








## Кең қабатты балқылаумен қалпына келтірілген шойын иінді біліктердің төзімділік беріктігін зерттеу

А.С. Каржаубаев<sup>1</sup>, А.Е. Тойлыбаев<sup>1\*</sup>, У.А. Усипбаев<sup>2</sup>, С.С. Пернебеков<sup>2</sup>,  
А.О. Казенова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>«Мұхамеджан Тынышбаев атындағы АЛТ Университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

(E-mail: \*asylbek.toylybaev@mail.ru)

**Аңдатпа.** Қазіргі уақытта шетелдік автокөліктерде шойын иінді біліктер жиі қолданылып келеді, оларды қалпына келтіру жоғары беріктігі бар шойынның өзіндік ерекшеліктеріне байланысты қиынға соқтырады. Жарияланымға ұсынылған мақала қалпына келтірілген шойын иінді біліктердің төзімділік беріктігін зерттеудің өзекті мәселелерін шешуге арналған. Қалпына келтірілген иінді білік дислокациялардың қарқынды қозғалысы немесе микроқұрылымнаң кез келген өзгерістерін тудыратын жоғары температураға дейін қыздырумен жүретін тозған иінді білік мойыншаларын балқылама қабаттарымен қаптау, қажу беріктігін төмендеуіне әкеледі. Көптеген зерттеулер нәтижесі көрсеткендей балқыма процестерін қолданып қалпына келтірілген бөлшектерді, әсіресе белгі жүктемелер жағдайында жұмыс істейтін бөлшектердің қажу беріктігі едәуір төмендететіні дәлелденді. Сондықтан, балқымамен қалпына келтірілген кез келген ауыр жүктемелерде жұмыс істейтін шойын иінді білік үшін қажу беріктігіне зерттеулер жүргізу аса міндетті.

**Түйін сөздер:** иінді білік, кернеу, төзімділік беріктігі, микроқаттылық, сынақ базасы, балқылау сымы, симметриялы циклдер, темір ұнтақ.

Түсті 12.03.2025. Жөнделді 17.03.2025. Мақұлданды 17.03.2025. Онлайн қолжетімді 31.03.2025

\*хат-хабар үшін автор

## Кіріспе

Көптеген зерттеулер нәтижесі көрсеткендей, балқымалау үдерістерін қолданып қалпына келтірілетін бөлшектер, әсіресе ауыспалы циклдік жүктемелер ортасында жұмыс істейтін бөлшектердің қажу беріктігін біршама төмендетеді. Осыған орай, балқымалаумен қалпына келтірілген ауыр жүктемелер жағдайында жұмыс істейтін шойын иінді біліктері үшін тозу беріктігіне зерттеулер жүргізу қажет. Уақыт бойынша циклдық өзгеретін динамикалық жүктемелердің (циклдық кернеулер) әсерінен сыну қажу беріктігіне жатады. Кернеу белгісі өзгерген кезде белгі ауыспалыларға жатады, ал бір белгі кезінде – пульсацияланады.

Тәжірибедегі уақыт бойынша циклдік кернеулердің өзгеру заңдылықтары әр түрлі – аздаған реттелуден бастап, нақты белгілерге дейін анықталады. Циклдік кернеулердің жиі кездесетін периодты заңдылықтары 1-суретте а, б, в келтірілген. Циклдік жүктеме уақытының өзгеруінің нақты заңын анықтау қиын болған кезде, ол шартты түрде синусоидалы деп қабылданады[1].

Циклдық жүктеу сипаттамаларына:

– кернеулер циклі-өзгеру процесінің бір кезеңінде ауыспалы кернеулердің нақты мәндер жиынтығы;

–  $t$  цикл кезеңі-бір кернеу циклінің уақыты;

–  $\sigma_{\max}$  циклінің максимал кернеуі, МН/м<sup>2</sup> (кгс/мм<sup>2</sup>), алгебралық мәнінде циклдің орташа кернеуі және амплитудасының алгебралық қосындысына тең циклдің үлкен кернеуі;

–  $\sigma_{\min}$  минималды цикл кернеуі, МН/м<sup>2</sup> (кгс/мм<sup>2</sup>), алгебралық мәнінде циклдің орташа кернеуі мен амплитудасының алгебралық айырмашылығына тең кіші цикл кернеуі.

