

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

№ 1 (2023)

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

<https://10.48081/BNAS6555>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., профессор

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD*
Омарова А.Р., *технический редактор*

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

© Торайгыров университет

***Л. А. Авдеев¹, А. Р. Кашлеев²**

^{1,2}Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова,
Республика Казахстан, г. Караганда
email: avdeev@kstu.kz

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯТОРА ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WiMAX

Для горнодобывающей отрасли характерны пути поиска новых решений для повышения эффективности работы автоматизации с помощью внедряемых инноваций в производство. Высокий уровень производства достигается автоматизированным управлением, которым в той или иной степени охвачены все основные и вспомогательные процессы. В настоящее время разрабатывается множество технологий, делающих данную отрасль более эффективной в плане добычи и производства, а также более безопасной.

В статье рассматривается автоматизированная система управления и контроля ВГП на шахтах и производится анализ и подбор беспроводной системы WiMAX. Основная цель – это использование беспроводного канала связи как альтернативу проводному, при построении соединения между шкафом главного управления и пунктом управления диспетчера на шахте в составе автоматизированной системы управления.

Сформированы требования к автоматизации контроля ВГП с использованием беспроводного канала связи – WiMAX. Выработаны требования к оборудованию связи и его размещению. Разработана визуализация работы локальной сети с использованием протокола STP для создания резервного канала связи.

Результатом этой статьи будет структурная схема локальной сети подключения к пульту дистанционного управления по беспроводной сети с использованием технологии WiMAX.

Ключевые слова: вентилятор главного проветривания, беспроводной канал, управление, WiMAX, автоматизация, модель, системы управления, протокол STP.

Введение

Автоматизированное централизованное управление процессами вентилятора главного проветривания (ВГП) повсеместно внедряется в горнодобывающей и различных отраслях промышленности. Данный тип управления предотвращает возникновения технологических пауз в работе системы проветривания шахты, которые могут привести к остановке горнодобывающей деятельности под землей. В основе централизации управления стоит обеспечение надежной работы без постоянного присутствия обслуживающего персонала при наличии нескольких видов управления. Системы автоматизации главного вентилятора шахты необходимы по нескольким причинам:

безопасность: вентиляция является важнейшим аспектом горных работ, поскольку помогает обеспечить безопасность дыхания подземным воздухом и снижает риск накопления вредных газов и пыли;

мониторинг в режиме реального времени для оперативного выявления любых проблем и при необходимости принятия корректирующих действий;

сбор и анализ данных: автоматизированная система может собирать данные о производительности вентилятора, его основные параметры, которые можно использовать для улучшения работы и определения областей для оптимизации.

С учетом вышесказанного и информации из [1,2], система управления и контроля ВГП должна предусматривать – разновидность методов управления и контроля; подачу световых и звуковых предупредительных сигналов; аварийное отключение и остановку вентилятора обслуживающим персоналом из машинного зала при любом виде управления; необходимые меры блокировок и защиты [3]. Таким образом, совершенствование систем автоматизации может повысить производительность и безопасность системы, что на шахтах является главным фактором.

Материалы и методы

Система контроля и управления в большинстве случаев использует физические каналы для передачи информации между своими компонентами. Введение беспроводного способа передачи данных может облегчить затратности прокладки кабеля в труднодоступных местах и исключить физическое воздействие на канал связи и осуществить подключение резервного канала связи. Повреждение кабеля приводит к возникновению риска обрыва канала, с последующим его восстановлением, что является

затратным по времени и средствам, что в условиях функционирования ВГП недопустимо. Беспроводная система не подвержена такому типу физического воздействия и исправление данного недостатка является развертывание беспроводной локальной сети (WLAN).

Структурная схема автоматизированной системы контроля управления вентилятора главного проветривания на базе САУК ВГП приведена на рисунке 1. В схеме управление происходит через шкаф управления главный (ШУГ), который получает и передает технологические команды управления на шкафы управления локальные (ШУЛ), которые связаны с отдельным вентилятором. Размещение беспроводного канала связи будет производиться между шкафом управления главного до пункта управления горного диспетчера, где из-за большого расстояния между объектами кабель более подвергнут физическому воздействию.

