

## Машиностроение. Металлургия



DOI 10.52209/1609-1825\_2026\_1\_3

ӘОЖ 621.83.053.3

# Қайта қалпына келтірілген ірі модульды дөңгелек тісінің профилін қадағалау

*\*БУЗАУОВА Тоты Мейрбековна, т.ғ.к., қауымдастырылған профессор,  
t.buzauova@ktu.edu.kz,*

*СМАИЛОВА Бағлан Кабдуллаевна, докторант, аға оқытушы, baglansmailova@mail.ru,*

*САРБАЕВ Далельхан Ардакович, магистрант, dalelhan20002@gmail.com,*

*МАТЕШОВ Арман Кариевич, аға оқытушы, a.mateshov@ktu.edu.kz,*

*БЕЙБІТ Шұғыла Ғалымжанқызы, магистрант, beibutovva@mail.ru,*

*«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,*

*\*автор-корреспондент.*

**Аңдатпа.** Ашық тісті берілістердің тетіктері абразивті тозудың нәтижесінде істен шығады. Тістері сынған, пластикалық деформацияланған дөңгелектерді электрлі қожды балқыту арқылы қайта қалпына келтіреді. Мақалада электрлі қожбен балқытылған ірі модульды тісті дөңгелектің эвольвенталы тістерінің профилін бақылауға арналған үлгі қарастырылады. Жұмыста эвольвенталы профильдің геометриялық параметрлерін анықтау үшін тісті дөңгелектің бастапқы номиналды өлшемдері және сақталған тістердің нақты параметрлері негізге алынды. Үлгінің өлшемдері мен шақтамалар есептеліп, жұмысшы сызбалар жасалды. Мақалада үлгінің жұмыс принципі мен базалау тәсілі көрсетілген. Үлгінің құрылымдық қарапайымдылығы оны жөндеу жағдайларында қолдануға қолайлы етеді. Әзірленген үлгі нақты тісті дөңгелекке арналып жасалады және эвольвенталы профильдің қайта қалпына келтірілген бөлігін жедел қадағалауға арналған құрал болып табылады. Бұл тәсіл жөндеу өндірісінің ерекшеліктерін ескере отырып, бақылау әдістерінің тиімділігі, қарапайымдылығы және үнемділігі тұрғысынан басымдыққа ие.

**Кілт сөздер:** үлгі, эвольвенталы профиль, қайта қалпына келтіру, ірі модульды тісті дөңгелектер, шақтама.

**Кіріспе.** Эвольвенталы тісті дөңгелектер ілінісудің негізгі геометриялық заңдылықтарын қанағаттандырады, тұрақты беріліс қатынасын қамтамасыз етеді және тісті берілістердің осьаралық қашықтығының берілген ауытқуын мүмкін етеді, бұл өз кезегінде құрастыру үдерісін жеңілдетеді. Осындай артықшылықтарына байланысты эвольвенталы профильді тісті дөңгелектер техникада кеңінен қолданыс тапқан [1].

Тісті дөңгелектердің тістерінде пайдалануға байланысты түрлі ақаулар пайда болуы мүмкін: жұмыс бетінің пластикалық деформациясы (1, а-сурет), тістің бір жақты тозуы (1, б-сурет), сондай-ақ жекелеген тістердің сынуы (1, в-сурет). Көп жағдайда тісті дөңгелектің қалған тістері геометриялық тұрғыдан шақтама шектерінде сақталады, бұл оларды жөндеу кезінде эталон ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Ақауы бар тісті дөңгелек-

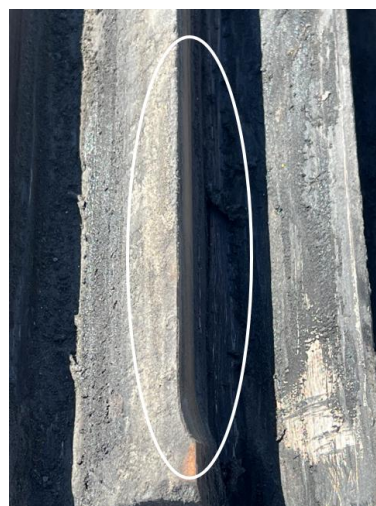
терді пайдалану қауіпті, себебі олар іліністігі қарсы тісті дөңгелекті де зақымдауы, тіпті механизмнің толық істен шығуына алып келуі мүмкін.

