

AUTOMOBILVEŽIO PLATFORMOS TILTELIO PATIKIMUMO TYRIMAS

Paulius Paškevičius¹, Saulius Nagurnas², Gintautas Bureika³, Vidas Žuraulis⁴*Vilniaus Gedimino technikos universitetas**El. paštas: ¹ppaskevicius@gmail.com; ²saulius.nagurnas@vgtu.lt;**³gintautas.bureika@vgtu.lt; ⁴vidas.zuraulis@vgtu.lt*

Santrauka. Straipsnyje atliekamas automobilio tvirtinimo prie automobilvežio rėmo konstrukcinio elemento (platformos tiltelio) stipruminis tyrimas. Nustatoma tiltelių veikianti apkrova bei apkrovos koncentracijos vietos. Straipsnyje trumpai aprašomi tiltelio konstrukciniai elementai ir, naudojant „SolidWorks“ programinį paketą, braižomas pats tiltelis. Tiltelio konstrukciją veikiančios apkrovos tiriamos „Ansys“ programiniu paketu. Pagal atlikto apkrovų modeliavimo rezultatus patvirtinamos pavojingos konstrukcinės tiltelio zonos. Siekiant išspręsti nustatytą konstrukcinę automobilvežio platformos elemento problemą, pasiūlytas konstrukcijos tobulinimas, atliktas šios konstrukcijos apkrovų ir įtempimų pasiskirstymo modeliavimas. Formuluojamos išvados bei pasiūlymai.

Reikšminiai žodžiai: automobilvežis, rėminė konstrukcija, platformos tiltelis, baigtinių elementų metodas, apkrova, įtempimas.

Įvadas

Tarptautiniais maršrutais gabenti automobilius dažniausiai naudojami devynių arba dešimties vietų automobilvežių junginiai. Norint pervežti kuo daugiau automobilių vienu metu, automobilvežio platforma turi būti kuo lengvesnė bei turėti kuo daugiau elementų, ant kurių būtų galima tvirtinti automobilius. Dėl šių dviejų gana sudėtingai konstrukcijos požiūriu įgyvendinamų aspektų dažniausiai atsiranda automobilvežio platformos trūkumai.

Šio tyrimo tikslas – analizuojant Lietuvoje gaminamų UAB „Rimo“ automobilvežių problemines konstrukcines vietas, atlikti šių vietų apkrovų bei įtempimų modeliavimo tyrimus; pateikti galimus konstrukcinius patobulinimus bei patikrinti jų stiprumą.

Kitų mokslininkų darbuose sunkvežimių, automobilvežių, puspriekabių, priekabų konstrukciniai elementai tiriami taikant baigtinių elementų metodą (Velošo *et al.* 2009). Šiuo metodu krovinių sunkvežimio porėmio tyrimą atliko Yanhong, Feng (2011). Šio tyrimo metu buvo nustatyta porėmio probleminė vieta, išsiaiškintos sunkvežimio eksploataavimo sąlygos, porėmį veikiančios didžiausios įtempimai. Jų vietos sumodeliuotos bei iširtos naudojant „Ansys“ programinį paketą. Išnagrinėjus pavojingas vietas, rėmo priekyje įdedamas papildomas skersinis elementas, kuris sumažina lenkimo jėgą. Taip pat pavojinguose skerspjūviuose įtaisomos papildomos plokštės, kurios padidina rėmo skerspjūvio plotą, kartu ir stiprumą. Atlikus patobulinto rėmo tyrimą „Ansys“ programa, pastebėta, kad pavojingose skerspjūvio vietose įtempimai neviršijo leistinų normų.