Цикл кернеулерінің амплитудасы:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} \quad 1)$$

Орташа циклдің кернеулері:

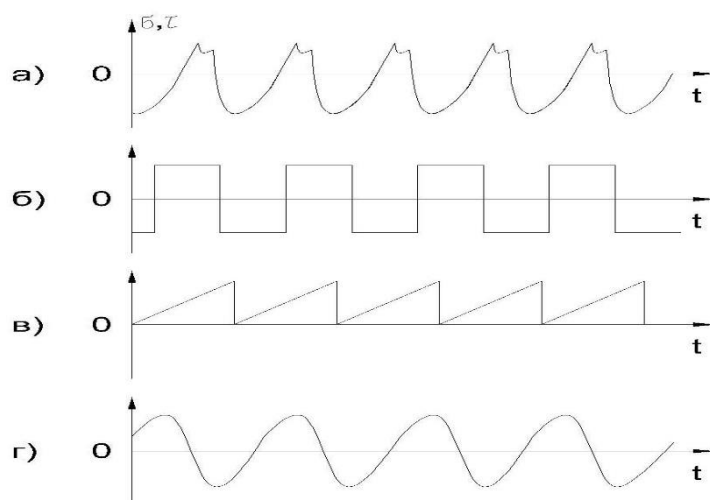
$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \quad 2)$$

Амплитуда шегі:

$$2\sigma_a = \sigma_{\max} - \sigma_m \quad 3)$$

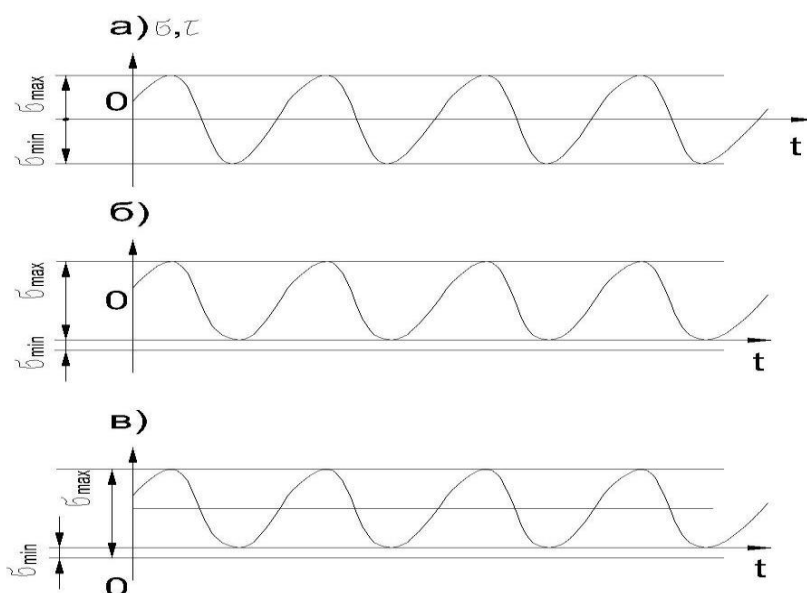
$$R_1 = \sigma_{\min} / \sigma_{\max}, \quad R_2 = \tau_{\min} / \tau_{\max} \quad 4)$$

Симметриялы және асимметриялы циклдарды ажыратамыз. Бірінші жағдайда,  $\sigma_{\max}$ ,  $\tau_{\max}$  және  $\sigma_{\min}$ ,  $\tau_{\min}$  абсолютті мәндері тең, бірақ белгісі бойынша қарама-қарсы (2-сурет, а). Асимметриялы кернеу циклінде (2-сурет, б) бұл мәні бойынша тең емес және әртүрлі белгілер болуы мүмкін және бір белгі болуы мүмкін (пульсациялы кернеулер, 2-сурет, в). Симметриялық циклде  $R = -1$  [2].



а – мерзімді заңдылықтың жалпы жағдайы; б – тікбұрышты; в – ара тісті; г – синусоидалы  
1-сурет. Тәжірибедегі циклдік жүктеме графиктері

Металдың беріктікке (төзімділікке) қарсы тұру қабілеті  $\sigma_{R1}$  төзімділік шегімен (беріктік шегі) анықталады,  $MH/mm^2$  ( $кгс/mm^2$ ), – берілген төзімділікке сәйкес келетін R асимметриясы бар циклдің ең жоғары кернеуінің мәні. Симметриялық циклдегі төзімділік шегі  $\sigma_{-1}$ , егер  $\sigma_{max} = \sigma_{min}$  болса, бірақ ( $R=-1$ ) белгісімен қарама-қарсы.



а – симметриялық цикл; б – әртүрлі жүктеуде симметриялы емес цикл; в – симметриялы емес пульсациялық цикл.

