

Use of a wire or a cable with one thin vein allows to reduce the charge of nonferrous metals, to reduce capital expenses for lighting networks, to exclude an opportunity of short circuit in lines and plunder of cables and wires. The resonant power supply system can find application for economic fire-safety illumination of inhabited and industrial buildings, and also for illumination of rural settlements, a part of roads and streets.

**Key words:** resonant system, single-wire resonant power system, bright diodes lamps.

УДК 662.6

## ТЕПЛОГЕНЕРАТОР НА ВОДОУГОЛЬНОМ ТОПЛИВЕ

*Н.М. ИВАНОВ, доктор технических наук, директор*

*В.Н. ДЕЛЯГИН, доктор технических наук, зав. лабораторией*

*А.В. ДЕЛЯГИН, аспирант  
СибИМЭ*

*В.И. МУРКО, доктор технических наук, директор  
ООО «ЭКОТЕХНИКА»*

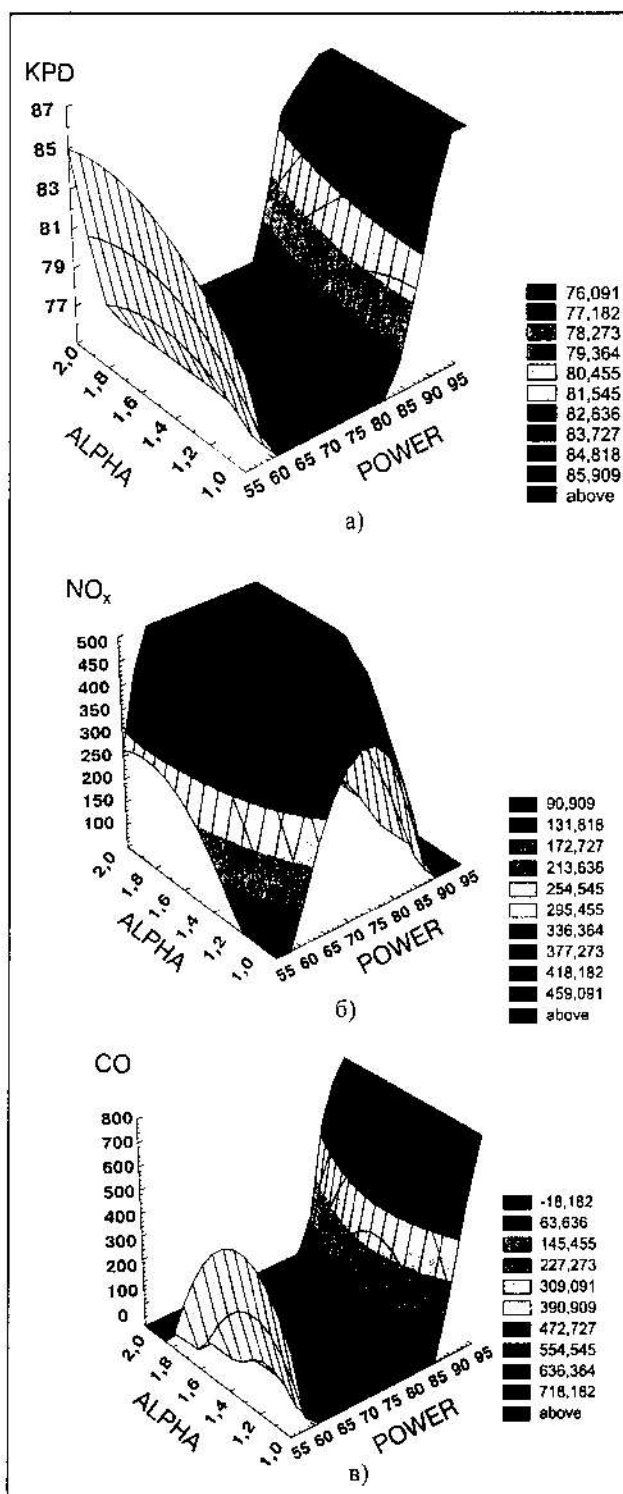
*E-mail: sibime@ngs*

**Резюме.** В работе рассматриваются вопросы изучения и обоснования параметров теплогенератора, работающего на водоугольном топливе, для использования в технологических процессах сельскохозяйственного производства. Приводятся результаты экспериментальных исследований рабочего макета такого теплогенератора. Сформулирован вывод о возможности и целесообразности использования водоугольного топлива в аграрном производстве.

