## RİYAZİYYAT VƏ MEXANİKA

## MATHEMATICS AND MECHANICS

DOI: https://doi.org/10.36719/2789-6919/35/78-85

**Tahir Məmmədov**
Gəncə Dövlət Universiteti
riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru
tahir-memmedov@gmail.com
**Elçin Cavadov**
Gəncə Dövlət Universiteti
texnika üzrə fəlsəfə doktoru
elcin.55@bk.ru
**Gülçimən Əhədova**
Gəncə Dövlət Universiteti
texnika üzrə fəlsəfə doktoru
gulcemenehedova@gmail.com

# BƏRK CİSİMLƏ ÇEVİK SAPIN TOQQUŞMASI VƏ BU PROSESİN RİYAZİ MODELLƏŞMƏSİ

**Xülasə**

Müasir sənayenin müxtəlif sahələrində elastiklikdən əlavə özlülük xüsusiyyətlərinə malik olan materiallardan da istifadə olunur. Buna görə də bu materialların, liflər şəklində, verilən formalı cisim ilə zərbə vurulduğu zaman fiziki vəziyyətinin təyin olunmasına ehtiyac yaranır.

Təqdim olunan məqalə bu məsələlərdən birinə həsr olunur, yəni çevik özlüelastik (Maksvel tipli) sapın bərk paz və ön hissəsi müstəvi şəkilli pazla normal, sabit sürətli zərbə zamanı özünü necə aparması tədqiq olunur. Bütün hallarda sap zərbə endirən cismin səthinə söykənir.

Məqalədə çevik sapa eninə zərbə nəzəriyyəsindən lazımi məlumatlar verilir. Burada sapın kəskin kəsilmə cəbhəsinin önündə və arxasında hərəkət tənlikləri də verilmişdir. Kəskin zərbə dalğasına, sapın qırılmasına və zərbə nöqtəsinə qoyulan şərtlər müəyyən olunmuşdur.

Eyni zamanda məqalə xətti, özlüelastik (Maksvel tipli) sapa pazla normal zərbə məsələlərinə və səs sürətindən böyük, eləcə də kiçik rejimlərdə sapın qırılmasına və ondan sonrakı hallarda sapın vəziyyətinə həsr olunmuşdur. Bu cür məsələlərin həlli dalğa mexanikasının inkişafından əlavə, müxtəlif mühəndis problemlərinin həllində, müxtəlif texnoloji məsələlərin həllində də istifadə oluna bilər.

***Açar sözlər:*** *çevik sap, eninə zərbə, səs sürətindən böyük rejim, səs sürətindən kiçik rejim, paz, özlüelastik sap, əyilmə nöqtəsi, simmetrik paz*

**Tahir Mammadov**
Ganja State University
Ph.D in mathematics
tahir.memmedov@gmail.com
**Elchin Javadov**
Ganja State University
doctor of philosophy in technique
elcin.55@bk.ru
**Gulchimen Axadova**
Ganja State University
doctor of philosophy in technique
gulcemenehedova@gmail.com

## Cross bloro of solid body with fbexible thred and mathematical modelling of this process

### Abstract

Studying behavior of flexible construction elements in the form of fibers under the influence of the impact load is of great urgency for the solution of many questions in civil and military industry.

In many fields of modern industry, materials having elastic as well as viscous properties are used. Hence, there is a necessity to define physical conditions of these materials in the form of fibers at a blow on it with a body of a specified form. The given thesis is dedicated to one of such questions, i.e. there is studied a behavior of a viscous-elastic fiber (Maxwell's model) at a normal blow on it with a rigid wedge and a wedge with a flat front part and constant velocity.

In all problems, it is accepted that a flexure part of the fiber clings the surface of the striking body.

Necessary information from the theory of transverse impact on torsion fibers is given. Herein all equations of the fiber movement within, behind and in front of the strong discontinuity wave are deduced, and the conditions on the strong discontinuity wave, the conditions of fiber break and the conditions in the point of blow are given.