Ашық және баяу айналатын тісті берілістерде тістерді қайта қалпына келтіру экономикалық тұрғыдан тиімді шешім болып саналады. Мұндай ірі модульды тістерді қалпына келтіру әдістеріне қолмен балқыту [2], доғалы автоматты балқыту [3], плазмалық балқыту [4] және электрлі қожбен балқыту [5] жатады.

Қалпына келтірілген тістердің ілінісуі тиімді болу үшін олардың эвольвенталы профилінің дәлдігін бақылау аса маңызды. Эвольвентадан ауытқу берілістің сапасына, оның жұмыс сенімділігіне, соққылы жүктемелердің пайда болуына әсер етеді. Қазіргі уақытта тістің профилін бақылауға арналған түрлі әдістер мен аспаптар бар [6], алайда



а) эвольвенталы профильдің пластикалық деформациялануы



б) жұмысшы бетінің бір жақты тозуы



в) тістердің тозуы: сыну ұзақтығы 345мм

олардың күрделілігі, баптауға қойылатын талаптардың жоғары болуы, және қосалқы бөлшектердің дәлдігінің өлшеу нәтижесіне тікелей әсері олардың қолданылуын шектейді. Сонымен қатар, бұл әдістер көбінесе жаңа тісті дөңгелектерді бақылауға арналған.

Осыған байланысты жөндеу жағдайында қолдануға ыңғайлы, құрылымы қарапайым және дәлдігі жоғары бақылау құралдарын әзірлеу өзекті ғылыми-техникалық мәселе болып табылады.

**Зерттеу мақсаты** – электрлі қожбен балқытылған ірі модульды тістердің эвольвенталы профилін бақылауға арналған үлгіні әзірлеу және өлшеу операцияларының өнімділігін, сенімділігін арттыру.

**Зерттеу әдістемесі.** Зерттеу барысында қайта қалпына келтірілген тістердің эвольвенталы профилін дәл қадағалау үшін арнайы профильді үлгі әзірленді. Үлгінің геометриялық параметрлері шақтама шектерін ескере отырып есептелді. Жобалау кезінде шарлы барабанды диірменнің тісті дөңгелегінің номиналды өлшемдері негізге алынды. Өлшеу дәлдігін арттыру үшін үлгінің және бақылайтын үлгінің нақты орындалу өлшемдері мен шақтамалары есептелді. Профильді және бақылайтын үлгілердің жұмысшы сызбалары Компас қолдаңбалы бағдарламасында әзірленіп, 3D модельдеу және сынақтық бақылау жүргізілді.

**Негізгі бөлім.** Тіс эвольвентасының параметрлі пішіндері (поляры немесе төртбұрышты координатада) мына өрнекпен анықталады:

$$x = r_b (\cos \theta + \theta \sin \theta),$$

$$y = r_b (\sin \theta - \theta \cos \theta),$$

мұндағы  $\theta$  – эвольвента пішінің сәйкесінше бұрышының радианы,  $\theta = 0-0,6$ ,  
 $r_b$  – негізгі шеңбердің радиусы, ол келесі формуламен анықталады:

$$r_b = \frac{mz}{2} \cos \alpha.$$

Эвольвента пішіні анықталған соң (1-кесте) шаблонның профилді нүктелеріндегі шақтамаларын, орындалу өлшемдерін анықтаймыз.

Профильдік үлгілерге тексеру құралдарының басқа түрлерінің жеке қарапайым профильдері кіреді (қапсырмалар, бұрыштық үлгі, радиустық үлгі және т.б.). Сондықтан, профильдік үлгілер үшін шақтама мен шекті ауытқулар үлгі профилінің әр бөлімі үшін бөлек анықталады. Үлгінің номиналды өлшемдерін тісті дөңгелектің «денесіне», яғни ең жоғарғы шекті өлшемі бойынша

**1-кесте – Эвольвентал тістің параметрлі координатадағы өлшемдері**

№	$\theta$	X, мм	y, мм
1	0	272,52	0
2	0,08	274,49	21,70
3	0,16	279,39	43,16
4	0,24	287,13	64,16
5	0,32	297,56	84,46
6	0,4	310,48	103,83
7	0,48	325,70	122,09
8	0,56	342,97	139,08
9	0,64	362,06	154,65
10	0,72	382,69	168,70

анықтайды. Үлгінің және бақылайтын үлгіні әзірлеу кезіндегі дәлсіздігін бұйымның шақтамасына байланысты таңдаймыз [7]. Бұл жағдайда үлгінің шақтамасы профильдің ең жоғарғы өлшемінен үлгінің денесіне, ал бақылайтын үлгі үшін үлгінің номиналды профиліне симметриялы орналасады (2-кесте).