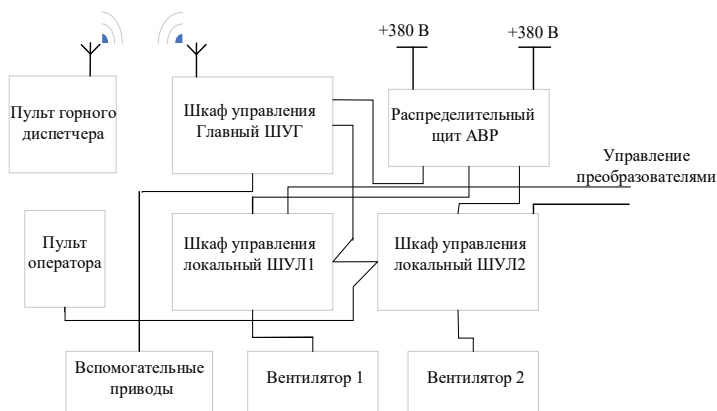


Рисунок 1 – Структурная схема системы автоматизированного управления и контроля на базе САУК ВГП

Для организации сети выбрана внешняя точка доступа по технологии WiMAX, предназначенная для установки на улице. Данная технология может обеспечить покрытие в диапазоне от нескольких до десятков километров, в зависимости от используемой полосы частоты, мощности передатчика, типа используемых антенн и среды, в которой она развернута [4].

Результаты и обсуждение

Передача данных будет происходить на расстоянии 5–10 километров, что является дистанцией между шкафом управления главного до пункта управления горного диспетчера. Для передачи сигнала по технологии

WiMAX используем метод точка-точка (PtP), когда антенны направлены максимально точно друг на друга для передачи данных между без участия других устройств или точек доступа. Для визуального проектирования сети используется программа Microsoft Visio (рисунок 2).

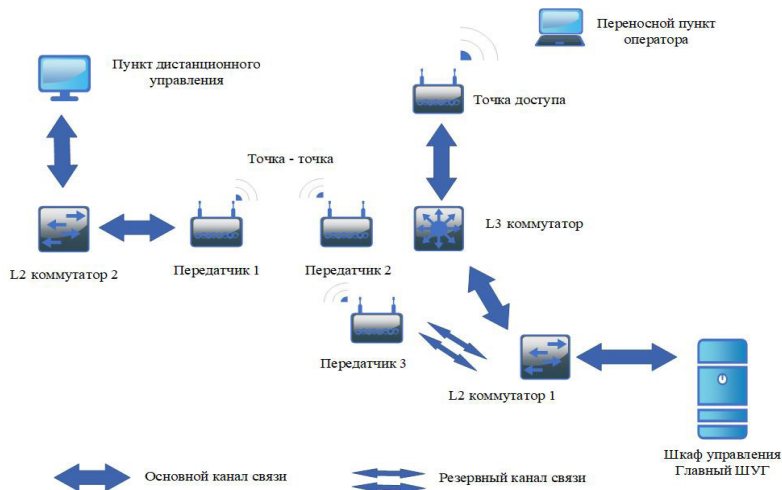


Рисунок 2 – Структурная схема сети подключения к пульту дистанционного управления

Для соединения двух антенн используется технология беспроводного моста, главным условием работы которого – прямая видимость между двумя объектами. Радиомосты с помощью технологии WiMAX подключаются между собой с помощью двух коммутаторов уровня L2, одного уровня L3 и настроенных статических IP-адресах в одной сети [5].

Организация представленной беспроводной сети подразумевает реализацию избыточности – установку моста в соединении точка-точка с использованием двух базовых станций (БС), где беспроводное соединение между передатчиком 1 и 2 является – основным каналом, а между 1 и 3 передатчиком – резервным, для реализации работоспособности системы в случае сбоя. В структуре моста настройки точек, передающих и получающих сигналы – аналогичны [6].

Дополнительно устанавливается всенаправленная точка доступа для передачи сигнала от шкафа ШУГ для переносного пункта оператора – ноутбука, или установленного по заказу предприятия компьютера для снятия показателей контроля ВГП. Для этого настраивается на L3 коммутаторе дополнительная подсеть с помощью протоколов маршрутизации, или

настраиваются статические маршруты для доступа к главной подсети. Эти методы можно использовать для назначения IP-адреса беспроводному мосту.

Для передачи сигнала используются высокопроизводительные антенны на нескольких частотах – 2.4 ГГц – 6 ГГц. Для обеспечения устойчивой работы сигнала, используется канал UNII-3-5 ГГц на частоте 5 ГГц – максимально удаленный от чужих беспроводных сетей, поскольку 2.4 ГГц не рекомендуется из-за пересечения беспроводных каналов. Это соответствует стандарту 802.11ac и обеспечивает скорость передачи данных от 433 Мбит/с в зависимости от характеристик антенны [7].