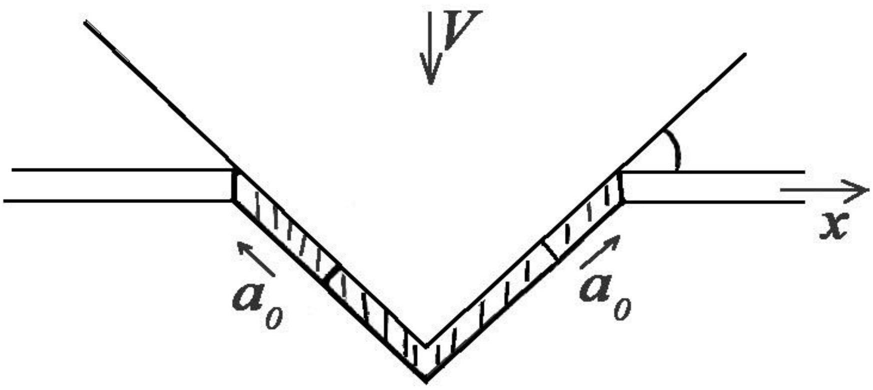
Dedicated to the problems of a normal blow with a wedge on a linear viscous-elastic fiber (Maxwell's model). The problems are solved at supersonic and subsonic regimes of movement, before and after the fiber break.

***Keywords:*** *wedge, break, flexible, thread, cross floro, supersonic*

### Giriş

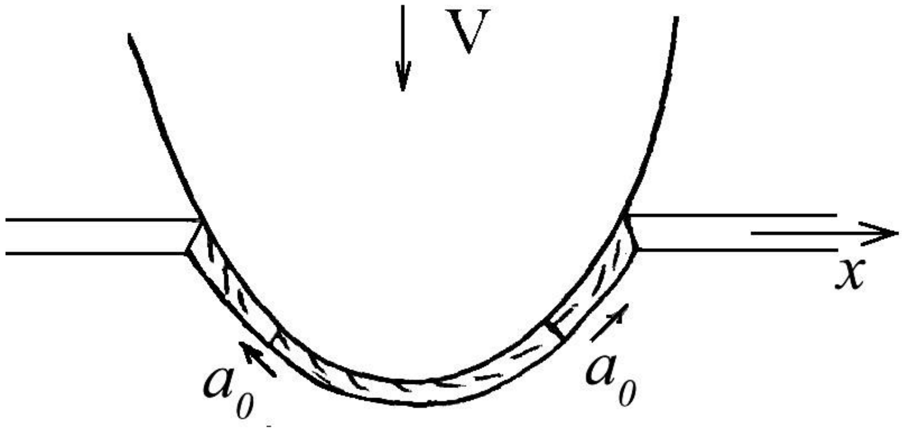
Çevik saplardan zərbəyə məruz qalan konstruksiyaların dinamik halının tədqiqi sənayenin müxtəlif sahələrində rast gəlinir.

Belə məsələlərin fiziki və riyazi modelinin qurulması böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu məsələlərin həllində vuran cismin sürəti, onun həndəsi forması, xarici mühitin təsiri və vurulan çevik sapın materialının xüsusiyyəti əsas parametrlərdir. Bu parametrləri nəzərə almaqla qoyulan məsələnin həlli olduqca çətindir (mümkün deyil). Odur ki belə vacib və əhəmiyyətli məsələləri həll etmək üçün fiziki və riyazi modelləşmə zəruriyyəti yaranır.

