

Vieglo un kravas automobiļu drošība, enerģijas absorbcijas daudzums

Zhans Butans, Riga Technical University

Kopsavilkums. Viens no svarīgākajiem jautājumiem jauna automobiļa projektēšanā ir tā atbilstība nepieciešamajiem drošības kritērijiem. Rakstā tiek apskatītas nepieciešamās prasības un kritēriji, kurus automobiļu ražotājiem ir jāievēro, projektējot jaunu automobili, kā arī faktori, kas ietekmē dotos kritērijus. Tāpat tiek dotas sadursmes kinētiskās enerģijas, deformācijas enerģijas, kā arī citu lielumu teorētiskās aprēķinu metodes. Raksts sniedz informāciju par automobiļa virsbūves konstrukcijām, sadursmes enerģijas slāpēšanas iespējām, kā arī virsbūves konstrukcijās pielietotajiem materiāliem.

Atslēgas vārdi: automobīlis, virsbūve, kinētiskā enerģija, deformācija, pasīva drošība, aktīvā drošība.

I. IEVADS

No 20. gadsimta piecdesmitajiem gadiem automobiļu ražotāji, izstrādājot jaunus automobiļu modeļus, arvien lielāku uzmanību sāka pievērst ne tikai eksterjeram un interjeram, ne tikai motora jaudas parametru uzlabošanas iespējām, bet arī automobiļa drošības rādītāju pilnveidošanai.

Galvenie katalizatori, kas sākotnēji veicināja automobiļa drošības rādītāju uzlabošanu, bija valstu izstrādātās likuma normas par automobiļu drošības parametru atbilstību dalībai ceļu satiksmē. Šo likuma normu izstrādāšanas galvenie iemesli bija biežie ceļu satiksmes negadījumi ar relatīvi smagām sekām, kuri bija saistīti ar elementāro automobiļa drošības sistēmu trūkumu.

Pēdējos gados automobiļu potenciālos pircējus ir ļoti grūti piesaistīt tikai ar automobiļa interjera un/vai eksterjera izmaiņām vai motora jaudas parametru uzlabošanu. Automobiļa salīdzinoši augstā drošības pakāpe tiek uzskatīta par vienu no galvenajiem aspektiem jaunu automobiļu iegādē, tāpēc arī šis ir viens no automobiļu ražotāju darbības svarīgākajiem virzieniem jaunu patērētāju piesaistīšanai.

Tāpat mūsdienās, pastāvīgi pieaugot satiksmes intensitātei, kļūst aktuāls jautājums arī par kravas automobiļu drošības

uzlabošanas iespējām. Neskatoties uz to, ka gan vieglie, gan kravas automobiļi ikdienā izmanto vienus un tos pašus koplietošanas ceļus, daudzas prasības un būtiskākās drošības sistēmas ir atšķirīgas.