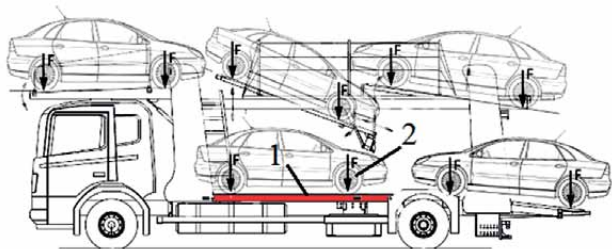
Sunkvežimio važiuoklės tvirtinimo prie rėmo elementų tyrimą atliko Karaoglu, Karalay (2002). Šiuo atveju, kadangi rėmas su važiuokle yra sujungiamas jungtimis, kurios dažniausiai kniedijamos arba prisukamos varžtais, visas svoris, kuriuo apkraunamas rėmas, tenka jungtims, kurios jungia rėmą ir važiuoklę. Tyrimo metu „Ansys“ programiniu paketu buvo modeliuojamas sunkvežimio rėmas su jungtimis, skirtomis važiuoklei tvirtinti, konstrukcija apkrauta apskaičiuotomis jėgomis. Paliekant pastovias jėgų reikšmes, buvo keičiamas jungčių storis, ilgis bei kniedžių išsidėstymas. Atlikus šį tyrimą nustatyta, jog didinant šoninių plokščių storį, galima sumažinti įtempimus jungčių tvirtinimo vietose, tačiau reikia atsižvelgti, kad nebūtų viršytas leistinas rėmo svoris. Jei neįmanoma pakeisti šoninio rėmo storio, reikia didinti jungties tvirtinimo plokštumos lietimosi plotą, taip siekiant išdėstyti kniedes didesnėje plokštumoje ir suvienodinti įtempimų pasiskirstymą.

Sunkvežimio puspriekabės tyrimą baigtinių elementų metodu atliko ir Feng, Yong-hai (2010). Tyrimo metu išsiaiškinamas jėgų išsidėstymas tiriamajame modelyje. CAD programomis sudarytas tikslus tiriamo objekto modelis. Sukurtas modelis pritaikomas tyrimui baigtinių elementų metodu. Paskui atliekama modelio analizė ir įvairių apkrovų pasiskirstymo skaičiavimai. Nustačius apkrovų pasiskirstymą, atliekama kintamų vibracijų reakcijų analizė. Pasirenkama nuovarginių pakitimų teorija bei konstrukcijos medžiaga ir galiausiai skaičiuojama nuovargio poveikis.

Atsižvelgiant į mokslininkų naudojamas tyrimų metodikas (Yong-hai, Feng 2011; Liu 2010) bei programas krovininių transporto priemonių konstrukciniams elementams modeliuoti, šio straipsnio tyrime buvo pasirinkti „SolidWorks“ ir „Ansys“ programiniai paketai. Naudojant šias programas, atliekamas automobilio tvirtinimo prie automobilvežio platformos tiltelio stipruminis tyrimas.

Jėgų, veikiančių automobilvežio platformos tiltelį, analizė

Nagrinėjant Lietuvoje gaminamų UAB „Rimo“ automobilvežių konstrukciją, nustatyta, jog probleminiai taškai atsiranda dėl transportuojamų automobilių (krovinio) masės. Jėgos, veikiančios automobilvežio platformą, pavaizduotos 1 pav. Jos yra transportuojamo automobilio ratų ir automobilvežio platformos kontakto zonoje. Tiriamas tiltelis 1 (1 pav.) yra automobilvežio platformos apatinėje dalyje, kairėje bei dešinėje platformos pusėse. Tilteliai yra identiški, todėl tyrimas atliekamas vienam iš jų. Tiltelį apkrauna automobilio priekinis ratas 2, laikoma, jog rato kontakto zonoje automobilvežio platformą veikia 9,8 kN jėga (įvertinant apkrovos dinaminį faktorių), kurią sukuria transportuojamo automobilio svoris.



