

**ՄԵԽԱՆԻԿԱ, ՄԵՔԵՆԱԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆ,
ՄԵՔԵՆԱՇԻՆՈՒԹՅՈՒՆ, ՏՐԱՆՍՊՈՐՏ, ԴԻՉԱՅՆ**

ՏՐԱՆՍՊՈՐՏԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐ

ՀՏԴ 629.114

Գ.Վ. ՄՈՒՍԱՅԵԼՅԱՆ, Վ.Գ. ՄՈՒՍԱՅԵԼԱՆ

**ՄԱՐԴԱՏԱՐ ԱՎՏՈՄՈՔԻԼՆԵՐԻ ԿՐՈՂ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿՄԱՆ
ՄՈԴԵԼՆԵՐԻ ՄՇԱԿՄԱՆ ՄԱՍԻՆ**

Կատարվել է մարդատար ավտոմոբիլների կրող համակարգերի նախագծման գործընթացում թվային մեթոդներով հաշվարկման մոդելների մշակման ընթացքի և առանձնահատկությունների վերլուծություն: Որպես թվային մեթոդների կիրառման օրինակ ներկայացվել են վերջավոր տարրերի մեթոդի օգտագործման հնարավորությունները: Նշված մեթոդի հիման վրա ստեղծված ծրագրային փաթեթների կիրառմամբ տարբեր մակնիշի մարդատար ավտոմոբիլների համար մշակվել են տարածական բարդ կառուցվածք ունեցող կրող համակարգերի հաշվարկման մոդելներ, քննարկվել մոդելավորման առանձնահատկությունները ծոման և ոլորման պայմաններում բեռնավորման, ինչպես նաև ավտոմոբիլների բախման տարբեր սխեմաների դեպքերում:

Հիմնավորվել են մարդատար ավտոմոբիլների տարածական բարդ կառուցվածքներով կրող համակարգերի բաղկացուցիչ մասերում և դրանց միացումներում թաղանթային տեսակի կառուցվածքային տարրերի կիրառման ու մոդելավորման ընթացակարգերը: Մոդելավորվել են կրող համակարգերին ազդող բեռնավորումների փոփոխման հետևանքով բաղկացուցիչ տարրերի միմյանց հպման գործընթացների ապահովման եզրային պայմանները:

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

Ներածություն: Մարդատար ավտոմոբիլների կրող համակարգերի նախագծման ժամանակ ներկայացվող անհրաժեշտ ամրության և կոշտության բարձր պահանջների կատարման համար կարևոր նշանակություն ունեն դրանց կառուցվածքային առանձնահատկությունները, բաղկացուցիչ տարրերում օգտագործվող նյութերի հատկությունները: Ավտոմոբիլների շահագործման ընթացքում կրող համակարգերը ենթարկվում են փոփոխվող բեռնավորումների, որոնք դրանց շահագործման տևողության կրճատման, գերբեռնավորված տեղամասերում քայքայման երևույթների առաջացման և մնացորդային մեծ դեֆորմացիաների առկայության պատճառ են դառնում:

Մարդատար ավտոմոբիլների կրող համակարգերը չպետք է ունենան ամրության շատ մեծ պաշար, որը հանգեցնում է ինչպես ավտոմոբիլների մետաղատարության ու ինքնարժեքի բարձրացմանը, այնպես էլ շահագործական ծախսերի աճին: Մարդատար ավտոմոբիլների ռեսուրսի ավելացման, նրանց տեխնիկական սպասարկման և ընթացիկ նորոգման հետ կապված աշխատանքների ծավալի փոքրացման անհրաժեշտությունը պահանջում է ավտոմոբիլների ագրեգատների հաշվարկման մեթոդների կատարելագործում:

Խնդրի առաջադրումը: Աշխատանքի նպատակն է վերջավոր տարրերի մեթոդով, բեռնավորման տարբեր ռեժիմների դեպքում, կատարել մարդատար ավտոմոբիլների կրող համակարգերի գծային և ոչ գծային դեֆորմացման տարբեր գործընթացների հետազոտման հաշվարկային մոդելների առանձնահատկությունների վերլուծություն:

Հետազոտության մեթոդները: Կրող համակարգերը մարդատար ավտոմոբիլի բազային ագրեգատներն են և պետք է անխափան աշխատեն մինչև ավտոմոբիլի ծառայության ժամկետի ավարտը: Դրանց ամրությանը, կոշտությանը, երկարակեցությանը և հարվածի նկատմամբ դիմացկունությանը բարձր պահանջներ են ներկայացվում:

Մարդատար ավտոմոբիլների կրող համակարգերի ամրության, կոշտության և հարվածադիմացկունության գնահատման, դրանց բեռնավորման գործընթացի նպատակասլաց հետազոտման համար մշակված հաշվարկային 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 ազդող բեռնվածքների մասին, նվազեցնել՝ ծախսերը նախագծման փուլում, նախագծման ժամանակահատվածը, ավտոմոբիլի ընդհանուր քաշը, ինչպես նաև՝ մարդատար ավտոմոբիլի արտադրման համար անհրաժեշտ նյութերի քանակը:

Մարդատար ավտոմոբիլների կրող համակարգերի հաշվարկման մոդելների մշակման համար օգտագործվել են վերջավոր տարրերի մեթոդի կիրառմամբ Ansys և LS_Dyna ծրագրային փաթեթները:

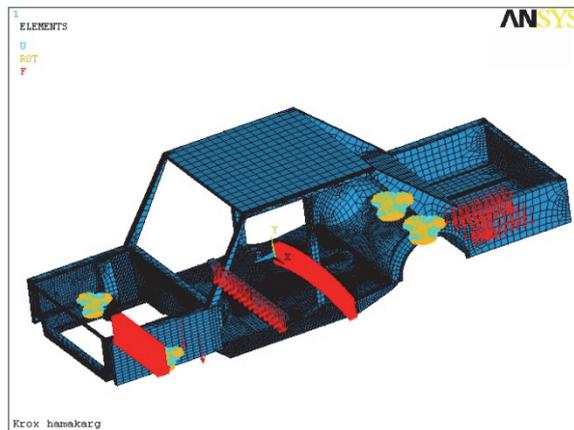
Տարածական բարդ կառուցվածքով կրող համակարգերի վերջավոր տարրերի մեթոդով հաշվարկման մոդելների մշակման համար օգտագործվել են ՎԱԶ, Ռենջ Ռովեր, Ֆոլկսվագեն Պասատ, Ֆոլկսվագեն Պոլո և Ֆոլկսվագեն Տուարեզ [1] մոդելների մարդատար ավտոմոբիլների կրող թափքերի իրական չափերը և կառուցվածքային առանձնահատկությունները: Թափքի բաղկացուցիչ տարրերի

և դրանց միացումների մոդելավորման համար կիրառվել են „Shell“ տիպի թաղանթային վերջավոր տարրեր [2]:

Մշակված հաշվարկային մոդելով կատարվում է ՎԱԶ 2106 մարդատար ավտոմոբիլի թափքի լարվածադեֆորմացիոն վիճակների հետազոտում, առաջադրված բեռնավորումների ու ճանապարհային պայմանների դեպքում, ծոման և ոլորման [3] պայմաններում:

Ստատիկ բեռնավորումների հաշվարկը թույլ է տալիս կատարել կրող թափքի ամրության և կոշտության գնահատում, սակայն շահագործման ընթացքում դրա վրա ազդող բեռնավորումները դինամիկ են, մասնավորապես անհարթ ճանապարհային ծածկույթով շարժվելիս:

Մարդատար ավտոմոբիլի կրող թափքի համար մշակված դինամիկական մոդելով կատարվել է դրա հաշվարկը: Օգտվելով ՎԱԶ-2106 մարդատար ավտոմոբիլի կրող թափքի հաշվարկային տարածական մոդելից (նկ.1), ANSYS ծրագրային փաթեթի միջավայրում իրականացվել է մոդալ վերլուծություն (քննարկվող օբյեկտի սեփական տատանումների հաճախությունների որոշում):