**Талқылау.** Анықталған өлшемдерді пайдаланып Компас қолдаңбалы бағдарламасында эвольвенталы тістің пішінімен шаблонның жұмысшы сызбасын тұрғызамыз (2-сурет).

Профильдік үлгі балқытылған тісті бақылау кезінде тісті дөңгелекке тістің ойықтары арқылы базаланады. Үлгі (1) қайта қалпына келтірілген тістердің (2) үстінен орнатылып, тісті дөңгелек корпусына (3) сәйкестендіріледі (3-сурет). Үлгіге көп күш түсірместен, тістің барлық ұзындығы бойынша (L бойымен) жылжыту арқылы эвольвенталы профильге сәйкестігі бағаланады. Бұл ретте көршілес тістер базалық бет ретінде қызмет етеді (3-сурет).

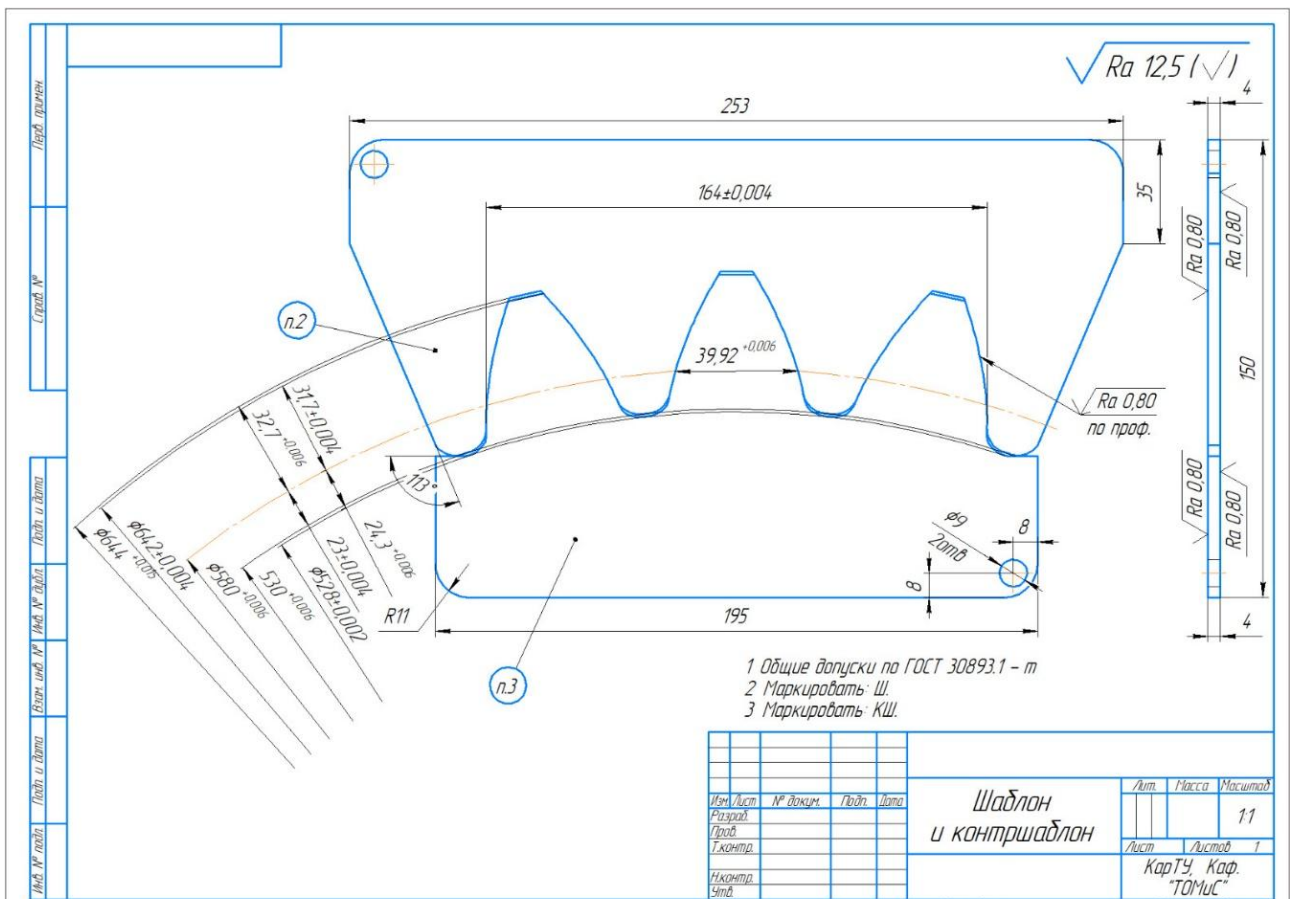
Жұмысшы сызба бойынша (2-сурет) әзірленген үлгіні пайдаланып электрлі қожбен балқытылған тісті қадағалаймыз (4-сурет). Ол үшін балқытылған тісті негізінен (ойпат диаметрінен  $df$ ) шартты 10 бөлікке бөлеміз. Үлгімен қайта қалпына келтірілген тістің арасындағы саңылау немесе керіліс шамаларын өлшегін көмегімен қадағалаймыз (3-кесте). Саңылау шамалары берілген шақтамадан аспауы тиіс (2-кесте) және балқытылған тіс эвольвентасының жарамдылығы жайлы қорытынды жасаймыз.