2-сурет. Конструкцияларды циклдық жүктеуде кернеу циклдерінің түрлері

Төзімділік сынағы циклдер амплитудасын өзгертудің келесі бағдарламаларын жүзеге асыруға мүмкіндік беретін әртүрлі сынақ қондырғыларында жүргізіледі [6]:

- а) синусоидалы (гармоникалық) немесе циклдегі кернеулердің тұрақты амплитудалық мәндерімен;
- б) бигармоникалық;
- в) айнымалы жиілікте (цикл кезеңінің өзгеруімен);
- г) бағдарламаланған блоктық цикл;
- д) са уақытының өзгеруімен эксплуатациялық спектрмен;
- е) гармоникалық циклге шамадан тыс жүктемелерді қосумен.

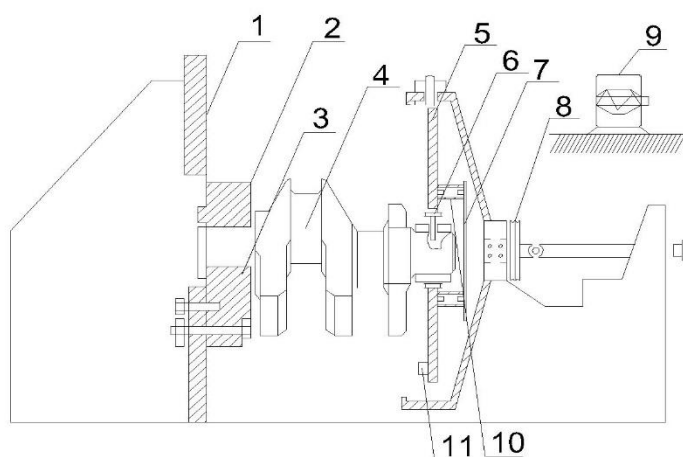
### Әдіснама

Зерттеу объектісі ЗМЗ-53 қозғалтқыштардың шойын иінді біліктері алынады және олардың үш сериясы қарастырылып зерттеледі:

- 1-үлгі. Эталондық, яғни, жаңа шойын иінді біліктері;
- 2-үлгі. Балқылау сымы арқылы винттік әдісімен қалпына келтірілген шойын иінді біліктері;
- 3-үлгі. Темір ұнтақтарын қосу арқылы балқымамен қалпына келтірілген шойын иінді біліктері [3].

Осы зерттеулерді жүргізудің мақсаты ЗМЗ-53 қозғалтқыштардың сыналатын иінді біліктерінің тозу беріктігін зерттеу және оларды өзара салыстыру болып табылады. Бұл ЗМЗ-53 иінді біліктерінің сыналатын сериялары үшін тозу беріктігі бойынша салыстырмалы нәтижелерді анықтау.

Үш зерттелетін серияның иінді біліктерін қажу беріктігін сынау зертханада 64 «Н» стендінде жүргізілді, 3-суретті қараңыз.



- 1 – қондырғы плитасы; 2 – қақпақтар; 3 – қысқыш; 4 – иінді біліктің үлгісі; 5 – қоздырғыш диск;  
6 – мойынтірек 11706; 7 – жетекші диск; 8 – жетекші диск; 9 – электр қозғалытқыш;  
10 – иілгіш төлкелер; 11 – теңгеру бөлшектері.

3-сурет. Иінді біліктерді төзімділікке сынауға арналған 64 «Н» стендінің сұлбасы

ЗМЗ-53 қозғалтқышының иінді біліктерін зерттеуге арналған үлгілер қозғалтқышқа қоюға дайын үлгілерден таңдалады. Ол үшін иінді білік симметрия жазықтығы өтетін ортаңғы (үшінші) түпкі мойыншадан кесіледі. Төртінші және бесінші мойынша қалдықтары алынып тасталады.

Кесу жазықтығына жақын екінші және үшінші шатунды мойынша және үшінші және алтыншы жаққа қатты қыздыруға болмайды. №1, 2, 7, 8 бірінші және төртінші шатун, бірінші және бесінші түпкі мойыншалар мен жақтарға ешқандай технологиялық әсерге жол берілмейді. Осылайша, бүтіндей иінді біліктен екі бірдей натуралық үлгі алынады[7].

Сынақтар МемСТ 2860-65 сәйкес қуат жазықтығының айналуы кезінде ұштарының біріне бекітілген бөліктің инерция күштерінен иілу жүктемесін жүзеге асыратын автомобиль бөлшектерін төзімділік сынақтарына арналған стендте жүргізілді. 64"Н" типті бөлшек төзімділігін сынау қондырғысының сұлбасы көрсетілген.

Үлгі бөлшегінің еркін шеті мен инерция күші тербеліс амплитудасы шамасының есептік мәндерімен бірге машина жұмысында оларды тікелей өлшеу көзделеді. Бос шеттің қозғалыс амплитудасы РВ-1 вибрографымен, ал иінді білікке әсер ететін инерция күші кедергі тензодатчиктері және осы мақсаттар үшін қабылданатын сериялық аппаратураның көмегімен өлшенеді.

