

9. Sooruzhenie dlya dissipatsii volnovoј ehnergii i zashchity beregovoј polosy ot razmyva: pat. 116157 Ros. Federaciya / Korpachev V.P., Gubin I.V., Andriyas A.A., Perezhilin A.I., Tihnenko M.A., Gaidukov G.A.; № 2011152575/13; zayavl. 22.12.2011; opubl. 20.05.2012, Byul. № 14. – 2 s.
10. Sooruzhenie dlya dissipatsii volnovoј ehnergii i zashchity beregovoј polosy ot razmyva: pat. 125585 Ros. Federaciya / Gaidukov G.A., Korpachev V.P., Andriyas A.A., Perezhilin A.I., Gaidukova A.F., Malinin L.I., Zlobin A.A., Kazantsev R.A., Malichkov A.V. – № 2012144187/13; za-yavl. 16.10.2012; opubl. 10.03.2013, Byul. № 7. – 2 s.
11. Ustroistvo dlya formirovaniya plavuchego volnogasitelya na akvatorii vodohranilishcha: pat. 2503772 Ros. Federaciya / Gajdukov G.A., Slepcev I.S., Perezhilin A.I., Gajdukova A.F., Korpachev V.P., Chebotarev M.S., Andriyas A.A., Zlobin A.A. – № 2012129929/13; zayavl. 13.07.2012; opubl. 10.01.2014, Byul. № 1. – 7 s.



УДК 631.371:621.3(571)

**В.И. Мурко, В.Н. Десягин,  
М.П. Баранова, С.Н. Шахматов**

### ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ СИБИРИ

Целью данной работы являлась демонстрация возможности использования в качестве источника получения энергии местных доступных и недорогих ресурсов. Одна из разработанных и применяемых технологий – это получение суспензионных водоугольных топлив (ВУТ). Данная технология позволяет создавать эффективные и надежные системы производства качественной тепловой энергии в непосредственной близости от локальных потребителей с учетом их конкретных запросов. Инвестиционная привлекательность обусловлена компактностью и высокой экологичностью. Использование ВУТ позволяет решить ряд вопросов, связанных с транспортировкой угля в ряде случаев более экономичным видом транспорта – трубопроводным. При этом исключаются потери, связанные с ухудшением качества топлива: процессами окисления, выветривания, пыления, смерзания и т. п., и это тоже важный элемент энерго- и ресурсосбережения при транспортировке энергоносителей, при создании или модернизации энергетических систем и комплексов. Свойства ВУТ зависят от природы угля, которая меняется в зависимости от степени метаморфизма. Другим направлением использования местного сырья является эффективное применение углей низкой степени метаморфизма – бурых углей. Проведенные исследования показали, что технология получения и использования суспензионных водоугольных топлив вполне может быть успешно применена в сельском хозяйстве Сибири, поскольку угольные месторождения и предприятия по углепереработке распределены равномерно по всей территории Сибири. Результаты опытно-промышленных испытаний разработанных теплогенераторов показали, что даже при низких значениях низшей теплоты сгорания (2500 ккал/кг) ВУТ из различных марок углей Красноярского края возможно получение значения КПД более 80 %, при снижении себестоимости 1 Гкал – минимум от 30 до 300 % по сравнению со сжиганием угля или жидкого нефтяного топлива. В процессе испытаний в подобранных расчетных стационарных режимах было определено, что котел устойчиво работает на нерасчетном топливе, средняя температура слоя – 1000–1100 °С; возможно устойчивое горение в топочной камере на режимах от 100 до 25 % нагрузки и ручном регулировании; унос из топочной камеры мелкий, незначительный, видимые дымовые выбросы из дымовой трубы отсутствуют.

**Ключевые слова:** диверсификация, технологический комплекс, суспензионное водоугольное топливо, котельная, отходы углеобогащения.