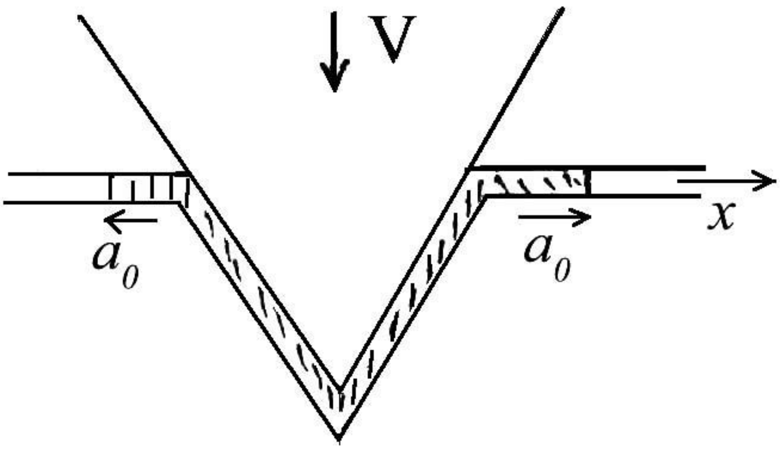



**Şəkil 1. Zərbədən sapda yaranan səs sürətindən böyük hərəkət sxemi**

Bu məqalədə bu vaxta kimi görülən işlərin və bu sahədə yeni qoyuluşların tədqiqi verilir. Çoxsaylı nəzəri və eksperimental işlər onu göstərir ki, çevik sapa eninə zərbədə sapın əyilmiş hissə vuran cismin səthinə söykənir (şək. 1).




**Şəkil 2. Küt cisimlə zərbədən səs sürətindən böyük hərəkət sxemi**




**Şəkil 3. Pazla zərbədən çevik sapda səs sürətindən kiçik hərəkət sxemi**

Burada şəkil 1, şəkil 2 səs sürətindən böyük hərəkət rejimidir. Şəkil 3 səs sürətindən kiçik hərəkət rejimidir.

Təqdim olunan icmalda da əsasən zərbədən sonra zərbədə çevik sapın bu şəkillərdə göstərilən həndəsi modeli tədqiq olunur.

Aparılan çoxsaylı təcrübələrdən görünür ki, böyük sürətli bərk cisimlə çevik konstruksiyaların toqquşmasında şəkil 1,2,3 həndəsi model yaranır. Qeyd edək ki, bərk cisimlə çevik rabitələrə eninə çəp və nöqtəvi zərbə məsələlərinin elmi əsası görkəmli alim – mexanik professor X.A.Raxmatulin olub (Raxmatulin, 1961: 399).

Çox saylı tədqiqatlarda (Mutallimov, 2001: 267) bərk cismlə çevik sapa (membrana) zərbə məsələlərində, kəskin dalğa səs sürətindən böyük hərəkət rejimlərində sapın sıxılması yaranır. Bu isə ola bilməz, cünki çevik rabitə (sap, membran) sıxılmağa müqavimət göstərmir. Bu cür nəticənin alınması rabitənin əyilmə nöqtəsində (şəkil 3) sərhəd şərtlərinin məsələnin fiziki mahiyyətini əks etdirməməsidir. Bu çatışmamazlıq bir xüsusi hal kimi A.A.Ryabisin (Ryabis, 1966: 71-79) işində aradan götürülüb, ümumi halda isə geniş təhlil verməklə Ş.M.Mütəllimovun (Mekhtiyev, Mutallimov, 2014: 29-34) işlərində tam həll olunur və göstərilib ki, vuran cismin sürətindən və həndəsi formasından asılı olaraq kəskin kəsilmə dalğası cəbhəsində (B – nöqtəsində, şəkil 3) üç növ sərhəd şərti mövcuddur. Bununla da çevik konstruksiyada bərk cisimlə eninə zərbə nəzəriyyəsində mövcud olan elmi fiziki ziddiyyət aradan götürülüb.

Bərk cisimlə çevik konstruksiyaya eninə zərbədə, konstruksiyanın vuran cismə söykənən hissəsindən hərəkət tənliyi belədir:

$$\rho \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = L_1 - L_2 \tag{1.1}$$

$$\begin{cases} L_1 = \frac{\partial \sigma_1}{\partial x} + \rho \frac{dv}{dt} \sin \gamma, \\ L_2 = \mu_2 \left[ \sigma \frac{\partial \gamma}{\partial x} + \rho \frac{dv}{dt} \cos \gamma + P(1+\varepsilon) \right] v_0, \end{cases} \tag{1.2}$$