1 pav. Jėgos, veikiančios automobilvežio platformą: 1 – tiriamasis tiltelis (po automobiliu), 2 – priekinio rato apkrova
Fig. 1. Forces acting on loading a car carrier platform: 1 – bridge under research (under the car), 2 – load on the front wheel

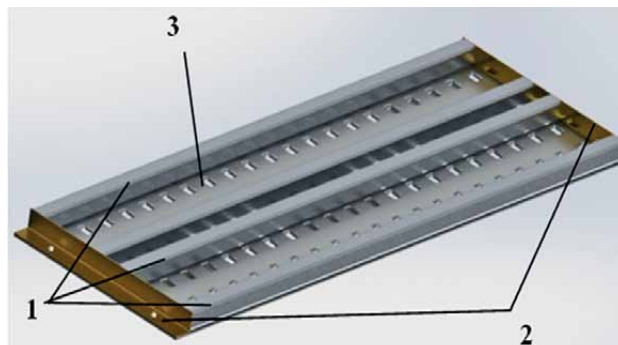
Atliekant tyrimą parenkami trys skirtingi taškai, kuriuose tvirtinamas automobilis. Taip tiltelis apkraunamas minėta 9,8 kN jėga, pridėdant ją trijose skirtingose vietose ir atliekant tris skirtingus bandymus.

Platformos tiltelio modelių sudarymas „Solidworks“ programiniu paketu

Sudarant kompiuterinį tiltelio konstrukcijos modelį, nustatomi tikslūs modelio duomenys bei parenkama konstrukcijos medžiaga.

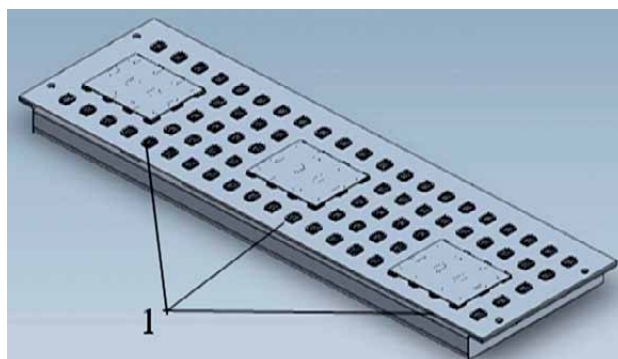
Tiltelio (2 pav.) konstrukciją sudaro rėmas 1, kuris pagamintas iš keturių stačiakampio profiliuotų vamzdžių, kurie galuose sujungti L formos profiliuotais 2, bei ant

rėmo sumontuota rievėta plokštė 3. „SolidWorks“ programiniu paketu sudaryta konstrukcija pateikta 3 pav. Jame taip pavaizduotos plokštumos 1, kurios atitinka galimas tris skirtingas automobilio rato padėtis ant tiltelio.



2 pav. Tiltelio apatinės dalies vaizdas: 1 – stačiakampio profiliuotų vamzdžių, 2 – L formos profiliuotais, 3 – rievėta plokštė

Fig. 2. View of the bridge underneath: 1 – tubes of a rectangular cross-section, 2 – profiles of L cross-section, 3 – wavy plate

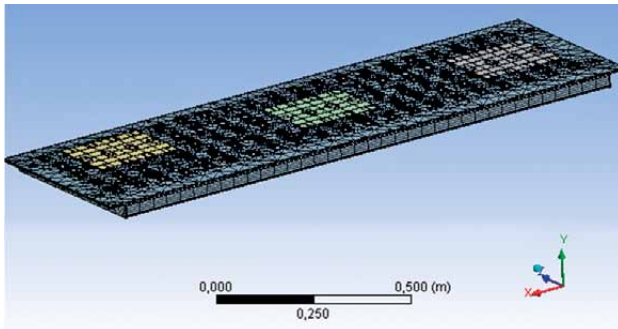


3 pav. Automobilvežio tiltelis „SolidWorks“ programinio paketo aplinkoje: 1 – galimos apkrovos plokštumos

Fig. 3. The bridge of a car carrier in the environment of the „SolidWorks“ software