II. VIEGLO UN KRAVAS AUTOMOBILU DROŠĪBA

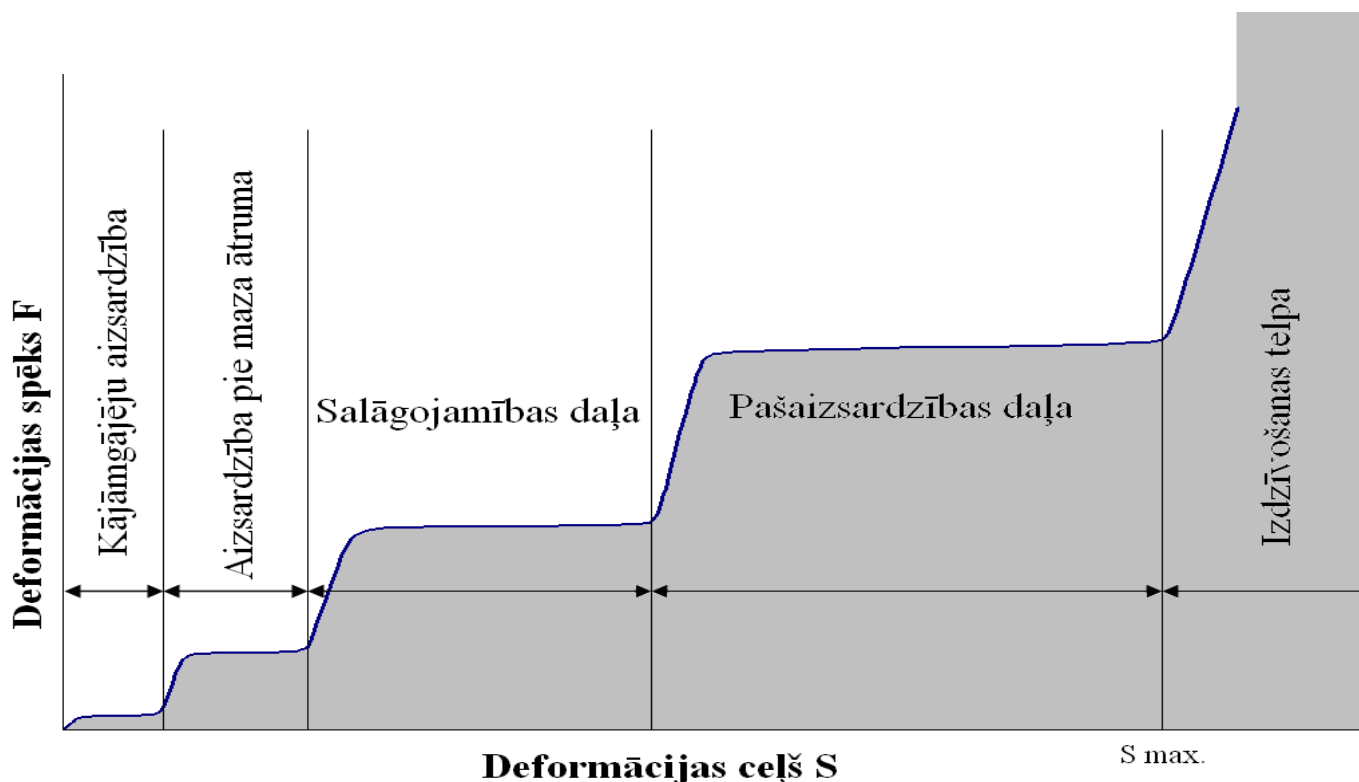
Projektējot vieglo automobili, vienlīdz liela nozīme tiek piešķirta gan aktīvās drošības sistēmām, gan arī pasīvajai drošībai. Viens no galvenajiem darba uzdevumiem ir apskatīt automobiļa drošības kritērijus un to ietekmējošos faktorus.

A. Vieglo automobiļu aktīvā drošība

Aktīvās drošības sistēmu galvenie uzsvāri un virzieni ir vērsti uz automobiļa vadāmības asistējošo funkciju nodrošināšanu. Galvenokārt tās ir: ABS (anti-lock breaking system), kas saglabā automobiļa vadāmību intensīvas bremzēšanas apstākļos, ESC (Electronic Stability Control), kas saglabā automobiļa stabilitāti strauju manevru laikā, ASR (Anti-Slip Regulation), kas kontrolē velkošo riteņu izbukušēšanu, kā arī citas sistēmas.

B. Vieglo automobiļu pasīva drošība

Statistika rāda, ka procentuāli biežāk ceļu satiksmes negadījumi notiek starp vidējās klases un vidējās – mazās klases vieglajiem automobiļiem. Lai gan sadursmes gadījumu daudzums starp mazās klases un lielās klases vieglajiem automobiļiem nav pats lielākais, tomēr drošības ziņā tam ir vislielākā atšķirība. Lai varētu nodrošināt labāku mazās klases vieglā automobiļa aizsardzību sadursmē ar lielās klases vieglo automobili, ir jādomā par abu transportlīdzekļu salāgojamību. Visu vieglo automobiļu priekšējās daļas konstrukcijas tiek veidotas pēc uzņemtās enerģijas daudzuma progresīvās līnijas parauga, kas ir redzama 1.attēlā.



