

DVIRAČIO RĖMO STIPRUMO ANALIZĖ

Algimantas Ruseckas, Raimondas Šniuolis, Janė Ščiukaitė

Šiaulių universitetas, Technologijos fakultetas, Gamtos mokslų fakultetas

Įvadas

Visuomenės poreikiai, ekonomikos ir tarptautinių mainų plėtotė reikalauja aukštos produkcijos kokybės, kurti, gerinti ir tobulinti matavimų technologijas ir kt. [1].

Dviratis bei atskiri jo mazgai turi atitikti reikalavimus (saugumo ir kt.), nurodomus standartuose [2–4]. Standartai rekomenduoja gamintojui atlikti ne tik viso gaminio, bet ir atskirų jo elementų (rėmo, vairo ir pan.) tyrimus. Bandymų atlikimo tvarka sudaroma taip, kad būtų garantuojamas tiek atskirų dalių, tiek ir viso dviračio stiprumas ir ilgaamžiškumas, siekiama aukštos kokybės ir laikomasi saugumo reikalavimų nuo projektavimo iki gaminio eksploatavimo pabaigos. Bandymų rezultatai yra teigiami, jei po atliktų bandymų nėra lūžių, įtrūkimų ar nenustatomi leistinus dydžius viršijantys konstrukcijos formos pokyčiai.

Darbo tikslas – atlikti dviračio rėmo stiprumo eksperimentinius tyrimus.

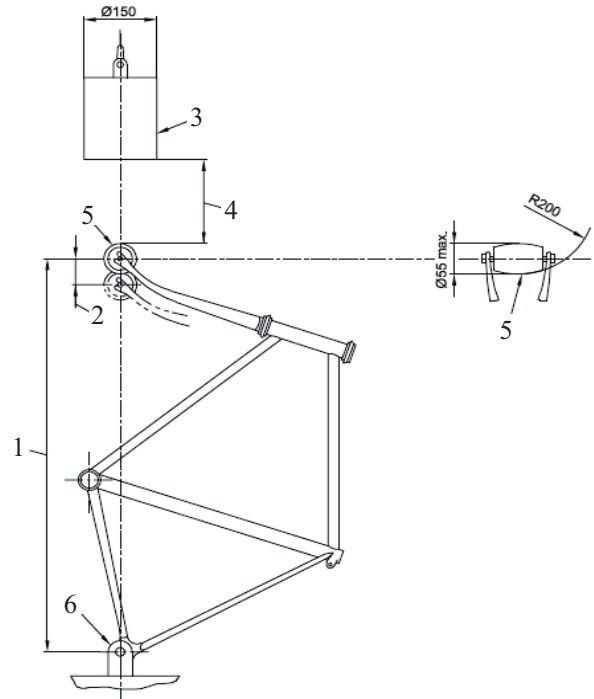
Uždaviniai: išnagrinėti matavimo sistemą „Spider 8“ ir jos taikymą dviračių rėmų stiprumo tyrimams; atlikti eksperimentinių rezultatų analizę ir pateikti išvadas apie dviračio rėmo tinkamumą gamybai arba būtinus konstrukcinius pakeitimus.

Dviračio rėmo bandymai

Šiuo metu dviračių rėmai dažniausiai gaminami iš plieno, aliuminio ir magnio lydinių, anglies pluošto ir kt. medžiagų. Šiame darbe buvo atlikti dviračio rėmo, pagamino iš plieno 20, eksperimentiniai tyrimai.

Rėmo agregato smūgio bandymas (1 pav.). Gamintojai atlieka surinkto dviračio rėmo, prie kurio pritvirtinta šakė, tikrinimą. Jeigu tai yra pakabos šakė, ji turi būti neapkrautu korpusu. Rėmų gamintojams leidžiama atlikti bandymą priekinės šakės vietoje panaudojus standų plieninį strypą. Jeigu prie rėmo jungiama užpakalinė pakabos sistema, pakaba įtvirtinama tokioje pozicijoje, kokia būtų ant dviračio sėdint 80 kg svorio dviratininkui.

Atlikus bandymą, ant rėmo ir šakės dalies negali būti jokių įtrūkimų ar lūžių, jokia pakabos sistemos dalis neturi atsiskirti. Liekamoji deformacija, matuojama tarp rato veleno ašių, negali viršyti 30 mm, kai pritvirtinta šakė, arba 15 mm, kai vietoje šakės naudotas plieninis strypas.