Նկ. 1. ՎԱԶ 2106 մարդատար ավտոմոբիլի թափքի հաշվարկման մոդելը

Այստեղ կրող թափքի տատանողական շարժման համար ստացվել է բնութագրող հավասարումը.

$$[M]\{u''\} + [C]\{u'\} + [K]\{u\} = \{F(t)\}, \quad (1)$$

որտեղ $[M]$ -ը, $[C]$ -ն և $[K]$ -ն՝ համապատասխանաբար վերջավոր տարրերի զանգվածների, միջավայրի դիմադրության և կոշտությունների մատրիցներն են, $\{u''\}$ -ն՝ հանգուցային արագացումների վեկտորը, $\{u'\}$ -ն՝ հանգուցային արա-

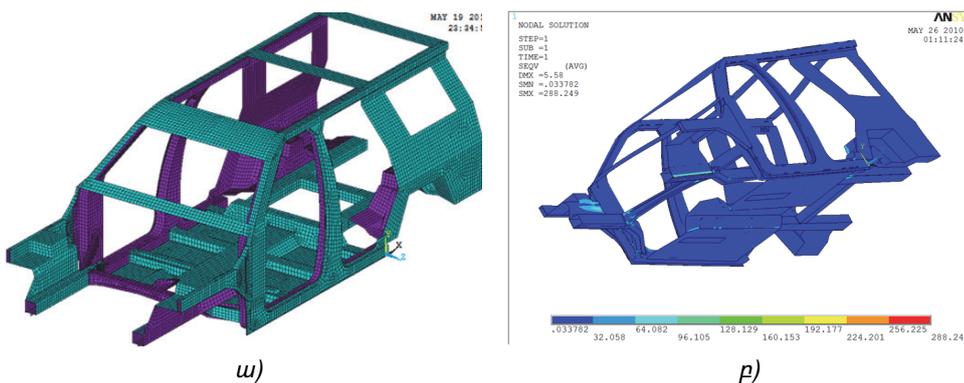
գույությունների վեկտորը, $\{u\}$ -ն՝ հանգուցային տեղափոխությունների վեկտորը, $\{F\}$ -ը՝ բեռնավորումների վեկտորը, (t) -ն՝ ժամանակը:

Աղյուսակում բերված են թափքի հատակի սեփական տատանումների հաճախության հաշվարկման արդյունքները՝ առաջին տասը ազատության աստիճանների դեպքում [4]:

Աղյուսակ

Ենթաքայլի համարը	Սեփական տատանումների հաճախությունները, հց
1	8,8501
2	11,711
3	15,635
4	24,539
5	27,049
6	32,261
7	37,888
8	38,359
9	38,74
10	39,866

Նկ. 2-ում պատկերված է բարձրացված անցողականությամբ մարդատար ավտոմոբիլի կրող թափքի հաշվարկման մաթեմատիկական մոդելը՝ «Range Rover» ավտոմոբիլի օրինակով, և ոլորման բեռնավորման դեպքում՝ Միզեսի լարումները:



Նկ. 2. «Range Rover» ավտոմոբիլի կրող թափքը.

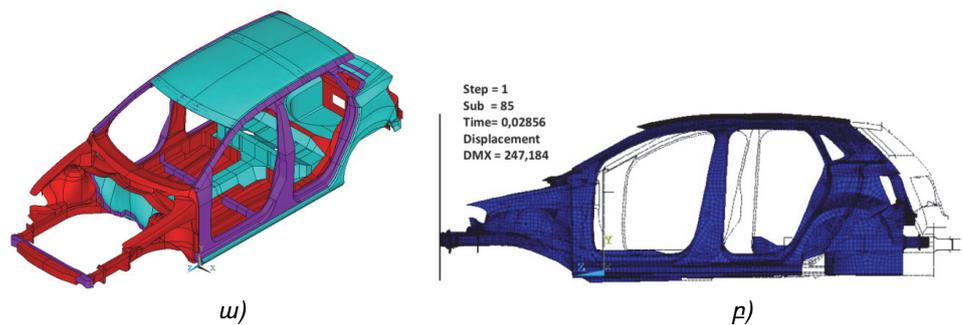
ա) հաշվարկային մոդելը, բ) Միզեսի լարումների բաշխումը ոլորման դեպքերում

