

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2020)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и
теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Россия)</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов Т. А.,	<i>к.т.н., доцент (Россия)</i>
Оспанова Н. Н.,	<i>к.п.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD, доцент</i>
Шокубаева З. Ж.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

<https://doi.org/10.48081/BESC6242>**Е. О. Жапаров, З. Қ. Абдикулова**

Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,
Қазақстан Республикасы, Түркістан қ.

КЕНТАУ ТРАНСФОРМАТОР ЗАУЫТЫ ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯСЫНЫҢ ТАРАТУ ҚҰРЫЛҒЫСЫН РЕКОНСТРУКЦИЯЛАУ

Қосалқы станциядағы электр қосылысының схемасы электрмен сенімді жабдықтауды, автоматтандыруды және үнемділікті, желідегі режимдік ерекшеліктерді қамтамасыз етуі тиіс. Сондықтан, бұл мақалада Кентау трансформатор зауыты қосалқы станциясының электрлік сұлбасына есептеулер жүргізілді, негізгі электр қондырғылары таңдалды. Қосалқы станцияның электр қондырғыларын таңдау мен тексеру үшін үшфазалық қысқа тұйықталу тогы анықталды, қысқа тұйықталу токтарын есептеу сұлбасы құрастырылды.

Кентау трансформатор зауытының қосалқы станциясы тарату құрылғысының схемасын өзгертіп, біршама сенімді, икемді, автоматтандыруға ыңғайлы, әрі жинақтаушы шиналардың бір жүйесінде апат болғанда электрмен жабдықтауда үзіліс болдырмайтын көпірлік схемаға ауыстыру ұсынылды.

Кілтті сөздер: электр қосалқы станциясы, электрлік сұлба, қысқа тұйықталу, күштік трансформатор, тарату құрылғысы

Кіріспе

Электрмен жабдықтау жүйесінде электр энергиясын таратуға және түрлендіруге арналған электрлік қондырғылар – қосалқы станциялар басты роль атқарады. Олар электр жүйесінің жауапты элементі болып саналады.

Сондықтан, бұл қосалқы станцияларды жобалағанда және салғанда, оларды пайдаланатын орындардың қалыпты режимде жұмыс істеуін ғана емес, апат жағдайда ажыратылғанда да (мысалы, қоректендіруші желі немесе жұмыс істейтін трансформаторлардың біреуі істен шыкса) сенімді жұмыс істеуін қамтамасыз етуі тиіс.

Қосалқы станцияларға өте жоғары талаптар қойылады [1, 2]:

1 Қосалқы станцияның электр желісінің екінші тізбегінің резервтік қорегі мен электр қондырғыларының электр торабымен байланысы болуы тиіс.

2 Бірінші немесе екінші кернеудегі шиналар зақымданған жағдайда, қосалқы станция тұтынатын орындарды қоректендіруді толық немесе жартылай қысқартуды қамтамасыз етуі тиіс.

Қосалқы станциядағы электр қосылысының схемасы арқылы қолданылған жабдықтар мен құрылғылар комплексін белгілеп, оны тұтастай салуға кеткен жұмыс көлемі мен күрделі қаржы шығынын анықтайды.

Қосалқы станциядағы электр қосылысының схемасы орнатылған жабдықтардың тек түрін және оған кеткен шығынды ғана емес, оның құрастырылуы мен конструкциялық орындалуын да, қосалқы құрылғылардың көлемін де белгілейді.

Қосалқы станциядағы электр қосылысының схемасы, оны пайдаланудың барлық кезеңіндегі режимдік сипаттамасын белгілейді. Қосалқы станцияның схемасы желі конфигурациясымен және электр жүйесінің жұмыс режимімен анықталады.

Қосалқы станциядағы электр қосылысының схемасы электрмен сенімді жабдықтауды, автоматтандыруды және үнемділікті, желідегі режимдік ерекшеліктерді қамтамасыз етуі тиіс [3, 4].

