УДК 621.373.826:536.2
DOI 10.58649/1694-9099-2026-2-451-439

Усенканов Дж.О., Султаналиев М.С.
Жусуп Баласагын атындагы КУУ,
Энергетика илим-изилдөө институту
Усенканов Дж.О., Султаналиев М.С.
КНУ имени Жусупа Баласагына,
Научно-исследовательский институт энергетики
Usenkanov Dzh.O., Sultanaliev M.S.
KNU Jusup Balasagyn,
Research Institute of Energy

КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНДА КӨМҮР КЕНДЕРИНИН БАЗАСЫНДА АЛАРДЫН ТЕРМОФИЗИКАЛЫК ЖАНА ТЕХНОЛОГИЯЛЫК КАСИЕТТЕРИН ЭСКЕ АЛУУ МЕНЕН ӨНДҮРҮҮЧҮ КУБАТТУУЛУКТАРДЫ ӨНҮКТҮРҮҮНҮН ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГЕНЕРИРУЮЩИХ МОЩНОСТЕЙ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ НА БАЗЕ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С УЧЕТОМ ИХ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТЕЙ
PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF GENERATING CAPACITIES IN THE KYRGYZ REPUBLIC BASED ON COAL DEPOSITS, TAKING INTO ACCOUNT THEIR THERMOPHYSICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES

Кыскача мүнөздөмө: Кыргыз Республикасынын энергетика тармагындагы учурдагы татаал кырдаал көптөгөн факторлор менен шартталган. Алардын катарына электр энергиясына болгон суроо-талапты, айрыкча кыш мезгилиндеги жүктөмдөрдү жабуу үчүн жаңы өндүрүүчү кубаттуулуктарды ишке киргизүүдөгү көйгөйлөр, ошондой эле энергетика системасынын диверсификацияланбагандыгы кирет. Отун-энергетикалык баланста электр энергиясын өндүрүүнүн негизги булагы катары гидроэлектр станциялары басымдуулук кылат. Бул көйгөйдү чечүүнүн эң реалдуу жолдорунун бири - жергиликтүү көмүр кендеринин базасында чакан жылуулук электр станцияларын (ЖЭС) же жылуулук электр борборлорун (ЖЭБ) куруу. Энергетика секторун мындай диверсификациялоо өлкөнүн суу-энергетикалык системасына түшкөн жүктү азайтып, жалпысынан отун-энергетикалык балансты оптималдаштырууга өбөлгө түзөт.

Аннотация: Сложная ситуация, в которой в настоящее время находится энергетическая отрасль Кыргызской Республики, обусловлена многими факторами. К их числу относятся проблемы ввода новых генерирующих мощностей для покрытия электрических нагрузок, особенно в зимнее время, а также отсутствие диверсификации энергетической системы. В топливно-энергетическом балансе основными источниками генерации остаются гидроэлектростанции. Одним из наиболее реальных путей решения данной задачи является строительство небольших ТЭС или ТЭЦ на базе собственных месторождений угля. Такая диверсификация энергетического сектора позволит снизить нагрузку на водно-энергетическую систему страны и в целом будет способствовать оптимизации топливно-энергетического баланса.

Abstract: The current challenging situation in the energy sector of the Kyrgyz Republic is caused by many factors. These include difficulties in commissioning new generating capacities to cover electricity loads, especially in winter, as well as the lack of diversification of the energy system. Hydroelectric power plants remain the main sources of generation in the fuel and energy balance. One of the most feasible ways to address this issue is the construction of small thermal power plants or combined heat and power plants based on domestic coal deposits. Such diversification of the energy sector will reduce the burden on the country’s water and energy system and, overall, contribute to the optimization of the fuel and energy balance.

Негизги сөздөр: көмүр; физика-техникалык мүнөздөмөлөр; отун-энергетикалык баланс; жылуулук электр станциясы.

Ключевые слова: уголь; физико-технические характеристики; топливно-энергетический баланс; тепловая электростанция.

Keywords: coal; physical and technical characteristics; fuel and energy balance; thermal power plant.

