

МОДЕЛИРАНЕ И ЯКОСТЕН АНАЛИЗ НА ШАРНИРЕН БОЛТ ОТ РЕСОРНОТО ОКАЧВАНЕ НА ЧЕТИРИОСЕН ТОВАРЕН ВАГОН ТИП Tamns

Васко Николов
va_r_nikolov@abv.bg

**ВТУ Тодор Каблешков, катедра „Транспортна техника“,
София, ул. „Гео Милев“ 158
БЪЛГАРИЯ**

***Ключови думи:** вагони, ресорно окачване, ходова част, якостен анализ, безопасност на движението, метод на крайните елементи.*

***Резюме:** В доклада е направен задълбочен якостен анализ на натоварванията, действащи върху шарнирния болт от ресорното окачване на четириосен товарен вагон тип Tamns с подвижен покрив за превоз на насипни товари и оказващи влияние върху якостните характеристики на този особено важен за безопасността на движението елемент от конструкцията на този тип вагони, експлоатирани от частни превозвачи у нас, както и на причините за счупване на тези елементи по време на експлоатация. Представено е описание на ресорното окачване на този тип вагони, като са посочени и описани основните елементи, които го изграждат. Характеризиран е типът на ресорното окачване и силите, действащи върху него. Показана е схема на натоварването на шарнирния болт по време на експлоатация и са описани силите, които действат, както и мястото им на прилагане в листовия ресор. Изброени са изискванията, на които трябва да отговарят тези важни за безопасността на движението елементи. Извършено е моделиране, якостен и деформационен анализ на конструкцията по метода на крайните елементи. Посочени са стойностите на отделните параметри на анализа и местата, в които се получават екстремните такива. Резултатите са сравнени с получените откази по време на експлоатация. Дадени са препоръки за отстраняване и намаляване на откази от подобен характер.*

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Ресорното окачване представлява система от еластични елементи и демпфери, свързващи колоосите с талиговата рама и коша на вагона. Благодарение на него се намаляват ускоренията, действащи върху екипажа на подвижния състав при движение по железния път, смекчават се ударите, поглъща се и се разсейва част от енергията на възникващото трептеливо движение. В същото време се осигурява предаването на направляващите сили от колелата върху рамата на талигата и коша и се ограничават различията в статичните компоненти на вертикалното натоварване на различните колела. Листовите ресори са едни от основните елементи, които се използват за изграждане на ресорното окачване при товарните вагони. В последните години все по-

масово в практиката се използват параболични листови ресори поради редица предимства: висока надеждност по време на експлоатация, подобрена характеристика на натоварването, възможност за осъществяване на билинейна характеристика на натоварването. Самият ресорен пакет като елемент от ресорното окачване многократно е бил цел на изследвания на неговото якостно и деформационно състояние. Практиката показва, че върху надеждността на ресорното окачване съществена роля оказват и останалите елементи като свързващият болт, който съединява ресорния комплект с рамата на талигата (вагона при неталиговите вагони). Настоящата публикация има за цел да анализира якостното и деформационно състояние именно на този детайл – част от ресорното окачване на вагоните и играещ важна роля за безопасността на подвижния състав.

2. ТЕОРЕТИЧНА ПОСТАНОВКА

Разгледана е конструкция на ресорно окачване, изпълнено с параболични ресори, монтирано на талигов вагон с подвижен покрив Tamns за насипни товари (фиг. 1) [7, 12]. Свързването на листовия ресор с рамата на талигата се осъществява шарнирно с помощта на комплект от четири обици, държащи по два камъка и два шарнирни болта (фиг. 2). По този начин ресорният комплект се освобождава от поемането на хоризонтални надлъжни и напречни усилия и върху него остават да действат само вертикалните (статични и динамични) усилия от масата и движението на вагона. На анализ е подложен шарнирният болт, свързващ обиците посредством камъни с листовия ресор.