Сондықтан, қосалқы станцияның электрлік схемасын таңдау, қайта құрастыру, жетілдіру керек.

Зерттеудің нысаны

Кентау трансформатор зауыт номенклатурасына 300-ге жуық өнім түрі кіреді. Зауыт трансформатор құрылғыларымен мұнай–газ саласындағы кәсіпорындарды, құрылыс саласын, коммуналдық мекемелерді және теміржол мекемелерін жабдықтайды.

Кентау трансформатор зауыты 2008 жылдың аяғынан бастап үлкен кернеулік (35 кВА) қуаттылығы жоғары (1000-нан 25000 кВА – дейін) трансформатор шығара бастады.

Кентау трансформатор зауыты, қуаттары 63 МВА, кернеулері 115/37/6,3 кВ екі параллель жұмыс істейтін үш орамды трансформаторлары бар қосалқы станциядан қорек алады. Энергожүйенің қосалқы станциясынан зауытқа дейінгі қашықтық – 6,5 км. Зауыт екі ауысыммен жұмыс істейді.

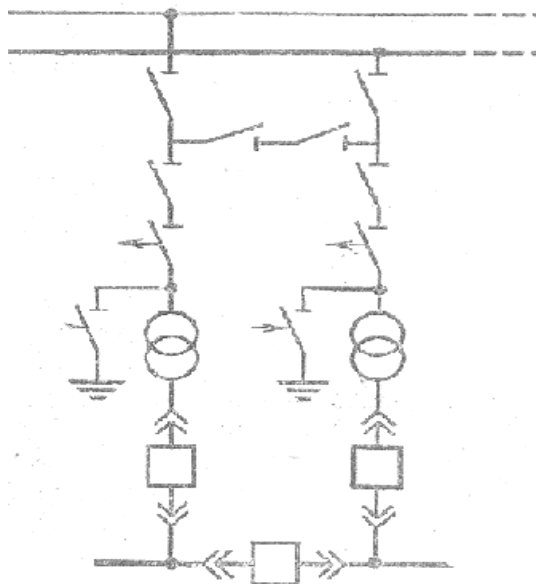
Кентау трансформатор зауытында жылдан жылға өндіріс көлемінің қарқынды өсуіне, жаңа өнімдер шығаруына, жаңа технологияларды енгізуіне байланысты, жұмыс істеп тұрған қосалқы станциялар электрмен жабдықтаудың тиісті сенімділігін қамтамасыз ете алмайды, сондықтан зауыттың қосалқы станциясының электрлік схемасын есептеу және жетілдіру қажет.

Зерттеудің әдістері мен нәтижесі

Кентау трансформатор зауыты қосалқы станциясының тарату құрылғылары трансформаторлармен блокты схема бойынша қосылған. Қосалқы станциядағы трансформатор мен осы трансформаторды қоректендіретін электр беріліс желісі бір-бірімен үздіксіз тізбек құрайды. Желі-трансформатор блогына ток тұтынатын орындардағы электр қондырғылары қосылады немесе басқа қосалқы станциядан резервті қорек алады, себебі бір желі істен шыққан жағдайда, екі трансформатор қалған желімен жұмыс істей алмайды [5, 6].

Бұл схемада ажыратқыштар, оперативті ажыратқыштар саны аз, ал оперативті айырғыштар мүлдем жоқ, сондықтан мұның өзі оны автоматтандыруды қамтамасыз етеді.

Схема біршама сенімді, икемді, автоматтандыруға ыңғайлы, әрі жинақтаушы шиналардың бір жүйесінде апат болғанда немесе жөндеу кезінде электрмен жабдықтауда үзіліс болмайды. Желі-трансформатор схемасының желідегі барлық кернеуде кеңінен қолданылуы, қарапайымдылығы, желі мен трансформатор жұмыстарының сенімділігі – блокты тұтастай қорғауға, әрі қондырғыны едәуір арзандатуға мүмкіндік береді.