Перспективы развития генерирующих мощностей в Кыргызской Республике на базе угольных месторождений с учетом их теплофизических и технологических свойств. Сложная ситуация, в которой в настоящее время находится энергетическая отрасль Кыргызской Республики, обусловлена рядом факторов. К их числу относятся проблемы ввода новых генерирующих мощностей для покрытия электрических нагрузок, особенно в зимний период, а также недостаточная диверсификация энергетической системы. В топливно-энергетическом балансе страны основными источниками генерации остаются гидроэлектростанции. Учитывая, что Кыргызская Республика обладает значительными запасами угля, необходимо более активное вовлечение собственной базы твердого топлива в энергетический баланс страны.

Одним из наиболее реальных путей решения данной задачи является строительство небольших ТЭС или ТЭЦ на базе собственных месторождений угля. Такая диверсификация энергетического сектора позволит снизить нагрузку на водно-энергетическую систему страны и в целом будет способствовать оптимизации топливно-энергетического баланса.

Кыргызская Республика располагает значительными запасами углей энергетического качества широкого спектра марок. Однако потенциальные возможности их использования, в том числе в топливно-энергетическом комплексе, реализуются недостаточно. В связи с этим народное хозяйство страны испытывает существенные финансово-экономические трудности, обусловленные зависимостью республики от импорта энергоносителей. Доля импортируемых энергоресурсов составляет около 50 % общего энергопотребления, что оказывает отрицательное влияние на состояние топливно-энергетического комплекса и других отраслей экономики.

Наличие значительных собственных запасов угля позволяет в сравнительно короткие сроки устранить диспропорции в структуре генерирующих мощностей и повысить энергетическую безопасность страны. В этой связи становится очевидной необходимость строительства новых тепловых станций, способных обеспечивать устойчивость энергоснабжения как в суточном, так и в сезонном режиме.

Для успешной реализации проектов строительства малых ТЭС в Кыргызстане и выбора конкретного тепломеханического оборудования необходимо учитывать технологические и теплофизические свойства кыргызских углей.

В таблице 1 приведены результаты технического анализа энергетических углей для малых ТЭС и ТЭЦ Кыргызской Республики, в таблице 2 - данные элементного анализа этих углей, в таблице 3 - физико-технические характеристики основных энергетических углей Кыргызстана. Кроме того, важным фактором при проектировании и строительстве тепловых электростанций является знание свойств минеральной части углей. От этого зависит надежная и бесперебойная работа систем золошлакоудаления и золоулавливающих устройств. В таблице 4 приведен состав золы углей Кыргызстана, рекомендуемых для строительства малых ТЭЦ и ТЭС.

Таблица 1. Технический анализ энергетических углей для малых ТЭС и ТЭЦ

Бассейн, месторождение, шахта	Марка, группа	Wp, %	Ap, %	Vr, %	Qбг, кДж/кг (ккал/кг)	Qнр, кДж/кг (ккал/кг)	Wa, %
Месторождение и шахта «Кок-Жангак», пласты M, V и VI	Д	14,5 / 10,3–11	17,5 / 13–19,2	37,5 / 37,0	31844 (7600) / 31844 (7600)	20950 (5000)	5,5

Месторождение «Таш-Көмүр», шахты III, IV, O	Д	14,0 / 9,9–16,6 / 14,5	17,3 / 10–29,8 / 25	38 / 38–39 / 36	31592,6 (7540) / 29749–31425 (7100–7500)	21579 (5000) / 18352 (4380)	8,0
Месторождение «Жыргалан», пласт П	Д	12,0 / 8,7–12,1	11,4 / 8,9–13,5	38,5 / 37,3	31425 (7500) / 31425 (7500)	23707 (5530)	3,6
Месторождение «Кызыл-Кия», шахты 4, Ленинского комсомола, «Абшир-Карьерный»	Б3	27,5 / 26–28	15,0 / 8,2–20,1	37,0 / 36–46,9	29749 (7100) / 23464–28450 (5600–6790)	16844 (4020)	8,2
Месторождение «Сулюкта», шахты 2/4, 18, 6	Б3	23,0 / 21,9–22,4	15,2 / 6,2–18,6	34,0 / 31–35	29330 (7000) / 23464–28450 (5600–6790)	18017 (4300)	10,5
Месторождения Минкушской группы	Б3	-	3,0–26,0	20,4–42,2	27947–30704 (6670–7328)	-	3,9–18,3