**Ключевые слова:** теплогенератор, водоугольное топливо.

Основное топливо, используемое в тепловых процессах сельскохозяйственного производства Сибири, — уголь и дистилляты, доля которых в общей структуре ТЭБ составляет около 90 %. По своим потребительским свойствам эти виды топлива имеют диаметрально противоположенные характеристики. Наиболее значимые: цена угольного топлива — 1000 руб./т, дистиллятов — 20 000 руб./т, среднегодовой коэффициент использования — 0,30 и 0,80, штатный коэффициент для тепловых установок — 12 и 1 чел/Гкал соответственно. Идеальным можно считать топливо, которое стоит на уровне угля, а потребительские свойства соответствуют качеству жидкого топлива. В природе такого нет. Однако на сегодняшний день разработан достаточно близкий аналог — водоугольная суспензия (ВУС или ВУТ).

Водоугольное топливо представляет собой дисперсную систему, состоящую из тонкоизмельченного угля, воды и реагента (пластификатора). Состав ВУТ: уголь (класс 0...500 мкм) — 59...70 %, вода — 29...40 %, пластификатор — 1 %. Температура воспламенения — 450...650 °С, горения — 900...1050 °С. Оно обладает всеми технологическими свойствами жидкого топлива, позволяет автоматизировать производство тепловой энергии транспортируется в автоцистернах, хранится в закрытых резервуарах, со-



**Рис. 1.** Зависимости от коэффициента избытка воздуха (ALPHA) и тепловой мощности топки (POWER): а) КПД топки (KPD); б) образования окислов азота (NO<sub>x</sub>); в) образования окиси углерода (CO).

Таблица 1. Результаты исследований горения ВУТ.

Коэффициент избытка воздуха на выходе из топки	Расход топлива G, л/час	Отклик системы (показания TESTO t300 XXL, №01397660)						
		CO, мг/м <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	NO <sub>x</sub> , мг/м <sup>3</sup>	CO <sub>2</sub> , %	NO, %	КПД, %	T, °C
1,92	95	7	823	215	22,3	219	77	1135
1,16	95	614	556	281	15,8	96	84	950
1,92	65	9	114	438	21,2	247	78	1090
1,16	65	342	315	286	20,5	78	82	1000

храняет свои свойства при длительном хранении и транспортировке, взрыво- и пожаробезопасно. Использование такого топлива позволяет уменьшить выброс вредных веществ в биосферу во всех технологических операциях (приготовление, транспортирование, сжигание).

Последнее обстоятельство особенно важно при пе-

риборы подключены к ПЭВМ по RS 495. Периодичность опроса датчиков — 8 сек.

Результаты экспериментов представлены в табл. 1, зависимости образования окислов азота, окиси углерода и КПД топки от мощности и коэффициента избытка воздуха при выходе из топки — на рис. 1, а регрессионный анализ — в табл. 2.

Таблица 2. Регрессионный анализ зависимости КПД топки, образования окислов азота и окиси углерода от коэффициента избытка воздуха (ALPHA) и тепловой мощности топки (POWER).

Множественная регрессия (N=7)	BETA	Ст. ошибка BETA	B	Ст. ошибка B	t(4)	p-уровень
<b>КПД топки (R=0,75708853, RI=0,57318304, скоррект. RI=0,35977457 F(2,4)=2,6858 p&lt;0,18217, стандартная ошибка приближения 2,9112)</b>						
Свободный член	0,001251	0,563585	0,193304	0,808741	0,585009	0,479873
POWER	0,350291	0,895962	0,822840	0,746605	0,174108	0,858943
ALPHA	0,710501	0,513535	0,303995	0,014985	0,091403	0,364452
<b>Образование окислов азота (R= 0,75708853, RI= 0,57318304, скоррект. RI= 0,35977457, F(2,4)=2,6858, p&lt;0,18217, стандартная ошибка приближения 2,9112)</b>						
Свободный член			719,3975	239,6784	3,00151	0,039882
POWER	-0,878416	0,241373	-8,3027	2,2814	-3,63924	0,021979
ALPHA	0,231662	0,241373	129,9838	135,4327	0,95977	0,391523
<b>Образование окиси углерода (R= 0,71987240, RI= 0,51821628, скоррект. RI= 0,27732442, F(2,4)=2,1512, p&lt;0,23212, стандартная ошибка приближения 259,56)</b>						
Свободный член			141,599	726,5461	-0,19489	0,854975
POWER	0,650642	0,350171	12,850	6,9158	1,85807	0,136706
ALPHA	-0,406618	0,350171	-476,720	410,5422	-1,16120	0,310135

еработке сельскохозяйственной продукции (сушка зерна), создании требуемого температурно-влажностного режима жилых и производственных помещений.

