

УДК 522.648

Комплексная технология получения и транспорта водоугольных топливных суспензий из углей разной степени метаморфизма

М.П. Баранова*

*Сибирский федеральный университет,
Россия 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79¹*

Received 2.12.2011, received in revised form 9.12.2011, accepted 16.12.2011

Представлены результаты исследований по технологиям получения и вариантам трубопроводного транспорта водоугольных топливных суспензий из разнометаморфизованных углей обводненных месторождений Дальнего Востока. Выполнена экономическая оценка выбранных технологических решений.

Ключевые слова: водоугольные суспензии, трубопроводный транспорт, степень метаморфизма.

Введение

Топливо-энергетический комплекс России – это совокупность отраслей экономики России, связанных с производством и распределением энергии в её различных видах и формах. Тепловая энергетика России достаточно хорошо обеспечена запасами органического топлива. Однако растут издержки его добычи, постепенно нарастают экологические проблемы. Существует ряд проблем при пылеугольном сжигании. Но если изменить традиционные приемы сжигания угля – громоздкие, пожаро- и взрывоопасные, связанные со значительными потерями топлива при транспортировке, хранении и подготовке его к сжиганию, создающие проблемные санитарно-гигиенические условия труда для рабочих, – и разработать технологии, не уступающие сжиганию мазута, то уголь, безусловно, будет эффективно использоваться в российской энергетике в значительно больших объемах.

Одна из таких технологий известна достаточно давно. Это технология получения водоугольных топливных суспензий (ВУС). Данное топливо имеет главные преимущества: технологичность, экологичность, гигиеничность и безопасность. Технология получения ВУС позволяет создавать эффективные и надежные системы производства высококачественной тепловой энергии в непосредственной близости от локальных потребителей с учетом их конкретных запросов. Инвестиционная привлекательность обусловлена компактностью, высокой экологич-

* Corresponding author E-mail address: marina60@mail.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

ностью. Установки по получению ВУС могут быть использованы практически везде: в районах промышленного освоения, при строительстве городов и поселков, трасс и трубопроводов, в отдельно стоящих производственных предприятиях, спортивно-оздоровительных центрах и других объектах [1].

Дальний Восток располагает богатейшими природными запасами бурых и каменных углей. Обводненность и отдаленность угольных месторождений от железнодорожных магистралей и крупных населенных пунктов, которые являются потребителями тепловой энергии, тормозят развитие добычи углей, в то время как Дальневосточный регион испытывает дефицит топливно-энергетических ресурсов. Возможность использования углей обводненных месторождений Дальнего Востока зависит от применения наиболее выгодных в экономическом и техническом отношении методов их переработки, снижения потерь при транспортировании и хранении [2].

Целью данной работы стала разработка и оценка технологии получения и транспорта ВУС из бурых углей Ерковецкого месторождения и каменного угля Огоджинского месторождения.

Каменные и бурые угли отличаются по своим физико-химическим свойствам, обусловленным разной степенью метаморфизма. Основным параметром, характеризующим пригодность суспензии как топлива, служит удельная теплота сгорания. Недостатком буроугольных суспензий является низкое содержание твердой фазы, а следовательно, и низкая теплота сгорания, которая в ряде случаев лежит на нижнем пределе их сгорания в теплоагрегатах. Для энергетического использования ВУС необходимо повысить удельную теплоту их сгорания. Одним из путей повышения калорийности ВУС признано увеличение содержания твердой фазы в суспензии или изменение ее физико-химических характеристик. Это происходит при использовании в качестве твердой фазы ВУС шихты углей разной степени метаморфизма.

Экспериментальная часть

В работе рассмотрены различные варианты углепровода для гидротранспорта углей обводненных месторождений Дальнего Востока разной степени метаморфизма в виде ВУС. Рассчитаны следующие варианты углепроводов:

1. Трубопроводный транспорт ВУС из каменного угля Огоджинского месторождения (Разрез – ТЭЦ п. Селемджинск, протяженность проектного трубопровода 100 км).
2. Трубопроводный транспорт ВУС из каменного угля Огоджинского месторождения (Разрез – ТЭЦ п. Февральск, 140 км).
3. Трубопроводный транспорт ВУС из каменного угля Огоджинского месторождения (Разрез – ТЭЦ г. Благовещенска, 640 км).
4. Трубопроводный транспорт ВУС из смеси углей разной степени метаморфизма Огоджинского и Ерковецкого месторождений (Ерковецкий разрез – ТЭЦ г. Благовещенска, протяженность трубопровода 90 км).
5. Трубопроводный транспорт ВУС из бурого Ерковецкого месторождения (Ерковецкий разрез – ТЭЦ г. Благовещенска, протяженность трубопровода 90 км).