1.att. Progresīvais slāpētās enerģijas daudzums

Ja sadursme notiek starp lielās un mazās klases vieglajiem automobiļiem, lielās klases automobilim ir jāatvieglo sava sadursmes partnera kinētiskās enerģijas un sadursmes spēku sadale. Šī līkne attēlo spēka salāgojamības zonu principiālo darbību. Salāgojamībai ir jābūt četrās zonās.

Pirmā zona ir virsbūves ārējie, relatīvi mīksti deformējamie elementi, kas ir projektēti ar mērķi pasargāt kājāmgājējus un riteņbraucējus sadursmes gadījumā.

Otrās zonas darbība ir paredzēta sadursmēm pie maziem sadursmes ātrumiem, piemēram, sadursme ar relatīvi cietu, nedeformējamu priekšmetu pie salīdzinoši neliela kustības ātruma (5 km/h). Šajā gadījumā enerģiju uzņem slāpējošie (dempferējošie) elementi, kas atrodas aiz priekšējā aizsargstieņa (bampera).

Trešā ir salāgojamības zona, kura stājas darbībā tad, ja tiek ievēroti sadursmes partnera automobiļa drošības kritēriji.

Ceturta automobiļa drošības daļa ir paš aizsardzības daļa, kura rūpējas par automobilī iekšā sēdošo cilvēku drošību.

Pēdējā, svarīgākā daļa, kas ir parādīta 1. attēlā, ir izdzīvošanas telpas saglabāšana automobilī.

C. Kravas automobiļu drošība

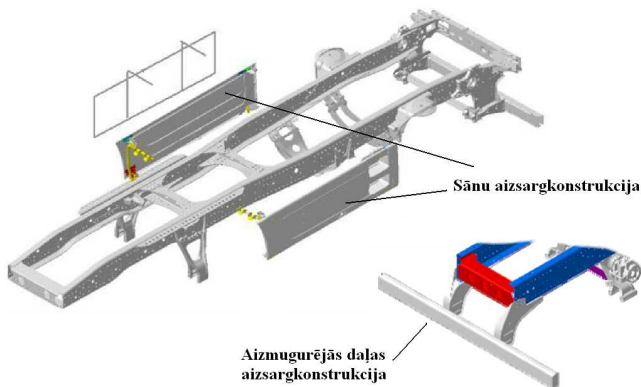
Savukārt projektējot kravas automobili, lielāka nozīme tiek piešķirta aktīvās drošības sistēmām, kā arī kravas automobilim deformācijas spēki nesadalās tik izteikti deformācijas spēku lieluma zonās, kā tas iepriekš bija parādīts vieglā automobiļa gadījumā.

Kravas automobilis ir gan darba, gan dzīves vieta tā vadītājam, kurā tas uzturas un strādā ilgstošā laika periodā. Tādēļ svarīgs jautājums ir ne tikai stabilitātes asistējošo

iekārtu nodrošinājums uz kravas automobiļa, bet arī vadītāja uzmanības un noguruma kontrolējošās sistēmas, kā arī uz ceļa esošo šķēršļu fiksējošās sistēmas. Tās ir: automātiskā priekšā braucošā automobiļa attālumu noteicošā sistēma braukšanas laikā, avārijas bremžu sistēma, braukšanas joslu fiksējošās sistēmas, uz brauktuves atrodošos šķēršļu un priekšmetu noteicošās sistēmas, kas darbojas on-line režīmā, kā arī citas drošības sistēmas.