Факторы скорости передачи данных включают – полосу пропускания, линию прямой видимости, тип антенны, длину антенного кабеля и устройство, принимающее передачу. Помехи могут исходить из ряда источников, включая телефоны с частотой 2,4 ГГц, беспроводное оборудование, произведенное другими компаниями. Развертывание беспроводного сетевого оборудования необходимо проводить на высоте, для получения прямой видимости приёмника и для исключения негативного влияния на мощность WiMAX передатчика, поэтому рекомендуется делать монтаж на некотором расстоянии от металлических конструкций. Антенны, которые подключаются к мосту, нуждаются не только в визуальной прямой видимости, но и в радио прямой видимости [8].

Построение сети с использованием технологии WiMAX требует наличие точек доступа:

А. Для направленного сигнала. Точка доступа должна работать в частотном диапазоне от 5 ГГц, и предназначена для создания сетей – точка-точка. Направленность антенны – узконаправленная или секторная. Скорость передачи – 500 Мб/с. Дальность действия антенны 20 км. Присутствие настройки ширины канала 10–50 МГц, поддержание приема и передачи данных на разных частотах.

В. Для секторного или всенаправленного сигнала. Главный фактор для выбора оборудования данного типа является работа на частоте 5 ГГц и дальностью покрытия сигнала – 500 метров для секторного или 100 для всенаправленного. Для увеличения дальности работы антенны используются повторители сигнала. Наличие стандарта WiFi 5 (802.11ac). Присутствие настройки ширины канала 10–50 МГц.

Для безопасного подключения, предотвращения несанкционированного доступа и защиты конфиденциальных данных с помощью мостов должна поддерживаться эквивалентная конфиденциальность проводных сетей (WEP). Методы шифрования, такие как AES - протокол целостности временного ключа (TKIP), протокол целостности ключа Cisco (SKIP) или проверка целостности сообщений Cisco (SMIC) с WPA в дополнение к динамическому WEP с 802.1x.

Динамические ключи WEP более безопасны, поскольку динамические ключи WEP часто меняются, их труднее взломать [9].

Для организации бесперебойной сети, а именно предотвращения широковещательного шторма и дублирования пакетов между коммутаторами используется протокол STP [10]. Это происходит путем автоматической блокировки портов, которые в настоящее время не нужны для полноценного подключения. Для представления работы процесса передачи сигнала в локальной сети будет использоваться программа Cisco Packet Tracer (рисунок 3).

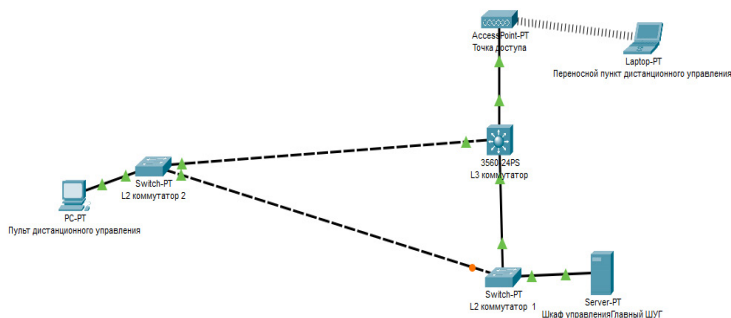


Рисунок 3 – Схема работа протокола STP в программе Cisco Packet Tracer

Протокол STP блокирует один порт (красный порт), тем самым образуя между L2 коммутаторами разрыв. Это необходимо для создания резервного канала, когда первый мост работает, а второй находится в ожидании. Он начинает работать в том случае, когда передача основного канала прерывается. Для этого выбирается корневой мост – L3 коммутатор, после определяются корневые порты на остальных коммутаторах и блокируется порт на первом L2 коммутаторе для остановки передачи данных. В такой локальной сети будет реализована полностью оптимизированная версия протокола связующего дерева. При отключении одного из портов при передаче сигнала между вторым L2 и L3 коммутаторами, корневой мост активирует заблокированный порт на первом L2 коммутаторе, и передача осуществляется через него.

Выводы

В целом, адаптация беспроводной системы вместо проводной может дать несколько преимуществ, включая большую гибкость и удобство, более

простую установку и снижение затрат. Кроме того, основное преимущество беспроводных линий связи – возможность передавать информацию от точки к точке без проводов, создавая дополнительно резервный канал связи. Поэтому разработка и внедрение беспроводных каналов связи обеспечит надежную и эффективную связь. Однако при переключении на другой канал передачи данных, необходимо учитывать несколько факторов, в том числе расстояние и физические препятствия между устройствами, возможные помехи от других беспроводных устройств или сетей, а также соображения безопасности.

