

УДК 620.9:62-93

DOI: 10.24160/1993-6982-2018-1-16-21

### Проблемы и перспективы технического перевооружения электростанций Монголии

У. Батсамбуу, А.А. Дудолин

Проанализировано состояние энергетики Монголии, структура энергосистемы и основные ее характеристики. Рассмотрены пять независимых энергосистем, дана информация по количеству потребителей и охвату территории страны, указана доля электрических мощностей существующих источников. Приведена информация по состоянию Центральной электроэнергетической системы (ЦЭЭС) в целом. Представлены основные виды потребляемых первичных энергетических ресурсов Монголии, в том числе самые значимые месторождения, и количество запасов бурого и каменного угля. Даны основные законы и государственные программы по развитию топливно-энергетического комплекса страны.

Показаны планы строительства новых энергоисточников, утвержденных Министерством энергетики Монголии в стратегиях развития работ на 2015 — 2030 гг., основные проблемы, стоящие перед энергетикой страны, и пути их решения.

Предложен вариант повышения тепловой экономичности электростанций Монголии путем создания новых энергоблоков на базе парогазовой установки с внутрицикловой газификацией угля.

*Ключевые слова:* твердое топливо, парогазовая установка, внутрицикловая газификация, энергетика Монголии.

*Для цитирования:* Батсамбуу У., Дудолин А.А. Проблемы и перспективы технического перевооружения электростанций Монголии // Вестник МЭИ. 2018. № 1. С. 16—21. DOI: 10.24160/1993-6982-2018-1-16-21.

### Challenges Faced by Power Plants in Mongolia and Prospects for Their Technical Upgrading

U. Barsambuu, A.A. Dudolin

The existing condition of the energy sector of Mongolia, the country's power system structure and its main characteristics are analyzed. Five independent power systems are considered; information on the number of consumers and on the coverage of the country's territory by these power systems is given and the shares of the electrical capacities of existing sources are indicated. Information on the state of the country's Central Electric Power System as a whole is presented. The main kinds of consumed primary energy resources of Mongolia are pointed out including the most significant fields and reserves of brown and black coal. The key laws and state programs for developing the country's fuel and energy complex are mentioned.

The plans for constructing new energy sources that have been approved by the Mongolian Ministry of Energy in the work development strategies for 2015 — 2030 are outlined together with the main challenges faced by the country's power industry and the ways of solving them.

A version aimed at achieving better thermal efficiency of power plants in Mongolia through constructing new power units based on the IGCC technology is proposed.

*Key words:* solid fuel, combined-cycle power plant, integrated gasification combined cycle technology, Mongolian power industry.

*For citation:* Barsambuu U., Dudolin A.A. Challenges Faced by Power Plants in Mongolia and Prospects for Their Technical Upgrading. MPEI Vestnik. 2018;1:16—21. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2018-1-16-21.

Площадь территории Монголии составляет более 1,5 млн км<sup>2</sup>, а численность населения — около 3 млн человек. Страна богата различными полезными ископаемыми, обладает значительными запасами угля, горючего сланца, которые являются основным сырьем для энергетики, также имеются другие виды перспективных энергетических ресурсов. Все это учитывается при формировании стратегических направлений развития энергосистемы страны.

Энергохозяйство Монголии условно разделено на пять электроэнергосистем (ЭЭС): Центральную (ЦЭЭС), Восточную (ВЭЭС), Западную (ЗЭЭС), Алтай-Улиастайскую (АУЭЭС) и Южно-Гобийскую (ЮЭЭС). Условность деления заключается в том, что в некоторые ЭЭС обладают только одним собственным источником. Энергетическая отрасль страны состоит из восьми теплоэлектроцентралей (ТЭЦ), двух гидроэлектростанций (ГЭС) на реках Доргон и Тайшир и двух дизельных станций (ДЭС) в городах Алтай и Улиастай. Для транспортировки и потребления энергии используются пять 220 кВ подстанций с протяженностью линий электропередач — 1400 км, тридцать 110 кВ подстанций с протяженностью линий — 4240 км и 3300 подстанций с уровнем напряжения от 0,4 до 35 кВ. Общая протяженность линий электропередач в Монголии равна 32 200 км [1].

Существующая структура электроэнергетической системы Монголии приведена на рис. 1, а количественная характеристика входящих в нее пяти независимых систем — в табл. 1.