Kəskin dalğa cəbhəsində (B – nöqtəsində şəkil 3) sərhəd şərtləri isə:

$$\begin{cases} (b-\upsilon_1)(1+\varepsilon_1)^{-1} = (b \sec \gamma - \upsilon_2)(1+\varepsilon_2)^{-1}; \\ \rho \frac{b-\upsilon_1}{1+\varepsilon_1}(\upsilon_2 - \upsilon_1 \cos \gamma - v \sin \gamma) = \sigma_1 \cos \gamma - \sigma_2 - F; \\ \rho \frac{b-\upsilon_1}{1+\varepsilon_1}(v \cos \gamma - \upsilon_1 \sin \gamma) = \sigma_1 \sin \gamma + Q: \end{cases} \tag{1.3}$$

Burada F,Q- əyilmə B nöqtəsində reaksiya qüvvələridir, b – B- nöqtəsinin sürətidir, $\upsilon_2, \upsilon_1$ - hissəciklərin B - nöqtəsinin arxasında və önündə sürətləridir, $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \sigma_1, \sigma_2$ uyğun olarak B – nöqtəsinin önündə və arxasında sapda yaranan deformasiya və gərginliklərdir. $\rho$ -sap materialının sıxlığıdır.

Ş.M.Mütəllimov göstərib ki, kəsgin dalğa cəbhəsində üç növ sərhəd şərtləri var və bu hərəkət rejimləri kəsilməz olaraq bir haldan başqa hala keçir.

Birinci rejim üçün sərhəd şərtləri (Mutallimov, 2001: 267):

$$\varepsilon_2 = \sec \gamma - 1; \ \frac{\partial U}{\partial t} = \upsilon_2 = 0; \ (F < \mu_* Q): \tag{1.4}$$

olur. (($\mu_x$ - dönmə nöqtəsində sürtünmə əmsalıdır).

İkinci rejim üçün sərhəd şərtləri belədir (Mutallimov, 2001: 267):

$$\varepsilon_2 = \frac{M^2}{M^2 - tg^2 \gamma} \left[ \sin \gamma \left( tg\gamma_* - tg \frac{\gamma}{2} \right) \right]; \ (\gamma < 2\gamma_x) \tag{1.5}$$

$$\upsilon_2 = vctg\gamma(\sec \gamma - 1 - 1 - \varepsilon_2); \ M = \frac{V}{a_0}; \ F = \mu_* Q$$

Üçüncü rejim üçün sərhəd şərtləri belədir (Mutallimov, 2001: 267):

$$\begin{cases} \upsilon_2 = V \cos \gamma (tg\gamma - tg\gamma_*); \\ \varepsilon_2 = \sin \gamma \left( tg_* - tg \frac{\gamma}{2} \right) < 0 : \gamma > 2\gamma_* \\ F = \mu_* Q; \gamma > 2\gamma_*; \ \sigma_2 = 0 : \end{cases} \tag{1.6}$$

ifadə olunur.

Burada $\sigma$ ilə $\varepsilon$ arasındakı asılılıqdan istifadə etmək olmaz $\mu_*$ əyilmə nöqtəsində sürtünmə əmsallıdır. $(\mu_* = tg\gamma_*)$

Üçüncü rejim ((1.6) şərtləri) kəskin kəsilmə dalğac cəbhəsində sapın büruşməsini göstərir və bu halda məsələnin həlli $I - 0 \le x \le \omega(t)$; və $II - \omega(t) \le x \le b(t)$ oblastlarında axtarılır.

Burada $\omega(t)$ bürüşmə və gərilmə oblastlarını ayıran xəttin tənliyidir və həll prosesində təyin olunur. $x = \omega(t)$; xətti üzərində sapın hissəciyinin yer dəyişməsinin kəsilməzliyi və hərəkət miqdarının dəyişməsi şərtləri ödənilməlidir, yəni

$$[\upsilon] = \dot{\omega}(t)[\varepsilon]; \quad [\sigma] = \rho \dot{\omega}(t)[\upsilon] \tag{1.7}$$

şərtləri ödənilməlidir.