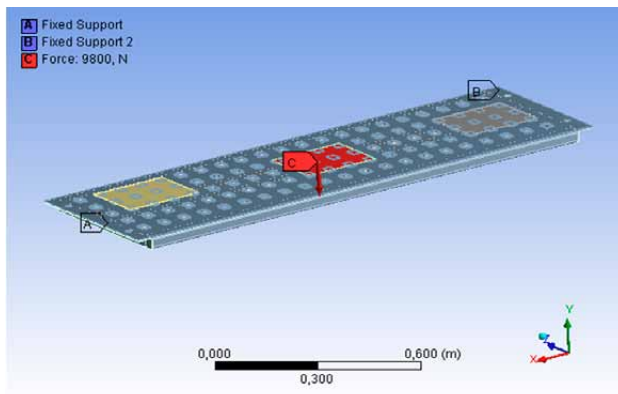
Platformos tiltelio konstrukcijos apkrovų modeliavimas „Ansys“ programiniu paketu

„Ansys“ kompiuterinio modeliavimo programa atliekamas tiltelio konstrukcijos apkrovų bei įtempimų tyrimas. Modelis iš „SolidWorks“ aplinkos perkeliamas į „Ansys“ programą, kurioje šiuo atveju pasirenkamas statinis tyrimo metodas „Static Structural“ bei modelio koregavimo įrankis „Mechanical“ (Dundulis *et al.* 2010). Visi galimi modeliai suskirstomi baigtiniais elementais prieš atliekant tyrimą (4 pav.). Parenkama konstrukcijos medžiaga, šiuo atveju aliuminio lydinys AlSi5, ISO 4043-H16, kurio takumo riba yra 180 MPa, stiprumo riba 200 MPa. Pažymimos automobilio svorio veikiamos apkrovos plokštumos.

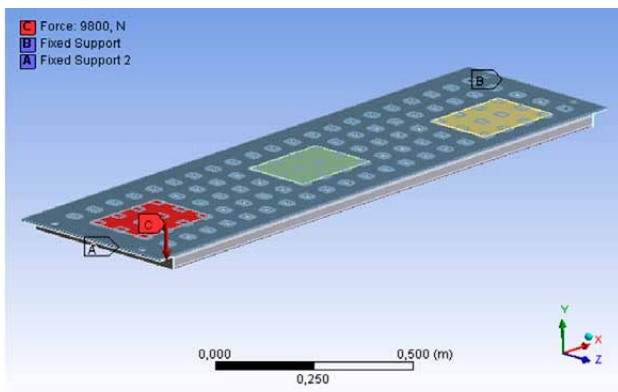


4 pav. Baigtiniai elementais suskirstytas modelis
Fig. 4. A model divided into finite elements

Tyrimo metu yra analizuojami trys skirtingi tiltelio apkrovimo modeliai. Pirmuoju atveju, kuris yra pavaizduotas 5 pav., modeliuojamas tiltelis yra tvirtinamas plokštės galuose A ir B, padedant tiltelio rėmo galus 2 (2 pav.) ant sunkvežimio rėmo. Tiltelis yra apkraunamas vidurinėje dalyje, veikiant plokštumą, pažymėtą raide C (5 pav.), 9,8 kN jėga.



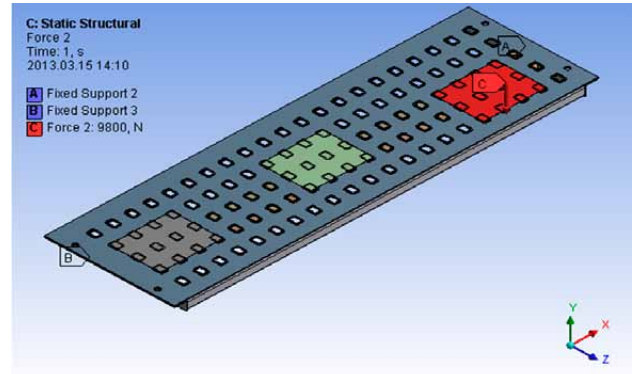
5 pav. Pirmojo bandymo modelis: A ir B – tiltelio tvirtinimo vietas, C – pridėtos apkrovos zona
Fig. 5. A model of the first test: A and B – areas of bridge fastening, C – area of load