Projektējot kravas automobili, pasīvās drošības sistēmas ir veidotas tā, ka par partnera aizsardzību tiek domāts vairāk kā par paš aizsardzību, jo, balstoties uz statistikas datiem, sadursmes gadījumi starp smagajiem automobiļiem notiek salīdzinoši reti. Tā kā klīrens kravas automobiļiem salīdzinājumā ar vieglajiem automobiļiem ir ievērojami augstāks, tad formas salāgojamības jautājums kravas automobiļiem ir ļoti svarīgs.

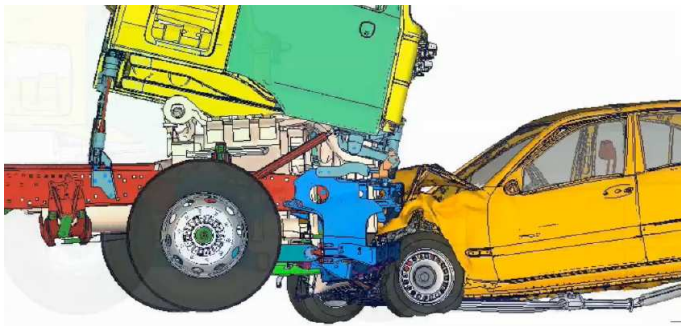
Šis jautājums tiek risināts, kravas automobiļiem uzstādot sānu drošības konstrukcijas (skat. 2. attēlu), kas paredzētas enerģijas slāpēšanai sānu sadursmēs, kā arī, lai nepieļautu vieglā automobiļa "paskriešanu" zem kravas automobiļa. Šīs sānu drošības konstrukcijas pasargā arī kājāmgājējus, riteņbraucējus un motociklistus no paslīdēšanas zem kravas automobiļa.



2.att. Kravas automobiļu aizsargkonstrukcijas¹

Tāpat tiek veidota arī stabila, zema priekšējās kravas automobiļa daļas konstrukcija, kas arī veic formas salāgojamības funkcijas (lūzdu skat. 3.att.).

Šo konstrukciju lietošana ļauj uzlabot arī kravas automobiļu aerodinamiskos rādītājus, tādējādi samazinot gaisa pretestību, degvielas patēriņu un uzlabojot automobiļa gaitu.



3.att. Vieglo un kravas automobiļu formu salāgojamība²

III. KINĒTISKĀS ENERĢIJAS ABSORBCIJA

Lai labāk izprastu jautājumu apjomu un nozīmīgumu, kas tiek risināti automobiļu ražotāju vidū, apskatīsim, kā automobilis uzņem radušos kinētisko enerģiju sadursmes rezultātā.

Pie automobiļa sadursmes kinētiskā enerģija tiek uzņemta uz automobiļa ārējām virsmām un tālāk tiek sadalīta pa automobiļa nesošajām sijām un konstrukcijām. Atkarībā no deformācijas daudzuma un spēku sadalījuma pa automobiļa nesošās konstrukcijas daļām, ir svarīgi ievērot dzīvības zonu automobilī, kā arī automobilī sēdošo cilvēku ķermeņu muguras daļas noturību savās vietās. Lai nodrošinātu šīs prasības, automobiļu ražotājiem ir jānodrošina pietiekams enerģijas sadalījums un konstrukcijas izturība gan pie maza, gan arī pie salīdzinoši liela spēka iedarbības. Ņemot vērā šīs prasības, ražotāji arvien vairāk cenšas pielietot dažādus materiālus automobiļa virsbūves konstrukcijās, piemēram,

augstas klases tēraudu (lēģētais tērauds). Automobiļu nesošajās virsbūvēs arī tiek pielietoti alumīnija konstrukciju elementi apvienojumā ar tērauda konstrukcijām, šūnu virsmas, "sandwich" tipa (metāla un putu konstrukcijas), kā arī izmanto jaunākās tehnoloģijas (piemēram, metāla hidroformēšanu) virsbūvju detaļu ražošanā.