Из данных, приведенных в табл. 1, следует, что 92,5 % генерирующих мощностей Монголии сосре-

доточено в ЦЭЭС, которая охватывает более 60 % территории страны. Почти все ее источники, за исключением Салхитийнской ветряной электростанции (ВЭС) (50 МВт), Буянт-Ухааской (0,4 МВт) и Дарханской солнечных электростанций (СЭС) (10 МВт), представлены ТЭЦ с комбинированным производством электрической и тепловой энергии. В структуре генерирующей мощности электроэнергетической системы в целом 91,13 % составляют ТЭЦ; 1,56 % — конденсационные электростанции (Ухаа-Худагский КЭС), работающие на бурых углях; 4,33 % — ВЭС; 2,08% — ГЭС и 0,90 % — СЭС. Доля возобновляемых источников энергии в общем производстве электроэнергии не превышает 7,31 %. В приведенной структуре не учтены ДЭС аймачных и сомонных центров, работающие в аварийном режиме и ГЭС местного значения [1].

Для обеспечения успешного экономического развития любой страны важно наличие первичных энергетических ресурсов (рис. 2). Монголия обладает богатыми запасами бурых и каменных углей [2 — 4]. Общегеологические запасы угля оцениваются в 150 млрд т, из них более 20 млрд т являются подтвержденными производственными запасами. Они расположены в Баганурском, Шивэ-Овооском, Тэвшийн-Гобийском, Цайдамнурском буроугольных, Налайском, Шарын-Гольском, Нуурстхотгорском, Улан-Овооском каменноугольных и Тавантолгойском коксующемся угольном месторождениях. Из этих запасов 12,2 млрд т угля могут быть использованы в энергетических целях. Основную часть энергетических углей (10,1 млрд т) составляет бурый уголь. По геологическим данным в настоящее время зарегистрировано 85 уголь-

