвикана от натоварването на оста знакопроменливо по симетричен цикъл.

Заключението от разглеждания случай е, че при възникване на подобни случаи е необходимо внимателно и подробно да бъдат изследвани всички факти, да бъдат анализирани уликите и теоретичните изследвания в областта, за да може да се вземе правилното и вярно решение за достигане на обективната истина.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Димитров, Ж. Надеждност на железопътната техника, ВМЕИ „В. И. Ленин“, С. 1988.
- [2]. Николов, В. Изследване на факторите, влияещи на дълготрайността на локомотивните колооси, С. ТУ, 2008.
- [3]. Николов, В. Моделиране и якостен анализ на колоосите на локомотиви серия 86, Научно списание 'Механика Транспорт Комуникации' : 3 / 2018.
- [4]. Николов, В. Моделиране и якостен анализ на шарнирен болт от ресорното окачване на четириосен товарен вагон тип Тамнс, Международна научна конференция "ТРАНСПОРТ - 2019", С. ВТУ, 2019.
- [5]. Окончателен доклад № 63 от заседание на РКК(н) – Пловдив, проведено на 12.08.2020 г. за събитие, реализирано на 26.07.2020 г. – 11:30 ч. в гара Калояновец (рег. № 63/90).
- [6]. Ружеков, Т. и др. Конструкция, теория и проектиране на локомотиви, С. 1985.
- [7]. UIC Code 515-3. Rolling stock. Bogies – Running gear. Axle design calculation method. 1994.

INVESTIGATION OF THE CAUSES OF THE OCCURRENCE OF AN INCIDENT IN THE RUNNING GEAR OF THE ROLLING STOCK

Vasko Nikolov
varnikolov@vtu.bg

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

Key words: *wheelset, axle box, safety, running gear, strength, finite element method.*

Abstract: *The publication examines and analyzes the causes that led to an accident during operation – derailment of rolling stock during movement on the railway infrastructure. The accident occurred during a movement that is unacceptable from the point of view of safety in railway transport and should not be allowed under any conditions or circumstances. The device and the principle of operation of the undercarriage of railway vehicles are examined. The loads and the main strength and deformation characteristics of the running gear of the wagons and its main elements – wheelsets and axle boxes – are described. The forces acting in the axle-axle box node during operation were investigated. Damages that may occur during movement in the axle box and in the axle are listed. The requirements that must be met by these elements of the running gear of the wagons, which are important for traffic safety, are presented. The reasons for the heating of the axles, as well as the reasons for breaking the axles of the railway vehicles, have been analyzed. Conclusions from the analyses were formulated and conclusions were drawn for the investigation of similar accidents and further operation, repair and maintenance of rolling stock and ensuring safe operation.*