Механика Транспорт Комуникации

ISSN 1312-3823 (print)
ISSN 2367-6620 (online)
том 21, брой 3/1, 2023 г.

Научно списание **http://www.mtc-aj.com** **статия № 2418**

ПРОВЕРКА ЗА ПОВИШАВАНЕ ТОВАРОНОСИМОСТТА НА ТЗП ЗА ЧАСТИЧНО ПОВДИГАНЕ НА ТРАМВАЙНИ МОТРИСИ ПРИ АВАРИЙНО-ВЪЗСТАНОВИТЕЛНИ РАБОТИ

Емил М. Михайлов
emm_1968@abv.bg

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

Ключови думи: *ТЗП, спредер, трамвайни мотриси, аварийно-възстановителни работи.*

Резюме: *Материалът разглежда товарозахватно приспособление (ТЗП) за частично повдигане на трамвайни мотриси при аварийно-възстановителни работи наречено „спредер“. Проектиран през 2006 година, спредерът е с товароносимост 10 тона. Появилата се след време необходимост за манипулиране на трамвайни мотриси с по-голямо тегло налага нова якостна проверка на съществуващото ТЗП и възможността за по-голямо натоварване в размер до 16 тона. Анализът показва, че елементите на спредера имат необходимите якостни качества и не се налага изменение на конструкцията на ТЗП за новите условия на работа. На базата на този анализ може да се направи нова регистрация на съоръжението с повишената товароносимост от надзорните органи.*

1. УВОД

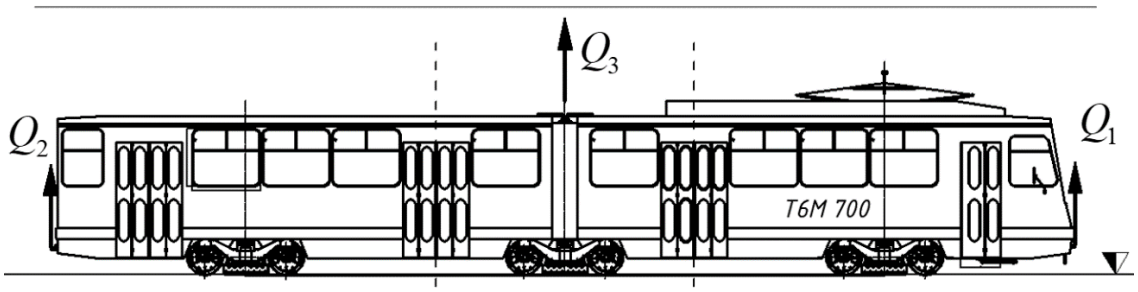
Товарозахватното приспособление (ТЗП) за частично повдигане на трамвайни мотриси (ТМ), в документацията наречено „спредер“, е предназначено за работа при аварийно-възстановителни работи. Основно е предназначено за повдигане на опорните (средни) талиги на съчленените мотриси при дерайлиране на ТМ и/или повреди по ходовата част когато се налага поставянето на колоосите им на аварийни колички.

ТЗП е конструирано, произведено и въведено в експлоатация през 2006 година в „Столичен електротранспорт“ ЕАД и от тогава е част от оборудването на Аварийната служба на Дружеството. При неговото проектиране, то е съобразено с намиращите се към онзи момент в експлоатация трамвайни мотриси.

2. СЪСТОЯНИЕ НА ПРОБЛЕМА

Товарозахватното приспособление е проектирано с товароносимост 10 тона. Към онзи момент тази товароносимост напълно удовлетворява нуждите на Аварийната служба за частично повдигане на трамвайните мотриси при опорните талиги. Направени измервания при изпитанията на ТМ тип Т6М 700 произвеждани в „Завод за трамваи – София“ установяват следните натоварвания при куката на крана при частично повди-

гане (фиг. 1.): Q_1 – 9 тона, Q_2 – 8 тона и Q_3 – 6 тона. Това прави спредера приложим за частично повдигане на ТМ при всички талиги.