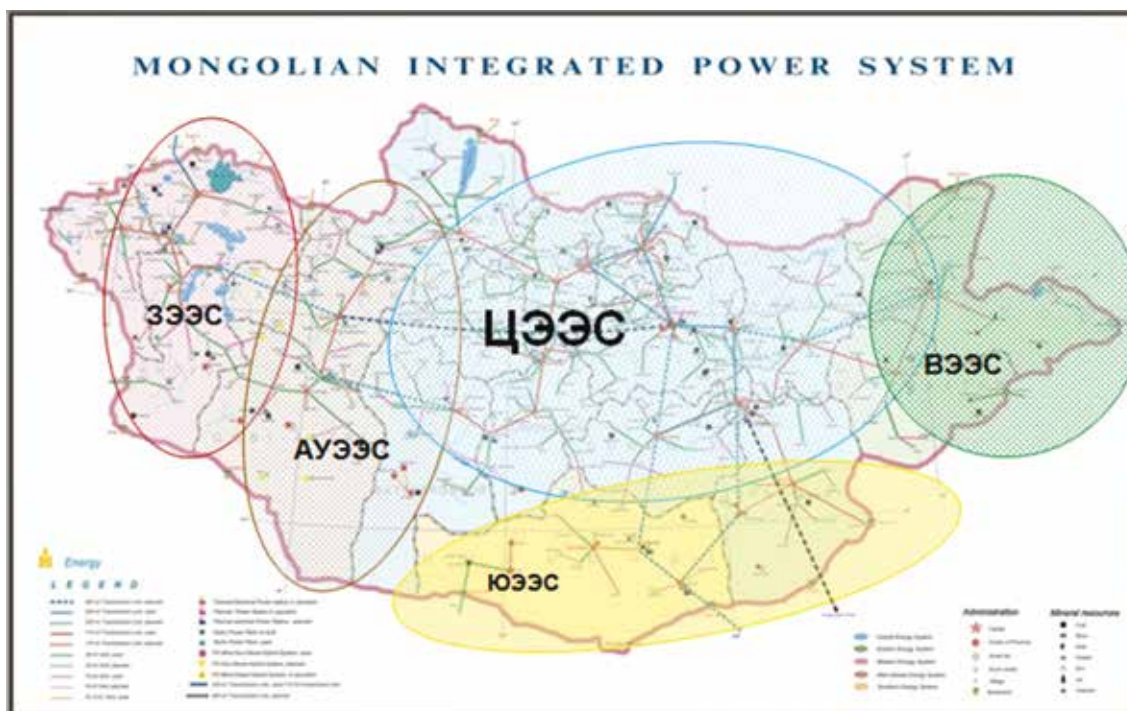


Рис. 1. Электроэнергетические системы Монголии

## Характеристики электроэнергетических систем Монголии

ЭЭС	Источники ЭЭ		Примечание
	Наименование	Установочная мощность, МВт	
ЦЭЭС	ТЭЦ-2	21,5 (2,01 %)	ЦЭЭС снабжает электроэнергией 13 аймаков, 1690 тыс. чел., охватывает 60 % территории Монголии
	ТЭЦ-3	198 (18,6 %)	
	ТЭЦ-4	703 (65,82 %)	
	СВЭС	50 (4,7 %)	
	ЭТЭЦ	36 (3,4 %)	
	ДартЭЦ	48 (4,5 %)	
	ДарСЭС	10 (0,93 %)	
	БУСЭС	0,4 (0,04 %)	
Всего		1066,9 (100 %) (92,5 %)	
ЗЭЭС	Дургэн ГЭС	12 (100 %)	ВЛ-110 кВ протяженностью 800 км работает параллельно с Красноярской ЭЭС РФ, обеспечивает 110 тыс. чел.
Всего		12 (100 %) (1,13 %)	
ЮЭЭС	ДзТЭЦ	9 (33,3 %)	В данном районе интенсивно развивается горная промышленность: медно-молибденовое предприятие Оюутолгой, угольный бассейн Тавантолгой
	ТТКЭС	18 (66,7 %)	
Всего		27 (100 %) (2,32 %)	
АУЭЭС	Тайшир ГЭС	11 (100 %)	Связано с ЗЭЭС по одноцепной ВЛ-35 кВ и с ЦЭЭС по одноцепной ВЛ-110 кВ
Всего		11 (100 %) (0,95 %)	
ВЭЭС	ДортЭЦ	36 (100 %)	Связано с ЦЭЭС по одноцепной ВЛ-110 кВ, снабжает 60 тыс.чел.
	Всего		
Всего		1152,9 (100 %)	

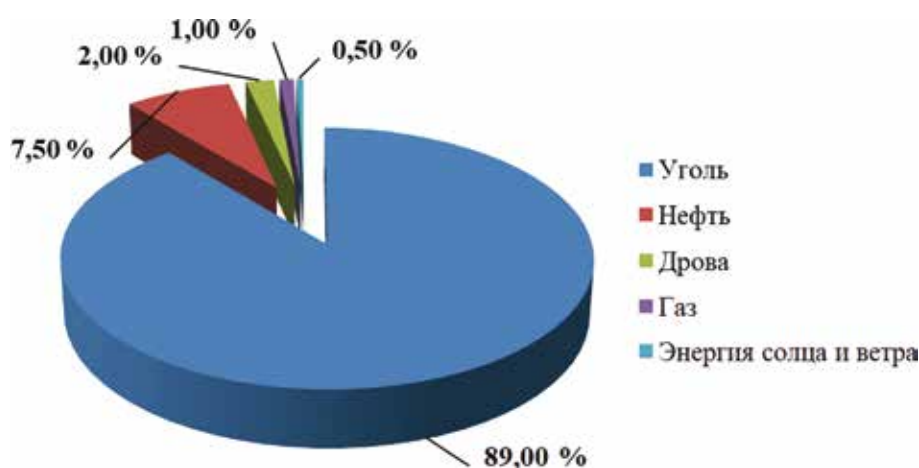


Рис. 2. Структура потребления первичных энергетических ресурсов Монголии

ных месторождений и 246 проявлений [3]. Для Монголии уголь является самым масштабным ископаемым природным топливным ресурсом, так как его геологические и разведанные производственные запасы многократно превышают потребление страны не только в настоящее время, но и в будущем.

Развитие топливно-энергетического комплекса Монголии регламентируется:

- законами об энергетике (принят в феврале 2001 г. для регулирования вопросов, относящихся к выра-

ботке, передаче, распределению и поставкам электроэнергии, строительству энергетических установок и потреблению электроэнергии за счет использования энергетических ресурсов) и о возобновляемой энергетике (принят в январе 2007 г. для регулирования производства и поставок электроэнергии с использованием возобновляемых источников энергии)

- национальными программами «100 000 солар гэр» («100 000 солнечных юрт») (принята в 1999 г. для обеспечения кочевых семей бытовыми гелиоустанов-

ками, реализована в 2000 — 2010 гг.) и развития возобновляемой энергетики (принята в июне 2005 г. для продвижения и расширения работы по развитию возобновляемой энергетики в Монголии, должна быть реализована в два этапа (с 2005 по 2020 гг.);

- стратегией «Цель развития тысячелетия» (должна быть реализована в период с 2008 по 2021 гг.);
- программой развития комплексной энергетической системы (принята в мае 2002 г. для формирования комплексной энергосистемы Монголии, должна быть реализована в три этапа (с 2007 по 2040 гг.)).