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

Նկ. 3ա-ում ներկայացված է բախման տարբեր սխեմաների դեպքում մարդատար ավտոմոբիլների (Volkswagen Polo օրինակով) կրող թափքի ոչ գծային դեֆորմացման գործընթացի հետազոտման համար վերջավոր տարրերի մեթոդով հաշվարկային մոդել: Այն հնարավորություն է տալիս ստանալ լարումների, դեֆորմացիաների, էներգիայի բաղադրիչների բաշխումները, ինչպես նաև ավտոմոբիլի սրահում առաջացող դանդաղեցման արժեքները: Մոդելը մշակվել է ANSYS/LS-DYNA ծրագրային միջավայրում [5], [6] և [7]:

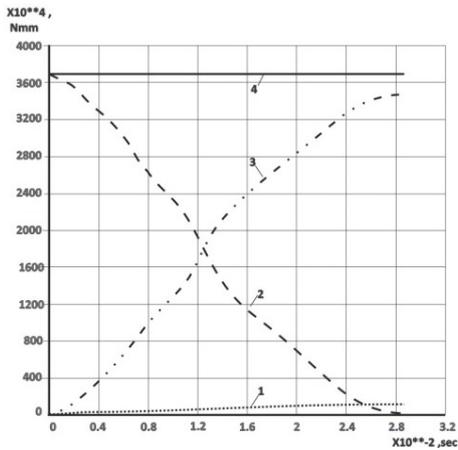
Մարդատար ավտոմոբիլի կրող թափքի կառուցվածքային տարրերը մոդելավորված են թաղանթային Shell63 տիպի գրադարանային վերջավոր տարրով, որը հնարավորություն ունի հաշվի առնելու մեծ դեֆորմացիաները:

Նկ. 3բ-ում պատկերված են ճակատային բախումից հետո թափքի դեֆորմացված տեսքը և տեղաշարժերը (մմ):

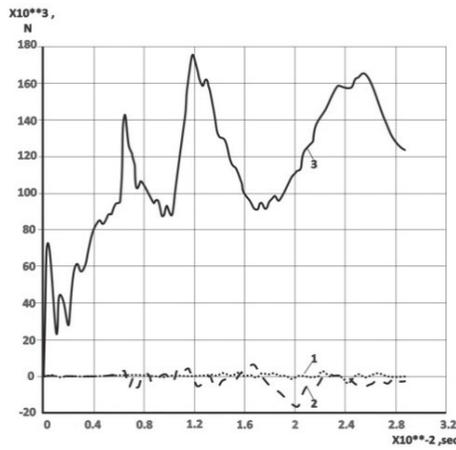


Նկ. 3. Volkswagen Polo 2010 մոդելի ավտոմոբիլի թափքը.
 ա) տարբեր մակնիշների պողպատից պատրաստված երկրաչափական մոդել
 բ) ճակատային բախումից հետո բազմամետրաղ թափքի դեֆորմացված տեսքը և տեղաշարժերը (մմ)

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



ա)



բ)

Նկ. 4. Բազմամետրաղ կրող թափքի ճակատային բախման դեպքը.

- ա) էներգիայի բաղադրիչների բաշխման գրաֆիկը. 1- Hourglass, 2- թափքի կինետիկ, 3- թափքի դեֆորմացման, 4- լրիվ էներգիաներ, 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 մարդատար ավտոմոբիլի կրող համակարգերի ամրության և կոշտության գնահատման նպատակով ANSYS ծրագրային փաթեթի օգտագործմամբ մշակված ստատիկ բեռնավորման պայմանում հաշվարկային մոդելում բարակապատ կառուցվածքային տարրերի համար անհրաժեշտ է կիրառել «Shell» տեսակի վերջավոր տարր:

Հիմնավորվել 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 դեֆորմացիաների բաշխումները, էներգիայի բաղկացուցիչների բաշխումը, ինչպես նաև բախմանը հակազդող ուժերի արժեքները:

Եզրակացություն: Մարդատար ավտոմոբիլի թաղանթային տիպի բաղկացուցիչ տարրերից բաղկացած կրող թափքերի հաշվարկային մոդելների վերլուծությունից հետևում է, որ թաղանթային տեսակի վերջավոր տարրերի կիրառմամբ մշակված հաշվարկային մոդելները հնարավորություն են տալիս՝ բավարար

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. **Մուսայեյան Վ.Գ.** Մարդատար ավտոմոբիլի կրող թափքի կատարելագործումը ANSYS միջավայրում մշակված հաշվարկային մոդելի կիրառմամբ //ՀԱՊՀ ԼՐԱԲԵՐ. Գիտական հոդվածների ժողովածու. -Մաս 2. -Երևան: Ճարտարագետ, 2014. -Էջ 373-377:
2. **Басов К.А.** ANSYS. Справочник пользователя. Проектирование. -М.: «ДМК Пресс», 2005. -642с.
3. **Мусаелян Г.В., Арутюнян Е.Ж.** Разработка расчетной модели кузова легкового автомобиля методом конечных элементов //Известия НАН РА и ГИУА. Серия Технические наук. -2008. -Том LXI, No 1. -С. 3-8.
4. **Мусаелян Г.В., Арутюнян Е.Ж.** Исследование колебательного процесса кузова легкового автомобиля методом конечных элементов //Вестник Инженерной академии Армении. -2008. -Том 5, No 3. -С. 369-372.
5. **Մուսայեյան Վ.Գ., Մուսայեյան 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:
6. **Мусаелян Г.В., Мусаелян В.Г.** Моделирование процесса фронтального столкновения кузова легкового автомобиля с частичным перекрытием //Вестник НПУА: Механика, Машиноведение, Машиностроение. -2016. -N1. -С. 86-94.
7. **John O. Hallquist.** LS-Dyan. Theory Manual. -2006. -680s.

Г.В. МУСАЕЛЯН, В.Г. МУСАЕЛЯН

**О РАЗРАБОТКЕ РАСЧЕТНЫХ МОДЕЛЕЙ НЕСУЩИХ СИСТЕМ
ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

Проведен анализ процесса разработки и особенностей расчетных моделей несущих систем легковых автомобилей с применением численных методов. В качестве примера представлены возможности использования метода конечных элементов. С помощью программных комплексов, созданных на основе указанного метода, разработаны расчетные модели несущих систем сложной пространственной конструкции для легковых автомобилей различных марок, рассмотрены особенности моделирования в случаях изгибного и крутильного нагружений, а также в случае различных схем столкновения автомобилей.

Обоснованы методики применения и моделирования конструктивных элементов мембранного типа в составных частях несущих систем сложной пространственной конструкции легковых автомобилей и их соединений. Смоделированы граничные условия обеспечения процессов касания друг друга составных элементов в результате изменения нагрузок, воздействующих на несущие системы.

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

G.V. MUSAYELYAN, V.G. MUSAYELYAN

**THE DEVELOPMENT OF CALCULATION MODELS OF LOAD-
LOADING SYSTEMS OF PASSENGER VEHICLES**

An analysis of the development process and features of calculation models of load-bearing systems of passenger cars is carried out using numerical methods. As an example of the use of numerical methods, the possibilities of using the finite element method are presented. Using software packages created on the basis of this method, calculation models of load-bearing systems of complex spatial structure for passenger cars of various brands have been developed, and the features of modeling in cases of bending and torsional loading, as well as in cases of various vehicle collision patterns, have been considered.

Methods for using and modeling membrane-type structural elements in components of load-bearing systems of complex spatial structures of passenger cars and their connections are substantiated. Boundary conditions for ensuring processes of component elements touching each other as a result of changes in loads acting on the load-bearing systems are modeled.

Keywords: load-bearing systems of passenger cars, body, development of a calculation model, finite element method, strength, rigidity, collision.