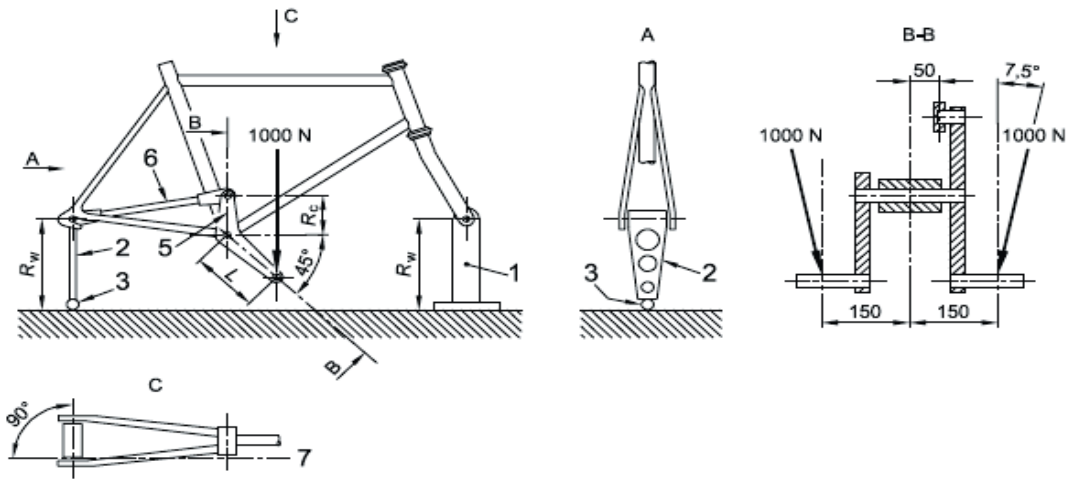


1 pav. Rėmo ir priekinės šakės agregato smūgio bandymo schema: 1 – važiuoklės bazė; 2 – liekamoji deformacija; 3 – 22,5 kg daužiklis; 4 – metimo aukštis (180 mm); 5 – mažo svorio volelis (iki 1 kg); 6 – užpakalinio veleno tvirtinimo pagrindas

Rėmo bandymas naudojant pedalo minamąją jėgą (2 pav.). Bandymams naudojamas naujas rėmo ir šakės įrenginys standartiniais priekinio vamzdžio guoliais. Priekinę originalią šakę galima pakeisti tokio paties ilgio ir tvirtumo pakaitalu (plieniniu strypu). Rėmo agregatas tvirtinamas taip, kad stebulė laisvai suktųsi ant ašies. Užpakaliniai išsikišimai įtvirtinami prie vertikalaus šarnyro tame pačiame aukštyje kaip ir priekinė dalis, o viršutinė šarnyro dalis gali laisvai suktis apie veleno ašį.

Kiekviena pedalo ašis apkraunama 1000 N jėga (2 pav.). Apkrovimo ciklą skaičius $N = 10000$.

Atlikus bandymą aprašytu metodu, ant rėmo dalies negali būti matomų įtrūkimų ar lūžių, jokia pakabos sistemos dalis neturi atsiskirti. Naudojant anglies pluošto rėmus, didžiausi nuokrypiai taškuose, į kuriuos veikiama bandomąja jėga, negali padidėti daugiau kaip 20% pradinio tikrinamojo dydžio.



2 pav. Rėmo bandymo, naudojant pedalų minamąją jėgą, schema: R_w – tvirtinimo aukštis; L – alkūninio sverto pakaitalo ilgis; 1 – pagrindas; 2 – vertikalus lankstas; 3 – rutulinis lankstas; 5 – vertikalus svertas; 6 – jungiamoji trauklė; 7 – centrinė jungiamosios trauklės linija

Dviračio rėmo eksperimentinis tyrimas

Bet kurios matavimo sistemos uždavinys – pa- jausti matuojamąjį dydį. Šią funkciją atlieka jutiklis. Keitiklis pakeičia šį priimtą dydį elektriniu. Kiekvienas matavimo prietaisas atlieka kurią nors skaičia- vimo operaciją. Gautos reikšmės vartojamos kaip tiesiogiai išvedama informacija. Kai matavimo infor- macijos toliau apdoroti nenumatoma, ji pateikiama stebėtojiui vizualiai. Matavimas baigiamas infor- macijos pavaizdavimu. Tam taikomi tiek analoginiai, tiek skaitmeniniai metodai ir priemonės. Matavimo sistemos sandara, matuojamųjų dydžių keitimo proce- sai ir matavimo signalų apdorojimo schema aprašyti A. Rusecko [1] darbe.

