

**Գ.Վ. ՄՈՒՍԱՅԵԼՅԱՆ, Վ.Գ. ՄՈՒՍԱՅԵԼՅԱՆ**

**ԱՎՏՈՄՈԲԻԼՆԵՐԻ ԿՐՈՂ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՎԵՐՋԱՎՈՐ ՏԱՐԵՐԻ  
ՄԵԹՈԴՈՎ ՀԱՇՎԱՐԿՄԱՆ ՄՈԴԵԼՆԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ՄԱՍԻՆ**

Կատարվել է ավտոմոբիլների շրջանակի և կրող թափքերի ամրության, կոշտության, բախման հետևանքով սրահի դեֆորմացումների գնահատման համար կիրառվող հաշվարկային մոդելների վերլուծություն: Ներկայացվել են վերջավոր տարրերի մեթոդի կիրառմամբ ավտոմոբիլների տարածական բարդ կառուցվածք ունեցող կրող համակարգերի մոդելավորման առանձնահատկությունները ծռման և ոլորման տակ բեռնավորման, ինչպես նաև ավտոմոբիլի բախման տարբեր սխեմաների դեպքերում:

Մոդելավորվել են կրող համակարգերին ազդող բեռնավորումների փոփոխման պայմաններում դրանց բաղկացուցիչ տարրերի միմյանց հպման, ինչպես նաև թափքի բախման հետևանքով թաղանթային տեսակի բաղկացուցիչ տարրերի հնարավոր ճմլման գործընթացների ապահովման եզրային պայմանները:

**Առանցքային բառեր.** ավտոմոբիլների կրող համակարգեր, շրջանակ, թափք, հաշվարկային մոդելի մշակում, վերջավոր տարրերի մեթոդ, ամրություն, կոշտություն, ավտոմոբիլի բախում:

**Ներածություն:** Ավտոմոբիլների կրող համակարգերի նախագծմանը ներկայացվող անհրաժեշտ ամրության և կոշտության բարձր պահանջների կատարման համար կարևոր նշանակություն ունեն դրանց կառուցվածքային առանձնահատկությունները, բաղկացուցիչ տարրերում օգտագործվող նյութերի հատկությունները: Լեռնային պայմաններին բնորոշ ճանապարհներին ավտոմոբիլների շահագործման ընթացքում կրող համակարգերը ենթարկվում են փոփոխվող բեռնավորումների, որոնք դրանց շահագործման տևողության կրճատման, գերբեռնավորված տեղամասերում քայքայման երևույթների առաջացման և մնացորդային մեծ դեֆորմացումների պատճառ են դառնում: Մարդատար ավտոմոբիլների կրող թափքերի բախման հետևանքով սրահի դեֆորմացումները կարող են ուղևորների վնասվածքների առաջացման, ընդհուպ մինչև կյանքին վտանգ սպառնալու պատճառ դառնալ:

Ավտոմոբիլի կրող համակարգերը չպետք է ունենան ամրության շատ մեծ պաշար, որը հանգեցնում է ավտոմոբիլների ինչպես մետաղատարության ու ինքնարժեքի բարձրացմանը, այնպես էլ՝ շահագործական ծախսերի աճին: Այս տեսանկյունից կրող համակարգի նախնական հաշվարկի իրականացման հարցը թելադրվում է դրա նվազագույն զանգվածին հասնելու անհրաժեշտությամբ, միաժամանակ բավարարելով անվտանգության անընդհատ խստացող պահանջները:

Ավտոմոբիլի ռեսուրսի ավելացման անհրաժեշտությունը, նրա տեխնիկական սպասարկման և ընթացիկ նորոգման հետ կապված աշխատանքների ծավալի փոքրացումը պահանջում են ավտոմոբիլի ագրեգատների հաշվարկման մեթոդների կատարելագործում:

**Խնդրի առաջադրումը:** Ներկայացված աշխատանքի նպատակն է վերջավոր տարրերի մեթոդով կատարել ավտոմոբիլների կրող համակարգերի բարակապատ գծային և ոչ գծային դեֆորմացման տարբեր գործընթացների հետազոտման հաշվարկային մոդելների առանձնահատկությունների վերլուծություն:

**Հետազոտության մեթոդները:** Կրող համակարգերն ավտոմոբիլի բազային ագրեգատներն են և պետք է անխափան աշխատեն մինչև ավտոմոբիլի ծառայության ժամկետի ավարտը: Այդ պատճառով դրանց ամրությանը, կոշտությանը, երկարակեցությանը և հարվածի նկատմամբ դիմացկունությանը բարձր պահանջներ են ներկայացվում: Ավտոմոբիլի ռեսուրսի ավելացման անհրաժեշտությունը, նրա տեխնիկական սպասարկման և ընթացիկ նորոգման հետ կապված աշխատանքների ծավալի փոքրացումը պահանջում են ավտոմոբիլի ագրեգատների հաշվարկման մեթոդների կատարելագործում:

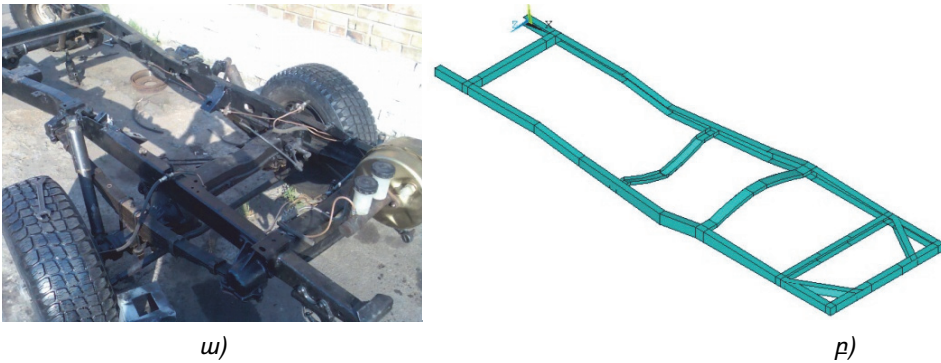
Ավտոմոբիլների կրող համակարգերի ամրության, կոշտության և հարվածադիմացկունության գնահատման, դրանց բեռնավորման գործընթացի նպատակասլաց հետազոտման համար մշակված հաշվարկային [1] մոդելները հնարավորություն են տալիս, առանց ֆինանսական մեծ ծախսերի, կատարել համալիր հետազոտություններ:

Ժամանակակից տեխնոլոգիաները հնարավորություն են տալիս նախագծման ընթացքում հնարավորինս ճշգրիտ տվյալներ ստանալ կրող համակարգերի վրա ընկնող բեռնվածքների մասին, նվազեցնել ծախսերը նախագծման փուլում, ստանալ ավելի բարդ կառուցվածքով կրող համակարգեր, նվազեցնել նախագծման ժամանակահատվածը, ավտոմոբիլի ընդհանուր քաշը, ինչպես նաև ավտոմոբիլի արտադրման համար անհրաժեշտ նյութերի քանակը, որը նույնպես հանգեցնում է ծախսի նվազեցմանը:

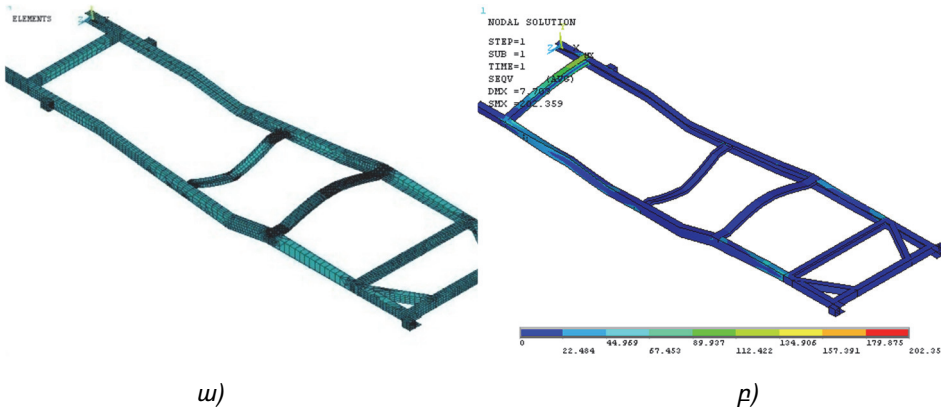
Մոդելների մշակման համար օգտագործվել են Ansys և LS-Dyna ծրագրային փաթեթները:

Տարածական բարդ կառուցվածք ունեցող շրջանակների վերջավոր տարրերի մեթոդով հաշվարկման մոդելների մշակման համար օգտագործվել են «ՈՒԱԶ», «ԶԻԼ» բեռնատար ավտոմոբիլների շրջանակների իրական չափերը: Շրջանակների բաղկացուցիչ տարրերի (նկ.1բ և նկ.2ա) և դրանց միացումների մոդելավորման համար կիրառվել է Shell181 (մինչև Ansys12 ծրագրային փաթեթը՝ Shell63) տիպի վերջավոր տարր [2]:

Մշակված հաշվարկային մոդելով կատարվում է «ՈւԱԶ» բեռնատար ավտոմոբիլի շրջանակի լարվածադեֆորմացիոն վիճակների հետազոտում, առաջադրված բեռնավորումների ու ճանապարհային պայմանների և ծոման [3] ու ոլորման [4] դեպքում (նկ.2բ):

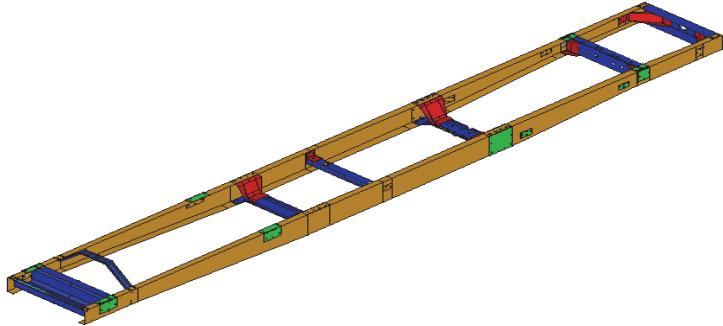


Նկ. 1. «ՈւԱԶ» բեռնատար ավտոմոբիլի շրջանակը. ա) շրջանակի իրական տեսքը, բ) մշակված երկրաչափական մոդելի տեսքը



Նկ. 2. «ՈւԱԶ» բեռնատար ավտոմոբիլի շրջանակը. ա) մշակված հաշվարկային մոդելը, բ) շրջանակի ոլորման դեպքում Միզեսի  $\sigma_{\text{համ}}$  լարումների բաշխումը

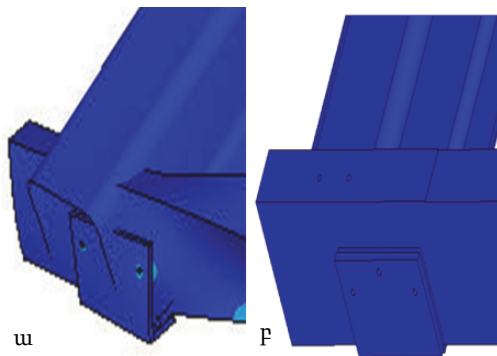
Նկ. 3-ում պատկերված է «ԶԻԼ» մակնիշի բեռնատար ավտոմոբիլի տարածական բարդ կառուցվածք ունեցող շրջանակի երկրաչափական մոդելը, որի ստացման համար օգտագործվել են շրջանակի և դրա բաղկացուցիչ մասերի իրական չափերը: Երկրարափական մոդելի ստացման ընթացքում հաշվի են առնվել շրջանակի բացկացուցիչ մասերի միմյանց միացման կառուցվածքները և կիրառված գամային միացությունները, որոնց մոդելավորման համար օգտագործվել է [5] գրականությունում կիրառված մեթոդիկան:



Նկ. 3. «ԶԻԼ» ավտոմոբիլի շրջանակի երկրաչափական մոդելը

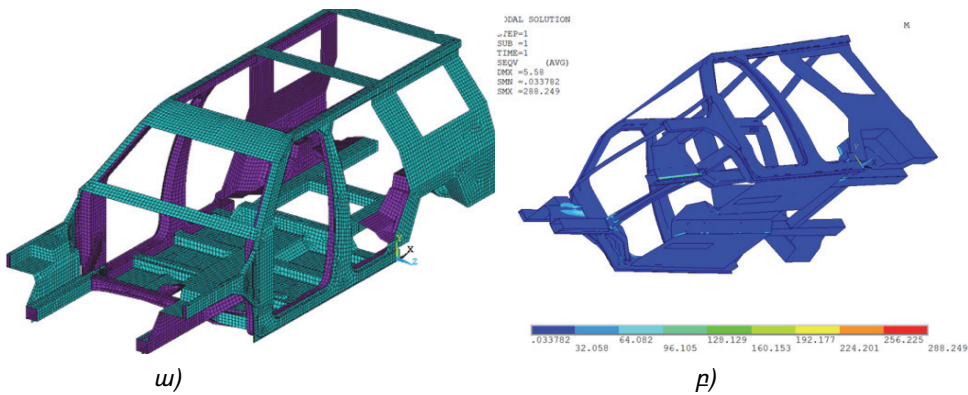
Շրջանակի ամրության և կոշտության գնահատման համար հետազոտվել են դրա ծոման [3] և ոլորման [4] դեպքերում առաջացող լարվածադեֆորմացիոն վիճակները, որոշվել շրջանակի բաղկացուցիչ տարրերի վտանգավոր հատույթները, կատարվել քննարկվող կառուցվածքի լավարկման առաջարկություն:

Շրջանակի երկայնական և լայնական ձողերի միջև գամային միացություններից բաղկացած հանգույցներում [5], որտեղ շահագործման ընթացքում առաջացող ոլորման բեռնավորման դեպքում ի հայտ են գալիս փոփոխական եզրային պայմաններ (նկ.4), կիրառվում են «Conta» և «Targe» տեսակների վերջավոր տարրերը [2] և [6]:



Նկ. 4. Շրջանակի հանգույցի մշակված մոդելը. ա) հանգույցի դեֆորմացված բաղկացուցիչ մասերը մխրճվել են միմյանց մեջ, բ) «Conta»-ի և «Targe»-ի կիրառմամբ հանգույցի դեֆորմացված հրական տեսքը

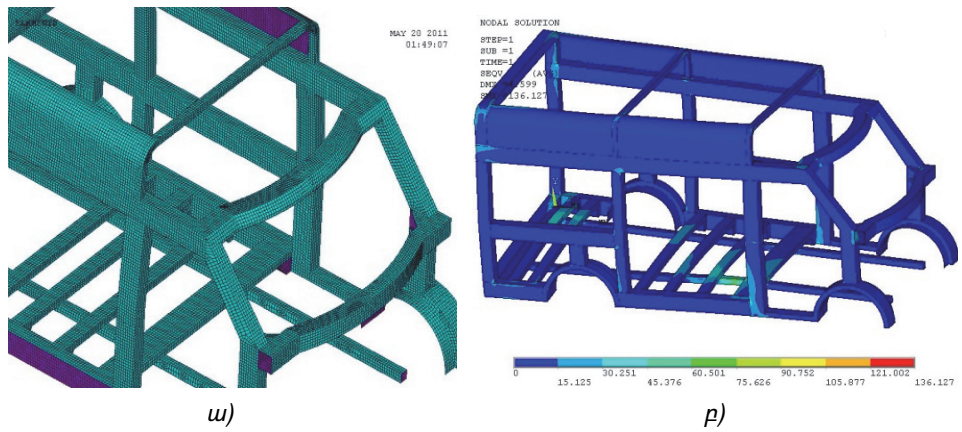
Նկ.5-ում պատկերված են բարձրացված անցողականությամբ մարդատար ավտոմոբիլի կրող թափքի հաշվարկման մոդելը՝ Land Rover ավտոմոբիլի օրինակով, և ոլորման բեռնավորման դեպքում Միզեսի լարումները:



Նկ. 5. Land Rover ավտոմոբիլի կրող թափքը. ա) հաշվարկային մոդելը, բ) Միզենի  $\sigma_{հստ}$  լարումների բաշխումը ոլորման դեպքերում

Թափքի հիմնականաբաշխումը նախնական հաշվարկի իրականացման հարցը նույնպես թելադրված է դրա նվազագույն զանգվածին հասցնելու անհրաժեշտությամբ, միաժամանակ բավարարելով անվտանգության անընդհատ խստացող պահանջները: Մշակված հաշվարկային մոդելով կատարվում է ծոման և ոլորման դեպքերում թափքի լարվածա-դեֆորմացիոն վիճակի հետազոտում:

Նկ.6-ում պատկերված է «Գազել» մակնիշի միկրոավտոբուսի կրող թափքի հաշվարկման մաթեմատիկական մոդելը և ոլորման դեպքում դեֆորմացված թափքում Միզենի  $\sigma_{հստ}$  լարումները:

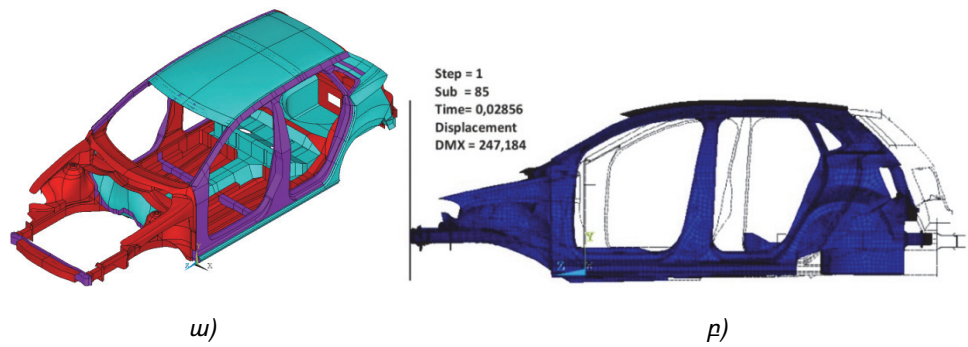


Նկ. 6. «Գազել» մակնիշի միկրոավտոբուսի կրող թափքը. ա) միկրոավտոբուսի հաշվարկային մոդելը, բ) Միզենի լարումների բաշխումը կրող թափքի ոլորման դեպքում

Նկ.7ա-ում ներկայացված է բախման տարբեր սխեմաների դեպքում մարդատար ավտոմոբիլների (Volkswagen Polo օրինակով) կրող թափքի ոչ գծային դեֆորմացման գործընթացի հետազոտման համար վերջավոր տարրերի մեթոդով հաշվարկային մոդելը: Այն հնարավորություն է տալիս ստանալու լարումների, դեֆորմացումների, էներգիայի բաղադրիչների բաշխումները, ինչպես նաև ավտոմոբիլի սրահում առաջացող դանդաղեցման արժեքները: Մոդելը մշակվել է ANSYS/LS-DYNA ծրագրային միջավայրում [2] և [7]:

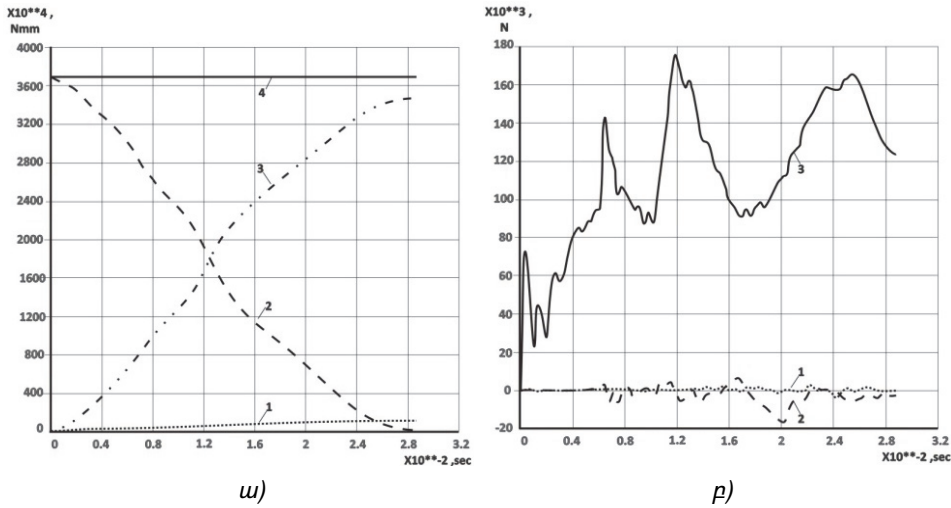
Մարդատար ավտոմոբիլի կրող թափքի կառուցվածքային տարրերը մոդելավորված են թաղանթային Shell163 տիպի գրադարանային վերջավոր տարրով, որը հնարավորություն ունի հաշվի առնելու մեծ դեֆորմացումները:

Նկ. 7բ-ում պատկերված են ճակատային բախումից հետո թափքի դեֆորմացված տեսքը և տեղաշարժերը (մմ):



Նկ. 7. Volkswagen Polo 2010 մոդելի ավտոմոբիլի թափքը. ա) տարբեր մակնիշների պողպատից պատրաստած երկրաչափական մոդելը, բ) ճակատային բախումից հետո բազմամետրաղ թափքի դեֆորմացված տեսքը և տեղաշարժերը (մմ)

Նկ.8ա-ում պատկերված է մարդատար ավտոմոբիլի կրող թափքի ճակատային բախման ընթացքում էներգիայի բաղադրիչների բաշխման գրաֆիկը, որից երևում է, որ բախման սկզբնական պահից 0.02856վ հետո թափքի շարժման կինետիկ էներգիան մարում է, կրող թափքի դեֆորմացման վրա ծախսվում է  $3500 \times 10^4$  Նժամ էներգիա: Նկ. 8.բ-ում պատկերված կրող թափքի ճակատային բախման ընթացքում անշարժ պատի հակազդման ուժերի բաշխման գրաֆիկներից երևում է, որ առավելագույն նորմալ հակազդման մեծությունը 175 կՆ է:



Նկ. 8. Բազմամետրաղ կրող թափքի ճակատային բախման դեպքը. ա) էներգիայի բաղադրիչների բաշխման գրաֆիկը. 1- Hourglass, 2- թափքի կինետիկ, 3- թափքի դեֆորմացման, 4- լրիվ էներգիաները, Նսմմ բ) կոշտ արգելքի հակազդման բաղադրիչները. 1 -  $F_x$ , 2 -  $F_y$ , 3 -  $F_z$ , Ն

**Հետազոտության արդյունքները:** Ներկայացված վերլուծությունը հիմք է տալիս նշելու, որ ավտոմոբիլի կրող համակարգերի ամրության և կոշտության գնահատման նպատակով ANSYS ծրագրային փաթեթի օգտագործմամբ մշակված ստատիկ բեռնավորման հաշվարկային մոդելում բարակապատ կառուցվածքային տարրերի համար անհրաժեշտ է կիրառել «Shell181» տեսակի վերջավոր տարր:

Գամային միացությունների մոդելավորման ընթացքում օգտագործվող անցքերի եզրագծերում առկա է վերջավոր տարրերի հանգույցների բավարար նվա-զագույն քանակությունը:

Ապացուցվել է բաղադրյալ կառուցվածքային տարրերի միջև փոփոխական եզրային պայմաններ ապահովող «Conta» և «Targe» տեսակների վերջավոր տարրերի կիրառման նպատակահարմարությունը:

Հիմնավորվել է կրող համակարգերում կարճաժամկետ բախման խնդիրների լուծման համար LS-Dyna ծրագրային փաթեթից օգտվելը, որտեղ որպես թաղանթային տեսակի վերջավոր տարր կիրառվում է «Shell163» գրադարանային վերջավոր տարրը: Թափքի բախման խնդրի լուծման արդյունքում ստացվում են թափքի դեֆորմացված տեսքը, լարումների և դեֆորմացումների բաշխումները, էներգիայի բաղադրիչների բաշխումը, ինչպես նաև բախմանը հակազդող ուժերի արժեքները:

**Եզրակացություն:** Ավտոմոբիլի բարակապատ բաց և փակ պրոֆիլներով լայնական և երկայանական ձողերով շրջանակների և նաև թաղանթային տիպի բաղկացուցիչ տարրերից բաղկացած կրող թափքերի հաշվարկային մոդելների վերլուծությունից հետևում է, որ վերջավոր տարրերի մեթոդով թաղանթային տեսակի վերջավոր տարրերի կիրառմամբ մշակված հաշվարկային մոդելներն ունեն առավելություն ճողային տեսակի վերջավոր տարրերի նկատմամբ: Դրանք հնարավորություն են տալիս բարձր ճշտությամբ հաշվի առնել ավտոմոբիլների կրող համակարգի կառուցվածքային առանձնահատկությունները, շահագործման ընթացքում փոփոխական բեռնավորումների ազդեցության տակ առաջացող եզրային պայմանները, շահագործման ընթացքում բեռնավորման տարբեր ռեժիմների դեպքում կառուցվածքային բաղադրյալ տարրերի միջև ի հայտ եկող իրական եզրային պայմանները:

Վերջավոր տարրերի մեթոդով թաղանթային տեսակի վերջավոր տարրերի կիրառմամբ մշակված հաշվարկային մոդելները հնարավորություն են տալիս հետազոտելու մարդարտար ավտոմոբիլների դեֆորմացման գործընթացը բախման տարբեր սխեմաների դեպքում:

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Մուսայելյան Վ.Գ., Մուսայելյան Վ.Գ.** Մարդատար ավտոմոբիլի կրող թափքի ոչ գծային դեֆորմացման գործընթացի հետազոտումը բախման տարբեր սխեմաների դեպքում // ՀԱՊՀ ԼՐԱԲԵՐ. Գիտական հոդվածների ժողովածու. Մաս 2. -Երևան: Ճարտարագետ, 2017. -Էջ 633-640:
2. **Басов К.А.** ANSYS. Справочник пользователя. Проектирование. -М.: ДМК Пресс, 2005.-642с.
3. **Мусаелян Г.В., Закарян Л.О.** Исследование изгиба рамы грузового автомобиля в вертикальной плоскости методом конечных элементов //Известия НАН РА и ГИУА.Сер. Техн.науки. -2006. - Том 59, № 3. -С. 465-471.
4. **Мусаелян Г.В., Закарян Л.О.** Исследование процесса кручения рамы грузового автомобиля методом конечных элементов //Вестник Инженерной академии Армении. –2006. Т.3, № 2. -С. 242-247.
5. **Мусаелян Г.В.** Исследование процесса деформирования узла рамы автомобиля методом конечных элементов //Вестник НПУА: Механика, Машиноведение, Машиностроение. 2015. -N1. -С. 98-107.
6. **Мусаелян Г.В., Закарян Л.О.** Исследование особенностей взаимодействия рамы и надрамника автомобиля-самосвала //Известия НАН РА и ГИУА. Сер. Техн. науки. - 2009. -Том 62, № 1. -С. 3-7.
7. **Hallquist J.O.** LS-DYNA User’s Manual, Livermore Software Technology Corporation: California, March, 2006.- 498p.

**Г.В. МУСАЕЛЯН, В.Г. МУСАЕЛЯН**

**О РАЗРАБОТКЕ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ НЕСУЩИХ СИСТЕМ  
АВТОМОБИЛЕЙ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Осуществлен анализ расчетных моделей, применяемых для оценки прочности, жесткости рамы и несущих кузовов, а также деформации кузова при столкновении автомобилей. Методом конечных элементов представлены особенности моделирования несущих систем автомобилей, имеющих пространственную сложную структуру, при их изгибе и кручении, а также при различных схемах столкновения.

Смоделированы граничные условия, обеспечивающие процессы контактов составных элементов несущих систем под действием изменения нагрузок, а также возможных процессов складывания составных элементов кузова оболочечного типа вследствие столкновения автомобиля.

**Ключевые слова:** несущие системы автомобилей, рама, кузов, разработка расчетной модели, метод конечных элементов, прочность, жесткость, столкновение автомобилей.

**G.V. MUSAYELYAN, V.G. MUSAYELYAN**

**DEVELOPING CALCULATION MODELS FOR THE AUTOMOBILE  
LOAD-CARRYING SYSTEMS BY THE FINITE ELEMENT METHOD**

An analysis of the calculation models applied for estimating the strength, the stiffness of the frame and the load-carrying car bodies, as well as the deformation of the body at collision of automobiles is carried out. The modeling features of the load-carrying systems of automobiles, having a spatial complex structure are presented by the finite element method at their bending and torsion, as well as at different schemes of collision.

The boundary conditions for the components' contact conditions at the change in the loads on the load-carrying systems, as well as for providing the possible folding processes of the components of shell type as a result of the body collision are modeled.

**Keywords:** load-carrying systems of automobiles, frame, body, development of calculation model, finite element method, strength, stiffness, collision of automobiles.