Монголия обладает значительным потенциалом солнечной энергии. Уровень солнечного излучения примерно на 71 % территории 5,5...6,0 кВт·ч/м<sup>2</sup> в сутки при 2900...3000 солнечных часов в год, на остальной территории — 4,5...5,5 кВт·ч/м<sup>2</sup> в сутки при 2600...2900 солнечных часов в год. Среднегодовой объем солнечной энергии составляет 1400 кВт·ч/м<sup>2</sup>/год [5].

Центральной задачей государственного плана развития энергетики, направленного на повышение доли ВИЭ, является достижение уровня 20 % к 2020 г. и 30 % к 2030 г.

Малая солнечная энергия — доступный источником энергоснабжения для освещения и хозяйственно-бытовых нужд в сельских районах. Однако, если сопоставить представленные в табл. 2 технологии, то видно, что электроэнергия, получаемая на СЭС, самая дорогая. Вместе с тем совершенствование технологии приводит к постепенному снижению стоимости электрической энергии и в долгосрочной перспективе в энергетике Монголии должны быть осуществлены проекты строительства СЭС с большими мощностями.

Таблица 2

#### Сравнение стоимости выработки электроэнергии за счет различных источников энергии

Способ получения электроэнергии	Стоимость, центов за 1кВт·ч
Газовые и угольные ТЭС	3,9...5,5
Био ТЭС	2,9...9
ВЭС	3,8...6
ГеоТЭС	3,9...30
ГЭС	5,1...11
СЭС	15...30

Несмотря на бурное развитие солнечной и распределенной энергетики на первом этапе развития топливной промышленности Монголии решается задача укрепления топливной базы страны путем минерализации топливно-энергетического баланса (ТЭБ), которая успешно была выполнена путем промышленного освоения нескольких крупных месторождений в 70-е гг. XX в.

С 2007 г. ЦЭЭС испытывает дефицит электроэнергии, вплотную приблизившись к пиковому потреблению. В последние годы были реализованы проекты, связанные с расширением установленной электрической мощности: в 2013 г. запущен ветровой парк Салхит мощностью 50 МВт; в 2014 г. на ТЭЦ-3 введено 50 МВт, а в 2015 г. на ТЭЦ-4 — 123 МВт. В среднем за год потребление растет на 5,7 %. Дефицит мощности покрывается за счет импорта электроэнергии из РФ по договору, подписанному между двумя странами. Суммарная импортируемая электроэнергия ЦЭЭС в 2001 г. составила 411,3 МВт, в 2010 г. — 260,3 МВт, в 2011 г. — 198,5 МВт [1].

Вторая проблема связана с существующей структурой генерирующих мощностей системообразующих источников ЦЭС, которая состоит из ТЭС с турбоагрегатами Т-120/130-130-8МО, Т-100/120-130-4, ПТ-80/100-130-13, ПТ-25-90/10М, ПТ-12-35/10М и котлоагрегатами, работающими на бурых углях, типа БКЗ-420-140-10С, БКЗ-220-100-4С и БКЗ-75-39ФБ. При этом свыше 90 % основного оборудования выработало расчетный ресурс, но до сих пор продолжает эксплуатироваться. Все станции устарели и самая молодая из них ТЭЦ-4 (г. Улан-Батор), построенная еще в 1983 г., также достигла этого состояния [1].

Минэнерго Монголии утвердило стратегию развития работ на 2015 — 2030 гг., в которой намечено строительство новых электростанций (табл. 3). Было также принято решение по расширению уже действующих ТЭС, что позволит повысить мощность и ликвидировать нехватку тепловой и электрической энергии. При этом следует учитывать мировой опыт по внедрению новых развивающихся технологий, который указывает на возможности по повышению эффективности использования твердого топлива [1].

