

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 3 (2022)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/KWJR9225>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,342

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

Е. Т. Абильмажинов¹, *К. Д. Орманбеков²

^{1,2}Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,

Қазақстан Республикасы, Семей қ.

ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНДІ МОДИФИКАЦИЯЛАУ ӘДІСТЕРІ ЖӘНЕ МАТЕРИАЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН АРТТЫРУ ҮШІН ЭЛЕКТРОНДЫ СӘУЛЕЛЕНУДІ ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІ

Мақалада машина жасаудағы қолданылатын полимер арасындағы қазіргі уақыттағы трибология нұсқаулығы бойынша оңтайлы деп саналатын политетрафторэтилен жайлы қамтылған. Машина тораптарында қолданылатын ПТФЭ маңыздылығы көрсетілген. Политетрафторэтиленнің химиялық құрылымына қатысты сипаттамасы жазылған. Оның алу жолдарына қатысты сұрақтарға бірнеше жауаптар бар.

Сондай-ақ иондық, гамма, электронды сәуелемен өңдеуге сараптама жүргізілген. Тозуга төзімділікті арттыру жолдарын қарастырылған. Модификациялау байланысты полимердің көлемдік және беттік қасиеттерінің өзгерісіне мысалдар келтірілген. Әр әдістің өзіндік ерекшелігі, кемшіліктері және артықшылығы анықталды. Айтылған материалдың трибологиялық және механикалық қасиеттерінің ерекшеліктері және осы қасиеттердің деформацияға әсеріне салыстырма талдау бар. ПТФЭ түрлендірудің электронды сәуелендіру әдісі бастапқы материалмен салыстырғанда сапалы материалды алуға мүмкіндігі туралы жазылған. Политетрафторэтилен кристалдық фазаның балқу температурасынан жоғары температурада сәуеленуі полимердің бірегей өзгерісі жайлы айтылады. Сондай ақ политетрафторэтиленді механикалық және трибологиялық қасиеттерін өзгертуге алғашқы сәтсіздіктерге және де қазіргі кездегі бар зерттеулер мен нәтижелерге талдау бар. Таза ПТФЭ және өңделген полимердің қасиеттері арасындағы айырмашылықтары қарастырылды. Материалдың үйкеліс мақсатында сапасын арттырудың оңтайлы жолы, қойылатын талаптар сай политетрафторэтиленнің өндірістік сапасын жоғарлатын әдісті таңдауға негіздеме бар.

Кілтті сөздер: политетрафторэтилен (ПТФЭ), электронды сәуелемен өңдеу, механикалық қасиет, трибология, деформация, тозуға төзімділік.

Кіріспе

Қазіргі уақытта машина жасау әлемдегі жетекші салалардың бірі болып саналады. Осыған байланысты машина жасау саласы көптеген материалдарды, соның ішінде полимерлерді де тұтынушы болып табылады. Шын мәнінде, полимерлер-бұл барлық қасиеттері бар әмбебап синтетикалық материалдар. Олардың кейбіреулері болат сияқты берік, ал басқалары икемділікке ие.

Полимерлер пайда болғаннан кейін іс жүзінде алмастырылмайтын болды. Енді өмірді пластмассасыз елестету мүмкін емес [1].

Бірегей физика-механикалық, химиялық және триботехникалық қасиеттеріне байланысты ПТФЭ негізіндегі полимерлі композициялық материалдар машиналардың үйкеліс түйіндерін жасау үшін кеңінен қолданылады. Алайда, оның тозуға төзімділігі төмен және жоғары сырғымаға ие, сондықтан оны құрылымдық материал ретінде пайдалану аясы шектеулі.

Политетрафторэтилен (ПТФЭ) жоғары химиялық және биологиялық қасиеттері бойынша қолайлы материал. Төзімділік, термиялық тұрақтылық, сонымен қатар оның тамаша диэлектрлік, антифрикциялық және адгезияға қарсы қасиеттері политетрафторэтиленді (ПТФЭ) көптеген өнеркәсіптер және машина жасауда әр түрлі бұйымдарды жасау үшін қолайлы материал қарастыруға болады [2].