Сурет 1 – Трансформаторлар мен желілердің аралығында айырғыштары бар көпірлі схема

Бұл схеманың негізгі кемшілігіне көрнектілігінің біршама төмендігін жатқызуға болады, өйткені электр берілісі жүйесінде әр түрлі қуат ағыны болуы мүмкін, ал мұның өзі бақылау және қорғау құрылғыларды таңдауды қиындата түседі.

Желі-трансформатор блогында трансформатор немесе желі істен шықса, немесе жөндеу кезінде барлық блок жұмыс істей алмайды, сондықтан тарату құрылғысының схемасын өзгертіп, көпірлік схема бойынша қосу ұсынылып отыр.

Қосалқы станцияның электр қондырғыларын таңдау мен тексеру үшін қысқа тұйықталу тоғы (қ.т.т) есептелінді, оны есептеу келесі жолдармен анықталды [7, 8]:

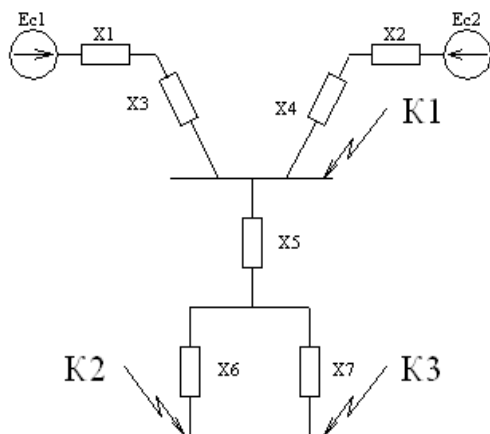
1 Электр қосылысының басты сұлбасы бойынша есептеу сұлбасы, содан кейін электр алмастыру сұлбасы қарастырылды;

2 Алмастыру сұлбасын түрлендіру жолымен біз оны жай түріне келтірдік, ол жағдайда Э.Қ.К. белгілі мәнімен сипатталатын қорек көзі, бір қорытынды кедергі арқылы қ.т. нүктесімен байланыста болуы керек;

3 Қорытынды Э.Қ.К. мен қорытынды кедергінің шамасы бойынша қ.т. тоғының периодикалық құрамының бастапқы мәні, содан соң қ.т. тоғының аперидикалық құрамасы және соққы тоқ анықталды. Сонымен қатар, электр жабдықтардың электродинамикалық төзімділігі анықталды.

Электр қондырғының есептеу сұлбасы жұмыстың қалыпты режимін көрсету керек. Сұлбада қ.т. нүктелерін, аппараттар мен өткізгіштердің неғұрлым ауыр жұмыс режимінде, қ.т. тоғының ағыны болатындай жағдайда таңдайды.

2-ші суретте қысқа тұйықталу токтарын есептеудің сұлбасы көрсетілген.



Сурет 2 – Қысқа тұйықталу токтарын есептеудің сұлбасы

Қ.т. тоқтарын есептеу кезіндегі алмастыру процесін жеңілдету үшін шамалардың барлығы базистік шарттарға келтірілді. Базистік қуаты кез-келген шамамен беріледі, ондық еселікті $S_6=100$ МВА немесе 1000 МВА қолданған ыңғайлы. Базистік кернеу, қ.т болжанатын орташа қолданыстық кернеу қадамымен (110; 37; 66 кВ) анықталды.

Базистік қуат: $S_6=1000$ МВА

Базистік кернеу: $U_{61} = 110$ кВ; $U_{62} = 37$ кВ; $U_{63} = 6,6$ кВ.