Skatoties no autoražotāju viedokļa, automobilim kopumā, kā arī katrai tā virsbūves daļai ir jāiekļaujas trijās pasīvās drošības normās, kuras ir noteiktas automobilim. Tās ir:

salona iekšējās daļas izturība (dzīvības zona);

pietiekama deformācijas zona kinētiskās enerģijas pārvadīšanai deformācijās zem biomehāniskās izturības robežas;

salāgojamība ar pārējiem transportlīdzekļiem.

Ja automobiļa ekspluatācijas laikā notiek ceļu satiksmes negadījums, automobilim ir jāaktivizē visas nepieciešamās pasīvās drošības sistēmas, kuras šim automobilim ir noteicis tā ražotājs, un automobiļa virsbūves konstrukcijai ir pēc iespējas labāk jāuzņem visa sadursmes rezultātā uz automobili pieliktā kinētiskā enerģija.

Mūsdienu jaunajiem automobiļiem konstrukcija ir veidota tā, lai tā sadursmes rezultātā pēc iespējas labāk dzēstu enerģiju un pēc iespējas vairāk to sadalītu pa citām konstrukcijas daļām.

Tālāk apskatīsim enerģijas ekvivalento ātrumu (EES^3). Šis lielums ir svarīgs komponents aprēķinu veikšanā, kā nosakot enerģijas daudzumu, kas ir dzēsta automobiļa deformācijās, tā arī aprēķinot automobiļa kustības ātruma izmaiņas sadursmes rezultātā.

Pēc definīcijas, enerģijas ekvivalents ātrums attēlo ātrumu, kurš sadursmes brīdī ir ekvivalents kinētiskās enerģijas daudzumam, kura tiek zaudēta automobiļa deformācijās.

Zinot EES lielumu, var aprēķināt deformācijas enerģijas daudzumu (1).

$$W_{def.} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot EES^2 \quad (1)$$

kur,

$W_{def.}$ – deformācijas enerģija (J)

m – automobiļa masa (kg)

EES – enerģijas ekvivalents ātrums (m/s)

Kā arī otrādi, zinot deformācijas enerģijas daudzumu, var noteikt EES lielumu (2):

$$EES = \sqrt{\frac{2 \cdot W_{def.}}{m}} \quad (2)$$

Ja sadursme ir notikusi ar pilnīgi cietu ķermeni un visa automobiļa kinētiskā enerģija sadursmes rezultātā ir pārgājusi

¹ Avots: Daimler AG semināru materiāli

² Avots: Daimler AG semināru materiāli

³ Angļu val: Energy Equivalent Speed (EES)

plastiskajās deformācijās un automobiļa ātrums pēc sadursmes ir vienāds ar 0 km/h, izriet, ka (3, 4),

$$\Delta v = v_s = EES \quad (3)$$

kur,

Δv – kustības ātruma izmaiņas (m/s)

v_s – ātrums sadursmes brīdī (m/s)

$$E_{kin.} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_s^2 = W_{def.} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot EES^2 \quad (4)$$

Ja sadursme ir notikusi ar deformējamu objektu (5), tad rezultējošā kinētiskā enerģija tiek sadalīta starp abiem objektiem.

Kinētiskā enerģija:

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_s^2 \quad (5)$$

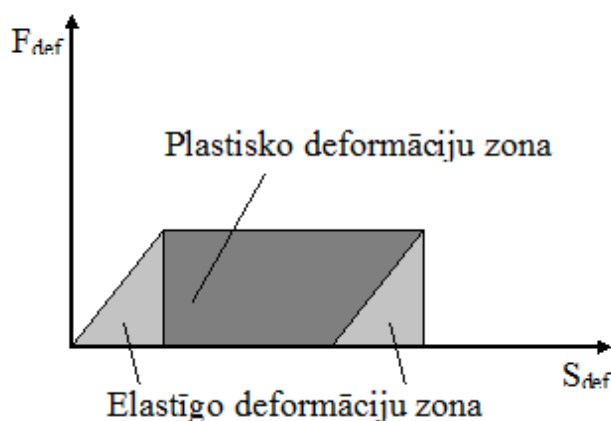
Ja sadursmes brīdī ir arī daļēji elastīgas deformācijas un pēc sadursmes automobilim saglabājās kustība, tad $\Delta v \neq v_s \neq EES$.