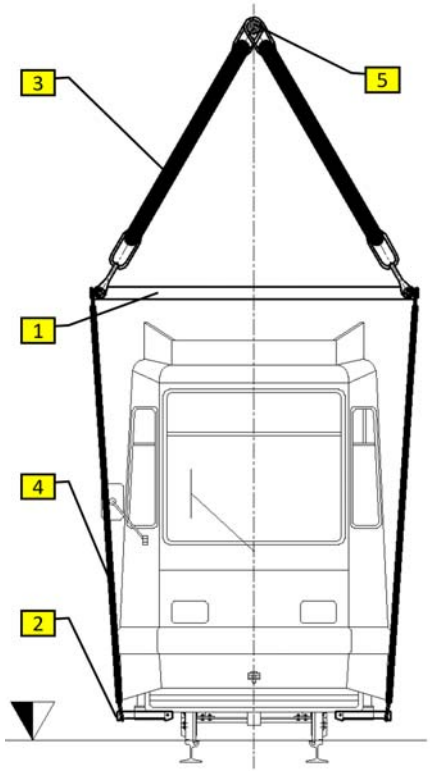


Фиг. 1. Натоварване в различните точки при частично повдигане на ТМ

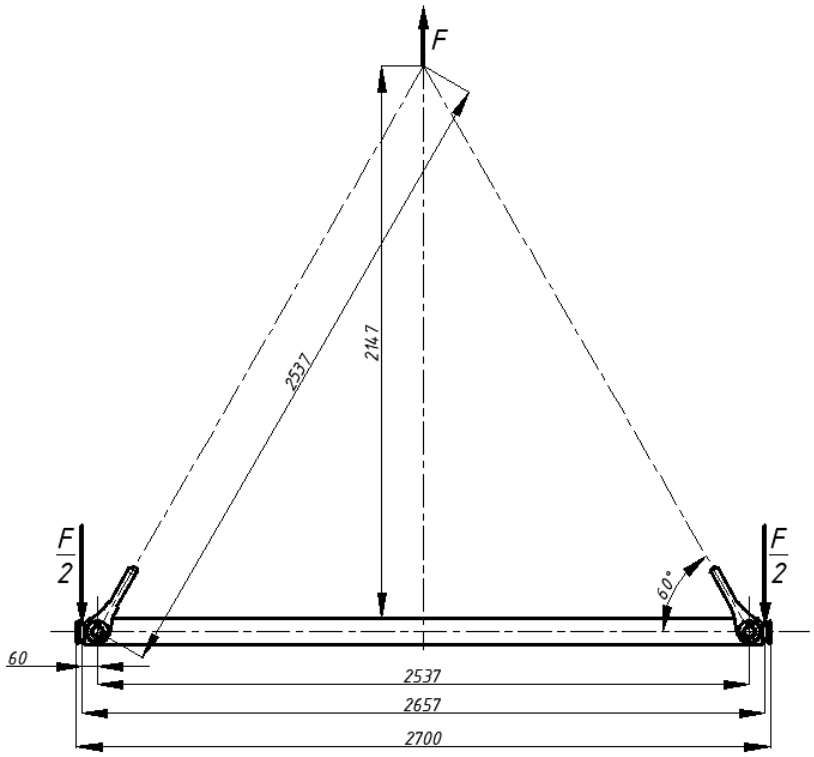
След 2013 година паркът на „Столичен електротранспорт“ ЕАД се разширява с нови трамвайни мотриси, *PESA 122NaSF*, които имат по-голямо лично тегло. По данни на производителя, при всяко сечение, в което са предвидени точки за повдигане, теглото е 14 тона. Това налага да се провери дали съществуващото ТЗП има товароносимост достатъчна за манипулиране на новите мотриси.

3. ОПИСАНИЕ НА ТОВАРОЗАХВАТНОТО ПРИСПОСОБЛЕНИЕ

Товарозахватното приспособление за частично повдигане на трамваен подвижен състав, се състои от следните елементи (фиг. 2.): греда (1), захвати към талигите (2), сапани (3) към куката на крана (5), сапани към захватите при талигите (4). Изчислителната схема на ТЗП е показана на фигура 3. Сапаните имат товароносимост 8 тона, а дължината им се съобразява във всеки отделен случай с конкретната ситуация - височината на контактния проводник и гъстотата на контактната мрежа. За някои типове ТМ, вместо захватите е предвидена греда, която се поставя под коша.