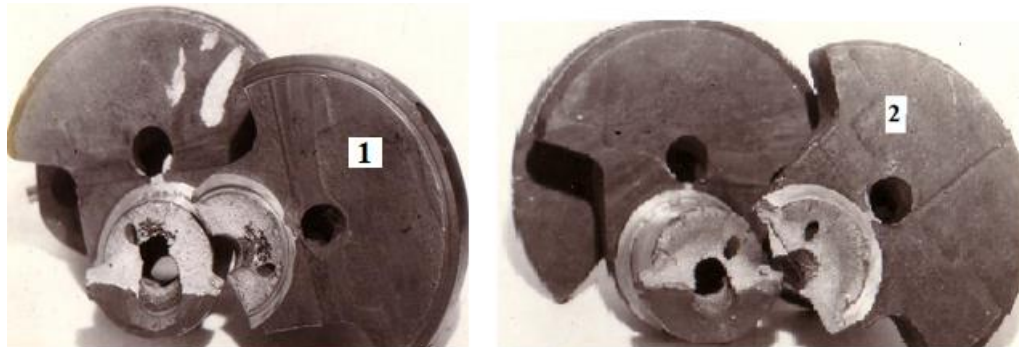
Қозғалтқыштың шойын иінді біліктерінің төзімділік сынақтарының нәтижелерін математикалық өңдеуді осыған сәйкес жүргізіледі[12].

### **Нәтижелер және талқылау**

ЗМЗ-53 зерттелген сериялардың қозғалтқыштарының иінді біліктерінің натуралды төзімділік сынақтарының нәтижелері хаттамаларда келтірілген [2].

Жүктеу барысында сынау иінді біліктердің төзімділік бұзылуын талдай отырып, сынудың үш түрін белгілеу қажет.

Сынудың бірінші түрі. Жарықтың пайда болу аймағы есептік қауіпті қиманың жазықтығымен сәйкес келеді. Бұл ретте сыналатын шатун мойынның көлденең қимасының ауданы 61%-дан астамы зақымданады. Одан әрі жарықтың пайда болуы бұрандалы май тығынның астындағы саңылауды зақымдай отырып, жақ жағына қарай жалғасады. Шойын иінді біліктерді төзімділікке сынау кезіндегі барлық сынудың 90% біздің жағдайымызда дәл бірінші типке жатады (5-сурет).



4-сурет Төзімділікке сынау барысында шойын иінді біліктердің сыну түрлері

Сырудың екінші түрі. Жарықшақ жаққа шықпай, шатун мойнының барлық көлденең қимасын зақымдайды. Сырудың екінші түрі бойынша небәрі екі сыну байқалды (сынақ кезінде барлық төзімділік сынулардың кемінде 5%). Сынулардың екінші түрі есептік қауіпті қима туралы көрнекі түсінік береді және төзімділік сынақтары әдістемесінің дұрыстығын тағы да растайды.

Сырудың үшінші түрі. Сынықтардың бірінші түріне ұқсас және одан орналасқан жерімен ғана ерекшеленеді. Егер қауіпті қимада таңдалған сұлбада және үлгілер нысанында келтірілген момент және қауіпті кернеулер неғұрлым үлкен мәнге ие болса, онда үшінші үлгідегі сынуда бұл шамалар шамамен 32% кем болады [9].

Л.В.Мұратов теңдеуінен тәуелділікті пайдалана отырып, қабылданған әдістеме бойынша ЗМЗ-53 қозғалтқыштардың шойын иінді біліктерінің зерттелетін сериялардың төзімділік сынақ нәтижелерін өңдеуде төзімділік шегінің мынадай орташаланған мәнін береді[4]:

1. Үлгі. Вариациялық қатар: 4,92; 5,36; 5,36; 5,37; 5,39; 5,44; 5,45; 5,57; 5,72; 5,72; 5,75; 5,75; 5,83; 5,83; 5,87; 5,87; 5,95; 5,99; 6,07; 6,16; 6,20; 6,40; 7,50; 7,75  $\frac{к\mathcal{Z}}{мм^2}$ .