Iepriekš aprakstītās spēku un deformācijas daudzuma aprēķinu metodes un to sakarības ir izmantojamas lielākoties teorētisko uzdevumu veikšanai. Reālajā situācijā, rēķinot virsbūves konstrukcijas uzņemto kinētiskās enerģijas daudzumu, ir jāņem vērā rinda faktoru: kā kontrolējamie, tā arī nekontrolējamie. Šie faktori var būtiski ietekmēt aprēķina gaitu un līdz ar to arī rezultātus.

Tā, piemēram, aprēķinot automobiļa virsbūves uzņemtās enerģijas daudzumu deformācijās, ir jāņem vērā arī tas, ka enerģija tiek uzņemta kā plastiskajās, tā arī elastīgajās virsbūves deformācijās. Jāņem vērā, ka pirms plastiskās deformācijas sākuma ir elastīgā deformācijas zona, kuras pretestības spēku lielums ir atkarīgs no zonas, kurā notiek deformācija. 4. attēlā ir atspoguļots principiāls šo deformācijas zonu un spēku attēlojums.

Aprēķinot kinētiskās enerģijas daudzuma absorbēšanu un EES vērtības, ir jāņem vērā arī elastīgo deformācijas spēku daudzums.

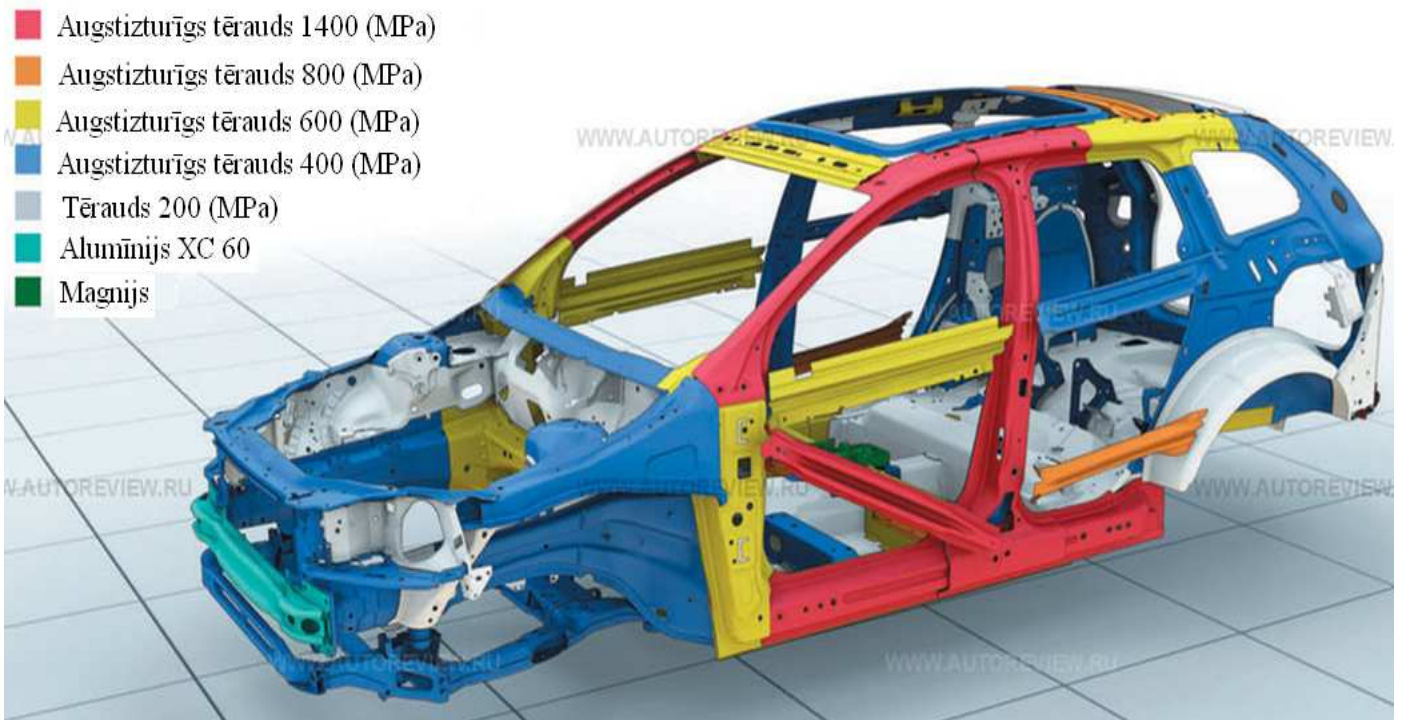
Veicot aprēķinus reālā situācijā, nākas atzīt, ka pie maziem deformācijas daudzumiem kinētiskās enerģijas absorbēšanas daudzums un EES lielumu aprēķināšanas precizitāte ir samērā maza, jo nav informācijas par elastīgo deformāciju daudzumu konkrētajā situācijā. Prakse rāda - jo lielākas ir virsbūves plastiskās deformācijas, jo mazāka ir aprēķinu kopējā kļūda, ja neņem vērā elastīgās deformācijas.