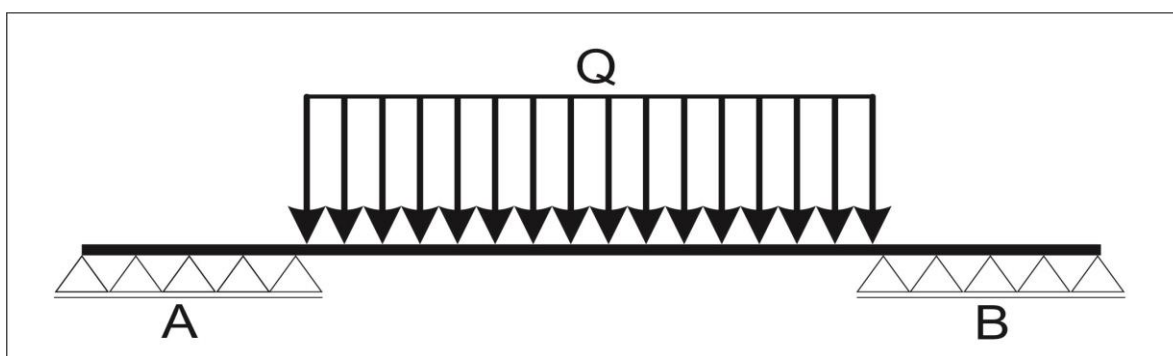
Болтът се разглежда като греда на две опори, при което двете опори А и В са камъните, върху които са окачени обиците и са разпределени върху гредата на дължина от 50 mm всяка, а товарът Q е разпределен върху дължина от 120 mm и се предава от



Фиг. 1



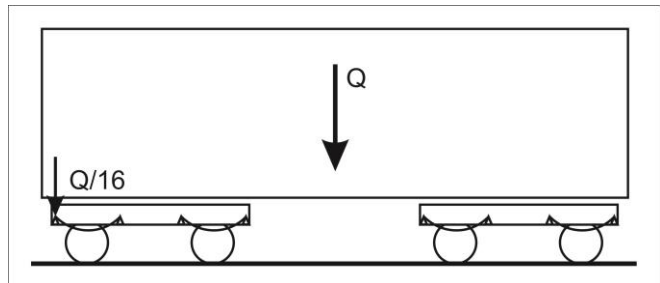
Фиг. 2



Фиг. 3

главния лист на ресорния комплект (фиг. 3). При максимално натоварване общата маса на вагона е 784,8 kN, което означава, че върху всеки болт действа разпределена сила от 49,05 kN (фиг. 4). Допълнително към статичното натоварване е отчетена добавка, равняваща се на коефициента на вертикална динамика, който отчита динамичното

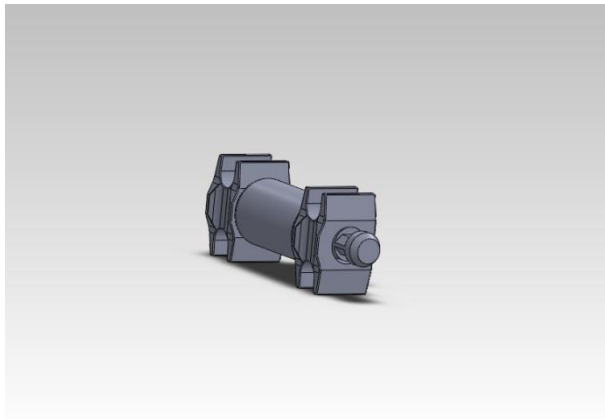
натоварване при движение на вагона. Като резултат максималното напрежение се очаква да бъде получено в средата на болта.