Таблица 2. Элементарный анализ энергетических углей Кыргызстана для малых ТЭС и ТЭЦ

Бассейн, месторождение, шахта	Марка, группа	Cг, %	Hг, %	Nг, %	Sобщг, %	Oг, %
Месторождение и шахта «Кок-Жангак», пласты M, V и VI	Д	77,7	5,0	1,0	1,5	14,8
Месторождение «Таш-Көмүр», шахты III, IV, O	Д	78,2	4,6	1,3	1,1	14,6
Месторождение «Жыргалан», пласт П	Д	79,0	5,0	1,0	1,3	13,7
Месторождение «Кызыл-Кия», шахты 4, Ленинского комсомола, «Абшир-Карьерный»	Б3	77,0	4,3	1,1	2,0	15,6
Месторождение «Сулюкта», шахты 2/4, 18, 6	Б3	78,0	4,0	1,0	1,1	15,9
Месторождения Минкушской группы	Б3	-	-	-	0,2–3,8	-

Таблица 3. Физико-технические характеристики основных энергетических углей Кыргызстана для малых ТЭС и ТЭЦ

Бассейн, месторождение, шахта	Марка, группа	Удельный вес на сухую массу, кг/м³·10⁻³	Насыпной вес, кг/м³·10⁻³	КЛО	T_1, K (°C)	T_2, K (°C)	T_3, K (°C)
Месторождение и шахта «Кок-Жангак», пласты M, V и VI	Д	1,6–1,8	0,87–0,93	1,08–1,1	1373 (1100)	1712 (1440)	1713 (1460)
Месторождение «Таш-Көмүр», шахты III, IV, O	Д	1,52–1,73	0,87–0,93	1,3	1553 (1280)	1613 (1340)	1633 (1360)
Месторождение «Жыргалан», пласт П	Д	1,4–1,6	0,8–0,9	-	1393 (1120)	1448 (1175)	1458 (1185)
Месторождение «Кызыл-Кия»,	Б3	1,5–1,7	0,9	1,5	1323 (1050);	1448 (1150);	1473 (1200);

шахты 4, Ленинского комсомола, «Абшир-Карьерный»					1373 (1100); 1373 (1100)	1473 (1200); 1523 (1250)	1523 (1250); 1533 (1260)
Месторождение «Сулюкта», шахты 2/4, 18, 6	Б3	1,6–1,7	0,9	1,3–1,5	1403 (1130); 1273 (1000); 1393 (1120)	1523 (1250); 1344 (1070); 1413 (1140)	1673 (1400); 1363 (1090); 1423 (1150)

Таблица 4. Состав золы основных энергетических углей Кыргызстана для малых ТЭС и ТЭЦ, %

Бассейн, месторождение, шахта	Марка, группа	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	TiO_2	SO_3
Месторождение и шахта «Кок-Жангак, пласты M, V и VI	Д	60.5 31-64	25.0 17-37	7.0 4-30	2.1 2-10	0.5 1-2	2.9 -	0.8 -	1.2 -	- 1-5
Месторождение «Таш-Көмүр» шахты III, IV, O	Д	60.0 32.8-54.6	23.5 6.3-31.7	8.5 5.6-22.4	3.2 2.3-10.4	1.1 0.4-5.3	1.2 -	1.5 -	1.0 -	- 3.8-8.8
Месторождение «Жыргалан», пласт П	Д	33.2-63.2	9.7-27.6	13.6-29.7	38-14.1	0.4-1.7	-	-	-	3.9-16.5
Месторождение «Кызыл-Кия», шахты 4, ЛенинскогоКомсомола, «Абшир-Карьерный»	Б3 Б3	33.0 27.5-55.4	18.5 21.3-22.5	13.0 7.3-19.3	27.5 5.8-11.7	6.5 0.8-2.2	0.5 -	1.0 -	- -	- 3.0-11.16
Месторождение «Сулюкта», шахты 2/4, 18, 6	Б3 Б3	60 7.2-33.5	23.5 7..9-25.4	8.5 5.6-20.6	3..2 9.0-27.4	1.1 1.8-6.1	1.2 -	1.5 -	1.0 -	- 4.9-29.9
Месторождение «Акулак» (Мин-Куш)	Б3	14,2-58,8	11,5-32,4	6,3-16,1	3,3-22,3	0,8-3,5	-	-	-	1,6-30,9