6 pav. Androjo bandymo modelis: A ir B – tiltelio tvirtinimo vietas, C – pridėtos apkrovos zona
Fig. 6. Model of the second test: A and B – areas of bridge fastening, C – area of load

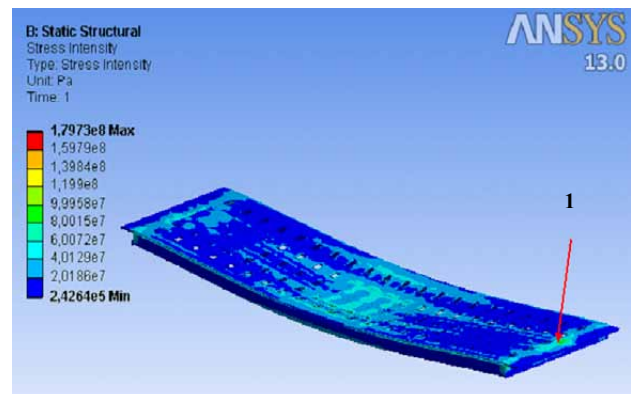
Antruoju atveju tiltelis yra tvirtinamas plokštės galuose, pažymėtuose A ir B raidėmis (6 pav.), o 9,8 kN jėga pridėdama tiltelio priekinėje dalyje zonoje C.

Trečiuoju atveju tiltelis taip pat yra tvirtinamas plokštės galuose, o minėta jėga C pridėdama tiltelio galinėje dalyje (7 pav.).



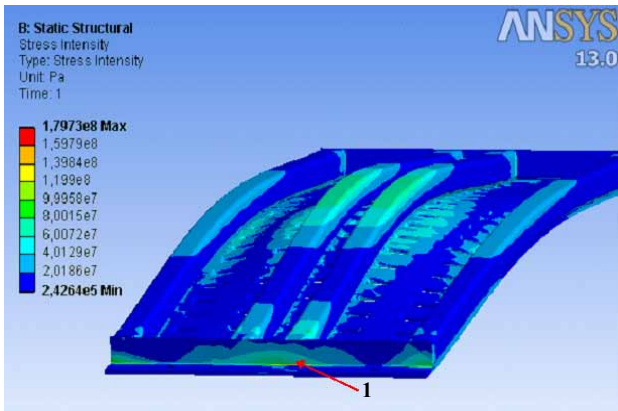
7 pav. Trečiojo bandymo modelis: A ir B – tiltelio tvirtinimo vietas, C – pridėtos apkrovos zona
Fig. 7. A model of the third test: A and B – areas of bridge fastening, C – area of load

Atlikus tris apkrovų modeliavimus nustatyta, jog didžiausi įtempimai (179,7 MPa) atsiranda vidurinę tiltelio dalį apkraunant 9,8 kN jėga. Įtempimų pasiskirstymas pavaizduotas 8 pav.



8 pav. Įtempimų pasiskirstymas viršutinėje tiltelio dalyje: 1 – tiltelio tvirtinimo plokštuma
Fig. 8. Stress spread in the upper surface of the bridge: 1 – plane of bridge fastening

Tyrimo metu nustatyti tiltelio konstrukcijos probleminiai taškai yra tiltelio tvirtinimo plokštumų galuose 1 (8 pav.). 9 pav. pateiktoje tiltelio apatinės dalies įtempimų pasiskirstymo schemoje akivaizdžiai matyti, kad didžiausi įtempimai ties plokštuma 1 yra 179,7 MPa ir beveik siekia takumo ribą (180 MPa), todėl šiose vietose tiltelio konstrukcija yra nepakankamai tvirta.