### Қорытынды

1. Жөндеу жағдайында қалпына келтірілген ірі модульды тістердің эвольвенталы профилін бақылауға арналған үлгінің негізгі

2-кесте – Үлгінің шақтамасы және орындалатын өлшемдері

Атауы, белгіленуі	Тіс профилінің номиналды өлшемдері, мм	Үлгі		Бақылайтын үлгі	
		Шақтамасы, мкм	Орындалу өлшемі, мм	Шақтамасы, мкм	Орындалу өлшемі, мм
Жоғары диаметрі, da	644	15	644+0,015	8	644±0,004
Бөлу диаметрі, d	580	6	580+0,006	4	580±0,002
Ойпаң диаметрі, df	530	6	530+0,006	4	530±0,002
Қадам, W	69,63	6	69,63+0,006	4	69,63±0,002
Тістің қалыңдығы, S	39,92	6	39,92+0,006	4	39,92±0,002
Тістің бөлу диаметріндегі жоғарғы биіктігі, ha	32,70	6	32,70+0,006	4	32,70±0,002
Тістің бөлу диаметріндегі ойпаңындағы биіктігі, hf	24,3	6	24,3+0,006	4	24,3±0,002



2-сурет – Үлгі және бақылайтын үлгінің жұмысшы сызбасы

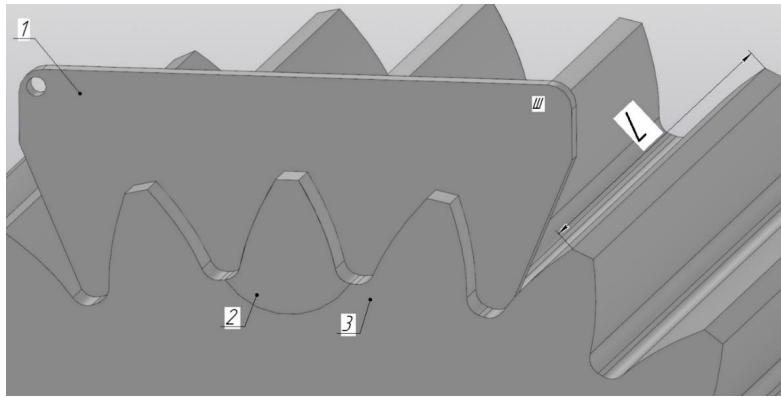
геометриялық параметрлері мен орындалу өлшемдері есептелді.

2. Әзірленген профильдік үлгі арқылы тістің эвольвенталы профиліндегі ауытқуларды бақылауға болады.