Материалдар және зерттеу әдістері

Осы мақаланың теориялық-әдістемелік негізін шетелдік авторлардың жұмыстары құрайды. Политетрафторэтилен зерттеу барысында оның алу жолдарын және материалдық қасиеттерін өзгертуге байланысты әдістерді бағалау үшін кешенді тәсіл қолданылды, оның ішінде талдау және синтез, салыстыру және жалпылау, дедукция мен индукция, ғылыми абстракциялау және жалпылау.

Нәтижелер мен талқылаулар

Триботологиялық мақсатта қолдану үшін ПТФЭ орынды және кең таралған полимер материал болып табылады. ПТФЭ молекулаларының құрылымы үйкеліс кезінде жұқа материалдың тасымалдануын тудырады және бетке пленка үйкеліс коэффициентінің мәнін жақсартады. Ол белгілі бір триботологиялық полимерлі пластиналар мен түйіндердің өзара әрекеттесу кезінде (миллиметрдің оннан бірнеше бөлігі) өндірістік процестің нәтижесінде пайда болатын технологиялық ақаулары жоқ таза ПТФЭ өте жоғары тозу дәрежесімен сипатталады [3]. Тозуға төзімділігін жақсартудың бірнеше жолы бар, мысалы материалға әр түрлі толтырғыштарды қосу, сондай-ақ электронды-сәуле немесе гамма-сәулелік қолдану арқылы сәулелендіру [4].

Политетрафторэтилен, ПТФЭ–(CF₂-CF₂)_n – еркін радикалды механизм бойынша су ортасында қысыммен газ тәрізді тетрафторэтиленді (TFE) полимерлеу арқылы ұнтақ түрінде алынады. Полимерлеу кезінде тармақтарсыз немесе көлемді бүйірлік топтарсыз сызықты тізбектер пайда болады. Полимерлеудің бастамашысы-суда еритін пероксид, аммоний персульфаты немесе диянтар қышқылының пероксиді. Төмен температуралы полимеризация үшін тотығу катализаторы қолданылады.

Бастапқыда беттік-белсенді заттарды (беттік-белсенді заттарды) пайдаланбай ПТФЭ суспензиялық полимерлеу әдісі жасалынды. Бұл әдіс түйіршікті ұнтақты алады. Біраз жылдар өткен соң перфтороктан қышқылының аммоний тұзы сияқты перфторланған беттік-белсенді затты қолдана отырып, эмульсиялық полимерлеу әдісі қолданысқа ене бастады.

Эмульсиялық полимерлеу әдісі ПТФЭ-ді алуда су дисперсиясын және пастадан экструзия әдісімен өңдеуге жарамды жұқа дисперсті ұнтақтарды алады. Полимерлеудің температурасы мен қысымы 0-ден 100 °С-қа дейін және 0.7-ден 3.5 МПа-ға дейін.

Политетрафторэтиленді механикалық және трибологиялық қасиеттерін өзгерту үшін иондаушы сәулелерді қолданудың алғашқы әрекеттері ХХ ғасырдың 60 жылдарының өзінде жасалды [5]. Бастапқыда бұл әрекеттер тиімсіз болды, өйткені олар өте төмен дозаларда болды. Нәтижесінде ПТФЭ физикалық және механикалық қасиеттерінің нашарлауына әкелді. Сондықтан ПТФЭ сәулеленуге сезімталдығы жоғары полимерлердің бірі деп саналады [6]. Кейінгі зерттеулер сәулелендірудің бірқатар механикалық әсерлерді жақсартатынын көрсетті. Мысалы: тозуға төзімділік, ылғалдыққа төзімділік, жабысқақ беріктік, және т.б. радиацияға төзімділікке, өңдеуге, өзгерту мүмкіндігіне оң әсер етті және алынған материалдың қасиеттерін бақылау мүмкіндігі пайда болды [7]. Абразивті тозуға төзімділіктің жоғарылауы қоршаған орта температурасында сәулеленген ПТФЭ байқалды [8]. Электрондық сәулемен сәулелендіру полимер нысанасының беткі қабаттарына металл атомдарының жақсы енуіне ықпал етеді. Және де электронды сәулелік өңдеу ПТФЭ кристалдығын арттыратыны көрсетілді [10].