Базистік тоқ келесі формуламен анықталады:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}$$

$$I_{61} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 110} = 5.02 \text{ кА}$$

$$I_{62} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 37} = 15.60 \text{ кА}$$

$$I_{63} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6.6} = 91.64 \text{ кА}$$

Осыған сүйене отырып жеңіл түрлендіру жолымен базистік шарттағы салыстырмалы бірліктегі қ.т. тізбегінің барлық элементтерінің кедергілерін төмендегі формула бойынша анықтаймыз.

$$X'_{*C} = X_{*C} \cdot \frac{S_6}{S_C}$$

Қосалқы станцияларының тарату құрылғыларында шиналар жиі қолданылады. Себебі шиналар монтаж жасағанда немесе оларды пайдаланғанда үнемді әрі сенімді.

Шиналар қалыпты режим шарты бойынша таңдалады, сонымен қатар термиялық және электродинамикалық орнықтылыққа тексеріледі де кернеуі 20 кВ-қа дейін ЖТҚ-дағы жинақтаушы шиналары алюминийлік парактарынан жасалады.

Жұмыс режимі бойынша шина таңдау шарты

$$I_p \geq I_{ж.жум.}$$

$I_{ж.жум.}$ станция мен қосалқы станция жинақталған шиналары үшін қалыпты емес пайдалану режимдеріндегі максималды мүмкін болатын тоғы.

Шиналардағы термиялық орнықтылыққа тексеру кабельге сәйкес, яғни ең аз термиялық орнықтылықты қима анықтайды [9]:

$$S_{мин.} = \sqrt{\frac{B_k}{A_{бер.к.} - A_k}}$$

Егер шина жүктемесі жылыту шарты бойынша берілгеннен төмен болса, яғни $I_n \leq I_{бер.}$, онда шиналау қалыпты режимде жылынады және 70°C төмен болады.

Шиналар мен өткізгіштерді электродинамикалық орнықтылыққа тексеру электродинамикалық күшейту және тоқ өткізгіш құрылысының механикалық есептеуінен анықталады.

Механикалық есептеу кезінде әрбір фазаның шинасы, тіректе босап жатқан тең таралған жүктеменің әсерінен көп аралық балкаға сәйкес. Бұл жағдайда жүктеме үшін майысу моменті:

$$M = \frac{f \cdot l^2}{10}$$

мұнда l – шина бойындағы оқшаулатқыштар арасындағы арақашықтық, м;

f – шина ұзындық бірлігіне келетін күш, Н/м.

Үш фазалы қ.т. кезінде ортаңғы фазаның ұзындық бірлігіне келетін күш:

$$f_{макс} = 1,76 \cdot \frac{i_y^2}{a} \cdot 10^{-7}, \text{ Н/м}$$

мұнда, a – шектес фазалар арасындағы арақашықтық, м;

i_y – қ.т. соққы тоғы, А.

Майысу моменті әсерінен шина ішінде пайда болатын кернеуді $\delta_{бер.}$ берілетін мәнімен салыстыру қажет [10, 11]:

$$\delta_{\text{есет.}} = \frac{M}{W} = \frac{f \cdot l^2}{10W} \leq \delta_{\text{бер}}$$

мұнда, $\delta_{\text{бер.}}$ – шина кедергісінің моменті, м³.

Эртүрлі материал үшін $\delta_{\text{бер.}}$ мәні: МТ мыс – 140, АТ – 70 алюминий, болат – 160.

Кедергі моменті шина формасы өлшеміне және өзара орналасуына байланысты. Майысу күш сызығы қырына әсер еткендегі тікбұрышты кималы шина үшін

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Қорытынды

Бұл мақалада Кентау трансформатор зауытының қосалқы станциясы тарату құрылғысының блокты схемасын көпірлі схемаға ауыстыру ұсынылды, себебі бұл схемада ажыратқыштар, оперативті ажыратқыштар саны аз және желі-трансформатор блогында трансформатор немесе желі істен шықса, немесе жөндеу кезінде барлық блок жұмыс істей алмайды.

Сондықтан ұсынылып отырған көпірлік схема бір желі зақымданған кезде трансформаторды бөліп тастауға мүмкіндік береді.