Burada $\dot{\omega}(t) - x = \omega(t)$ cəbhəsinin sürətidir.

$$\left(\dot{\omega}(t) = \frac{d\omega}{dt}\right).$$

Çevik konstruksiyaya (sap, membran) bərk cisimlə zərbədən konstruksiyanın dağılması məsələsini ilk dəfə olaraq Ş.M.Mütəllimov tədqiq etmişdir (Mutallimov, 2001: 267). Burada zərbədən membranın və sapın dağılması və dağılmadan sonra onların fiziki və riyazi modelləri verilmişdir. Bərk cisimlə eninə zərbədən sapın qırılması şərti riyazi belə ifadə olunur (Mutallimov, 2001: 267):

$$\sigma\left(x_{qir}.,t_{qir} - 0\right) = \sigma_M \tag{1.8}$$

Çevik sapın qırılmasından sonra qırılma yerində isə

$$\sigma\left(x_{qir}.,t_{qir} + 0\right) = 0 \tag{1.9}$$

şərtləri ödənilməlidir.

Burada $x_{qir}.,t_{qir}$ uyğun olaraq sapın qırılma yerinin koordinatı və qırılmanın baş verdiyi vaxtı göstərir, $\sigma_m$ – sapın möhkəmlik həddidir. Sabit sürətli pazla qeyri-bircins xətti elastik, elastik – plastikçevik saplara zərbə məsələləri (1.3), (1.4), (1,5), (1,6), (1.8), (1.9) şərtlərini nəzərə almaqla səs sürətindən böyük və kiçik hərəkət rejimi üçün analitik həll olunur. Göstərilir ki, I rejim şərtində sapın qırılması yalnız $\gamma$ – bucağından, II və III rejimlərdə qırılma vuran cismin sürətindən və $\gamma$ bucağından asılıdır.

Sonrakı tədqiqatlarında bu yeni riyazi qoyuluşda xarici mühitin təsirini nəzərə almaqla K.Ş.Mütəllimov (Mutallimov, 1997: 79-83) xətti elastik və – elastik plastik çevik sapa iti pazla eninə zərbə məsələlərini analitik həll edib. Bu məsələ səs sürətindən böyük və səs sürətindən kiçik hərəkət rejimləri halları üçün analitik həll olunub.

Hərəkət tənliyi (1.1), (1.2) düsturları ilə ifadə olunur və burada $v = const, \gamma = cons$ və $P = const$ götürülür.

Bu məsələlərin həllində yeni effekt alınmışdır, belə ki, göstərilir ki, müəyyən xətdən sonra sapın elementləri dinamik haldan statik hala keçir. Beləliklə, xarici mühitin təsirini nəzərə aldıqda çevik sapa endirilən normal zərbə məsələsində yeni oblast yaranır, bu isə sapda gərginlik halına əsaslı təsir edir.

Müasir texnologiya yeni materialların yaranmasına səbəb olub, belə ki, bu yeni materiallar həm möhkəm, həm də davamlı və zərbəyə daha dözümlüdürlər. Bu yeni materiallar sənayenin bir çox sahələrində istifadə olunur, o cümlədən mülki və hərbi sənayedə bu cür davamlı materiallara böyük tələbat var. Bu cür süni çevik saplardan hazırlanmış konstruksiyaların zərbədən sonra gərginlik halını təyin etmək və bu cür çevik konstruksiyaların zərbədən dağılmasını proqnozlaşdırmaq olduqca vacib məsələdir. Bu cür materialların əksəriyyəti özlü-elastik xüsusiyyətə malikdirlər.

Bu baxımdan yeni qoyuluşda xətti özlü-elastik sapa sabit sürətlə zərbə məsələlərə T.C.Məmmədov öz işlərində (Mamedov, 2006: 24-26; Mamedov, 2007: 14-16; Mamedov, 2008: 128-135; Mamedov, 2009: 3-7; Mamedov, 2015: 120-128; Mamedov, 2010: 120-128; Mamedov, 2010: 215-217; Mamedov, 2007: 120-121; Mamedov, 2015: 120-127) geniş yer ayırmışdır.