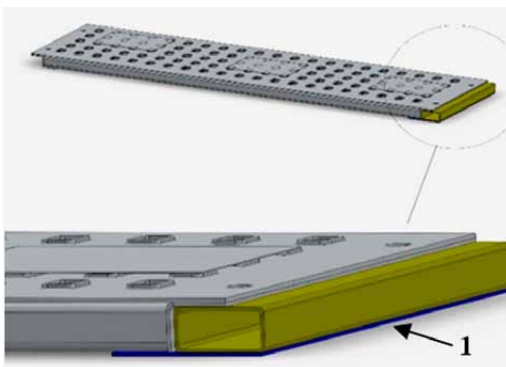
9 pav. Įtempimų pasiskirstymas apatinėje tiltelio dalyje:
1 – tiltelio tvirtinimo plokštuma

Fig. 9. Stress spread in the bottom surface of the bridge:
1 – plane of bridge fastening

Atlikus UAB „Rimo“ automobilvežio konstrukcijos vizualinę apžiūrą nustatyta, kad sudaryti įtempimų koncentracijos modeliai atitinka realią konstrukciją (8 ir 9 pav. sumodeliuotose vietose 1 buvo pastebėti metalo įtrūkimai).

Platformos tiltelio konstrukcijos tobulinimas

Norint išvengti tiltelio konstrukcijos trūkimo bei nestabilumo, reikia tobulinti tiltelio tvirtinimą prie rėmo. Pagrindiniai reikalavimai naujai tiltelio konstrukcijai – sumažinti įtempimus iki leistinų normų, kuo mažiau keičiant konstrukciją ir didinant konstrukcijos masę. Todėl šiame tyrime atliktas tiltelio tvirtinimo prie rėmo konstrukcijos tobulinimas. Pirmiausia tobulinama konstrukcija suprojektuota „SolidWorks“ programinio paketo aplinkoje (10 pav.). Šiame paveiksle pavaizduotas stačiakampis profiliuotis yra automobilvežio rėmo dalis, ant kurios tvirtinamas tiltelis. Tobulinimo esmė yra po šia dalimi montuojama papildoma atraminė plokštė 1.



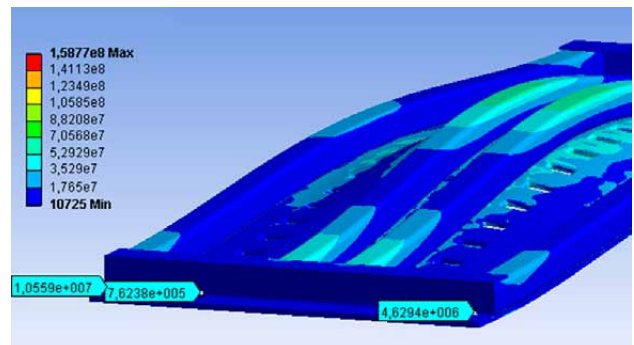
10 pav. Patobulintas automobilvežio tiltelis: 1 – papildoma atraminė plokštė

Fig. 10. The improved bridge of the car carrier: 1 – supporting extra-plate

Norint įsitikinti, ar nauja konstrukcija yra patikima (susidaro mažesni įtempimai), suprojektuotas tiltelio modelis iš „SolidWorks“ aplinkos keliamas į „Ansys“ programos aplinką ir dar kartą modeliuojamos patobulintą tiltelį veikiančios apkrovos ir įtempimai.

Patobulintos platformos tiltelio konstrukcijos stipruminis įvertinimas

Sumodeliavus patobulintą tiltelio konstrukciją veikiančias apkrovas bei įtempimus, gaunamas įtempimų pasiskirstymas, pateiktas 11 pav. Modeliuojami didžiausi įtempimai tiltelio kraštuose, kai apkraunama tiltelio vidurinė dalis.



11 pav. Patobulintos tiltelio konstrukcijos įtempimų pasiskirstymas

Fig. 11. Stress spread in the bridge of the improved structure

Kaip matyti 11 pav., įtempimai konstrukcijoje pasiskirsto tolygiai, o buvusiose pavojingose zonose leistinieji įtempimai nebeviršijami. Probleminėje vietoje įtempimai sumažėjo nuo 179,7 MPa iki 10,5 MPa. Taigi, galima teigti, jog siūlomas konstrukcijos patobulinimas yra gana paprastas, tačiau efektyvus mažinant veikiančius tiltelį įtempimus.