По результатам опытно-промышленных теплотехнических испытаний процесса сжигания каракечинского и таш-кумырского углей, выполненных НИИ энергетики при Министерстве энергетики Кыргызской Республики, определены условия воспламенения и выгорания полидисперсного пылеугольного факела, а также основные характеристики процесса. В таблице 5 приведены характеристики таш-кумырского и кара-кечинского углей в реальных топочных процессах.

Работа паровых котлов основана на сжигании (окислении) топлива с выделением теплоты и передачей ее водопаровой рабочей среде через систему труб (теплообменников). Нагретая рабочая среда в виде пара отводится потребителям - турбогенераторам для выработки электрической энергии и сопутствующим производствам.

Угольная пыль сжигается в топках, стенки которых экранируются трубами с водопаровой средой. Внутри топочной камеры формируется и развивается пылеугольный факел, генерирующий теплоту. При этом часть вырабатываемой теплоты передается экранам топки, часть - пароперегревателю, экономайзеру и воздухоподогревателю, расположенным в примыкающих к топке газоходах.

Для поддержания факельного горения в топку через горелки подаются потоки угольной пыли и воздуха. В зависимости от свойств топлива, конструкции камеры сгорания и условий подачи реагентов могут проявляться следующие негативные явления:

– загрязнение настенных экранов топочных камер и конвективных поверхностей нагрева золой и шлаком, ухудшающее теплообмен между факельной и водопаровой средами и приводящее к снижению паропроизводительности котлов;

– интенсивное загрязнение и термическое разрушение амбразур и конструкций горелочных устройств;

– образование значительного количества вредных веществ, включая летучую золу, оксиды азота (NOx), оксиды серы (SOx), выбрасываемые в атмосферу, а также золу и шлак, выводимые в отвалы.

Перемещение продуктов сгорания в газоходах, подключенных к выходному окну топки, сопровождается золовым износом конвективных поверхностей нагрева, особенно воздухоподогревателей. При наличии в угольной породе значительного содержания CaO происходит гипсование систем газоочистки и золошлакоотводящих каналов.

Отмеченные негативные явления усиливаются вследствие неравномерного распределения параметров факела и локализации зон повышенной активности разрушения и шлакования в областях с максимальными значениями температуры, скорости, концентрации топлива и золы.

Таблица 5. Характеристики таш-кумырского и кара-кечинского углей по результатам опытно-промышленного сжигания

1	2	3	4
1.	Подаваемое на котлы топливо:	Основное	Таш-Кумыр
1.1	По виду использования	Кара-Кече	Д
1.2	Месторождение	Б3	15085-20110/
1.3	Марка	18810-20110/	3600-4800
1.4	Теплота сгорания низшая, $Q^p_н$, кДж/кг/ккал/кг	4500-4800	9-1331-41
1.5	Влажность на рабочую массу, W^p, %	16-26	24-33
1.6	Зольность на сухую массу, A^c, %	8-12	1,0-1,5
1.7	Выход летучих веществ на горючую массу, V^r, %	35-40	
1.8	Содержание серы на рабочую массу, S^p, %	0,8-1,0	1,3
1.9	Коэффициент размолоспособности по методу ВТИ, $k_{ло}$		
2.	Зольный остаток	≥1,3	1548/1275
2.1	Температура начала деформации, T_1, К/°С		
2.2	Содержание CaO, %	1423/1150	3,0-3,5
2.3	Соотношение основных и кислых компонент,		
	$\Sigma О/\Sigma К = Fe_2O_3+CaO+MgO+K_2O+Na_2O/$	18-20	<0,5
	$SiO_2+Al_2O_3+TiO_2$	>0,5	

При оценке качества рассматриваемых углей с точки зрения пригодности к складированию можно выделить две топливные группы:

– проектный таш-кумырский уголь;

– кара-кечинские угли.