Konstrukcijų deformacijoms registruoti pla- čiai naudojami tenzorezistoriai. Jie yra nedidelių mat- menų, mažos masės, turi mažą temperatūrinį varžos koeficientą, o svarbiausia – pigūs [5].

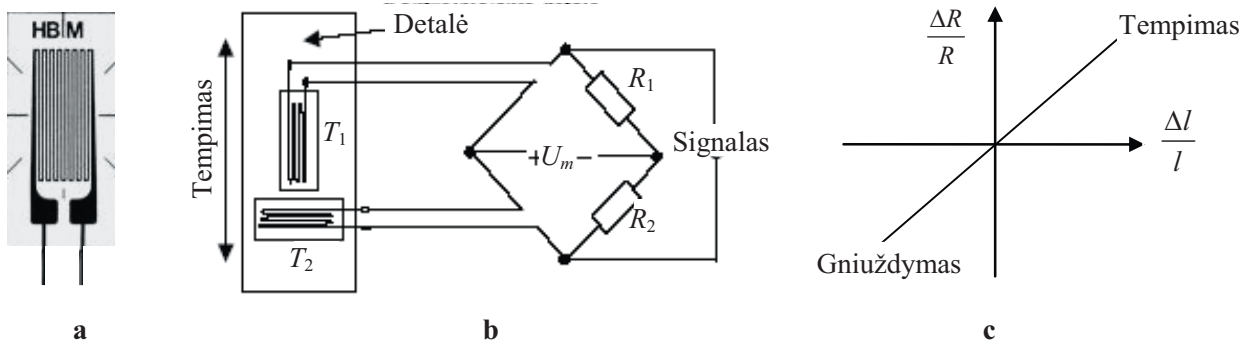
Tenzorezistoriaus jautrusis elementas, veikia- mas tam tikro dydžio jėgos, deformuojasi. Jeigu tenzorezistorius konstrukcijos deformacijos metu

tempiamas arba gniuždomas, tai jo varžos santykinis pokytis tamprumo ribose yra proporcingas santyki- nei deformacijai:

$$\frac{\Delta R}{R} = k\varepsilon, \tag{1}$$

Čia: R – tenzorezistoriaus varža, kai konstruk- cija nedeformuota; ΔR – tenzorezistoriaus varžos po- kytis dėl deformacijos; k – tenzojautrumo koeficien- tas, priklausantis nuo tenzorezistoriaus medžiagos; ε – išilginė santykinė deformacija.

Šiame darbe dviračio rėmo deformacijoms, at- sirandančioms eksploatuojant dviratį, matuoti buvo taikyta informacinė matavimo sistema „Spider 8“, į kurios kanalus įjungti vieliniai tenzojutikliai. Gauto- ji informacija buvo perduodama į kompiuterį, o jame apdorojama „Catman“ programa. Ši programa taip pat atlieka matavimo rezultatų vizualizavimą ir val- dymą. Taip vartotojui pateikiama informacija apie bet kurios konstrukcijos dviračių elementus ir jų tin- kamumą gamybai arba apie būtinus konstrukcinius pakeitimus.



3 pav. Tenzorezistoriniai jutikliai: a – bendras vaizdas; b – tezojutiklių įjungimo schema; c – vielinių tenzojutiklių charakteristika

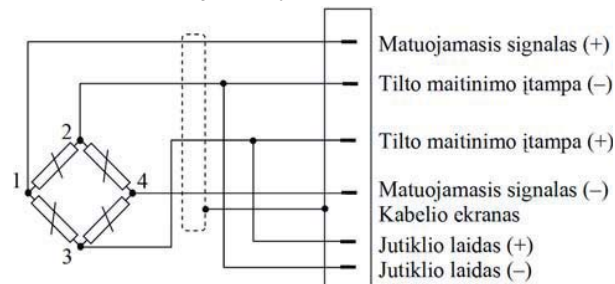
Bandymams naudoti tenzojutikliai HBMLY1x buvo prijungti po du prie dviračio rėmo ir šakės (4 pav.). Naudotų matavimų jutiklių vidaus varža 350 Ω, tenzojautrumo koeficientas 2,0 [1].