Основные характеристики углепроводов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Основные характеристики углепроводов

Показатели	Единицы измерения	Значения
Производительность в год	млн т.у.т.	2
Максимальный теоретический часовой расход ВУС при полной нагрузке всех котлов ТЭС	т.у.т.	463,3
Для вариантов 1- 3		
Производительность по сухому углю в год	млн т	2,803
Расход ВУС в год (при содержании твердой фазы в ВУС 62%)	млн т	4,521
Расход ВУС в час	Т	580
Расход воды в год	млн м ³	1,44
Расход воды в час	м ³	185
Для варианта 4		
Производительность по сухому каменному (огоджинскому) углю в год	млн т	0,714
Производительность по сухому бурому (ерковецкому) углю в год	млн т	2,143
Расход ВУС в год ($C_{тв}=50$; соотношение углей в смеси 50:50)	млн т	5,71
Расход ВУС в час	Т	732
Расход воды в год	млн м ³	1,61
Расход воды в час	м ³	206
Для варианта 5		
Производительность по сухому углю в год	млн т	3,16
Расход ВУС в год	млн т	7,35
Расход ВУС в час	Т	935
Расход воды в год	млн м ³	2,26
Расход воды в час	м ³	290

Следует отметить, что помимо практической значимости в данном случае научно-исследовательский интерес представляла длина трубопровода и реологические характеристики транспортируемых суспензий из углей разной степени метаморфизма.

Углепровод – часть энергетического комплекса, обеспечивающая производство и трубопроводный гидротранспорт топлива в виде водоугольной суспензии от угольного разреза до потребителя – на тепловую электростанцию; состоит из четырех основных блоков:

1. Комплекс углеподачи (обеспечивает прием, переработку и подачу угля для приготовления ВУС).
2. Отделение получения суспензии (обеспечивает тонкий помол угля, перемешивание и аккумулярование суспензии, приготовление химических реагентов).
3. Линейная часть углепровода с головной и промежуточными насосными станциями, вспомогательными устройствами и резервуарными парками.
4. Комплекс по приему, хранению и сжиганию водоугольной суспензии.

Прокладка трубопровода выполняется под землей с заглублением ниже уровня промерзания грунта либо до уровня вечной мерзлоты при температуре грунта минус 1 °С. Минимальная температуры перекачки ВУС 1 °С.

Получение ВУС происходит на одной технологической линии, которая состоит из бункера для угля класса до 3 мм (в некоторых случаях 6 мм), дозаторов-питателей, мельницы и технологических насосов, с помощью которых осуществляется подача суспензии с одной технологической ступени на другую.

Предусмотрены следующие операции.

- Приемка угля крупностью 3-6 мм в дозирочно-аккумулирующие емкости.
- Дозированная подача из бункеров измельченного угля в шаровую мельницу. Одновременно в мельницу подается из емкостей техническая вода, растворы реагентов пластификаторов в количестве, обеспечивающем получение суспензии с заданными реологическими характеристиками и содержанием твердой фазы.
- Помол угля в мельничном устройстве до крупности не более 1 мм и с содержанием частиц угля размером 200 мкм не более 5 %, 100 мкм – не более 30.
- подача ВУС из мельницы на классификатор.
- Возврат надрешетного продукта в мельницу.
- подача кондиционной ВУС из контрольных резервуаров в емкости готовой продукции.
- подача ВУС из емкостей готовой продукции через испытательный трубопроводный контур в головную насосную станцию.

Принципиальная технологическая схема приготовления ВУС представлена на рис. 1.

Следует отметить, что технологическая линия получения ВУС из смеси каменного огоджинского и бурого ерковецкого углей в соотношении 50:50 будет усложнена необходимостью предварительной шихтовки углей.

Характеристики полученных водоугольных суспензий для транспорта по трубопроводам приведены в табл. 2.

Гранулометрический состав всех полученных ВУС распределялся следующим образом: класс 0-200 мкм – 95 %; класс 0-100 мкм – 70-80 %.