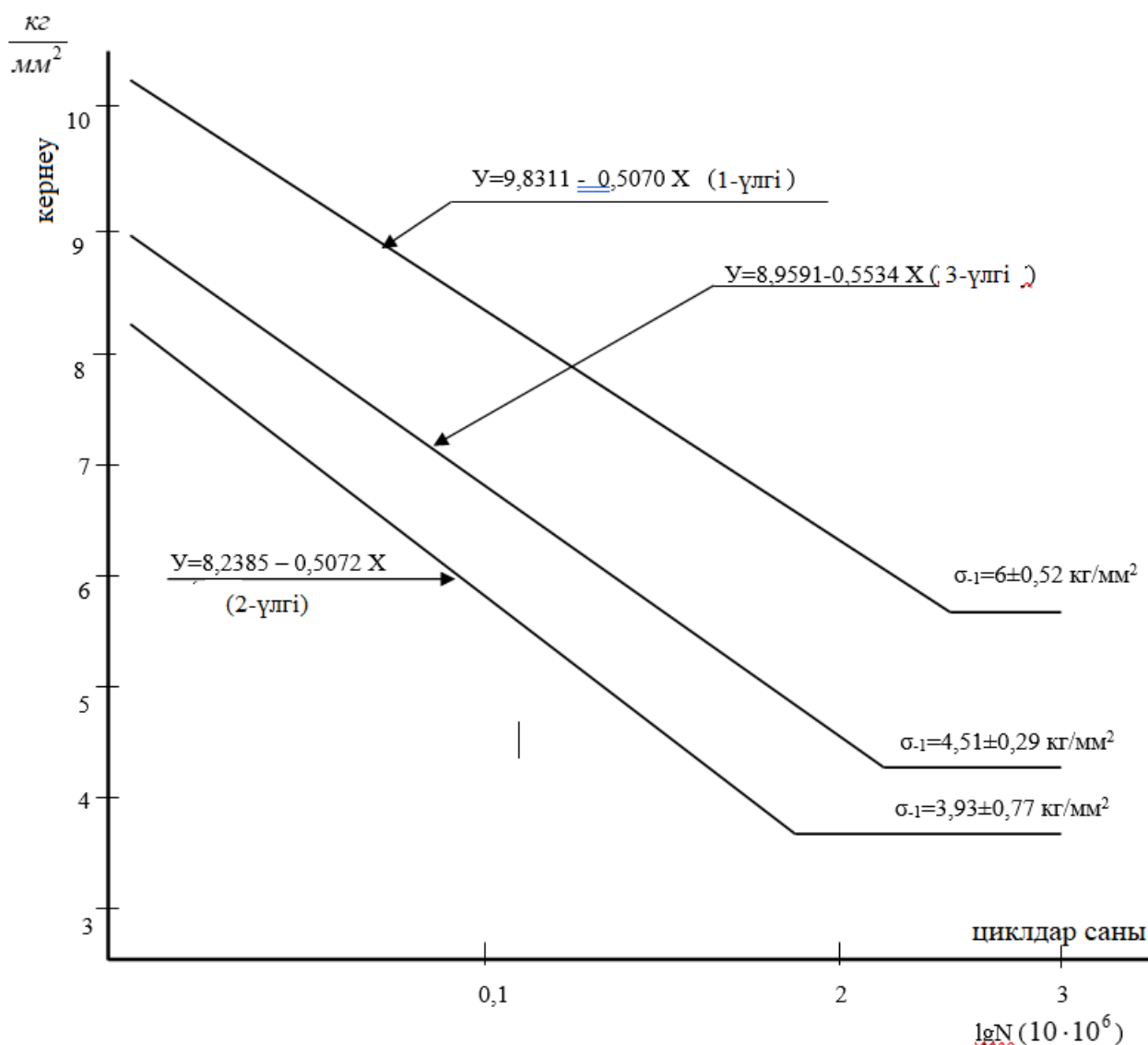
2. Үлгі. Вариациялық қатар: 5,77; 4,63; 4,44; 4,26; 4,00; 3,95; 3,90; 3,88; 3,85; 3,84; 3,80; 3,69; 2,80; 2,13  $\frac{к\mathcal{Z}}{мм^2}$  ..

$$\bar{x}_i = \sigma_{-1}^{19} = 5,997 = 6,00 \frac{к\mathcal{Z}}{мм^2}; \quad S = 0,523 \frac{к\mathcal{Z}}{мм^2}; \quad \gamma = 8,7\%.$$

3. Үлгі. Вариациялық қатар: 1,54; 3,79; 4,22; 4,43; 4,46; 4,47; 4,47; 4,48; 4,48; 4,52; 4,54; 4,55; 4,82; 4,86; 5,00  $\frac{к\mathcal{Z}}{мм^2}$ .

$$\bar{x}_i^{cp} = \sigma_{-1}^{10} = 4,51 \frac{к\mathcal{Z}}{мм^2}; \quad S = 0,290 \frac{к\mathcal{Z}}{мм^2}; \quad \gamma = 6,40\%.$$

Номиналды кернеудің мәні және сынуға дейінгі циклдардың саны (сынақ базасы  $10 \cdot 10^6$  цикл үшін қабылданған) осы серияның жиынтық сынақ хаттамасына енгізіледі [3]. Жиынтық хаттамалар негізінде зерттелген бөлшектердің төзімділік шегі есептеледі, төзімділік қисықтарының графиктері құрылады және төзімділік қисықтарының корреляциялық теңдеулері кейіннен сыналған сериялардың төзімділігі талданып есептеледі.