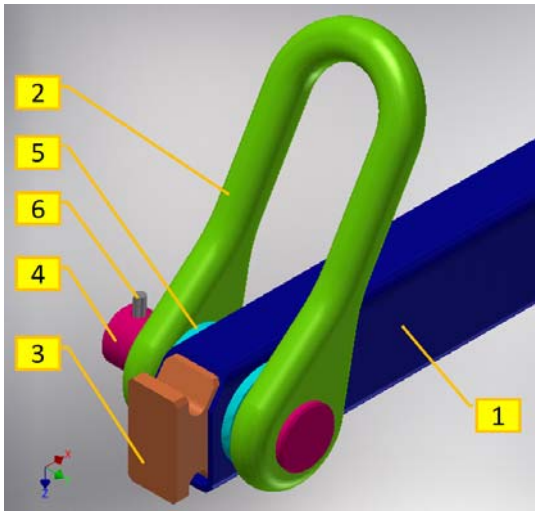


Фиг. 2. Елементи на ТЗП



Фиг. 3. Изчислителната схема на ТЗП

Гредата има дължина 2700 *mm* (фиг. 3.), тялото й е изработено от правоъгълна тръба от стомана БСт3 с размери 100 × 60 × 5 *mm*. В двата си края гредата завършва с възли за закачване на двата комплекта сапани. Всеки от възлите има конструкцията показана на фигура 4. В тялото на гредата (1) са вкарани накрайниците (3). Накрайниците са фиксирани с щифтовете (4), които са оси в шарнирната връзка на хамутите. Хамутите (2) са от вагонен от винтов спряг. Хлабината между тялото и хамутите се компенсира от дистанционните шайби (5). Шарнирната връзка се осигурява против разглобяване от шплинтовете (6).



Фиг. 4. Елементи на възлите за закачване на сапаните

4. ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ТОВАРОЗАХВАТНОТО ПРИСПОСОБЛЕНИЕ

Предвид особеното приложение на спредера, при проектирането му към неговата конструкция, тегло и размери се поставят следните изисквания:

- Съоръжението да има достатъчна товароносимост за манипулация на всички ТМ в парка на СЕ.
- Гредата да има дължина по-голяма от ширината на коша на ТМ за нормално междурелсие.
- Гредата да има тегло, което позволява да бъде носена от най-много трима човека.
- Гредата да има шарнирни връзки с елементите, към които се закачват сапаните към куката на крана.
- Сапаните да имат дължина, която осигурява нормална и безопасна работа около контактната мрежа.
- С всички елементи да се борави достатъчно бързо, безопасно и лесно.
- При необходимост към него да може да се добавят други приспособления от оборудването на аварийния автомобил.
- Да има лесна поддръжка и да е удобно за съхранение.

5. ДАННИ ОТ ПРОЕКТИРАНЕТО НА ТОВАРОЗАХВАТНОТО ПРИСПОСОБЛЕНИЕ

Проектирането на товарозахватното приспособление приз 2006 година [1] е направено по класическия метод [2, 3, 4, 5, 6]. Като при пресмятанията са получени следните резултати:

За тялото на спредера:

- Напрежение на огъване: $\sigma_{ог.}$ = 84,74 *MPa*;
- Напрежение на изкълчване: $\sigma_{изк.}$ = 17,9 *MPa*;

За накрайниците:

- Напрежение на огъване: σог. = 43,6 MPa;
- Напрежение на срязване: τср. = 24,98 MPa;
- Напрежение на смачкване: $\tau_{см.}$ = 17,9 *MPa*;

За щифтовете:

- Напрежение на срязване: τср. = 30,84 MPa;
- Напрежение на смачкване: $\tau_{см.}$ = 21,68 *MPa*;

Стоманените елементи са избирани от каталога на фирма „Helios metal center" [7], а сапаните от каталога на „УЕЙВ СИСТЕМС" ЕООД [8].