Таким образом, переход от проводного способа передачи данных положительно влияет на безопасность передачи данных и является более надежным в использовании. Особое внимание нужно обратить на выбор оборудования для беспроводной связи, ведь от его мощности и пропускной способности зависит стабильная и безопасная передача данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Фешин, Б. Н.** Системы управления и контроля автоматизированных технологических комплексов : Учебное пособие. Часть 1 / Карагандинский государственный технический университет. – Караганда : Изд - во КарГТУ, 2016. – 103 с.

2 **Фешин, Б. Н.** Системы управления и контроля автоматизированных технологических комплексов : Учебное пособие. Часть 2 / Карагандинский государственный технический университет. – Караганда : Изд - во КарГТУ, 2016. – 112с.

3 Об утверждении Правил обеспечения промышленной безопасности для опасных производственных объектов угольных шахт : Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 декабря 2014 года № 351. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан. – 2015, 13 фев. – № 10255.

4 **Вишневецкий, В., Портной, С., Шахнович, И.** Энциклопедия WiMax. Путь 4G. – М. : Техносфера, 2009. – 472 с. – ISBN 978-5-94836-223-6.

5 **Шимбирёв, А. А., Тетеревлева, Ев. К., Тетеревлева, Ек. К.** Курс лекций «Компьютерные сети». – МПТ РГТЭУ, 2013.

6 **Одом, У.** Официальное руководство Cisco по подготовке к сертификационным экзаменам CCENT, CCNA. – М. [и др.] : Вильямс, 2015. – 912 с.

7 **Geier, James, T.** Designing and deploying 802.11 wireless networks : a practical guide to implementing 802.11n and 802.11ac wireless networks for enterprise-based applications. – Indianapolis : Cisco Press, 2015. – 480 p.

8 **Ерохин, Г. А., Чернов, О. В., Козырев, Н. Д., Кочержевский, В. Д.** Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. – М. : Горячая линия. – Телеком, 2007. – 496 с.

9 **Куроуз, Д.; Росс, К.** *Компьютерные сети. Нисходящий подход*. – М. : Эксмо, 2016 – ISBN : 978-5699-78090-7.

10 **Steward, B.** CCNP TSHOOT 642– 832 Quick Reference. – Cisco Press, 2010. – ISBN 1-58714-012-8.

REFERENCES

1 **Feshin, B. N.** Sistemy upravleniya i kontrolya avtomatizirovannykh tekhnologicheskikh kompleksov : Uchebnoye posobiye. Chast' 1 [Management and control systems for automated technological complexes : Textbook. Part 1]. Karaganda State Technical University. – Karaganda : Publishing house of KSTU, 2016. – 103 p.

2 **Feshin, B. N.** Sistemy upravleniya i kontrolya avtomatizirovannykh tekhnologicheskikh kompleksov : Uchebnoye posobiye. Chast' 2 [Management and control systems for automated technological complexes : Textbook. Part 2]. Karaganda State Technical University. – Karaganda : Publishing house of KSTU, 2016. – 112 p.

3 Ob utverzhdenii Pravil obespecheniya promyshlennoy bezopasnosti dlya opasnykh proizvodstvennykh ob'ektov ugol'nykh shakht: Prikaz Ministra po investitsiyam i razvitiyu Respubliki Kazakhstan ot 30 dekabrya 2014 goda № 351. [On approval of the Rules for ensuring industrial safety for hazardous production facilities of coal mines : Order of the Minister for Investment and Development of the Republic of Kazakhstan dated December 30, 2014 No. 351.] Registered with the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan. – 2015. – 13 Feb. – No. 10255.

4 **Vishnevsky, V., Portnoy, S., Shakhnovich, I.** Entsiklopediya WiMax. Put' 4G [WiMax Encyclopedia. The 4G way]. – Moscow : Technosphere, 2009. – 472 P. – ISBN 978-5-94836-223-6.

5 **Shimbirev, A. A., Teterevleva, Ev. K., Teterevleva, Ek. K.** Kurs lektsiy «Komp'yuternyye seti» [Course of lectures «Computer networks»]. – MPT RGTEU, 2013.

6 **Odom, W.** Ofitsial'noye rukovodstvo Cisco po podgotovke k sertifikatsionnym ekzamenam CCENT, CCNA [Official Cisco Guide to Preparing for CCENT, CCNA Certification Exams]. – Moscow [and others] : Williams, 2015. – 912 p.

7 Geier, James, T. Designing and deploying 802.11 wireless networks : a practical guide to implementing 802.11n and 802.11ac wireless networks for enterprise-based applications. – Indianapolis : Cisco Press – 2015. – 480 p.