Угли первой группы характеризуются умеренным выходом летучих веществ Vг=30–36%Vг = 30–36\%Vг=30–36% и минимальной степенью окисляемости. Для углей второй группы характерны значения Vг=40–46%Vг = 40–46\%Vг=40–46% и высокая степень окисляемости. Угли первой группы, обладающие проектными характеристиками, являются наиболее пригодными для складского хранения. Они не требуют дополнительных затрат, связанных с обеспечением взрывопожарной

безопасности при внутрицеховом перемещении на транспортерных лентах и подготовке пылеугольного топлива, а также имеют коэффициент размолоспособности, близкий к проектному (КЛО≈1,3)(КЛО \approx 1,3) (КЛО≈1,3).

К недостаткам углей первой группы можно отнести повышенную интенсивность износа размольных органов мельничных устройств при увеличении зольности (Ас>Аспроект)(Ас > Ас_{проект})(Ас>Аспроект).

Проведенные исследования показывают, что тепловые параметры факела и топочной камеры, а также надежность и эффективность работы котельного оборудования зависят как от характеристик используемого топлива, так и от конкретных условий топочного процесса, включая внутреннее устройство камеры сгорания и узлы подачи реагентных потоков.

В качестве возможных объектов для строительства малых ТЭС и ТЭЦ выбраны населенные пункты Кыргызской Республики, располагающие угольными месторождениями и необходимой исходной инфраструктурой (табл. 7).

Таблица 7. Населенные пункты Кыргызской Республики для размещения объектов малых ТЭС и ТЭЦ

№ п/п	Населенный пункт	Число жителей, тыс. чел.	Месторождение	Всего запасов угля по категориям, млн т	Потребность в тепле, Гкал/год
1	Кок-Жангак	11,0	Кок-Жангак	211,5	-
2	Сулюкта	21,0	Сулюкта	249,8	-
3	Кызыл-Кия	42,0	Кызыл-Кия	219,6	-
4	Мин-Куш	5,0	Верхний Акулак	61,6	-
5	Таш-Көмүр	36,0	Таш-Көмүр	130,8	-
6	Каракол	64,0	Жыргалан	41,0	-

При этом были определены предварительные предпроектные требования для реализации данных проектов с учетом демографических и социально-экономических условий размещения, разработки генерального плана и выбора оборудования. В результате анализа наиболее рациональных проектных решений первоначальная установленная мощность малых ТЭС и ТЭЦ принята равной 30 МВт.

Список использованной литературы

1. Осинцев, В. В. Применение прогрессивных технологий подготовки и сжигания основных энергетических углей Киргизии / В. В. Осинцев, А. К. Джундубаев, А. М. Хидиятов, Г. В. Козьмин, С. П. Костовецкий. - Фрунзе: Илим, 1989. - 187 с.

2. Осинцев, В. В. Энергоэкологические проблемы сжигания твердого топлива в котельных установках / В. В. Осинцев, А. К. Джундубаев, Е. В. Торопов, Г. Ф. Кузнецов, К. А. Сулейменов. - Челябинск: Изд-во ЧГТУ, 1995. - 162 с.

3. Кулагин, В. А. Методы и средства технологической обработки многокомпонентных сред с использованием эффектов кавитации: дис. … д-ра техн. наук / В. А. Кулагин. - Красноярск: КГТУ, 2004. - 379 с.

Рецензент: кандидат технических наук, доцент Джундубаев А.К.