Bu işlərdə səs sürətindən böyük və səs sürətindən kiçik hərəkət rejimlərdə geniş təhlil aparılır.

Çevik sapın həyəcanlanmış hissələrində hərəkət tənliyi (1.1) tənliyi ilə ifadə olunur, belə ki, $v = cons\ t;\ \gamma = const, P = 0$ qəbul olunur. $\sigma$ -gərginliyi ilə $\varepsilon$ - deformasiya arasında asılılıq

$$\sigma + \frac{E}{\mu} = E\varepsilon \tag{1.10}$$

və ya

$$\sigma = \varepsilon - ke^{-kt}\int_0^t e^{k\tau}\varepsilon(\tau, x)d\tau \tag{1.11}$$

kimi verilir, bu Maksvell modeli adlanır. Bu halda sapın hərəkət tənliyi

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - k\frac{\partial u}{\partial t} \tag{1.12}$$

şəklində yazılır.

Burada bütün parametrlər ölçüsüzdür, k-özlülük əmsalıdır və $k << 1$ - dir.

Materialı (1.10) qanuna tabe olan sapa sabit sürətli pazla (iti və ya öntərəfli müstəvi şəklində olan pazla) zərbə məsələsini həll etmək üçün hərəkət tənliyini və sərhəd şərtlərini k- kiçik parametrinə görə ayrılış şəklində axtarılır.

Yəni

$$u(x,t) = \sum_{i=0}^{\infty} k^i U^{(i)}(x,t) \tag{1.13}$$

$$\sigma(x,t) = \sum_{i=0}^{\infty} k^i \sigma^{(i)} t^i \tag{1.14}$$

$$\left.\begin{aligned} \varepsilon(x,t) &= \sum_{i=0}^{\infty} \varepsilon^i k^i t^i \\ \upsilon(x,t) &= \sum_{i=0}^{\infty} \upsilon^{(i)} k^i t^i \end{aligned}\right\} \tag{1.15}$$

Onda I-sərhəd şərti üçün, yəni $F < \mu_* Q$ şərti daxilində əyilmə nöqtəsində

$$\begin{cases} \varepsilon_0^{(0)} = sic\gamma - 1; \\ U_2^{(0)} = 0 \end{cases} \tag{1.16}$$

II-sərhəd şərti

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_2^{(0)} + k\varepsilon_2^{(1)},\ \sigma_2 = \sigma_2^{(0)} + k\sigma_2^{(1)},\ \upsilon_2 = \upsilon_1^0 + k\upsilon_2^{(1)}(t) \tag{1.17}$$

Burada $\varepsilon_2^{(0)}, \upsilon_2^{(0)}, \sigma_2^{(0)}$ xətti elastik həllərə uyğun ifadələrdir.

III sərhəd şərtləri isə

$$\left.\begin{aligned} \upsilon_2 &= M\cos\gamma(tg\gamma - tg\gamma_*) > 0 \\ \varepsilon_2 &= \sin\gamma\left(tg\gamma_* - tg\frac{\gamma}{2}\right) < 0 \\ \sigma_2 &= 0 \end{aligned}\right\} \gamma > 2\gamma_* \tag{1.18}$$

(1.16), (1.17), (1.18) səs sürətindən böyük hərəkət rejimində qoyulan məsələni həll etmək üçün əyilmə nöqtəsində (B nöqtəsində) verilən şərtlərdir.

T.C.Məmmədov baxdığı (Mamedov, 2006: 24-26; Mamedov, 2007: 14-16; Mamedov, 2008: 128-135; Mamedov, 2009: 3-7; Mamedov, 2015: 120-128; Mamedov, 2010: 120-128; Mamedov, 2010: 215-217; Mamedov, 2007: 120-121; Mamedov, 2015: 120-127) işlərində Maksvell tipli özlü-elastik sapa, pazla, ön tərəfi müstəvi şəklində pazla səs sürətindən böyük, səs sürətindən kiçik hərəkət rejimlərinin analitik olaraq tədqiq etmişdir. Bu işlərdə, həmçinin, çevik sapın qırılması və qırılmadan sonra sapın hərəkəti ətraflı təhlil olunmuşdur.