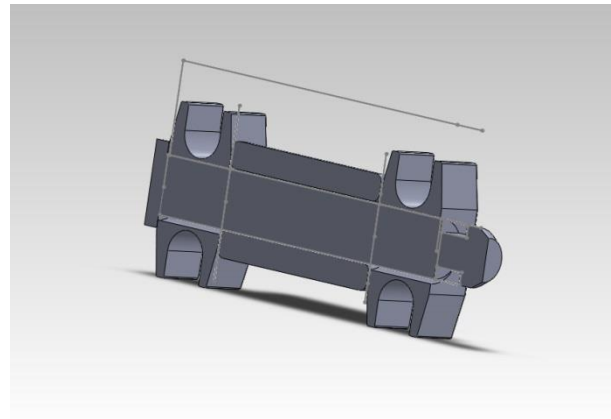
Фиг. 4

3. МОДЕЛИРАНЕ НА ВЪЗЕЛА

Разработен е пространствен модел на възела с помощта на програмния продукт SolidWorks. Възелът включва шарнирния болт, главния лист на параболичния ресор, двата камъка, които свързват шарнирния болт с обичите и чрез тях с рамата на талигата на вагона (фиг. 5). Поради естеството на поставената задача главният лист на параболичния ресор не е моделиран изцяло, а е представена само част от него – ухото, с помощта на което главният лист се захваща за шарнирния болт. Възелът е представен в работно положение, като са отчетени монтажните хлабини и повърхностите, с които отделните детайли контактуват помежду си (фиг. 6). При моделирането са спазени всички размери и пропорции на отделните детайли от възела и са запазени подробностите, които имат значение за якостния анализ. По този начин моделът се доближава максимално до реалната конструкция [2, 3].



Фиг. 5



Фиг. 6

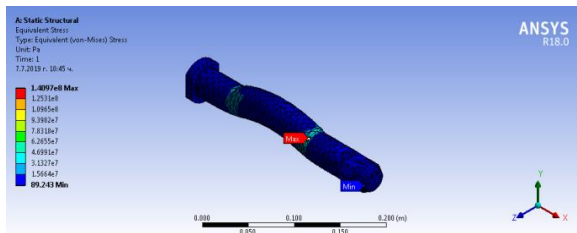
4. ЯКОСТЕН АНАЛИЗ НА ВЪЗЕЛА

Якостният анализ е извършен с помощта на програмния продукт ANSYS Workbench. За целта е симулирано натоварването на възела в реални условия. Натоварването включва една сила, представена като Bearing Load, т.е. натоварване като при лагер. По този начин натоварването се разпределя от ухото на листовия ресор по повърхността на шарнирния болт и се доближава максимално до действителното. Стойността на натоварването 49,05 kN, както бе посочено по-горе. Двете опори са разположени в отворите на двата камъка и представени като Cylindrical Support, което отново се доближава до действителната конструкция. Към натоварването е добавено и вертикално ускорение, което се получава при движение на такъв вагон по железния път [4, 5].

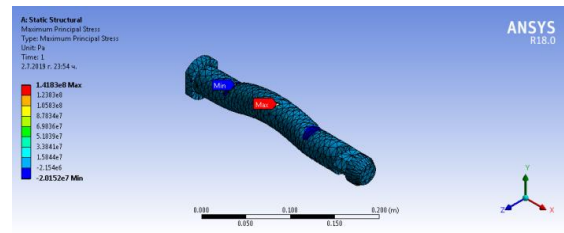
Моделът е замрежен, като генерираната мрежа обхваща следните елементи:

- Шарнирен болт;
- Камъни – 2 бр.;
- Ухо на главен лист на параболичен ресор.

Мрежата съдържа 96815 възела и 47217 елемента.



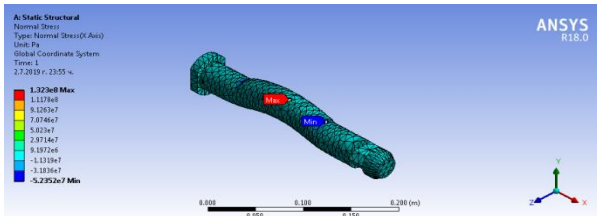
Фиг. 7



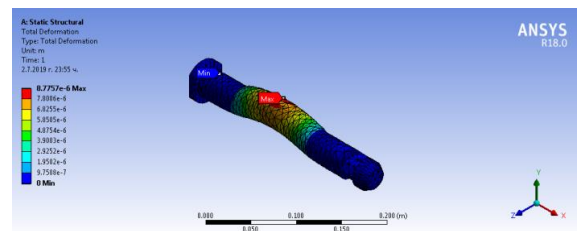
Фиг. 8

Анализът е направен само за шарнирния болт, който е главната цел на анализа и показва следните резултати:

- Еквивалентно напрежение: максимална стойност 140,97 МПа, разположена на границата между външния камък и ухото на главния лист (фиг. 7);
- Максимално напрежение по главното направление: максимална стойност 141,83 МПа, разположена в средата на болта (фиг. 8);
- Нормално напрежение: максимална стойност 132,3 МПа, разположена в средата на



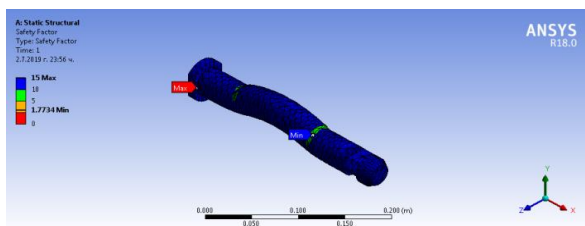
Фиг. 9



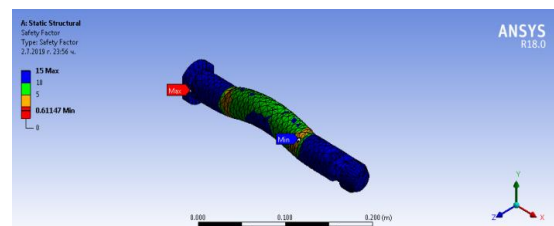
Фиг. 10

болта (фиг. 9);

- Максимална деформация: $8,77 \cdot 10^{-6}$ m, разположена в средата на болта (фиг. 10);
- Минимален коефициент на сигурност: 1,77, разположен на границата между външния камък и ухото на главния лист (фиг. 11);
- Минимален коефициент на сигурност при натоварване от умора: 0,61, разположен на границата между външния камък и ухото на главния лист (фиг. 12).



Фиг. 11



Фиг. 12

5. АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ



Фиг. 13



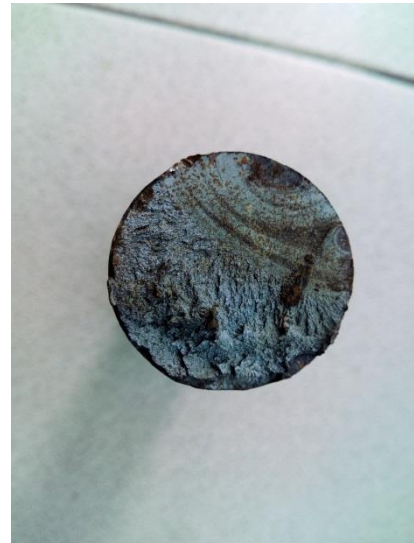
Фиг. 14

Получените резултати са разнопосочни и водят до извода, че не винаги еквивалентното напрежение, действащо върху даден детайл, е определящо за неговата

надеждност. В случая напрежението, действащо по главното направление, е не само с максимална стойност, но и се появява на място, което е концентратор на напрежение при натоварване на умора на разглеждания възел. Това се потвърждава и от откази, получени в шарнирния болт в реалната експлоатация [6, 11]. Изследванията показват, че въпреки износването по болтовете в областта на контакта, получените пукнатини се намират именно в средата на болта и те имат ясно изразен характер на разрушение от умора на материала (фиг. 13, 14, 15).

Като причини за получените откази могат да бъдат посочени както конструктивните качества на шарнирните болтове, така и състоянието на железния път [9, 10], както и извършването на редовни технически прегледи с оглед поддържане на добро техническо състояние.

В тази връзка възможните препоръки обхващат редовните прегледи на техническото състояние на възела, с помощта на които да бъдат откривани евентуални пукнатини.