8 **Erokhin, G. A., Chernov, O. V., Kozyrev, N. D., Kocherzhevsky, V. D.** Antenno-fidernyye ustroystva i rasprostraneniye radiovoln [Antenna - feeder devices and radio wave propagation.] – Moscow : Hotline – Telecom, 2007. – 496 p.

9 **Kurose, D.; Ross, K.** Komp'yuternyye seti. Niskhodyashchiy podkhod' [Computer networks. Top-down approach'] – Moscow : Eksmo. – 2016 – ISBN : 978-5-699-78090-7.

10 **Steward, B.** CCNP TSHOOT 642–832 Quick Reference. – Cisco Press, 2010. – ISBN 1-58714-012-8

Материал поступил в редакцию 13.03.23.

*Л. А. Авдеев¹, А. Р. Кашлев²

^{1,2}Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Қарағанды қ.

Материал баспаға 13.03.23 түсті.

WiMAX КӨМЕГІМЕН НЕГІЗГІ ЖЕЛДЕТКІШ ЖЕЛДЕТКІШІН БАСҚАРУДЫҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Тау-кен өнеркәсібі өндіріске енгізілген инновациялар арқылы автоматтандырудың тиімділігін арттырудың жаңа шешімдерін табу жолдарымен сипатталады. Өндірістің жоғары деңгейіне автоматтандырылған басқару арқылы қол жеткізіледі, ол белгілі бір дәрежеде барлық негізгі және қосалқы процестерді қамтиды. Қазіргі уақытта өндірісті өндіру және өндіру тұрғысынан тиімдірек, сонымен қатар қауіпсіз ету үшін көптеген технологиялар әзірленуде.

Мақалада шахталардағы VGP үшін автоматтандырылған басқару және бақылау жүйесі талқыланады және WiMAX сымсыз жүйесі талданады және таңдалады. Басты мақсат – автоматтандырылған басқару жүйесінің бөлігі ретінде шахтадағы бас басқару шкафы мен диспетчерлік басқару бөлмесі арасындағы байланысты құру кезінде сымды байланыс арнасына балама ретінде сымсыз байланыс арнасын пайдалану.

Сымсыз байланыс арнасы – WiMAX көмегімен VGP басқаруын автоматтандыруға қойылатын талаптар. Байланыс жабдығына және оны орналастыруға қойылатын талаптар әзірленді. Байланыстың резервтік арнасын құру үшін STP хаттамасы арқылы жергілікті желі жұмысының визуализациясы әзірленді.

Осы мақаланың нәтижесі WiMAX технологиясын пайдаланып сымсыз желі арқылы қашықтан басқару құралына қосылатын жергілікті желінің блок-схемасы болады.

Кілтті сөздер: негізгі желдеткіш, сымсыз арна, басқару, WiMAX, автоматика, модель, басқару жүйелері, STP хаттамасы.

*L. A. Avdeev¹, A. R. Kashlev²

^{1,2}Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov

Republic of Kazakhstan, Karaganda

Material received on 13.03.23

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR THE MAIN VENTILATION FAN CONTROL USING WIMAX

The mining industry is characterized by ways to find new solutions to improve the efficiency of automation through innovations introduced into production. A high level of production is achieved by automated control, which, to one degree or another, covers all the main and auxiliary processes. Many technologies are currently being developed to make the industry more efficient in terms of extraction and production, as well as safer.

The article discusses the automated control and monitoring system for VGP in mines and analyzes and selects a WiMAX wireless system. The main goal is to use a wireless communication channel as an alternative to a wired one when building a connection between the main control cabinet and the dispatcher's control room at the mine as part of an automated control system.

The requirements for the automation of VGP control using a wireless communication channel – WiMAX. Requirements for communication equipment and its placement have been developed. A visualization of the local network operation using the STP protocol has been developed to create a backup communication channel.

The result of this article will be a block diagram of a local area network connecting to a remote control over a wireless network using WiMAX technology.

Keywords: main ventilation fan, wireless channel, control, WiMAX, automation, model, control systems, STP protocol.

Теруге 13.03.2023 ж. жіберілді. Басуға 31.03.2023 ж. кол қойылды.

Электронды баспа

3,44 Мб RAM

Шартты баспа табағы 23.59. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 4039

Сдано в набор 13.03.2023 г. Подписано в печать 31.03.2023 г.

Электронное издание

3,44 Мб RAM

Усл. печ. л. 23.59. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4039

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 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

www.vestnik-energy.tou.edu.kz