Belə ki, əgər Maksvell tipli sapın möhkəmlik həddi, Hük tipli xətti elastik sapın möhkəmlik həddindən böyükdürsə, sap zərbə nöqtəsində qırılmayacaq, əgər bu hədlər bərabərdirsə, sapın qırılması başlanğıc anda baş verəcək.

Alınmış nəticələr praktikada, çevik konstruksiyanı əsas parametrlərini bilməklə zərbə vaxtı onun əvvəlcədən qırılması və ya qırılmamasını təyin etməyə imkan verəcək. Bu isə olduqca böyük əhəmiyyət daşıyır.

Bu sahədə axırıncı illərdə görülən işlər onu deməyə imkan verir ki, çevik zabitələrə zərbə nəzəriyyəsi inkişaf edir və yeni elmi istiqamətlər yaranır.

Yuxarıda sayılan yığcam məlumatlardan görünür ki, sürtünmə qüvvəsini əyilmə nöqtəsində nəzərə almaq çevik sapın fiziki halının real vəziyyətini təyin etməyə imkar yaradır. Ancaq ola bilər ki, vuran cismin və çevik sapın səthi çox hamar olsun, onda sürtünmə qüvvəsini nəzərə almamaq olar. Bu cür məsələyə X.Ə.Raxmatulin (Raxmatullin, 1961: 399) tərəfindən baxılıb və bu hal üçün də əyilmə nöqtəsinin arxasında ideal çevik sapın sıxılması – yəni gərginliyin mənfi qiymət alması alınıb. Bu isə yenə fiziki baxımdan ola bilməz, çünki, çevik elastik material dartılmaya müqavimət göstərir, sıxılmaya müqavimət göstərmir, yəni gərilmə sıfırdır. Bu məsələ M.F.Mehdiyev və Ş.M.Mütəllimov tərəfindən araşdırılıb və həll edilib (Mekhtiyev, Mutallimov, 2014: 29-34).

Onda əyilmə nöqtəsində səs sürətindən böyük rejim üçün şərtlər belədir:

$$\left.\begin{aligned} &\varepsilon_2 = \cos\gamma - 1 < 0 \\ &\upsilon_2 = V\sin\gamma > 0 \\ &\sigma_2 = 0 \end{aligned}\right\} \tag{1.19}$$

Alınan (1.19) ifadələrindən görünür ki, $\varepsilon_2 < 0, \upsilon_2 > 0, \sigma_2 = 0$ bu isə o deməkdir ki çevik xətti elastik sap dönmə nöqtəsinin arxasında bürüşür (hissəciyin sürəti $\upsilon_2 > 0,$ ; gərginlik $\sigma_2 = 0$ deformasiya isə $\varepsilon_2 < 0$ ) (Ryabis, 1966: 71-79) işlərində səs sürətindən böyük hərəkət rejimdə, kəskin kəsilmə dalğasında (1.19) şərtini nəzərə almaqda sabit sürətli pazla, sonlu kütləli pazla, ön tərəfi müstəvi şəkilli pazla (sabit sürətli və sonlu kütləli) xətti elastik sapa eninə zərbə məsələsi ətraflı araşdırmalarla həll edilib (sapın qırılması və qırılmaması). Bu isə elm və texnika üçün çox vacibdir.