4 pav. Jutiklių išdėstymo schema:
1, 2, 3 – jutiklių tvirtinimo vietas

„Spider 8“ turi keturis sukomplektuotus kanalus. Kiekviename sistemos kanale yra maitinimo šaltinis pasyvesiems deformacijų keitikliams, stiprintuvas, filtras ir analoginis skaitmeninis (A/D) keitiklis. Visi A/D keitikliai dirba sinchroniškai ir duoda iki 9600 matavimų per sekundę.

Matuojamą deformaciją pajaučia tenzorinis jutiklis ir paverčia ją elektrinės varžos pokyčiu, o keitiklis, panaudojant tiltelinę schemą (5 pav.), – elektrinės grandinės įtampos pokyčiu. Šie elektriniai signalai taikomi išėjimo dydžiui suformuoti [7].



5 pav. Deformacijų keitiklio į elektrinę įtampą schema

Išėjimo įtampa

$$U_{is} = U_m \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_3}{R_3 + R_4} \right), \quad (2)$$

1 lentelė. Didžiausios deformacijos ir įtempiai matavimo vietose

Bandymas	Didžiausia deformacija ε, %	Didžiausi įtempiai σ, MPa	Apkrovimo tipas
1*1	1-oji jutiklių vieta		
	0,019	38	Tempimas
	2-oji jutiklių vieta		
	0,011	22	Tempimas
	-0,002	-4	Gniuždymas
	3-čioji jutiklių vieta		
	0,0069	13,8	Tempimas
-0,0135	-27	Gniuždymas	

čia: U_m – tilto maitinimo įtampa, R_i – varžos.

Jei du aktyvieji jutikliai jungiami į gretimas tiltelio šakas ir kinta jų abiejų varžos dydžiu ΔR , tuomet

$$\frac{U_{is}}{U_m} \approx \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R}. \quad (3)$$

Apsaugai nuo elektromagnetinių trukdžių naudojamas ekranas, sujungtas su korpusu. Visa matavimo sistema yra ekranuojama ir jos neveikia išoriniai elektromagnetiniai laukai.

Tyrimui pasirinktas nesubalansuoto tiltelio režimas. Maitinimo šaltinio įtampa 10 V. Ant kiekvieno tiriamo elemento prijungti du vienodi aktyvūs jutikliai buvo įjungti į skirtingas tiltelio šakas. Išėjimo signalas $\Delta U/U$ (mV/V) formuojamas kaip nuokrypis nuo pradinio signalo U_{is}/U_m .

Tuomet pagal (3) lygybę

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta R}{R} \quad (4)$$

ir

$$\frac{\Delta R}{R} = 0,002 \frac{\Delta U}{U}. \quad (5)$$

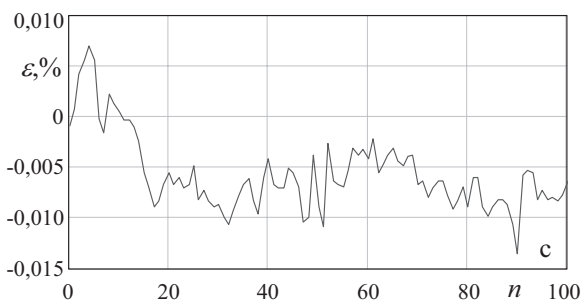
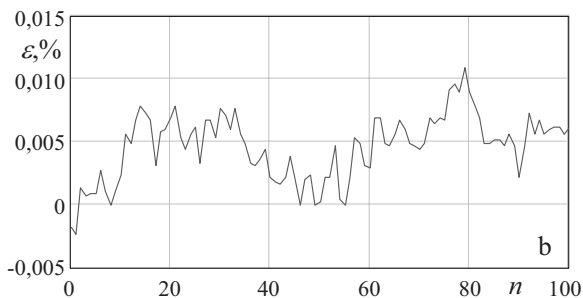
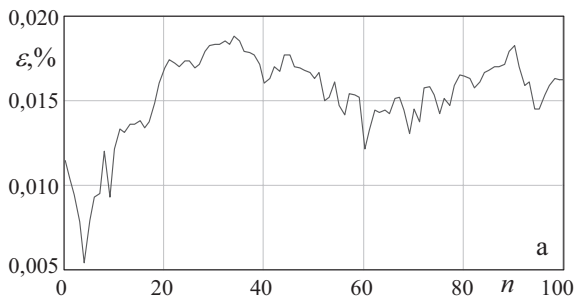
Matavimų ir skaičiavimų rezultatai