Көпірлі схеманың артықшылығы: желідегі барлық кернеуде кеңінен қолданылуы, қарапайымдылығы, желі мен трансформатор жұмыстарының сенімділігі, үнемділігі, жұмыс жағдайының өзгеруіне байланысты схемалардың өзгеруіне ыңғайлығы, пайдалану қауіпсіздігі, экологиялық тазалығы.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Рожков, Л. Д.** Электрооборудование электрических станций и подстанций. – М. : Роды Софт, 2015. – 242 с.

2 **Петрова, С. С.** Проектирование электрической части станций и подстанций. – Л. : ЛПИ, 2009.

3 **Маньков, В. Д.** Основы проектирования систем электроснабжения. – СПб: «Умитц «Электро Сервис», 2010. – 664 с.

4 **Балаков, Ю. Н., Мисриханов, М. Ш.** Проектирование схем электроустановок. – М. : МЭИ, 2009. – 288 с.

5 **Ополева, Г. Н.** Схемы и подстанции электроснабжения. – М. : ФОРУМ-ИНФРА-М, 2008. – 480 с.

6 **Киреева, Э. А., Цырук, С. А.** Современные комплектные трансформаторные подстанции и распределительные устройства напряжением 6(10)–35–0,4 кВ. – М. : Энергоатомиздат, 2007. – 211 с.

7 **Леньков, Ю. А.** Расчет токов короткого замыкания, выбор коммутационных аппаратов и их уставок в электроустановках напряжением до 1000 В. – Павлодар : ПГУ, 2008. – 224 с.

8 **Крючков, И. П., Старшинова, В. А.** Короткие замыкания и выбор электрооборудования. – М. : МЭИ, 2012. – 568 с.

9 **Леньков, Ю. А.** Специальные вопросы электростанций. – Павлодар : ПГУ, 2008. – 132 с.

10 **Двоскин, Л. И.** Схемы и конструкции распределительных устройств. – М. : Энергоатомиздат, 2010. – 236 с.

11 Правила устройства электроустановок. – Астана : Министерство энергетики и минеральных ресурсов РК, 2009. – 418 с.

References

1 **Rozhkov, L. D.** E`lektrooborudovanie e`lektricheskix stancij i podstancij. [Rozhkov, L. D. Electrical equipment of power plants and substations]. – М. : Rodi Soft, 2015. – 242 p.

2 **Petrova, S. S.** Proektirovanie e`lektricheskoy chasti stancij i podstancij. [Petrova, S. S. Design of the electrical part of stations and substations]. – L. : LPI, 2009.

3 **Man`kov, V. D.** Osnovy` proektirovaniya sistem e`lektrosnabzheniya. [Mankov, V. D. Basics of designing power supply systems]. – SPb : «Umitz «Electro Service», 2010. – 664 p.

4 **Balakov, Yu. N., Misrixanov, M. Sh.** Proektirovanie sxem e`lektroustanovok. [Balakov, Yu. N., Misrikhanov, M. Sh. Electrical installation diagrams design]. – Moscow : MPEI, 2009. – 288 p.

5 **Opoleva, G. N.** Sxemy` i podstancii e`lektrosnabzheniya. [Opoleva, G. N. Power supply circuits and substations]. – М. : FORUM-INFRA-M, 2008. – 480 p.

6 **Kireeva, E. A., Cyruk, S. A.** Sovremenny`e komplektny`e transformorny`e podstancii i raspreditel`ny`e ustrojstva napryazheniem 6(10)–35–0,4 кВ. [Kireeva, E. A., Tsyruk, S. A. Modern complete transformer substations and switchgears with voltage 6 (10) -35-0.4 kV]. – М : Energoatomizdat, 2007. – 211 p.