## THE DIVERSIFICATION OF ENERGY SOURCES IN AGRICULTURE OF SIBERIA

*The aim of this work was to demonstrate possible use of energy sources of local available and inexpensive resources. One of the developed and applied technologies is coal-water slurry fuels (CWF) production. This technology allows creating efficient and reliable production of high quality thermal energy near local consumers with their specific demands. Investment attraction is defined by the compactness and high environmental safety. The WCF using allows solving a number of issues related to the transportation of coal; in some cases it is more economical to do it by pipeline. This excludes losses connected with the fuel quality deterioration: the processes of oxidation, weathering, dusting, freezing, etc., and it is also an important element of energy saving resource during the energy source transportation, creating or developing energy-related systems and complexes. The WCF properties depend on the origins of coal, which varies according to the metamorphism degree. Another way of using local raw materials is the effective employment of low-grade metamorphism coals, i. e. brown coals. The research showed that the technology of production and use of coal-water slurry fuels may be successfully applied in agriculture of Siberia because of the coalfields and enterprises for coal processing being distributed evenly throughout the whole territory of Siberia. The results of experimental-industrial tests of developed heat generators have shown that at low values of the lowest CWF combustion heat (2500 kcal/kg) from different Krasnoyarsk region's coals it is possible to obtain efficiency values over 80 %, reducing the cost price of 1 Gcal min from 30 to 300 % in comparison with coal or liquid petroleum fuels burning. During testing process of selected calculated steady-state modes it was determined that the boiler is stable working on estimated fuel, the average level temperature is 1000–1100 °C; stable combustion is possible in the combustion chamber on the modes from 100 to 25 % load and manual regulation; the emission from the combustion chamber is small, insignificant and there is no visible smoke from the chimney.*

**Key words:** diversification, technological complex coal-water fuel, boiler, suspension waste coal.

**Введение.** Для повышения производительности труда и роста доходов населения требуется более интенсивное снабжение энергией. Поэтому энергетическая политика и технология для сельских районов должны способствовать использованию сочетания рентабельных источников энергии, работающих на местных ископаемых видах топлива, и возобновляемых источниках энергии. Достижение устойчивого развития сельских районов самым тесным образом связано со структурами спроса на энергию и ее предложения, осуществлением и стимулированием процесса экологически безопасной перестройки системы энергоснабжения сельских хозяйств. Это предполагает переход к диверсифицированным и структурированным источникам энергии путем обеспечения альтернативных новых и возобновляемых источников энергии. Необходимо также активизировать исследования и разработки по диверсификации источников и мероприятия по энергосбережению энергии, принимая во внимание необходимость эффективного использования энергии и разработки экологически безопасных технологий.

**Цель исследований:** демонстрация возможности использования в качестве источника получения энергии местных доступных и недорогих ресурсов.

**Объекты, методы и результаты исследований.** Одна из разработанных и применяемых технологий – это получение суспензионных водоугольных топлив (ВУТ). Данная технология позволяет создавать эффективные и надежные системы производства качественной тепловой энергии в непосредственной близости от локальных потребителей с учетом их конкретных запросов. Инвестиционная привлекательность обусловлена компактностью и высокой экологичностью. Использование ВУТ позволяет решить ряд вопросов, связанных с транспортировкой угля в ряде случаев более экономичным видом транспорта – трубопроводным. При этом исключаются потери, связанные с ухудшением качества топлива: процессами окисления, выветривания, пыления, смерзания и т. п., и

это тоже важный элемент энерго- и ресурсосбережения при транспортировке энергоносителей, при создании или модернизации энергетических систем и комплексов. Свойства ВУТ зависят от природы угля, которая меняется в зависимости от степени метаморфизма. Другим направлением использования местного сырья является эффективное применение углей низкой степени метаморфизма – бурых углей. Данные угли привлекательны относительной дешевизной и возможностью надежных поставок на длительный период, что может решить ряд проблем, связанных с развитием энергетики городов и регионов Сибири.