Удельные затраты на приготовление водоугольного топлива составляют от 3 до 25 руб./т.

Существующие теплоэнергетические установки, работающие на ВУТ, в основном ориентированы на диапазон мощностей от 1000 кВт и выше. В то же время в сельском хозяйстве наиболее востребован диапазон мощностей порядка 50...1000 кВт. Для создания энергетических установок нижнего мощностного ряда необходимо решить ряд инженерных задач, связанных с устойчивостью горения топлива.

Для этого в СибИМЭ Россельхозакадемии совместно с ООО «Экотехника» создана экспериментальная установка мощностью 50...500 кВт.

При проведении экспериментов использовали газоанализатор TESTO-350XL, технологический контроллер СПТ 960, диф-

манометры «Метран» и «Сапфир», расходомеры ПРЭМ, тягонапоромер, частотный регулятор скорости вращения электродвигателя дымососа, термопары и термометры сопротивления, программное обеспечение СП-сеть. Все измерительные

Анализ результатов экспериментов позволил сделать следующие основные выводы:

эффективное сжигание водоугольного топлива в малогабаритном теплогенераторе, соответствующем технологическим потребностям основных потребителей тепловой энергии в сельскохозяйственном производстве, возможно до диапазона 0,20 кг/ч (65 кВт);

Таблица 3. Себестоимость тепловой энергии для ТГУ с теплообменником.

Значение	Цена на ВУТ руб./т н.т.			
	1000	1200	1500	2000
Затраты				
на топливо	107,4	132,9	161,1	214,8
на электроэнергию	66	66	66	66
на заработную плату	9	9	9	9
на реновацию	31,7	31,7	31,7	31,7
Суммарные затраты	214,1	239,6	267,8	321,5
Себестоимость тепловой энергии, руб./Гкал (теплообменник/без теплообменника)	830/726	929/787	1037/882	1246/1038

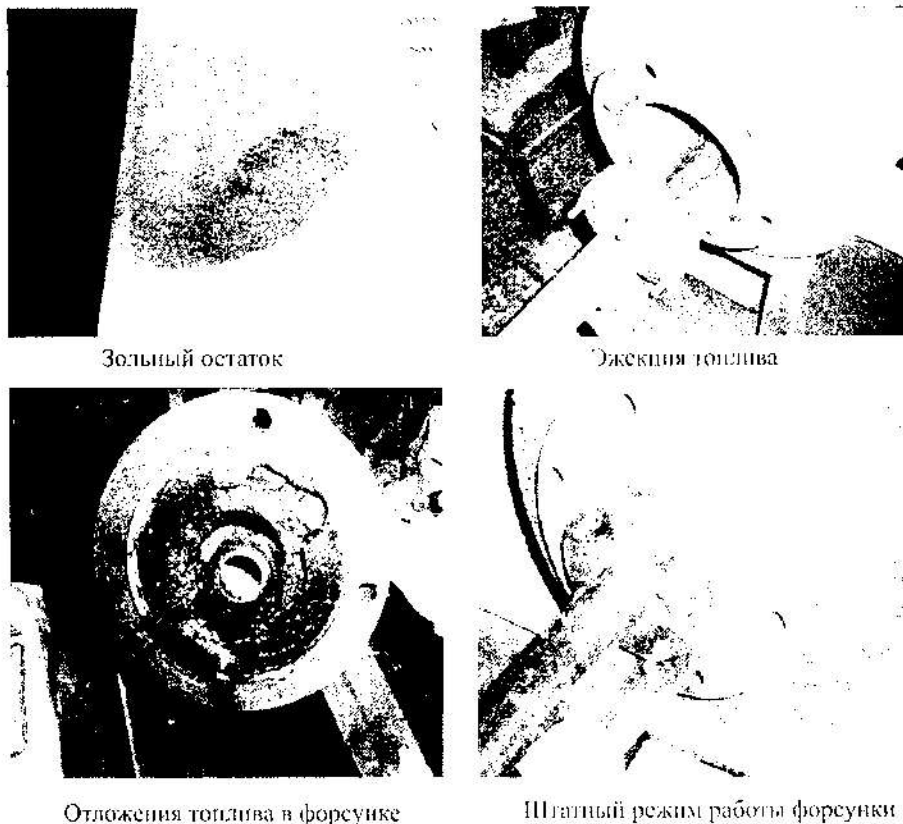


Рис. 2. Качественные результаты сгорания ВУТ в теплогенераторе.