Išvados

1. „SolidWorks“ programiniu paketu suprojektuotas automobilvežio automobilių tvirtinimo elementas (tiltelis). „Ansys“ programine įranga sumodeliuotos apkrovos bei įtempimai, veikiantys tiltelį, bei nustatytos pavojingos įtempimų požiūriu tiltelio konstrukcinės vietos.
2. Apkraunant tris skirtingas tiltelio vietas vienoda apkrova (9,8 kN jėga), nustatyta, kad didžiausi įtempimai atsiranda, kai apkraunama vidurinė tiltelio dalis. Šie įtempimai formuojasi tiltelio tvirtinimo plokštumų galuose ir sudaro 179,7 MPa, tai yra artima parinktos medžiagos takumo ribai (180 MPa).
3. Atliktas probleminės tiltelio vietos tobulinimas – tiltelio galuose apatinėje dalyje montuojama papildoma plokštė, jungianti platformos tiltelį su automobilvežio rėmu.

4. Patobulinus tiltelio tvirtinimo konstrukciją bei atlikus apkrovų modeliavimą, nustatyta, jog tiltelio problemineje vietoje įtempimai sumažėjo nuo 179,7 MPa iki 10,5 MPa. Todėl galima teigti, jog patobulinta konstrukcija yra patikimesnė ir saugesnė.

Literatūra

- Dundulis, R.; Povilionis, A. B.; Kilikevičius, S. 2010. *Erdvinis modeliavimas*. Antra dalis. Kaunas: Technologija.
- Feng, W.; Yong-hai, W. 2010. Fatigue life analysis of a new semi-trailer frame based on FEA method, in *The 4th International Conference on Information and Computing, 2011*. Huai'an, China, 1295–1298.
- Yanhong, Ch.; Feng, Z. 2011. The finite element analysis and the optimization design of the Yj3128-type dump truck's sub-frames based on ANSYS, *Procedia Earth and Planetary Science 2*: 133–138. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeps.2011.09.022>
- Yong-hai, W.; Feng, W. 2011. Modal analysis of a semi-trailer frame based on ansys workbench, in *The 4th International Conference on Information and Computing, 2011*. Huai'an, China, 346–349.
- Karaoglu, C.; Kuralay, N. S. 2002. Stress analysis of a truck chassis with riveted joints, *Finite Elements in Analysis and Design* 38: 115–1130. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-874X\(02\)00054-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-874X(02)00054-9)
- Liu, Y. 2010. Development of simplified truck chassis model for crash analysis in different impact scenarios, *International Journal of Crashworthiness* 15(5): 457–467. <http://dx.doi.org/10.1080/13588261003647428>
- Veloso, V.; Magalhaes, H. S.; Bicalho, G. I.; Palma, E. S. 2009. Failure investigation and stress analysis of a longitudinal stringer of an automobile chassis, *Engineering Failure Analysis* 16: 1696–1702. <http://dx.doi.org/10.1016/j.engfailanal.2008.12.012>

RESEARCH INTO THE RELIABILITY OF THE BRIDGE OF A CAR CARRIER PLATFORM

P. Paškevičius, S. Nagurnas, G. Bureika, V. Žuraulis

Abstract

The paper deals with the strength analysis of structural devices (platform bridges) that fasten cars to a car carrier frame. The loads of all bridges are evaluated along with the indication of the areas of load concentration. The paper presents a brief structural description of platform bridges, including their drawings performed with the help of SolidWorks software. The bridge loads have been analyzed applying Ansys software. According to the results of computer simulation of the loads, dangerous structural areas of the bridges have been identified. While making attempts to solve the established structural problems of such car carriers, suggestions for their structural improvement have been put forward, and computer simulation of loads and stress spread have been performed. The paper ends with conclusions and suggestions.

Keywords: car carrier, frame structure, platform bridge, finite element method, load, stress.