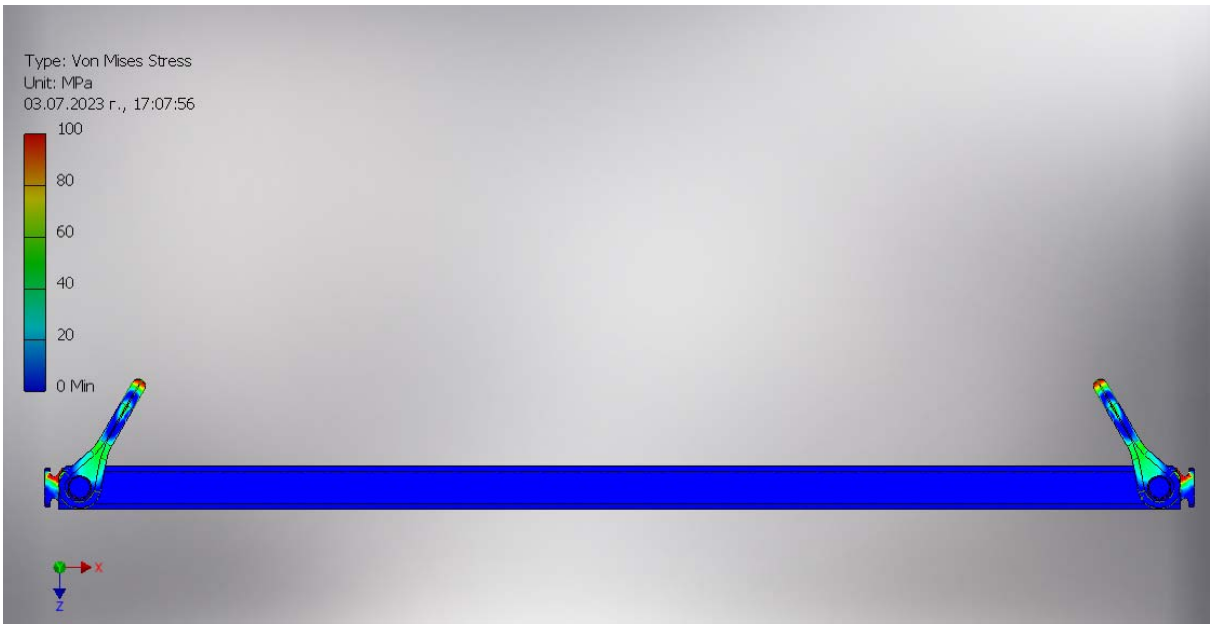
В началният си вариант спредера е бил оборудван с постоянно закачени към хамутите стоманени сапани, чиято дължина определя ъгъл на наклона на хамутите към оста на гредата от 45°. Това, обаче, създава затруднения при работа при нисък контактен проводник. Възможността да се използват едновъжени паяци от полиестерни сапани с по-голяма дължина позволява лесна и безопасна работа около контактния проводник и за увеличаване на ъгъла при хамутите до 60°.

Като се имат предвид ниските стойности на изчислените напрежения в елементите на спредера може да се предположи, че при натоварване с 60 % по-високо, напреженията няма да преминат допустимите стойности.

6. ЯКОСТНА ПРОВЕРКА НА ТЗП ЗА ТОВАРОНОСИМОСТ 16 ТОНА

Якостната проверка на спредера е направена по Метода на крайните елементи с програмата Autodesk Inventor Pro 2015. За якостният анализ гредата е запъната в двата си края, при шийките за сапаните към захватите. Силите, 2 × 80 *kN* са приложени при хамутите с посоки към „куката на крана" под ъгъл 60°.