Алғашқы сәтсіздіктер себебі бөлме температурасында ПТФЭ-де басым болатын құбылыс оның сынуы болып табылатын негізгі полимер тізбегі, ал айқаспалы байланыс құбылысы тек ПТФЭ балку температурасына жақын температурада жүретіні анықталған [8]. Политетрафторэтилен Хатиповтың [9] еңбегінде егжей-тегжейлі сипатталған. Хатиповтың ғылыми тобы сонымен қатар 350 кГр дейін дозамен сәулеленген ПТФЭ мен таза ПТФЭ-нің үйкелісін және абразивті қасиеттерін зерттеді. Температурада сәулеленген үлгілердің үйкеліс коэффициенті анықталды. Жоғары температура материалдың бастапқы күйіндегі мәніне жақын болды, бірақ оның тозуы үш-төрт рет төмендеді. Одан бөлек, үйкеліс процесінде ешқандай тозу өнімдері байқалған жоқ, бұл ПТФЭ-ді таза деп аталатын технологияларда қолдану үшін өте маңызды болуы мүмкін, мысалы, жартылай өткізгіштер өндірісі [9].

Қазіргі зерттеулер таза политетрафторэтиленді гамма сәулелерімен сәулелендіруге бағытталған. Осы түрдегі көздердің және жеткілікті энергиясы бар көздердің болуынан материалға электрондарды бірнеше сантиметр тереңдікте енуі азырақ кездеседі [8]. Осы зерттеулердің мақсаты графиттің ұлғаюының нәтижесін зерттеуге негізделген. Қысқаша мазмұны механикалық және 10 МэВ электрон сәулесінің энергиясы бар сәулеленумен модификацияланған ПТФЭ трибологиялық қасиеттерін жақсарту. Қоршаған орта температурасындағы полимер политетрафторэтиленді өзгертуге байланысты шығындарды азайту.

Политетрафторэтилен кристалдық фазаның балку температурасынан (327 °С) жоғары температурада сәулеленуі полимердің бірегей модификациясына әкеледі, ол қазіргі кездегі ең жақсы бірнеше реттік қасиеттерге ие композициялармен салыстырғанда. Л. Я. Карпов атындағы физика-химиялық ғылыми-зерттеу институтында жүргізілген сынақ бойынша ПТФЭ түрлендірудің электронды

сәулелендіру әдісі бастапқы материалмен салыстырғанда жақсы материалды алуға мүмкіндік береді. Алынған көрсеткіштер:

- 104 есе жоғары дейінгі тозуға төзімділік;
- созылу кезінде 10 есе төмен сырғу;
- сығылу кезіндегі қайтымсыз деформация коэффициентімен 10 есеге дейін;
- 10 есе жоғары радиациялық төзімділік;
- бастапқы материал деңгейінде химиялық және биологиялық инерттілігімен, ыстыққа төзімділігімен, диэлектрлік, антифрикциялық және антиадгезиялық сипаттамаларымен;
- құрғақ үйкеліс коэффициенті 30 % - дан төмен.
- төмен температурадағы жұмыс қабілеттілігі (-80 °С дейін);
- химо-, термо-, трибо- және механикалық қасиеттері бойынша рекордтық көрсеткіштер [11]

Қорытынды

Полимерлерсіз машина жасау саласын елестету жаһандану заманында мүмкін емес. Осыған орай бірнеше түйіндеме бар

Біріншіден, модификациялаудың өзекті бағыты полимерді физика-механикалық қасиеттерін жақсартуды қамтамасыз ететін электронды сәулеленудің әсерін толық зерттеу керек.

Екіншіден, материалдарды сәулелендіру кезінде олардың ақаулы құрылымдары және соның салдарынан физика-химиялық қасиеттері өзгеретіні мәлім болды. Демек оны дамытуға себеп бар

Үшіншіден, ПТФЭ беткі қабаттарындағы құрылымдық өзгерістер туралы қолда бар деректерді талдау арқылы және бір мезгілде жүретін термодинамикалық диссипация процестеріндегі механикалық энергия кез келген түрдегі үйкеліс түйіндеріндегі қатты заттардың үйкелісі және тозуы, бұл процестердің механизмде шешуші болатындығын көрсетеді. Бұл процестер полимерлерінің тозу сипаты мен заңдылықтарын анықтайды. Сондай-ақ тозуға төзімділігін жайлы зерттеу жүргізуге болады.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Рогов, В. А., Соловьев, В. В., Копылов, В. В.** Новые материалы в машиностроении. – М. РУДН, 2008. – 324 с.