по количеству основных поллютантов выбросы установки в 3...4 раза чище, чем при использовании традиционного топлива;

на основании полученных данных можно определить рациональные параметры и создать конкурентоспособный теплогенератор, работающий на ВУТ.

При расчете стоимости тепловой энергии для теплогенераторов, работающих на ВУТ, были приняты следующие допущения. Мощность ТГУ — 250 кВт. Потребитель тепловой энергии — зерносушильный комплекс. Время использования максимума нагрузки — 1200 ч/год. Тепловая нагрузка — 250 кВт. Сравнимый аналог, принятый за базовый вариант, — МТУ-0,5 МВт. Затраты на транспор-

тировку топлива включены в его цену. Цена ВУТ принята в четырех вариантах — 1000, 1200, 1500 и 2000 руб./т н.т. Калорийность водоугольного топлива 4000 ккал/кг. Мощность электроприемников — 30 кВт. Стоимость теплогенераторной установки на ВУТ с учетом монтажа 500 тыс. руб., или 2000 руб./кВт. КПД без теплообменника — 80 %, а при использовании теплообменника — 62 % (по результатам испытаний экспериментального образца).

Результаты расчетов свидетельствует, что при существующей технологии производства и ценах на энергоносители себестоимость тепловой энергии получаемой с использованием установок на водоугольном топливе, примерно в 3,3 раза ниже, чем у теплогенераторов для сушки сельскохозяйственного сырья на дистилльном топливе (табл. 3).

Разработанная конструкция теплогенератора обеспечивает практически полное сгорание топлива при коэффициенте избытка воздуха на выходе из топки  $\alpha = 1,5...1,6$ , КПД установки по результатам эксперимента составил 0,75...0,85. Проведенные исследования позволили определить нижний диапазон мощности теплогенератора, при котором наблюдается устойчивое горение ВУТ.

Себестоимость тепловой энергии для теплогенератора на водоугольном топливе без теплообменника равна 800...1000 руб./Гкал, с теплообменником 700...800 руб./Гкал, что в 3...4 раза ниже, чем при использовании дистиллятов.

#### Литература.

1. Водные дисперсные системы на основе бурых углей как энергетическое и технологическое топливо / Делягин Г.Н., Петраков А.И., Головин Г.С., Горлов Е.Г. // Российский химический журнал. — 1997. — №6. — С. 72-77.
2. Делягин В.Н., Иванов Н.М. Перспективы использования местных энергоресурсов в тепловых процессах предприятий АПК Сибири // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: Труды 6-й междунар. науч.-практ. конф. (Москва, 13-14 мая 2008 г.) / ГНУ ВИЭСХ. - Ч. 1: Проблемы энергообеспечения и энергосбережения. — М., 2008. — С. 146-150.
3. Н.М.Иванов, В.Н.Делягин и др. Исследование параметров теплогенератора, работающего на водоугольном топливе // Электроэнергетика в сельском хозяйстве: материалы Международной науч.-практ. конф., 26-30 июня 2009 г., Респ. Алтай, Чема. р-н, база НГТУ Эрагол / РИССЕЛХАКАДЕМИЯ. Сиб. регион. отд-ние. — Новосибирск, 2009. — С. 209-215.

### HEAT-GENERATOR AT WATER-COAL FUEL

N.M. Ivanov, V.N. Delyagin, A.V. Delyagin, V.I. Murko

**Summary.** The work discusses the questions of studying and parameter justification of heat-generator working at water-coal fuel for use in technological processes of agricultural production. The results of experimental studies of such heat-worker working model are given. Concludes on the possibility and usefulness of water-coal fuel usage in the agricultural production is formulated.

**Key words:** heat-generator, water-coal fuel.