5-сурет. ЗМЗ- 53 қозғалтқышы иінді біліктерінің төзімділік графиктері

Төзімділік қисықтары көрсеткендей электр доғалы балқылауды қолдана отырып, әртүрлі технологиялар бойынша қалпына келтірілген иінді біліктердің төзімділік беріктігінің төмендеу үрдісі бар екенін көрсетеді. Шойын иінді біліктерді балқымалау кезінде мойыншаларды қыздыруда бөлінген жылудың мөлшері және салқындату жылдамдығының әртүрлі градиенттері шаршау беріктігінің төмендеуіне әкеледі және циклдің ұзақ мерзімділігі едәуір азаяды.

Төзімділік қисығының сол жақ тармағының теңдеуін таңдап, параметрлерді бағалап және оны төзімділік сынақтарының кестесіне құру мақсатында ең аз квадраттар әдісімен сыналған иінді біліктердің әрбір сериясы үшін алынған эмпирикалық мәліметтерге сүйеніп, сызықтық регрессиялық талдау жүргізілді.

Өңдеу кезінде жұмыс әдістемесі мен ұсынымдары пайдаланып, әрбір серияның біліктеріне арналған регрессия сызығының эмпирикалық теңдеулерін жазамыз [4,11]:

1.Үлгі:  $y = 6,3426 - 0,5070(x - 6,8800)$  немесе  $y_i = 9,8311 - 0,5070x_i$  5)

2.Үлгі:  $y = 5,6822 - 0,5072(x - 5,0400)$  немесе  $y_i = 8,2385 - 0,5072x_i$  6)

3.Үлгі:  $y = 5,8296 - 0,5534(x - 5,6550)$  немесе  $y_i = 8,9591 - 0,5534x_i$  7)

Әрбір серия біліктерінің төзімділік сынақтарының 1-кестесінде келтірілген барлық нақты сынуларына сәйкес жартылай логарифмділік координаталардағы 6-сурет осы сызықтардың айналасында ең аз ықтимал ауытқулармен топтастырылады [4]. Регрессия сызығын салу үшін 1-кестеде 2,4 және 8-бағандардың деректері пайдаланылады.

1-кесте. Сыналған шойын иінді біліктердің тозу беріктігінің сипаттамасы

Серия атауы	Төзімділік шегі, $\sigma_{-1}, \frac{кг}{мм^2}$	Дисперсия, S	Орташа квадраттық ауытқулар, $\sigma^2$	Вариация коэффициенттері, $\gamma, \%$	Салыстырмалы төзімділік		Сыну қисығының теңдеуі
					%	қанша есе	
1	2	3	4	5	6	7	8
1 Үлгі	6,00	0,274	0,523	8,7	100	1,00	$Y=9,831-0,507X$
2 Үлгі	3,93	0,593	0,770	20,2	65,5	1,53	$Y=8,238-0,507X$
3 Үлгі	4,51	0,084	0,290	6,40	75,2	1,33	$Y=8,959-0,553X$

Қолданыстағы кернеуді және сыналған иінді біліктерді сыну сипатына қарап (1-кестенің 3 және 5-бағандары) циклдік беріктікті бағалауға мүмкіндік береді. Барлық қалпына келтірілген шойын біліктер жаңасына қарағанда аз кернеуде қирайтыны анықталды. Мысалы, эталондық серия үшін үш үлгіде 10 млн. циклдегі сынақ базасын сынбай ұзақ ұстады[1, 9].

### Қорытынды

Жоғарыдағы көрсетілген сынақтарының алынған нәтижелерін талдай келе балқылаумен қалпына келтірілген шойын иінді біліктері жаңа бөлшектермен салыстырғанда төмен циклдік беріктікке ие деген қорытындыға келді. Жаңа «1-үлгідегі» иінді біліктері үшін күтілетін төзімділік шегі 5,60... 6,20 кг/мм<sup>2</sup> диапазонында болды. «2-үлгіде» балқылау сымы арқылы винттік технологиясымен қалпына келтірілген шойын иінді біліктері бойынша қалпына келтірілген иінді біліктердің алты рет 4,00 кг/мм<sup>2</sup> төмен кернеуде қираған, сондықтан олардың төзімділік шегі осы деңгейден төмен болды. «3-үлгіде» темір ұнтақтарын қосу арқылы балқымамен қалпына келтірілген шойын



иінді біліктер үшін төзімділіктің күтілетін шегінің мәні 4,63... 4,50 кг/мм<sup>2</sup> шегінде болды, өйткені басқа үлгілермен сақталған циклдардың саны бұл ретте 2,5... 10,0 млн-ға тең.