Фиг. 15

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1.] Atmadzhova D., The Bulgarian State Railways experience in determining fatigue strength of rolling stock structures, XVI Conference RAILCON'14 Niš, Serbia, at the Faculty of Mechanical Engineering October, 2014, pp.69-72, 2014г.
- [2.] Petrović D., Atmadzhova D., Bižić M., Advantages of rubber-metal elements in suspension of railway vehicles, IIIrd International Conference on Road and Rail Infrastructure CETRA 2014, 28- 30 April, Split, Croatia, 2014, pp.491-497, 2014г.
- [3.] Petrović D., Bižić M., Atmadzhova D, APPLICATION OF RUBBER ELASTIC ELEMENTS IN SUSPENSION OF RAILWAY VEHICLES, Електронно списание "Механика Транспорт Комуникации" т. 15, бр.3, рег. No: 1490, стр. II-17 до II-22, ISSN N2367-6620, 2017 VI 44- VI 51.
- [4.] Petrovic, D., Bizic, M., Experimental testing of dynamic behavior of railway vehicles, XXIV МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ „ТРАНСПОРТ 2019“, 3-5 октомври 2019 г.
- [5.] Petrovic, D., Soskic, Zl., Bogojevic, N., Rakanovic, R., Work Regime of DDam Wagon Parabolic Sprigs, FME Transactions, Belgrade, 2003.
- [6.] Safety issues regarding wagons Laagrss, Office for the Prevention and Investigation of Accidents in Civil Aviation and Rail (SIA/NIM PT)
- [7.] Stiepel M. St. Zeipel, Freight Wagon Running Gears with Leaf Spring and Ring Suspension, Alstom, 2004.
- [8.] Атмаджова Д., Николов В., МОДЕЛИРАНЕ И СРАВНИТЕЛЕН ЯКОСТЕН АНАЛИЗ НА РАЗЛИЧНИ КОНСТРУКЦИИ ЛИСТОВИ РЕСОРИ ЗА ДВУОСНИ ТОВАРНИ ВАГОНИ, МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ „ТЕХНИКА И СТРОИТЕЛНИ ТЕХНОЛОГИИ В ТРАНСПОРТА – 2018“ 13-15 септември 2018 г., 2018г. т. 16, бр.3/3, рег. No: 1675, стр. VI-27 до VI-35.
- [9.] Вълков Р., Зл. Крумов, Усъвършенствани конструкции железен път, Сборник доклади на научна конференция с международно участие „International

Conference 2006“ ВСУ „Л. Каравелов“, С., 2006, с. 49-53, ISBN 10-954-331-010-6, ISBN 13-978-954-331-010-4

- [10.] Вълков Р., Годоров Ю., Икономов М. Зависимост между техническото състояние на железния път и експлоатационната скорост на подвижния състав. Сп. „Механика, транспорт, комуникации“, бр. 12, 2018 г., ISSN 1312-3823
- [11.] Окончателен доклад от разследване на железопътно произшествие – дерайлиране на товарен влак № 30560 между гарите Гавраилово – Шивачево – Твърдица на 26.01.2019 г.
- [12.] Пенчев Ц. и Атнаджова Д., "Якост и дълготрайност на автомобилна и железопътна техника", ВТУ "Т. Каблешков", 2007г.

MODELING AND STRENGTH ANALYSIS OF PIVOT BOLT HEALTH FROM THE SUSPENSION OF THE FOUR-AXLE FREIGHT WAGON TYPE Tamns

Vasko Nikolov
va_r_nikolov@abv.bg

*Todor Kableshkov University of Transport,
Department of Transport Engineering,
Sofia, 158, Geo Milev str
BULGARIA*

Key words: *wagons, suspension, chassis, strength analysis, traffic safety, finite element method.*

Abstract: *An in-depth analysis of the loads acting on the pivot bolt from the suspension of the four-axle freight wagon for bulk cargo transport is made in the report. Influencing the strength characteristics of this particularly important safety feature of the construction of this type of wagons operated by private carriers in Bulgaria, as well as the reasons for breaking these elements during operation are done. A description of the spring suspension of this type of wagon is presented, and the main elements that make up this are described. The type of spring suspension and the forces acting on it are characterized. A diagram of the loading of the pivot bolt during operation is shown and the forces which act as well as the place of application in the sheet portfolio are described. These requirements, which are important to the safety of the movement, are listed. Modeling, strength and deformation analysis of the structure using the finite element method was performed. The values of the individual parameters of the analysis and the places where the extreme ones are obtained are given. The results are compared with the failures obtained during operation. Recommendations are given to remove and reduce denials of a similar nature.*