Рассматриваемые варианты трубопроводов для гидротранспорта ВУС имеют различную протяженность (90, 100, 140 и 640 км). Для углепроводов длиной 90, 100 и 140 км предусмотрена только головная насосная станция. Для расчета были приняты бесшовные горячекатаные трубы диаметрами 159-820 мм. Выбраны трубы с наружным диаметром 630 мм. При этом скорость движения суспензии в трубе.

$$U = \frac{4B}{\pi D^2} \cdot 3600 = 0,42 \text{ м/с},$$

где B – расход ВУС, м³/ч; D – диаметр трубы, м. Удельные потери давления составили:

$$i = \left(\frac{32U\mu_c}{D^2} + \frac{16\tau_0}{3D} \right) \cdot 10^{-3} = 0,055 \text{ МПа/км},$$

где μ_c – структурная вязкость при 1 °С, Па с; τ_0 – предел текучести при 1 °С, Па; D – диаметр трубы.

Потери давления в трубопроводе в зависимости от протяженности приведены в табл. 3.

В случае транспортирования ВУС на расстояние 90 км из бурых ерковецких углей и смеси бурого угля с каменным в соотношении 50:50 со скоростью 0,73 и 0,50 м/с соответственно удельные потери давления составят 0,069 и 0,065 МПа/км.

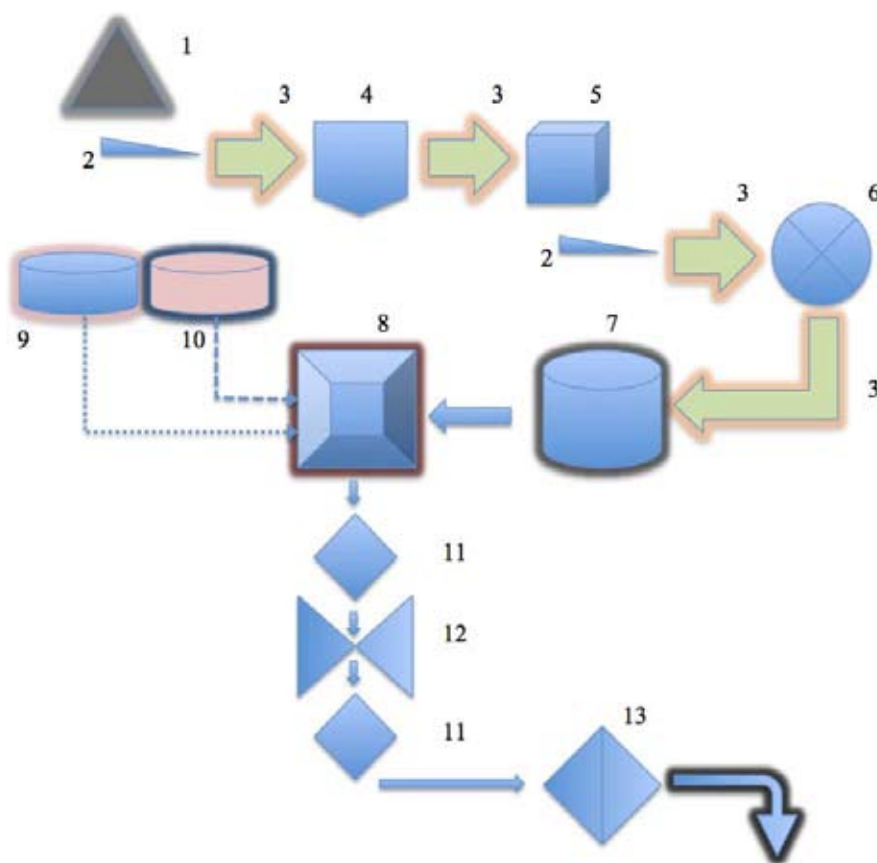


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема получения ВУС: 1 – склад рядового угля; 2 – питатель; 3 – ленточный конвейер; 4 – дробилка крупного дробления; 5 – склад дробленого угля; 6 – дробилка мелкого дробления; 7 – аккумулирующий бункер; 8 – шаровая мельница; 9 – емкость технической воды; 10 – емкость раствора реагента-пластификатора; 11 – зумпф; 12 – дуговой классификатор; 13 – контрольный резервуар

Полученные данные подтверждают правильность выбранного диаметра трубопровода и количество промежуточных насосных станций (ПНС).