Математикалық статистика аппаратының және төзімділік шегін анықтаудың жеделдетілген әдістерінің көмегімен нақты төзімділік сынақтары кезінде алынған берілгендерді талдап, Л.В.Мұратовтың белгілі теңдеуі бойынша сыналған бөлшектердің циклдік беріктігін сандық бағалауға мүмкіндік берді. Есептеме нәтижесінде жаңа иінді біліктердің төзімділік шегінің есептік мәні 5,93... 6,00 кг/мм<sup>2</sup> екені анықталды (1-кесте) [3].

#### **Авторлардың қосқан үлесі:**

**А.С. Каржаубаев** – тұжырымдаманы құру

**А.Е. Тойлыбаев** – зерттеу нәтижелерін талдау және синтездеу.

**У.А.Усипбаев, С.С.Пернебеков, А.О.Казенова** – зерттеу жүргізу, әдебиетпен жұмыс

#### **Әдебиеттер тізімі**

1 Авчинников Б.Е. Усталостная прочность поверхностно упроченных деталей. - Труды ВВИА, вып.1183. – М., 2017. – 290 с.

2 Деев В.А., Линкин Л.Д. Приближенная оценка усталостной прочности упроченных и наплавленных цилиндрических деталей. – Вестник машиностроения. № 3. 2013. С.11-12.

3 Кравцов Т.Г., Рыжов Н.Ф. Сопrotивление усталости моделей валов, наплавленных проволокой Св-06Х19Н9Т в углекислом газе. – Автоматическая сварка. № 10. 2010. С. 36-40.

4 Какуевицкий В.А. Усталостная прочность и деформации чугуновых коленчатых валов, восстановленных различными способами наплавки. - Сварочное производство. №7. 2011. С. 30-33.

5 Посметьев В. И. Свойства покрытий, упроченных плазменным напылением с одновременной электромеханической обработкой / В. И. Посметьев, А. М. Кадырметов, В. О. Никонов, А. С. Пустовалов // Воронежский научно-технический вестник. – 2013. – № 1 (3) – С. 34-41.

6 Кадырметов А. М. Технологические перспективы и возможности процессов плазменного нанесения и упрочнения покрытий / А. М. Кадырметов, С. И. Сушков, В. О. Никонов // Строительные и дорожные машины. – 2013 г. – № 7. – С. 25-32.

7 Тополянский П. А. Плазменные технологии нанесения покрытий // Сварщик. № 3. 2002. С. 10–11.

8 Сидоров А. И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой / А. И. Сидоров. – М.: Машиностроение. – 2017. – 192 с.

9 Каржаубаев А.С. Контроль качества восстановленных шеек чугуновых коленчатых валов двигателя ЗМЗ-53. - Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы индустриально-инновационного развития». АГТУ, Алматы: 2007. – С. 19-21.

10 Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением (Под ред. Б. Е. Патона). – Машиностроение. – М. – 2004.

11 Каржаубаев А.С. Выбор рационального метода восстановления коленчатого вала. Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы индустриально-инновационного развития». АГТУ, Алматы: 2007.

12 Кадырметов А. М. Технологические перспективы и возможности процессов плазменного нанесения и упрочнения покрытий / А. М. Кадырметов, С. И. Сушков, В. О. Никонов // Строительные и дорожные машины. – 2013 г. – № 7. – С. 25-32.

**А.С.Каржаубаев<sup>1</sup>, А.Е.Тойлыбаев<sup>1</sup>, У.А.Усипбаев<sup>2</sup>, С.С.Пернебеков<sup>2</sup>, А.О.Казенова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*АО «АЛТ Университет имени Мухамеджана Тынышпаева», Алматы, Казахстан*

<sup>2</sup>*Южно-Казахстанский университет имени Мухтара Ауэзова, Шымкент, Казахстан*

### **Исследования усталостной прочности чугуновых коленчатых валов, восстановленных широкослойной наплавкой**

**Аннотация.** В настоящее время в зарубежных автомобилях применяются чугуновые коленчатые валы, восстановление которых представляет собой сложную задачу из-за особенностей высокопрочного чугуна. Представленная к публикации статья посвящена актуальным вопросам исследования усталостной прочности восстановленных чугуновых коленчатых валов. Процесс восстановления коленчатого вала, связанный с интенсивным движением дислокаций или с закрытием изношенных шеек вала при нагреве до высоких температур, может вызывать изменения в микроструктуре материала, что, в свою очередь, приводит к снижению прочности на истирание.