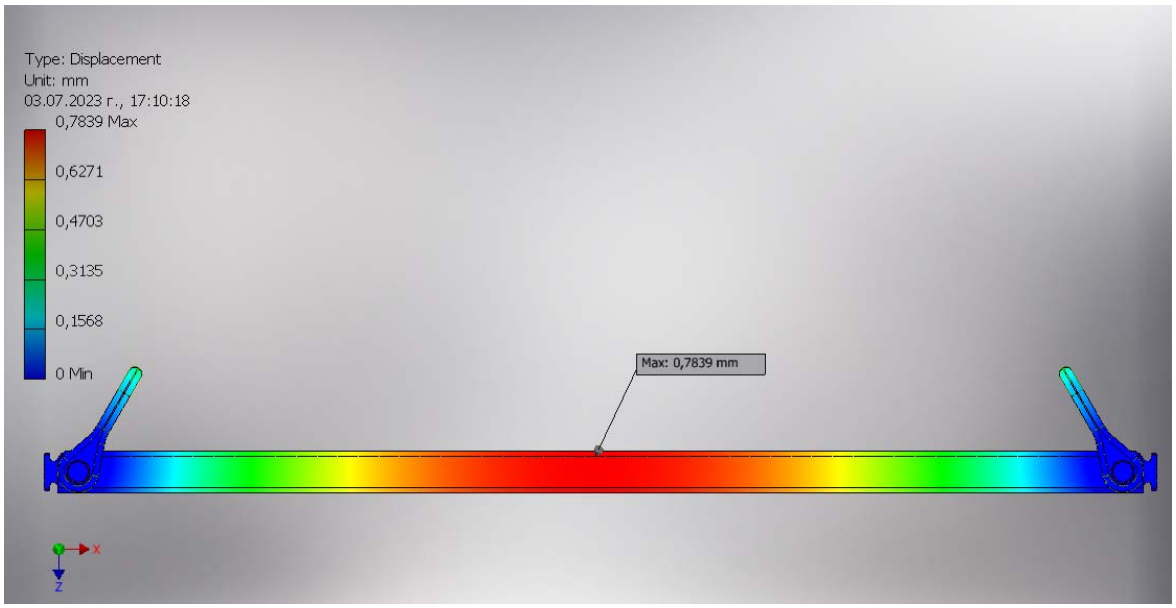
Мрежата се състои от 29 317 елемента с 52 249 възела.



Фиг. 5. Зони на напреженията при скала до 100 *MPa*

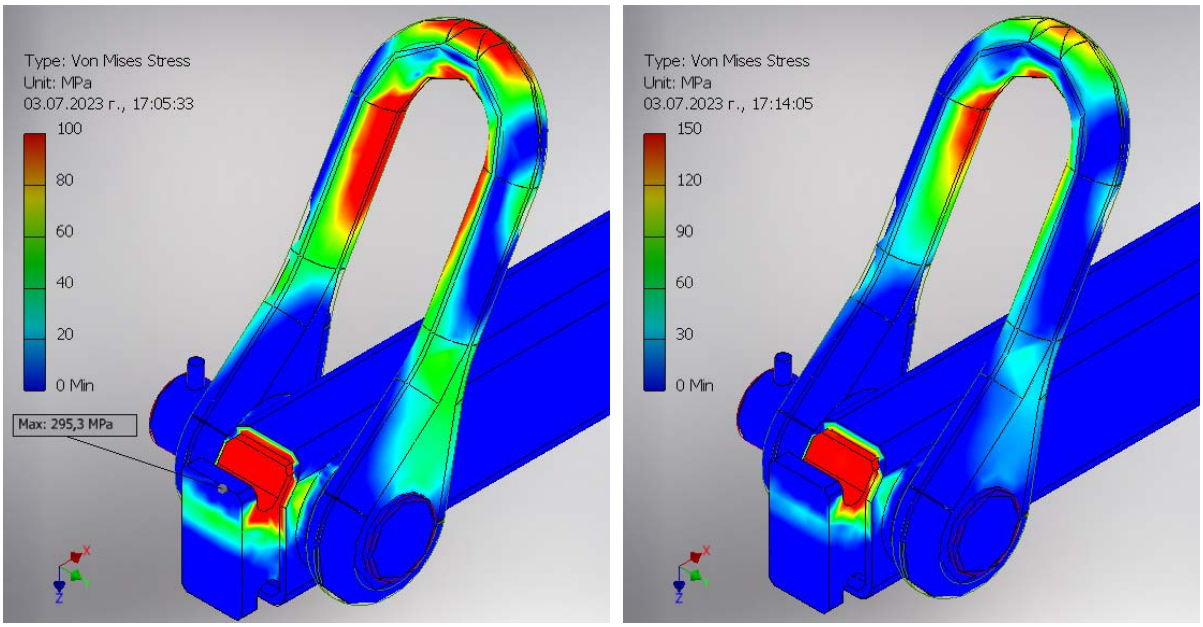
На фигура 5. е показан цялостен изглед на гредата със зоните на напреженията при скала до 100 *MPa*. Очаквано напреженията са концентрирани в елементите на възлите в краищата на гредата. Като най-големи стойности има в зоните, където се закачват сапаните.

Фигура 6. показва очакваните деформации в тялото на спредера. Зоната на най-голяма деформация е в средата му, като максималната стойност е под 0,8 *mm*.