4.att. Deformāciju zonas

Kā redzams no līdzšinējā apraksta, automobiļu virsbūve pēc sava konstruktīvā izveidojuma ir samērā komplicēta sistēma. Mūsdienu jaunajos automobiļos nesošajās virsbūves konstrukciju daļās tiek pielietoti dažādi materiāli ar dažādām to cietības pakāpēm. Dažādu konstrukcijas materiālu pielietojuma piemērs vieglo automobiļu virsbūvēs ir atspoguļots 5. attēlā.

Frontālās sadursmes gadījumā, lai, ņemot vērā deformāciju apjomu, varētu aprēķināt virsbūves kinētiskās enerģijas uzņemšanas daudzumu, ir nepieciešams zināt ne tikai virsbūves cietību katrā tās punktā atkarībā no deformācijas ceļa daudzuma S , bet arī nepieciešams precīzi zināt paša automobiļa kustības un spēku pielikšanas virzienus.



5.att. Materiālu pielietojums automobiļu virsbūvēs⁴

Precīzu aprēķinu veikšanu sarežģīt arī automobiļa katras daļas konstrukcijas cietības atšķirības. Ja pie frontālās sadursmes pret pilnīgi cietu ķermeni automobiļa uzņemto kinētiskās enerģijas daudzumu katrā punktā atkarībā no deformācijas ceļa daudzuma S varētu noteikt, tad reālajā situācijā, saduroties diviem automobiļiem pie mazākām pielikto spēku virzienu maiņām, kā arī pie nepilnīgas salāgojamības, automobiļu deformācijas daudzums var būtiski atšķirties.

SECINĀJUMI

- Mūsdienās vieglo un kravas automobiļu drošības prasības ir augstas, tāpēc, lai tās tiktu izpildītas, kā vieglajiem, tā arī kravas automobiļiem ir maksimāli jānodrošina konstrukcijas formas un spēka salāgojamība.

-Veicot automobiļa virsbūves deformācijas spēku aprēķinus, ir jāņem vērā ne tikai automobiļa plastisko deformāciju daudzums, bet arī elastīgās deformācijas. Automobiļa virsbūves deformāciju (gan plastisko, gan

elastīgo) daudzums sadursmes gadījumā lielā mērā ir atkarīgs no materiālu pielietojuma virsbūves konstrukcijās.