Результаты многочисленных исследований показали, что детали, восстановленные с использованием наплавочных процессов, значительно теряют усталостную прочность, особенно в условиях переменных нагрузок. Поэтому для чугунового коленчатого вала, работающего под воздействием тяжелых нагрузок и восстановленного с помощью наплавки, проведение исследований на прочность является обязательным.

**Ключевые слова:** коленчатый вал, напряжение, усталостная прочность, микротвердость, испытательная база, наплавочная проволока, симметричные циклы, железный порошок.

**A.S.Karzhubaev<sup>1</sup>, A.E.Toilybaev<sup>1</sup>, U.A.Usipbaev<sup>2</sup>, S.S.Pernebekov<sup>2</sup>, A.O.Kazenova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*ALT University named after Mukhamedzhan Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan*

<sup>2</sup>*South Kazakhstan University named after Mukhtar Auevov, Shymkent, Kazakhstan*

### **Studies of fatigue strength of cast-iron crankshafts restored by wide-layer surfacing**

**Abstract.** Currently, cast iron crankshafts are used in foreign cars, the restoration of which is a difficult task due to the characteristics of high-strength cast iron. The article presented for publication is devoted to topical issues of fatigue strength research of restored cast iron crankshafts. The process of restoring the crankshaft, associated with intensive movement of dislocations or with the closure of worn shaft necks when heated to high temperatures, can cause changes in the microstructure of the material, which, in turn, leads to a decrease in abrasion strength.

The results of numerous studies have shown that parts restored using surfacing processes significantly lose fatigue strength, especially under conditions of variable loads. Therefore, for a cast-iron crankshaft operating under heavy loads and restored by surfacing, conducting strength tests is mandatory.

**Keywords:** crankshaft, stress, fatigue strength, microhardness, test base, surfacing wire, symmetrical cycles, iron powder.

**Авторлар туралы мәлімет:**

**Каржаубаев А.С.** – техника ғылымдарының кандидаты, ассистент профессор, М. Тынышбаев атындағы АЛТ университеті АҚ, Шевченко көшесі 97, 050026, Алматы, Қазақстан

**Тойлыбаев А.Е.** – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, М. Тынышбаев атындағы АЛТ университеті АҚ, Шевченко көшесі 97, 050026, Алматы, Қазақстан

**Усипбаев У.А.** – хат алмасу авторы, қауымдастырылған профессор, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Көлік, тасымалдауды және қозғалысты ұйымдастыру кафедрасының меңгерушісі, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан.

**Пернебеков С.С.** – хат алмасу авторы, қауымдастырылған профессор, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, Көлік, тасымалдауды және қозғалысты ұйымдастыру кафедрасы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан.

**Казенова А.О.** – хат алмасу авторы, Phd, доцент, Көлік, тасымалдауды және қозғалысты ұйымдастыру кафедрасы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент қ., Қазақстан.

**Каржаубаев А.С.** – кандидат технических наук, ассистент профессора, АО АЛТ университет им. М. Тынышбаева, ул. Шевченко, 97, 050026, Алматы, Казахстан.

**Тойлыбаев А.Е.** – кандидат технических наук, доцент, АО АЛТ университет им. М. Тынышбаева, ул. Шевченко, 97, 050026, Алматы, Казахстан.

**Усипбаев У.А.** – автор для корреспонденции, кандидат технических наук, ассоциированный профессор, зав.каф. «ТОПиД», ЮКУ имени М. Аuezова, Шымкент, Казахстан.

**Пернебеков С.С.** – автор для корреспонденции, кандидат технических наук, ассоциированный профессор, кафедра «ТОПиД», ЮКУ имени М. Аuezова, Шымкент, Казахстан.

**Казенова А.О.** – автор для корреспонденции, кандидат технических наук, ассоциированный профессор, кафедра «ТОПиД», ЮКУ имени М. Аuezова, Шымкент, Казахстан

**Karzhaubaev A.S.** – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, M. Tynyshbaev ALT University JSC, 97 Shevchenko str., 050026, Almaty, Kazakhstan

**Toulybaev A.E.** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, M. Tynyshbaev ALT University JSC, 97 Shevchenko str., 050026, Almaty, Kazakhstan

**Usipbaev U.A.** – corresponding author, associate professor, candidate of technical sciences, associate professor, head of department. “TOPD” SKU named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

**Pernebekov S.S.** – corresponding author, associate professor, candidate of technical sciences, associate professor, “TOPID” SKU named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan

**Kazenova A.O.** – khat almasu authors, Phd, associate professor, Kolik, tasymaldaudy zhane kozgalysty uyymdastyru departments, M. Auezov atyndagy Ontustik Kazakhstan University, Shymkent k., Kazakhstan



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).