Atlikti du eksperimentiniai tyrimai. Pirmojo bandymo metu buvo važiuojama sėdint ant dviračio sėdynės, antrojo – ant bagažinės. Vartoti keturi „Spider 8“ sistemos kanalai. Vienas iš pagrindinių prietaiso kanalų buvo skirtas impulsams skaičiuoti, kiti trys – matavimams [1]. Matavimai buvo fiksuojami kas 200 ms.

Išėjimo signalai $\Delta U/U$ išmatuoti, deformacijų ir įtempimų vertės pateiktos A. Rusecko [1] darbe. Apdoroti matavimo rezultatai pristatomi 1 lentelėje bei 6 ir 7 paveikslėliuose. Matavimo rezultatai apdoroti MathCAD sistema [8].

1 lentelės tęsinys

2*2	1-oji jutiklių vieta		
	0,013	26	Tempimas
	2-oji jutiklių vieta		
	0,0063	12,6	Tempimas
	-0,0038	-7,6	Gniuždymas
	3-čioji jutiklių vieta		
-0,0183	-36,6	Gniuždymas	
*1 Bandymo metu važiuota sėdint ant dviračio sėdynės			
*2 Bandymo metu važiuota sėdint ant dviračio bagažinės			
$E = 2 \cdot 10^5$ MPa (Plienas 20) [9]			

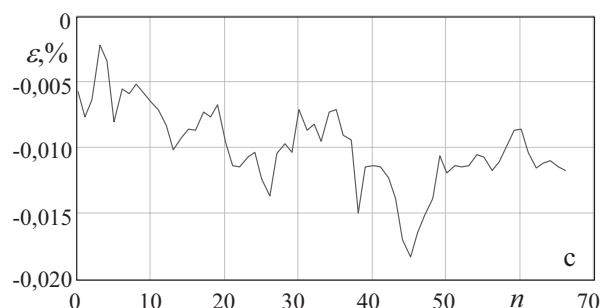
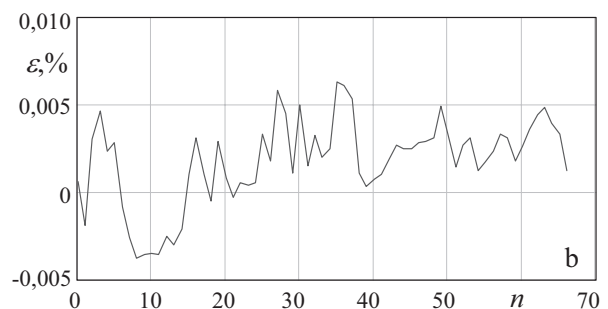
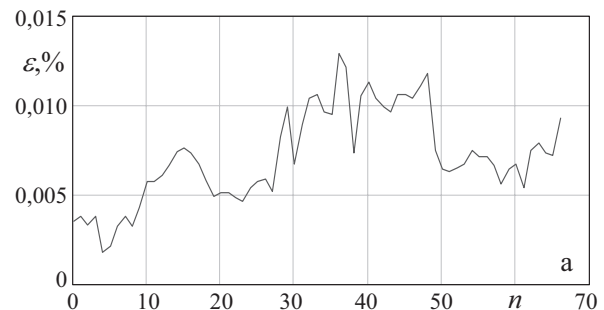


6 pav. Deformacijų pokytis, kai bandymo metu buvo važiuojama sėdint ant dviračio sėdynės:
a – 1-oji jutiklių vieta; *b* – 2-oji jutiklių vieta;
c – 3-čioji jutiklių vieta; ε – santykinė deformacija;
n – matavimų skaičius

Išvados

1. Nustatyta, kad informacinė matavimo sistema „Spider 8“, valdoma „Catman“ (Computer Aided Testing, Measurement and Analysis), gali būti naudojama dviračio rėmų stiprumui įvertinti.
2. Šia informacine matavimo sistema galima nustatyti dviračio rėmo deformacijų kitimo eigą skirtinguose dviračio rėmo elementuose eksploatacavimo sąlygomis.