7 **Len`kov, Yu. A.** Raschet tokov korotkogo zamy`kaniya, vy`bor kommutacionny`x apparatov i ix ustavok v e`lektroustanovkax napryazheniem do 1000 V. [Len`kov, Yu. A. Calculation of short-circuit currents, selection of switching devices and their settings in electrical installations with voltage up to

1000 V.]. – Pavlodar: PGU, 2008. – 224 p.

8 **Kryuchkov, I. P., Starshinova, V. A.** Korotkie zamy`kaniya i vy`bor e`lektooborudovaniya. [Kryuchkov, I. P., Starshinova, V. A. Short circuits and electrical selection]. – M. : MEI, 2012. – 568 p.

9 **Len`kov, Yu. A.** Special`ny`e voprosy` e`lektrostancij. [Len`kov, Yu. A. Special issues of power plants]. – Pavlodar : PSU, 2008. – 132 p.

10 **Dvoskin, L. I.** Sxemy` i konstrukcii raspredelitel`ny`x ustroystv. [Dvoskin, L. I. Schemes and designs of switchgears]. – M. : Energoatomizdat, 2010. – 236 p.

11 **Pravila ustrojstva e`lektroustanovok.** [Rules for electrical installations]. – Astana : Ministry of Energy and Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan, 2009. – 418 p.

Материал баспаға 11.12.20 түсті.

E. O. Zhaparov, Z. K. Abdikulova

Реконструкция распределительного устройства электрической подстанции Кентауского трансформаторного завода

Международный казахско-турецкий университет,
имени Ходжи Ахмеда Ясави, Республика Казахстан, г. Туркестан.

Материал поступил в редакцию 11.12.20.

E. O. Zhaparov, Z. K. Abdikulova

Reconstruction of the distribution device of the electric substation of the Kentau transformer plant

Khoja Ahmet Yasawi International Kazakh-Turkish university,
Republic of Kazakhstan, Turkestan.

Material received on 11.12.20.

Система электроснабжения предприятия должна обеспечивать бесперебойность и надежность электроснабжения как в нормальном, так и в аварийном режиме, надлежащее качество электроэнергии, экономичность производства, поэтому в статье сделан анализ режимов работы подстанции, исследована и рассчитана схема электрической сети подстанции Кентауского трансформаторного завода, рассчитаны электрические нагрузки завода, рассчитаны токи короткого замыкания и на основании результатов расчёта произведена проверка выбранного электрооборудования.

Предложены меры по реконструкции подстанции, с заменой блочной схемы распределительного устройства на схему соединения силового трансформатора с РУ шинным мостом. Проработаны основные

вопросы модернизации распределительного устройства подстанции, произведен расчет и выбор распределительных шинопроводов, для ошиновки распределительного устройства определено количество проводов с учетом экономической плотности тока.

Ключевые слова: электрическая подстанция, электрическая схема, короткое замыкание, силовой трансформатор, распределительное устройство.

Electric supply system in enterprises must provide with electrical supply continuity and reliability as in normal and accidental regimes, quality electro energetic, production efficiency, so in connection with these in the article there have been analyzed work regimes of substations, studied electrical net scheme for Kentau Transformer Plant's substation, calculated plant's loads and short circuit currents and on the base of the calculated results carried out inspection for the chosen equipment.

Offered measurements on reconstruction of the substation by replacing block scheme of switchgears to scheme of power transformer connection with DD bus bridge.

Worked out main modernization problems of the substation switchgear, done calculation and selection of distributing bus bars for arranging switchgear.

Keywords: electrical substation, electrical circuit, short circuit, power transformer, distribution device.

Теруге 11.12.2020 ж. жіберілді. Басуға 17.12.2020 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

3,99 Mb RAM

Шартты баспа табағы 26,6. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Шукурбаева

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3715

Сдано в набор 11.12.2020 г. Подписано в печать 17.12.2020 г.

Электронное издание

3,99 Mb RAM

Усл. печ. л. 26,6. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Шукурбаева

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3715

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

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

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

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

8 (7182) 67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik.tou.edu.kz