В качестве примера возьмем ТЭЦ-4, самую крупную электростанцию в Монголии, на которой в 2015 г. была установлена новая паровая турбина марки Т-120/130-130-8МО. В результате реконструкции все восемь паровых котлов БКЗ-420-140-10С с суммарной паропроизводительностью 3600 т/ч практически исчерпали свой резерв по пару и стали работать с суммарным расходом пара на турбину 3218,4 т/ч [6]. Пример показывает, что дальнейшее расширение путем установки турбоагрегатов без установки новых паровых котлов невозможно. Подобная ситуация существует на многих станциях ЦЭЭС, поэтому целесообразно на каждой станции устанавливать полный энергоблок.

Решение указанных выше вопросов возможно путем дальнейшего совершенствования традиционных термодинамических циклов и повышения параметров пара путем перехода к бинарным циклам с использованием двух видов рабочих тел, которое возможно в па-

## План ввода новых энергоблоков на действующих энергообъектах

Энергообъект	Местоположение	Установочная мощность, МВт	Срок сдачи в эксплуатацию
ТЭЦ-3	г. Улан-Батор	250	2016 — 2018
Дархан ТЭЦ	г. Дархан	35	2017
Эрдэнэт ДЦС	г. Эрдэнэт	50	2016 — 2017
ТЭЦ-5	г. Улан-Батор	450	2016 — 2019
Тавантолгой ТЭС	а. Өмнөговь	450	2016 — 2019
Багануур ТЭЦ	г. Багануур	700	2016 — 2018
Тэлмэн ТЭС	а. Завхан	100	2016 — 2017
Дорнод ТЭЦ	г. Чойбалсан	100	2016 — 2018
ББЭХС		600...100	2016 — 2019
Эгийн гол ГЭС	а. Сэлэнгэ	325	2016 — 2020
Чандгана КЭС	а. Хэнтий	600	2016 — 2020

рогазовых энергоблоках. Однако для работы классических парогазовых установок утилизационного типа нужно газовое топливо, запаса которого на сегодняшний день Монголия не имеет. Вместе с тем разработано множество способов по деструктивной переработке твердого топлива или продуктов переработки нефти с получением синтез-газа. Полученный газ после соответствующей дочистки может рассматриваться как экологически чистое топливо, которого вполне эффективно может применяться на ТЭС с парогазовыми энергоблоками [7, 8].

Перспективной технологической схемой создания ПГУ на твердом топливе является внутрицикловая газификация угля (ВЦГ) и сжигание синтетического генераторного газа в камере сжигания ГТУ. По сравнению с обычной технологией ПГУ с ВЦГ угля:

- уменьшит выбросы углекислого и парникового газа в атмосферу на 37 %, NO<sub>x</sub> и SO<sub>x</sub>, порождающих кислотные дожди, на 90 %;
- значительно (до 45...50 %) повысит энергетический КПД ТЭС путем включения в ее тепловую схему парогазовых установок, работающих на очищенном генератором газе;
- позволит использовать синтез-газ для производства синтетических видов топлива и других веществ на их основе, а также шлаки в строительной промышленности;
- обеспечит экономию топлива до 20 %, снизит металлозатраты на оборудование и себестоимость вырабатываемой электроэнергии;
- предоставит возможность использовать энергетическое топливо низкого качества (уголь с большим содержанием серы, золы, влаги и т. п.) со снижением вредных выбросов в окружающую среду (табл. 4) [9].

Таблица 4

## Сравнение годовых выбросов парового пылеугольного энергоблока и ПГУ с ВЦГ

Загрязнитель	Годовые выбросы в атмосферу, т	
	паровой пылеугольный энергоблок	ПГУ с ВЦГ
Окись углерода CO	3248	564
Оксиды азота NO <sub>x</sub>	1906	1396
Диоксид серы SO <sub>2</sub>	4060	1117
Ртут Hg	0,03	0,01
Флюориды (на HF)	24	0,50
Сернокислый туман	271	26
Частицы (10 мкм)	487	199
Всего	9996	3303

Таким образом, создание подобных энергоблоков для Монголии решит задачи как повышения электрической мощности ТЭС и их экономичности, так и сокращения вредного воздействия на окружающую среду.