Для эффективного сжигания таких топлив требуется разработка специальных технологий и технических средств. В этом случае успешно применяется технология низкотемпературного вихревого сжигания в адиабатических камерах сгорания, которые либо встраиваются в топочное пространство существующих или вновь разрабатываемых котлов, либо устанавливаются рядом с действующим котлоагрегатом [1–3].

При этом, конструкции топочных камер должны учитывать не только низкую реакционную способность ВУТ, но и то, что при распылении ВУТ длина факела достигает 2,5 м и более, а время нахождения частиц твердой фазы ВУТ в камере сгорания составляет от 1 до 4 с. Опыт работы с теплогенераторами показал, что при тепловой мощности более 2,0 (3,0) МВт топочная камера встраивается в топочное пространство котла без увеличения его размеров. При тепловой мощности менее 2,0 (3,0) МВт требуется установка отдельно стоящей (выносной) топочной камеры [4].

Ниже представлены результаты работы экспериментальных и промышленных котлов на суспензионном водоугольном топливе и местных бурых углях.

Предприятием ЗАО «НПП «Сибэкотехника» разработаны и испытаны конструкции вихревых топочных камер сжигания различной мощности (табл. 1).

Таблица 1

### Характеристика работы теплогенераторов

Показатель	Технологический комплекс			
	Котельная ш. «Заречная», г. Ленинск- Кузнецкий	Теплогенератор в СИБИМЭ СО, п. Краснообск Новосибирской обл.	Котельная Хилари Ассетс, г. Темиртау, Казахстан	Котельная в г. Черепаново, Новосибирская обл.
Теплопроизводительность, Гкал/ч	0,50÷0,58	0,25	0,55÷0,58	0,5
Расход топлива, л/ч	120÷130	55	130÷140	110÷220
Температура в топке, °С	950÷1000	950	900÷980	950÷1050

В процессе опробования и эксплуатации указанных теплогенераторов использовались ВУТ с характеристиками, представленными в таблице 2.

В качестве исходного сырья использовался как угольный концентрат (теплогенератор в СИБИМЭ СО, п. Краснообск Новосибирской обл.), так и угольные шламы.

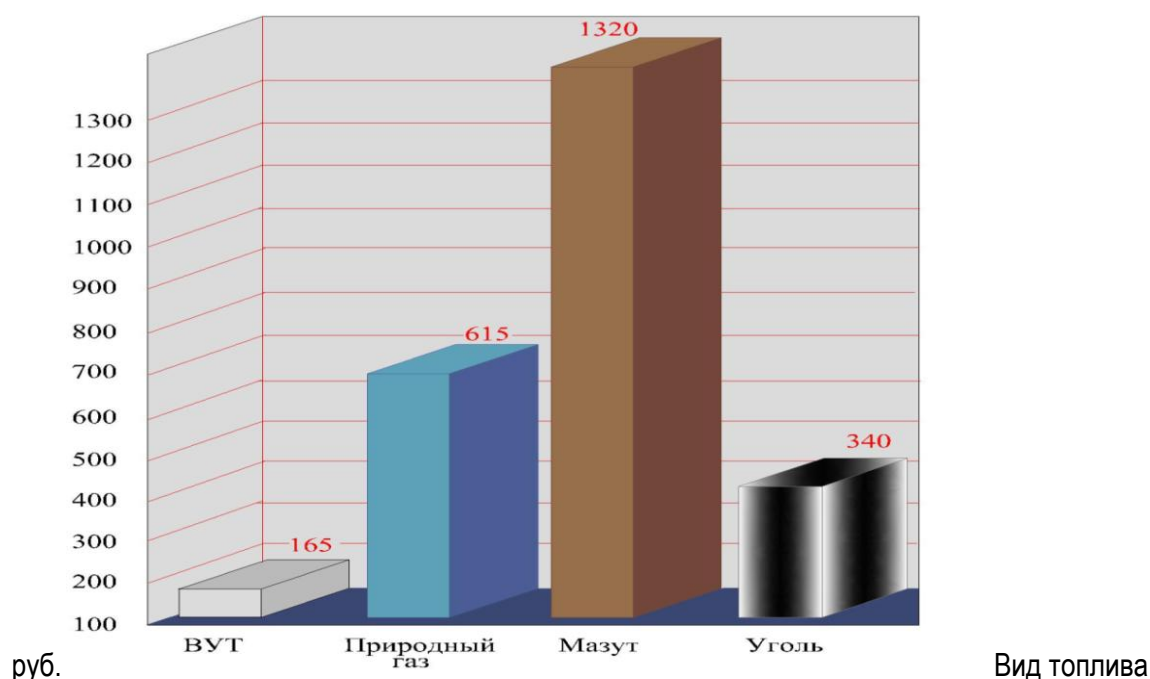
Результаты опытно-промышленных испытаний разработанных теплогенераторов показали, что даже при низких значениях низшей теплоты сгорания (2 500 ккал/кг) ВУТ из различных марок углей возможно получение значения КПД более 80 %. При этом себестоимость 1 Гкал снижается на 30–300 % по сравнению со сжиганием угля или жидкого нефтяного топлива.