3. Eksperimentų rezultatai: deformacijų sklaidos grafikai bei vertės, maksimalūs įtempiai skirtinguose dviračio rėmo elementuose pateikti diagramose ir lentelėje. Gauti didžiausi įtempiai neviršija leistinų verčių.



7 pav. Deformacijų pokytis, kai bandymo metu buvo važiuojama sėdint ant dviračio bagažinės:
a – 1-oji jutiklių vieta; *b* – 2-oji jutiklių vieta;
c – 3-čioji jutiklių vieta; ε – santykinė deformacija;
n – matavimų skaičius

Literatūra

1. Ruseckas A., 2008, Dviračio rėmo stiprumo analizė. *Magistro darbas*. Šiaulių universitetas.

2. EN 14764:2005 Miesto ir turistiniai dviračiai. *Saugos reikalavimai ir bandymo metodai.*
3. EN 14765:2005+A1:2008 Vaikiški dviračiai. *Saugos reikalavimai ir bandymo metodai.*
4. EN 14781:2005 Lenktyniniai dviračiai. *Saugos reikalavimai ir bandymo metodai.*
5. Vekteris V., Jurevičius M., Šukys A., 2006, *Matavimų teorija ir praktika.* Vilnius: Technika.
6. Sider8, <<http://www.hbmdoc.com/en/measurement-electronics/data-acquisition-systems/spider8.html>>.
7. Bražėnas A., 2006, *Eksperimentinės mechanikos pagrindai.* Kaunas: Technologija.
8. Дьяконов В., 2000, MATHCAD 8/2000. *Специальный справочник.* Питер.
9. Žiliukas A., 2004, *Medžiagų mechanika.* Kaunas: Technologija.

BICYCLE FRAME STRENGTH ANALYSIS

Algimantas Ruseckas, Raimondas Šniuolis, Janė Ščiukaitė

Summary

The article deals with the results of experimental research on bicycle frame strength analysis. These results were processed by measurement system “Spider 8”, where the strain gages were plugged in its channels. The obtained information was transmitted to the computer and the results were processed by “Catman” (Computer Aided Testing, Measurement and Analysis) program.

The work was done in two pilot studies. The first test was accomplished when the rider was sitting on the seat of the bicycle, the second – when on the carrier. Diagrams of deformation dispersion and the value of the maximum loads on different bicycle frame elements are shown in the figures and in the table. It was established that the information measuring system “Spider 8”, connected to “Catman”, can be used for the evaluation of changes of deformations in different bicycle frame elements in working conditions. Computed maximal values of pressure do not exceed the permitted values.

Keywords: bicycle frame tests, strain gages.

DVIRAČIO RĖMO STIPRUMO ANALIZĖ

Algimantas Ruseckas, Raimondas Šniuolis, Janė Ščiukaitė

Santrauka

Straipsnyje aprašomi dviračio rėmo eksperimentiniai tyrimai ir rezultatų stiprumo analizė. Eksperimentiniams rezultatams apdoroti taikyta matavimo sistema „Spider 8“, į kurios kanalus įjungti vieliniai tenzjutikliai. Gautoji informacija buvo perduodama į kompiuterį, o jame rezultatai apdorojami „Catman“ (Computer Aided Testing, Measurement and Analysis) programa.

Darbe atlikti du eksperimentiniai tyrimai. Pirmojo bandymo metu buvo važiuojama sėdint ant dviračio sėdynės, antrojo – ant bagažinės. Deformacijų sklaidos grafikai bei vertės, maksimalūs įtempimai skirtinguose dviračio rėmo elementuose pateikti diagramose ir lentelėje. Nustatyta, kad informacinė matavimo sistema „Spider 8“, valdoma „Catman“, gali būti naudojama dviračio rėmų deformacijų pokyčiui skirtinguose rėmo elementuose eksploatavimo sąlygomis įvertinti. Gauti didžiausi įtempimai didele atsarga neviršija leistinų verčių.

Prasminiai žodžiai: dviračio rėmų bandymai, tenzorezistoriniai jutikliai.

Įteikta 2009-08-17