- Tādējādi tālākie darba uzdevumi ir saistīti ar pielietojamo materiālu ietekmes pētījumiem uz automobiļa deformācijas enerģijas absorbēšanas iespējām, kā arī matemātiskā algoritma sastādīšanu deformācijas enerģijas noteikšanai. Tas sniegtu iespēju noteikt kinētiskās enerģijas zudumus un kustības ātrumu izmaiņas jau pēc sadursmes, ņemot vērā negadījumā iesaistīto transportlīdzekļu deformācijas.

Zhans Butans, Mg.Sc.ing. (2009). Riga Technical University, Institute of Mechanical Engineering. Address: Ezermalas str. 6, LV-1006, Riga, Latvia.
2009 – until now doctoral degree student at Riga Technical University, Faculty of Transport and Mechanical Engineering, Institute of Automobile Transport.
Bachelor thesis, 2005: Car body processing.
Master thesis, 2009: Car body and measuring of its geometrical parameters.
Phone: +371 26400109, e-mail: zans.butans@gmail.com

Zhans Butans. Passenger car and truck safety, amount of absorption energy

Nowadays, while traffic intensity is constantly increasing, also interest and discussions about different class passenger car and truck safety improvement possibilities become more and more significant. Despite the fact that both - cars and trucks daily use the same public roads, many essential requirements and safety systems are different.

While working on passenger car body construction, equally much importance is given to both - active and passive safety systems. Basing on fact that lately light class passenger cars are becoming more and more popular in the world market, light class and heavy class passenger car passive safety requirements become even more important. As the main criteria for the improvement of passive safety is the necessity of common requirements for car force and shape compatibility, which would make possible to significantly improve performance of collision safety.

The article deals with the necessary requirements and criteria, which have to be taken into account by passenger car and heavy truck manufacturers designing a new vehicle. There are also given theoretical calculation methods of collision kinetic energy, deformation energy, and other indicators. The article provides information on the car body design collision energy absorption capability, and on currently used superstructure construction materials.

⁴ Avots: www.autoreview.ru

Nowadays one of the main barriers on the way to efficient vehicle collision analysis is the lack of common mathematical algorithm for deformation energy evaluation. The aim of my thesis is to work out such a mathematical algorithm, which would allow to calculate change of speed and loss of kinetic energy after collision basing on deformation analysis.

Жанс Бутанс. Безопасность легковых и грузовых автомобилей, объем поглощения энергии

В настоящее время, когда интенсивность дорожного движения постоянно растет, также интерес и дискуссии о повышении безопасности различных классов легковых и грузовых автомобилей становятся все более и более значительными. Несмотря на то, что легковые и грузовые автомобили ежедневно используют те же дороги, многие основные требования и системы безопасности отличаются. Проектируя легковой автомобиль, одинаково много значение уделяется как активной так и пассивной системе безопасности. Учитывая факт, что в последнее время легковые автомобили малого класса становятся все более популярными на мировом рынке, вопрос пассивной безопасности при столкновении с автомобилем другого класса стал еще важнее. Один из основных критериев для улучшения пассивной безопасности автотранспортных средств при столкновении является взаимное соответствие совместимости сил и форм автомобилей.

В статье рассматриваются необходимые требования и критерии, которые производителям легковых автомобилей и тяжелых грузовиков надо брать во внимание, проектируя новый автомобиль. В статье указаны теоретические методы вычисления кинематической энергии столкновения, энергии деформации, а так же других параметров. Также в статье указана информация о погашении конструкцией кузова автомобиля энергии столкновения и материалах, которые используются в конструкциях нового автомобиля.

Целью моей работы является разработка математического алгоритма, который позволил бы рассчитать изменение скорости и потери кинетической энергии при столкновении на основе анализа деформаций.