## Литература

1. Минэнерго Монголии [Официальный сайт] <http://energy.gov.mn/> (дата обращения 16.02.2017)
2. Цэдэндамба Д. Уголь. Топливная база МНР. Улан-Батор, 1982.
3. Очирбат П. Стратегия развития минерально-сырьевого комплекса Монголии. М.: Изд-ва МГТУ, Горная книга, 2007.
4. Очирбат П. Стратегия и экология угольной промышленности. Улан-Батор: МГУНТ, 2002.
5. Energy Charter Secretariat. Углубленный обзор по инвестиционному климату и структуре рынка в

энергетическом секторе Монголии [Официальный сайт] [http://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/ICMS/ICMS-Mongolia\\_2013\\_ru.pdf](http://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/ICMS/ICMS-Mongolia_2013_ru.pdf) (дата обращения 14.02.2017)

6. **Теплоэлектростанция № 4** [Официальный сайт] <http://tpp4.mn/> (дата обращения 11.01.2017).

7. **Грачев В.А.** Сравнение экологической эффективности различных источников энергии // Атомная энергия, общество, безопасность — 2014: Материалы IX Международного общественного форума-диалога, 2014.

8. **Белосельский Б.С.** Внутрицикловая газификация твердого топлива на электростанциях с получением экологически чистого газа. М.: Изд-во МЭИ, 1996.

9. **Туманский А.Г., Тугов А.Н., Росляков П.В.** Энергетические парогазовые установки с внутрицикловой газификацией угля. М.: Изд-во МЭИ, 2014.

---

## References

---

1. **Minenergo Mongolii** [Официальный сайт] <http://energy.gov.mn/> (Data Obrashcheniya 16.02.2017) (in Russian).

2. **Tsedendamba D.** Ugol'. Toplivnaya Baza MNR. Ulan-Bator, 1982. (in Russian).

3. **Ochirbat P.** Strategiya Razvitiya Mineral'no-Syr'evogo Kompleksa Mongolii. M.: Izd-va MGGU, Gornaya Kniga, 2007. (in Russian).

4. **Ochirbat P.** Strategiya i Ekologiya Ugol'noy Promyshlennosti. Ulan-Bator: MGUNT, 2002. (in Russian).

5. **Energy Charter Secretariat.** Uglublennyy Obzor po Investitsionnomu Klimatu i Strukture Rynka v Energeticheskom Sektore Mongolii [Официальный сайт] [http://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/ICMS/ICMS-Mongolia\\_2013\\_ru.pdf](http://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/ICMS/ICMS-Mongolia_2013_ru.pdf) (Data Obrashcheniya 14.02.2017) (in Russian).

6. **Теплоэлектростанция № 4** [Официальный сайт] <http://tpp4.mn/> (Data Obrashcheniya 11.01.2017) (in Russian).

7. **Grachev V.A.** Sravnenie Ekologicheskoy Effektivnosti Razlichnykh Istochnikov Energii // Atomnaya Energiya, Obshchestvo, Bezopasnost' — 2014: Materialy IX Mezhdunar. Obshchestven. Forum-dialoga, 2014. (in Russian).

8. **Belosel'skiy B.S.** Vnutritsiklovaya Gazifikatsiya Tverdogo Topliva na Elektrostantsiyakh s Polucheniem Ekologicheskogo Chistogo Gaza. M.: Izd-vo MPEI, 1996. (in Russian).

9. **Tumanskiy A.G., Tugov A.N., Roslyakov P.V.** Energeticheskie Parogazovye Ustanovki s Vnutritsiklovoy Gazifikatsiey Uglya. M.: Izd-vo MPEI, 2014. (in Russian).

---

## Сведения об авторах

---

**Батсамбуу Улзийбадрах** — аспирант кафедры тепловых электрических станций НИУ «МЭИ», e-mail: [bulziibadrah@yahoo.com](mailto:bulziibadrah@yahoo.com)

**Дудолин Алексей Анатольевич** — кандидат технических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой тепловых электрических станций НИУ «МЭИ», e-mail: [dudolinAA@mpei.ru](mailto:dudolinAA@mpei.ru)

---

## Information about authors

---

**Barsambuu Ulzuybadrekh** — Ph.D.-student of Thermal Power Plants Dept., NRU MPEI, e-mail: [bulziibadrah@yahoo.com](mailto:bulziibadrah@yahoo.com)

**Dudolin Aleksey A.** — Ph.D. (Techn.), Assistant Professor, Deputy Head of Thermal Power Plants Dept., NRU MPEI, e-mail: [dudolinAA@mpei.ru](mailto:dudolinAA@mpei.ru)

*Статья поступила в редакцию 15.03.2017*