## Nəticə

1. Özlüelastik sapın qırılma gərginliyi (möhkəmlik həddi) xətti elastik sapın möhkəmlik həddi ilə eynidirsə, onda məsələyə daxil olan parametrlərin müəyyən qiymətində sapın qırılması zərbə nöqtəsində başlanğıc anda baş verəcək.
2. Özlüelastik sapın qırılma gərginliyi xətti elastik sapın qırılma gərginliyindən kiçikdirsə, sapın qırılması yenə zərbə nöqtəsində baş verəcək və bu müəyyən sonlu vaxtdan sonra olacaqdır.
3. Özlüelastik sapın qırılma gərginliyi, xətti elastik sapın qırılma gərginliyindən böyükdürsə, zərbə nöqtəsində özlü elastik sap qırılmayacaq.
4. Ön tərəfi müstəvi şəkilli pazla xətti elastik və xətti özlü elastik sapa zərbə vaxtı sapın qırılması pazın müstəvi hissəsinin ucunda (yəni pazın tinində) baş verir.

## Ədəbiyyat


1. Rakhmatullin, KH.A., Dem'yanov, YU.A. (1961). Prochnost' pri intensivnykh kratko-vremennykh nagruzkakh// Fiz.mat. Iz. M., s.399.
2. Mutallimov, SH.M. (2001). Volnovaya dinamika gibkikh svyazey. Izdatel'stvo «YELM», Baku, 267 s.
3. Ryabis, A.A. (1966). Poperechnyy udar prituplennym telom po gibkoy svyazi pri nalichii treniya// Vestnik MGU, ser. matem., mekh. №6, s.71-79.
4. Mekhtiyev, M.F., Mutallimov, SH.M. (2014). O soudarenii tverdogo tela s gibkoy konstruktsiyey// Doklady NAN, Azer-na CILDLXX, № 3, s. 29-34.
5. Mamedov, T.Dzh. (2006). Smorshchivaniye vyazkouprugoy niti pri normal'nom udare klinom po ney// Mekhanika-Mashinostroyeniye, №2, s.24-26, Baku.
6. Mamedov, T.Dzh. (2007). Normal'nyy udar prituplennym klinom po gibkoy vyazko uprugoy niti// Mekhanika-Mashinostroyeniye, №1, s.14-16, Baku
7. Mamedov, T.Dzh. (2008). Normal'nyy udar prituplennym klinom po vyazko uprugoy niti (dozvukovoy rezhim)// NAN Azerb. Gyandzhinsikiy regional'nyy nauchnyy tsentr «Sbornik izvestiy», Gyandzha, №31, s.128-135.
8. Mamedov, T.Dzh. (2008). Ob obryve gibkoy niti pri normal'nom udare prituplennym klinom// Akademii Mezhdunarodnoy sistemnykh issledovaniy (MASI), Vestnik Akademii Informatika, ekologiya, ekonomika, Moskva, tom 11. Chast' Y s. 42-44.
9. Mamedov, T.Dzh. (2009). Ob obryve vyazkouprugoy niti pri poperechnom udare prituplennym klinom// Inzhenernaya fizika, №11, Moskva, 2009, s.3-7.

10. Mamedov, T.Dzh. (2015). Poperechnyy udar prituplennym klinom po vyazko-uprugoy niti pri dozvukovom rezhime dvizheniya// Natsional'naya Akademiya Nauk Azerbaydzhana Gyandzhinskoye otdeleniye «Sbornik izvestiy» №3(61), Gyandzha, s.120-128.
11. Mamedov, T.Dzh. (2010). Ob obryve vyazkouprugoy niti pri normal'nom udare/ Mezhdunarodoy konferentsii, posvyashchennoy 80-letnetu yubileyu akademika F.G.Maksudova, Baku- 2010, s. 215-217.
12. Mamedov, T.Dzh. (2007). Poperechnyy udar klinom po vyazkouprugoy niti (dozvukovoy rezhim)/ Materialy respublikanskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Aktual'nyye problemy pishchevoy, tekstil'noy i legkoy promyshlennosti». Gyandzha 2007, s. 120-121.
13. Mamedov, T.Dzh. (2015). Normal'nyy udar klinom po vyazkouprugoy niti s uchetom yeye razrusheniya (dozvukovoy rezhim) // Vestnik Bakinskogo Universiteta, seriya fiziko-matematicheskikh nauk, Baku, №3 str 117-127.

Göndərildi: 02.06.2024 Qəbul edildi: 19.07.2024