3. Үлгінің құрылымы қарапайым, сенім-

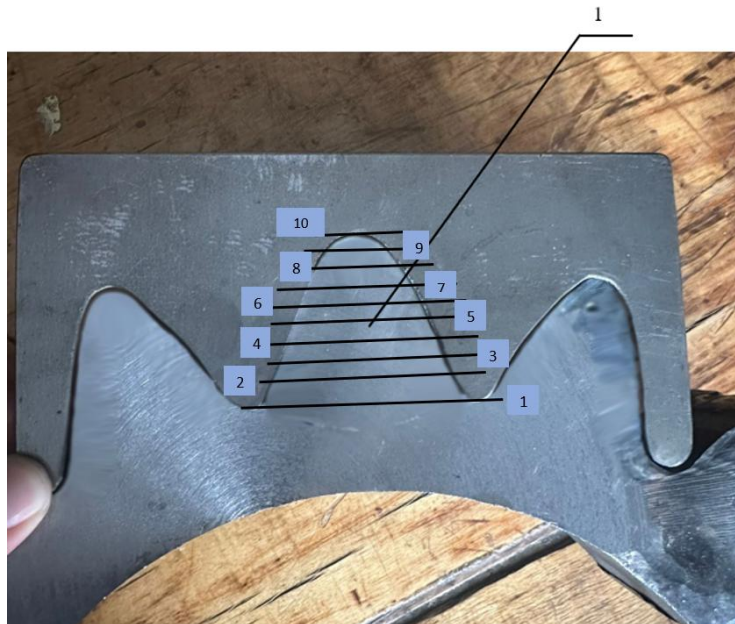
ділігі жоғары және оны қолдану арнайы біліктілікті талап етпейді, бұл оны жөндеу өндірісінде тиімді құрал ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.

4. Жобаланған үлгі әмбебап сипатқа ие, арнайы баптауды қажет етпейді.



1 – үлгі; 2 – балқытылған тіс; 3 – тісті дөңгелек

**3-сурет – Үлгімен балқытылған тістің пішінің қадағалау**



1 – балқытылған тіс; 1, 2, 3...10 – қадағалау нүктелері

**4-сурет – Балқытылған тістің профилін үлгімен қадағалау**

**3-кесте – Балқытылған тістің профилін үлгімен қадағалау нәтижелері**

№	Тексеру нәтижелері	Саңылау немесе керіліс, мм
1	жанасады	0
2	жанасады	-0,3
3	саңылау	-0,2
4	саңылау	-0,25
5	саңылау	-0,23
6	жанасады	0
7	жанасады	0
8	саңылау	-0,3
9	саңылау	-0,3
10	саңылау	-0,3

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. ГОСТ 16530-83. Передачи зубчатые: общие термины, определения и обозначения. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1983. – 51 с.
2. Ryabtsev I., Fomichov S., Kuznetsov V., Chvertko Y. Surfacing and Additive Technologies in Welded Fabrication. – Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2023. – 349 p. – DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-34390-2>.
3. Сварка. Резка. Контроль: Справочник. В 2-х томах / Под общ. ред. И.П. Алешина, Г.Г. Чернышова. – М.: Машиностроение, 2004. Т. 1 / И.П. Алешин, Г.Г. Чернышов, Э.А. Гладков и др. – 624 с.: ил.
4. Ružica R.N., Svetislav M., Dusan A., Vukić L. Influence of different hard-facing procedures on quality of surfaces of regenerated gears // Production Engineering Archives. 2021. Vol. 27, No. 4, pp. 257-264. DOI:10.30657/pea.2021.27.34.
5. Smailova B.K., Buzauova T.M., Bartenev I.A., Davletova K. Restoration of large modular teeth of ball mill gears by electro-slag surface // Journal of Applied Engineering Science. 2024. Vol. 22, No. 2, pp. 483-491. DOI:10.5937/jaes0-49369.
6. ГОСТ 1643-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1981. – 45 с.
7. ГОСТ 24853-81 Калибры гладкие для размеров до 500 мм. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1983. – 65 с.

### **Контроль профиля восстановленного крупномодульного зуба**

**\*БУЗАУОВА Тоты Мейрбековна**, к.т.н., ассоциированный профессор,  
*t.buzauova@ktu.edu.kz*,

**СМАИЛОВА Бағлан Кабдуллаевна**, докторант, старший преподаватель,  
*baglansmailova@mail.ru*,

**САРБАЕВ Далельхан Ардакович**, магистрант, *dalelhan20002@gmail.com*,

**МАТЕШОВ Арман Кариевич**, старший преподаватель, *a.mateshov@ktu.edu.kz*,

**БЕЙБИТ Шугыла Галымжанкызы**, магистрант, *beibutovva@mail.ru*,

НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»,  
пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,

\*автор-корреспондент.