Фиг. 6. Зона на максимална деформация на тялото на ТЗП

Фигура 7. дава представа за напреженията в елементите на възлите в краищата на гредата, съответно при скала до 100 *MPa* (фиг. 7.а) и 150 *MPa* (фиг. 7. б). Максималната стойност на напреженията - 295,3 *MPa* (фиг. 7.а) е концентрирана в много малък обем до шийката за закачване на сапаните към захватите.

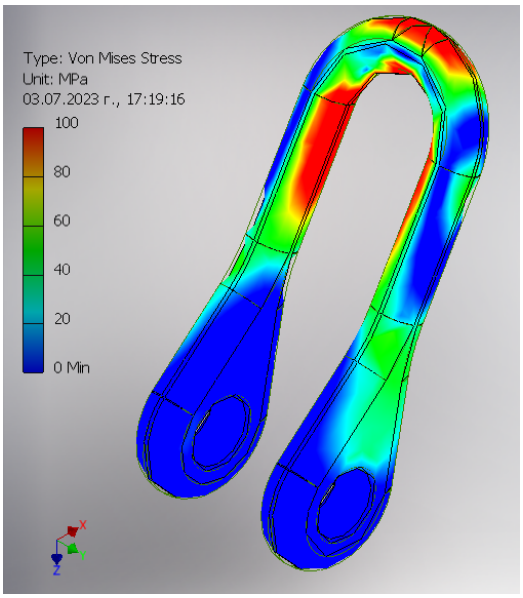


а) **б)**

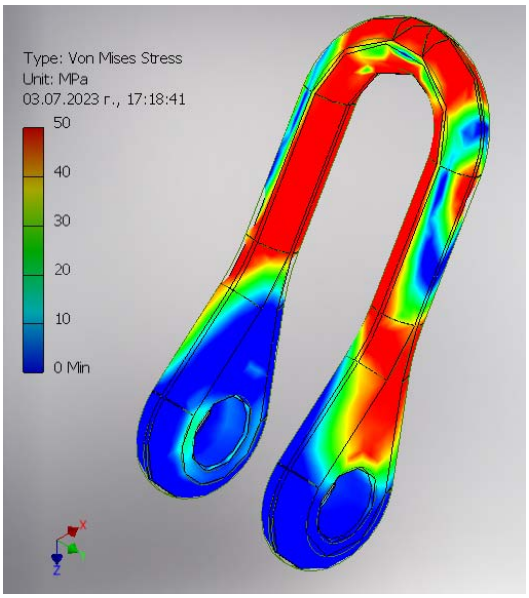
Фиг. 7. Напрежения в елементите от възлите в краищата на гредата

Видимо най-големите напрежения са в елементите от кинематичната верига, по която се предава натоварването при повдигане - шийките за сапаните към захватите и по дължината на хамутите. Фигура 8. показва за напреженията в хамутите, съответно при скала до 100 *MPa* (фиг. 8.а) и 50 *MPa* (фиг. 8.б).

Ако се проследи намаляването на напреженията в хамутите при различните скали на фигури 7. и 8. се забелязва рязко намаляване на оцветените в червено участъци. От където може да се заключи, че големината на напреженията са около допустимите стойности за стоманата.



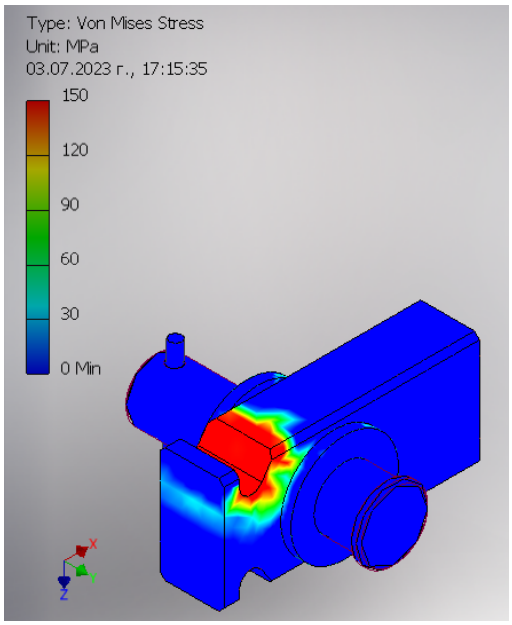
а)