2 **Singh, S., Tyagi, M., Seshadri, G., Tyagi, A. K. Varshney, L.** Effect of gamma radiation on graphite–PTFE dry lubrication system. // *Radiat. Phys. Chem.* – 2017. – 141. – P. 213–219.

3 **Tanaka, K., Uchiyama, Y., Toyooka, S.** The mechanism of wear of polytetrafluoroethylene. // *Wear.* – 1973. – 23. – P. 153–172.

4 **Blanchet, T. A., Peng, Y. L., Nablo, S. V.** Tribology of selectively irradiated PTFE surfaces. // *Tribol. Lett.* – 1998. – 4. – P 87–94.

5 **Charlesby, A.** (Ed.) *Atomic Radiation and Polymers.* – Pergamon : Oxford, UK, 1960. – ISBN 9781483222790.

6 **Dole, M.** The Radiation Chemistry of Macromolecules // Academic Press : New York, NY, USA, 1972. – ISBN 9780323152839.

7 **Tabata, Y., Suzuki, H., Ikeda, S.** Radiation modification of PTFE and its application. // Radiat. Phys. Chem. – 2013. – 84. – P. 14–19.

8 **Tang, Z., Wang, M., Zhao, Y., Wu, G.** Radiation resistance evaluation of cross-linked polytetrafluoroethylene by the investigation of friction and wear behavior. // Radiat. Phys. Chem. – 2011. – 80. – P. 496–500.

9 **Хатипов С. А., Коиова Е. М., Артамонов Н. А.** Радиационно-модифицированный политетрафторэтилен: структура и свойства // Российский химический журнал. 2008. № 5.

10 **Васенина, И. В., Савкин, К. П., Лапут, О. А., Лыткина Д. Н., Ботвин, В. В., Медовник, А. В. Курзина, И. А.** Влияние ионно- и электронно-лучевой обработки на физико-химические свойства поверхности политетрафторэтилена // Технология поверхностей и покрытий. – том 334 . – 2018. – Ст. 134–141. – ISSN 0257-8972,

11 <http://www.karpovipc.ru/index.php/2016-01-20-06-31-54/ftoroplast>

REFERENCES

1. **Rogov, V. A., Solov'ev, V. V., Kopylov, V. V.** Novye materialy v mashinostroenii. [New materials in mechanical engineering]. – Moscow : RUDN, 2008. – 324 p.

2. **Singh, S., Tyagi, M., Seshadri, G., Tyagi, A. K., Varshney, L.** Effect of gamma radiation on graphite. – PTFE dry lubrication system. // Radiat. Phys. Chem. – 2017. 141. – 213–219.

3 **Tanaka, K., Uchiyama, Y., Toyooka, S.** The mechanism of wear of polytetrafluoroethylene. // Wear. – 1973. – 23. – 153–172.

4 **Blanchet, T. A., Peng, Y. L., Nablo, S. V.** Tribology of selectively irradiated PTFE surfaces. // Tribol. Lett. – 1998. – 4. – 87–94.

5 **Charlesby, A.** (Ed.) Atomic Radiation and Polymers. – Pergamon : Oxford, UK, 1960. – ISBN 9781483222790.

6 **Dole, M.** The Radiation Chemistry of Macromolecules. – Academic Press: New York, NY, USA, 1972. – ISBN 9780323152839.

7 **Tabata, Y., Suzuki, H., Ikeda, S.** Radiation modification of PTFE and its application. // Radiat. Phys. Chem. 2013. – 84. – 14–19.

8 **Tang, Z., Wang, M., Zhao, Y., Wu, G.** Radiation resistance evaluation of cross-linked polytetrafluoroethylene by the investigation of friction and wear behavior. // Radiat. Phys. Chem. 2011. – 80. – 496–500.

9 **Hatipov, S. A., Koiova, E. M., Artamonov, N. A.** Radiacionno-modificirovannyj politetraforetilen : struktura i svojstva [Radiation-modified polytetrafluoroethylene: structure and properties] // Rossijskij himicheskij zhurnal. – 2008. – № 5.