Характеристика топлива, сжигаемого в теплогенераторах

Показатель	Технологический комплекс			
	Котельная ш. «Заречная», г. Ленинск- Кузнецкий	Теплогенератор в СИБИМЭ СО, п. Краснообск Новосибирской обл.	Котельная Хиллари Ассетс, г. Темиртау, Казахстан	Котельная в г. Черепано- во, Новоси- бирская обл.
Влага общая, %	40÷42	42÷43	36÷37	38÷43
Зольность (на сухое), %	26÷29	8,2÷8,5	43÷44	30÷45
Выход летучих, %	41,1÷43,6	42,3÷43,1	19,8÷20,2	6÷42
Размер частиц, мкм	0÷500	0÷500	0÷500	0÷500

На рисунке представлена диаграмма затрат на топливную составляющую при производстве 1 Гкал тепловой энергии при использовании различных видов топлива.

На территории Красноярского края существует достаточно много разного масштаба буровугольных месторождений. Бурые угли из-за низкой степени метаморфизма теряют энергетические свойства при хранении, отличаются и невысокой низшей теплотой сгорания.



Затраты на топливо при производстве 1 Гкал тепловой энергии

В настоящее время в г. Барнауле создан котельный завод (ООО «ПроЭнергоМаш») по производству специализированных котлов с вихревой системой сжигания «Торнадо», позволяющих эффективно сжигать местные, в том числе забалластированные, топлива.

Для определения возможности работы котла КВ-1,2-105 ШпВТ с топкой «Торнадо» производства ООО «ПроЭнергоМаш» на буром угле разреза «Чулымский» (Красноярский край) были проведены специальные испытания. Уголь имел следующие характеристики: влажность – 43,2 %; зольность – 11,3 %; низшая теплота сгорания – 2 820 ккал/кг; насыпная плотность – 868 кг/м<sup>3</sup>.

Результаты испытаний представлены в таблице 3. Следует отметить, что относительно низкие температуры воды на выходе из котла обусловлены тем, что испытания проводились в осенний период при температуре наружного воздуха  $+1-0^{\circ}\text{C}$ .

В процессе испытаний в подобранных расчетных стационарных режимах было определено следующее:

- котел устойчиво работает на нерасчетном топливе, средняя температура слоя  $1000-1100^{\circ}\text{C}$ ;
- возможно устойчивое горение в топочной камере на режимах от 100 до 25 % нагрузки и ручном регулировании;
- унос из топочной камеры мелкий, незначительный, видимые дымовые выбросы из дымовой трубы отсутствуют;
- коэффициент избытка воздуха за котлом 1,4–1,6;
- температура за котлом не превышает  $120^{\circ}\text{C}$ .