В ходе работы была выполнена экономическая оценка выбранных технологических решений производства и транспорта водоугольной суспензии, получаемой из углей Ерковецкого и Огоджинского месторождений. За основу была принята мощность двух блоков по электричеству 330/360 МВт, тепловых нагрузок по производству пара 35 т/ч и по горячей воде 815 Гкал/ч для каждого блока. Для обеспечения этих мощностей топливом определен его годовой расход в объеме 2 млн т условного топлива. Для выполнения расчетов экономической оценки рассматриваемых вариантов трубопроводов в качестве базового принят углепровод с одной ниткой трубы внутреннего диаметра 600 мм как обеспечивающий оптимальные усредненные показатели по производительности топлива, расходу электроэнергии, металлоемкости и транспорта ВУС. Капитальные вложения рассчитывали по укрупненным нормативам, при этом вложения на основное оборудование рассчитаны детализированно, а на вспомогательное приняты в размере 2,5 % от стоимости основного оборудования. Расчет эксплуатационных расходов сделан

Таблица 2. Технологические характеристики суспензий

Показатели	Значения
ВУС из каменного огоджинского угля	
Содержание сухого угля, %	62
Низшая теплота сгорания ВУС, МДж/кг	12,6-15,5
Вязкость структурная, Па с	0,46
Коэффициент консистенции, Па с ⁿ	1,2
Индекс потока	0,8
Плотность, т/м ³	1,3
ВУС из смеси каменного и бурого углей	
Содержание сухого угля, %	50
Низшая теплота сгорания ВУС, МДж/кг	9,4-10,05
Вязкость структурная, Па с	0,4
Коэффициент консистенции, Па с ⁿ	2,23
Индекс потока	0,6
Плотность, т/м ³	1,30
ВУС из бурого ерковецкого угля	
Содержание сухого угля, %	43
Низшая теплота сгорания ВУС, МДж/кг	7,2
Вязкость структурная, Па с	0,3
Коэффициент консистенции, Па с ⁿ	1,4
Индекс потока	0,7
Плотность, т/м ³	1,22

по основным элементам себестоимости: затратам на сырье и материалы, стоимости топлива и электроэнергии, расходов на оплату труда и услуг железной дороги. Остальные элементы определены по укрупненным параметрам.

Предпочтительным вариантом при выборе технологии производства является вариант, обеспечивающий возможность получения ВУС на большей сырьевой базе с использованием каменных углей и местных бурых. В этом случае рентабельность производства составляет 13-15 %.

Выполненная экономическая оценка показала, что трубопроводный транспорт водоугольных топливных суспензий из местных углей конкурентоспособен сжиганию рядовых углей и мазута не только по экологическим критериям, но и по экономическим.

Заключение

Таким образом, в ходе разработки технологий получения и определения эффективных вариантов трубопроводов для транспорта водоугольных суспензий из углей разной степени метаморфизма обводненных месторождений Дальнего Востока и их смесей установлены основные технологические схемы. На основании проведенных расчетов определены диаметры трубопроводов, количество промежуточных станций, потери давления в трубопроводе. Экономическая

Таблица 3. Потери давления

Протяженность трубопровода, км	Среднее расстояние между ПНС, км	ΔP , МПа
100	-	5,5
140	-	7,7
640	92	5,1

оценка показала, что наиболее эффективной является технология получения и транспорта ВУС на базе смеси углей разной степени метаморфизма в соотношении 1:1.

Следует отметить, что применение эффективных и недорогих пластифицирующих реагентов, модернизация твердой фазы, использование отходов производств, изменение экономических параметров могут существенно снизить стоимость получения и транспорта суспензионного топлива.

Список литература

- [1] Мурко В.И., Федяев В.И., Хмяляйнен В.А. Физико–технические основы водоугольного топлива. Кемерово: Кузбассвуиздат, 2009. 195 с.
- [2] Баранова М. П., Кулагина Т. А. // Вестник МАНЭБ. 2009. Т. 14. № 6. С. 149.

Complex Technology of Production and Transport of Coal Water Fuel Suspensions from Coals of Different Degree of the Metamorphism

Marina P. Baranova
*Siberian Federal University,
79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041 Russia*

The results of researches on technologies of production and variants of pipeline transport of coal water fuel suspensions from different coals wet deposits of the Far East are presented. The economic estimation of the chosen technological decisions is made.

Keywords: coal water slurry, pipeline transport.