**Аннотация.** Механизмы открытых передач выходят из строя в результате абразивного износа. Сломанные и пластически деформированные зубья крупномодульных колёс восстанавливаются методом электрошлаковой наплавки. В статье рассматривается шаблон для контроля профиля восстановленных эвольвентных зубьев крупномодульной шестерни. Для определения геометрических параметров эвольвентного профиля в работе были использованы начальные номинальные размеры зубчатого колеса и фактические параметры сохранившихся зубьев. Были рассчитаны размеры и допуски шаблона, разработаны рабочие чертежи. Представлены принцип работы шаблона и способ его базирования. Конструктивная простота шаблона делает его пригодным для использования в условиях ремонта. Разработанный профильный шаблон изготавливается для конкретной шестерни и служит инструментом для оперативного контроля восстановленного эвольвентного профиля. Данный подход является приоритетным с точки зрения эффективности, простоты и экономичности методов контроля с учётом особенностей ремонтного производства.

**Ключевые слова:** шаблон, эвольвентный профиль, восстановление, крупномодульные зубчатые колеса, допуск.

### **Control of the Restored Large-Module Tooth Profile**

\***BUZAUOVA Toty**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, [t.buzauova@ktu.edu.kz](mailto:t.buzauova@ktu.edu.kz),  
**SMAILOVA Baglan**, Doctorial Student, Senior Lecturer, [baglansmailova@mail.ru](mailto:baglansmailova@mail.ru),  
**SARBAEV Dalelhan**, Master's Student, [dalelhan20002@gmail.com](mailto:dalelhan20002@gmail.com),  
**MATESHOV Arman**, Senior Lecturer, [a.mateshov@ktu.edu.kz](mailto:a.mateshov@ktu.edu.kz),  
**BEIBIT Shygylya**, Master's Student, [beibutovva@mail.ru](mailto:beibutovva@mail.ru),  
 NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», 56 N. Nazarbayev Avenue,  
 Karaganda, Kazakhstan,  
 \*corresponding author.

**Abstract.** Open gear mechanisms fail primarily due to abrasive wear. Broken and plastically deformed teeth of large-module gears are restored using the electroslag remelting method. This article presents a template designed for controlling the profile of restored involute teeth of a large-module gear. To determine the geometric parameters of the involute profile, the study used the initial nominal dimensions of the gear and the actual parameters of the preserved teeth. The dimensions and tolerances of the template were calculated, and working drawings were developed. The article outlines the operating principle of the template and the method of its positioning. The structural simplicity of the template makes it suitable for use under repair conditions. The developed profile template is manufactured for a specific gear and serves as a tool for rapid assessment of the restored involute profile. This approach is prioritized due to its efficiency, simplicity, and cost-effectiveness, taking into account the specifics of repair production.

**Keywords:** template, involute profile, restoration, large-module gears, tolerance.

### REFERENCES

1. GOST 16530-83. Peredachi zubchaty`e; obshhie terminy`, opredeleniya i oboznacheniya. – Moscow: IPK Izdatel`stvo standartov, 1983. – 51 p.
2. Ryabtsev I., Fomichov S., Kuznetsov V., Chvertko Y. Surfacing and Additive Technologies in Welded Fabrication. – Cham: Springer Nature Switzerland AG, 2023. – 349 p. – DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-34390-2>.
3. Svarka. Rezhka. Kontrol`: Spravochnik. 2-x tomov / Pod obshh. red. 24 I.P. Aleshina, G.G. Cherny`shova. – Moscow: Mashinostroenie, 2004. T. 1 / I.P. Aleshin, G.G. Cherny`shov, E`.A. Gladkov i dr. – 624 p.: il.
4. Ružica R.N., Svetislav M., Dusan A., Vukić L. Influence of different hard-facing procedures on quality of surfaces of regenerated gears // Production Engineering Archives. 2021. Vol. 27, No. 4, pp. 257-264. DOI:10.30657/pea.2021.27.34.
5. Smailova B.K., Buzauova T.M., Bartenev I.A., Davletova K. Restoration of large modular teeth of ball mill gears by electro-slag surface // Journal of Applied Engineering Science. 2024. Vol. 22 No. 2, pp. 483-491. DOI:10.5937/jaes0-49369.
6. GOST 1643-81. Osnovny`e normy` vzaimozamenyaemosti. Peredachi zubchaty`e cilindricheskie. Dopuski. – Moscow: IPK Izdatel`stvo standartov. 1981. – 45 p.
7. GOST 1643-81. Osnovny`e normy` vzaimozamenyaemosti. Peredachi zubchaty`e cilindricheskie. Dopuski. – Moscow: IPK Izdatel`stvo standartov. 1981. – 45 p.