Таблица 3

## Результаты испытаний

Параметр	Числовое значение	
	Диапазон	Среднее
Температура воды на входе в котел, $^{\circ}\text{C}$	34–65	48
Температура воды на выходе из котла, $^{\circ}\text{C}$	до 70	–
Давление воды, МПа	0,44–0,54	0,5
Общее количество выработанного тепла, Гкал	–	0,350
Температура уходящих газов, $^{\circ}\text{C}$	41–87	64
Температура горячего слоя над решеткой в топке на колоснике, $^{\circ}\text{C}$	1000–1100	1050
Разрежение в топке, мм.вод.ст.	1,5–3,0	2,4
Состав дымовых газов за котлом:		
CO <sub>2</sub> , %	14	
O <sub>2</sub> , %	13	
CO, мг/м <sup>3</sup>	185	
NO, мг/м <sup>3</sup>	110	
SO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	320	
Коэффициент избытка воздуха за котлом	–	1,6
Теплота сгорания топлива	–	2820

*Примечание.* Контрольные условия сжигания: масса поданного угля – 150 кг; количество шлака – 17,5; количество уноса – 1,5 кг.

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что технология получения и использования суспензионных водоугольных топлив вполне может быть успешно применена в сельском хозяйстве Сибири, поскольку угольные месторождения и предприятия по углепереработке распределены равномерно по всей территории Сибири.

Результаты опытно-промышленных испытаний разработанных теплогенераторов показали, что даже при низких значениях низшей теплоты сгорания (2 500 ккал/кг) ВУТ из различных марок углей Красноярского края возможно получение значения КПД более 80 % при снижении себестоимости 1 Гкал минимум от 30 до 300 % по сравнению со сжиганием угля или жидкого нефтяного топлива.

Применение технологии низкотемпературного вихревого сжигания в адиабатических камерах сгорания имеет инвестиционную привлекательность, обусловленную компактностью с высокими показателями надежности и высокой экологичностью.

### Литература

1. Использование водоугольного топлива в энергообеспечении АПК / В.Н. Делягин, Н.М. Иванов, В.И. Мурко [и др.] // Росинформагротех. – М., 2013. – 92 с.
2. Использование водоугольного топлива в тепловых процессах АПК / В.И. Мурко, В.Н. Делягин, Н.М. Иванов [и др.] // Ползуновский вестник. – 2011. – № 2/1. – С. 239–242.
3. Гидротранспортные топливно-энергетические комплексы. Российско-кыргызское научно-техническое сотрудничество в области теплоэнергетики / В.И. Мурко, А.К. Джундубаев, М.П. Баранова [и др.]. – Красноярск: Изд-во СФУ, 2015. – 250 с.
4. Environmentally clean technology of fine waste coalutilization / V.I. Murko, V.I. Fedyaev, H.L. Aynetdinov [et al.] // The 17th International Coal Preparation Congress. – Turkey, 2013. – P. 679–682.

### Literatura

1. Ispol'zovanie vodougol'nogo topliva v ehnergoobespechenii APK / V.N. Delyagin, N.M. Ivanov, V.I. Murko [i dr.] // Rosinformagrotekh. – M., 2013. – 92 s.
2. Ispol'zovanie vodougol'nogo topliva v teplovyh processah APK / V.I. Murko, V.N. Delyagin, N.M. Ivanov [i dr.] // Polzunovskiy vestnik. – 2011. – № 2/1. – S. 239–242.
3. Gidrotransportnye toplivno-ehnergeticheskie komplekсы. Rossiisko-kyrgyzskoe nauchno-tekhnicheskoe sotrudnichestvo v oblasti teploehnergetiki / V.I. Murko, A.K. Dzhundubaev, M.P. Baranova [i dr.]. – Krasnoyarsk: Izd-vo SFU, 2015. – 250 s.
4. Environmentally clean technology of fine waste coalutilization / V.I. Murko, V.I. Fedyaev, H.L. Aynetdinov [et al.] // The 17th International Coal Preparation Congress. – Turkey, 2013. – P. 679–682.