10 **Vasenina, I. V., Savkin, K. P., Laput O. A., Lytkina D. N., Botvin V. V., Medovnik A. V., Kurzina I. A.** Vliyanie ionno- i elektronno-luchevoj obrabotki na fiziko-himicheskie svojstva poverhnosti politetraforetilena [The effect of ion and

electron beam treatment on the physicochemical properties of the polytetrafluoroethylene surface], Tekhnologiya poverhnostej i pokrytij. –Vol. 334. – 2018. – P. 134-141. – ISSN 0257-8972.

11 [http://www.karpovipc.ru/index.php/2016-01-20-06-31-54/ftoroplast\[electronic resource\]](http://www.karpovipc.ru/index.php/2016-01-20-06-31-54/ftoroplast[electronic resource])

Материал поступил в редакцию 16.09.22.

*Е. Т. Абильмажинов¹, *К. Д. Орманбеков²*

^{1,2}Государственный университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан, г. Семей

МЕТОДЫ МОДИФИКАЦИИ ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА

В статье рассматривается о политетрафторэтилене, который в настоящее время считается оптимальным по трибологии среди полимеров, используемых в машиностроении. Показано значение ПТФЭ, применяемых в узлах машин. Описана характеристика политетрафторэтилена, относящаяся к его химической структуре. Есть несколько ответов на вопросы, касающиеся способов его получения.

Также проведена экспертиза обработки ионным, гамма, электронным излучением. Рассмотрены способы повышения износостойкости. Приведены примеры изменений объемных и поверхностных свойств полимера, связанных с модификацией. У каждого метода выявлена своя специфика, недостатки и преимущества. Имеются особенности трибологических и механических свойств упомянутого материала и сравнительный анализ влияния этих свойств на деформацию. Написано о возможности получения качественного материала по сравнению с исходным методом электронно-лучевого преобразования ПТФЭ. Политетрафторэтилен излучение кристаллической фазы при температуре выше температуры плавления говорит об уникальном изменении полимера. Есть также анализ первых неудач в изменении механических и трибологических свойств политетрафторэтилена, а также существующих в настоящее время исследований и результатов. Рассмотрены различия между свойствами чистого ПТФЭ и обработанного полимера. Оптимальный способ повышения качества материала с целью трения, обоснование выбора способа повышения производственных качеств политетрафторэтилена в соответствии с предъявляемыми требованиями.

Ключевые слова: политетрафторэтилен (ПТФЭ), электронно-лучевая обработка, механические свойства, трибология, деформация, износостойкость.

*Y. T. Abilmazhinov¹, *K. D. Ormanbekov²*

^{1,2}Semey University named Shakarim, Republic of Kazakhstan, Semey

METHODS OF MODIFICATION OF POLYTETRAFLUOROETHYLENE AND THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF ELECTRONIC RADIATION TO INCREASE MATERIAL PROPERTIES

The article covers polytetrafluoroethylene, which is considered optimal according to the current tribology guidelines among polymers used in Mechanical Engineering. The importance of PTFE used in machine assemblies is shown. A description of the chemical structure of polytetrafluoroethylene is written. There are several answers to questions about the ways to get it.

An examination of ion, gamma, and electron beam treatment was also carried out. Ways to increase wear resistance are considered. Examples of changes in the volumetric and surface properties of the polymer associated with modification are given. The peculiarity, disadvantages and advantages of each method were identified. There are features of the tribological and mechanical properties of the said material and a comparative analysis of the effect of these properties on deformation. The electronic irradiation method of PTFE conversion is written about the possibility of obtaining a quality material in comparison with the source material. Polytetrafluoroethylene crystal phase radiation at temperatures above the melting point speaks of a unique change in the polymer. There is also an analysis of the first failures and current research and results to change the mechanical and tribological properties of polytetrafluoroethylene. The differences between the properties of pure PTFE and processed polymer were considered. There is a justification for choosing a method that increases the production quality of polytetrafluoroethylene in accordance with the requirements for the optimal way to improve the quality of materials for friction purposes.

Keywords: polytetrafluoroethylene (PTFE), electron beam treatment, mechanical properties, tribology, deformation, wear resistance.

Теруге 16.09.22 ж. жіберілді. Басуға 30.09.22 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Mb RAM

Шартты баспа табағы 11,05 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 3998

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

nitk.tou.edu.kz