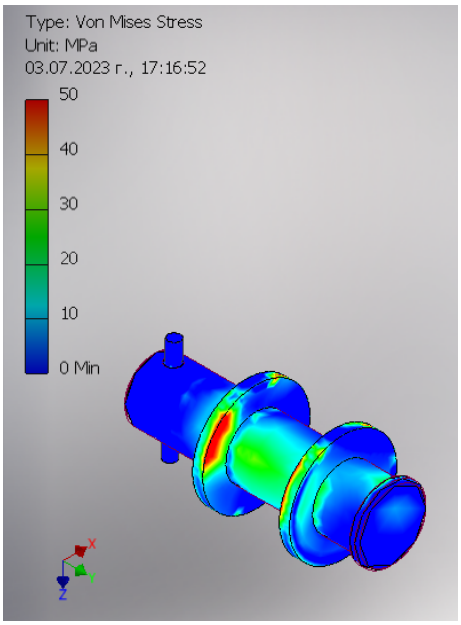
б)

Фиг. 8. Напрежения в хамутите

Напреженията в накрайниците са концентрирани само около шийките за закачване на сапаните към захватите (фиг. 9.). Въпреки, че там се получават и максималните стойности при анализа, напреженията са с малка дълбочина и са със стойности близки до допустимите. Т.е. не създават опасност за цялото сечение. За да се избегне умора на материала може да се препоръча периодично завъртане на накрайниците около надлъжната ос на гредата.



Фиг. 9. Напрежения в накрайниците



Фиг. 10. Напрежения в щифтовете

Макар, че щифтовете са част от кинематичната верига на предаване на усилията при работа на спредера, те имат най-ниски стойности на напреженията. На фигура 10. при скала 50 *MPa* се вижда, че напреженията са малки, което се дължи на диаметъра им, който е продиктуван от отворите на хамутите като доставени готови елементи.

Напрежения в дистанционните шайби (фиг. 9.) могат да бъдат в резултат от контакта им с натоварете елементи от възлите.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направеният анализ може да се направи заключението, че товарозахватното приспособление за частично повдигане на трамвайни мотриси, предназначено за работа при аварийно-възстановителни работи може да бъде използвано при всички ТМ в парка на „Столичен електротранспорт“ ЕАД.

На базата на този анализ следва да се направи фактическо изпитване и искане за нова регистрация от надзорните органи с повишената товароносимост.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Емил М. Михайлов, „*Проект за Спредер за повдигане средната талига на 6- и 8-осни трамвайни мотриси за тясно (1009 mm) и нормално (1435 mm) междурелсие в аварийна ситуация*“, „Столичен електротранспорт“ ЕАД, София, 2006 г.

[2] Христов Д. и колектив, „*Пресмятане и конструиране на машинни елементи*”, Техника, София 1980 г.

[3] Дивизиев В. и колектив, „*Подемно-транспортни машини и системи*”, Техника, София 1985 г.

[4] Коларов И. и колектив, „Проектиране на товароподемни машини”, Техника, София 1986 г.

[5] Димов Д. и колектив, „Таблици и формули по съпротивление на материалите”, Техника, София 1992 г.

[6] Кисьов И., „*Наръчник на инженера*” част II., Техника, София 1970 г.

[7] Търговски каталог на фирма „HELIOS METAL CENTER”

[8] Търговски каталог на „УЕЙВ СИСТЕМС” ЕООД.

VERIFICATION OF THE INCREASED LOAD CAPACITY OF THE SPREADER FOR PARTIAL LIFTING OF TRAMS DURING EMERGENCY RECOVERY WORKS

Emil M. Mihaylov
emm_1968@abv.bg

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

Key words: *spreader, trams, emergency recovery works.*

Abstract: *The paper deals with a loading device for partial lifting of trams during emergency recovery works called "spreader". Designed in 2006, the spreader has a load capacity of 10 tonnes. The need to handle tramcars of greater weight that has arisen over time requires a new strength check of the existing spreader and the possibility of a greater load of up to 16 tonnes. The analysis shows that the elements of the spreader bar have the necessary strength properties and no modification of the design of the spreader is required for the new operating conditions. Based on this analysis, a new registration of the spreader with the increased load capacity can be made by the supervisory authorities.*