

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА СИСТЕМ ГИДРОТРАНСПОРТА ВОДОУГОЛЬНОЙ СУСПЕНЗИИ НА ОБЪЕКТАХ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Федотов А. И., Шамсутдинов Э. В.

Исследовательский центр проблем энергетики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Казанского научного центра Российской академии наук, г. Казань, Россия (420111, Казань, ул. Лобачевского, 2/31), e-mail: fedotovran@mail.ru, eshamsutd.kazan@mail.ru

В работе представлен алгоритм расчета и проектирования систем гидротранспорта водоугольной суспензии. Наиболее экономически выгодным, с учетом транспортных расходов и доступности, при эксплуатации малых или мини ТЭС по-прежнему будет являться использование твердого органического топлива, в том числе и водоугольной суспензии. Составными частями разработанного алгоритма являются блоки анализа выбранного объекта и определения исходных данных; принятие решения о строительстве или модернизации существующего объекта; выбора из существующей классификации способов конкретной схемы приготовления, транспортирования, хранения и подготовки к сжиганию; разработки плана размещения системы гидротранспорта ВУС на территории объекта с учетом месторасположения резервуаров хранения и трассы; гидравлического расчета магистральных и внутренних пульпопроводов; теплового расчета; подбора и расчета необходимого оборудования и участка нагрева суспензии; оценку затрат энергии на эксплуатацию системы и технико-экономический расчет системы. Представленный алгоритм расчета и проектирования технологических схем систем трубопроводного транспорта суспензий предусматривает мероприятия по повышению показателей стабильности суспензии, позволит провести оценку эффективности разрабатываемых схем с учетом гидродинамических особенностей движения суспензии, а также даст возможность оценки технологической возможности использования отечественного оборудования.

Ключевые слова: водоугольная суспензия, транспортирование, алгоритм расчета.

ALGORITHM OF CALCULATION AND DESIGN OF COAL WATER SLURRY HYDROTRANSPORT

Fedotov A. I., Shamsutdinov E. V.

The research center of power engineering problems of institution the Russian academy of sciences the Kazan scientific centre RAS, Kazan, Russia (420111, Kazan, Lobachevsky's street, 2/31), e-mail: fedotovran@mail.ru, eshamsutd.kazan@mail.ru

The paper presents algorithm of calculation and system design hydrotransport coal-water slurry. The most cost-effective, taking into account transportation costs and availability, the operation of small or mini thermal power plants will still be the use of solid fossil fuels, including coal-water slurry. Components of the developed algorithm are blocks of the analysis the chosen object and definition basic data; making decision on construction or modernization of existing object; a choice from existing classification of ways the concrete scheme of preparation, transportation, storage and preparation for burning; development of the plan of placement system a hydro transport fuel in the object territory taking into account a site of tanks of storage and the route; hydraulic calculation main and internal пульпопроводов; thermal calculation; selection and calculation of the necessary equipment and site of heating suspension; an assessment of expenses energy on operation of system and technical and economic calculation system. The presented algorithm of calculation and design technological schemes of pipeline transport suspensions provides measures to improve the stability of the suspension performance, will evaluate the effectiveness of developing a scheme with the hydrodynamic characteristics of motion of the suspension, and the opportunity for assessment of technological capabilities of domestic equipment.

Key words: coal-water slurry, transportation, algorithm of calculation.

Введение

Ранее основными источниками энергии, работающими с использованием органического топлива, были мощные тепловые электростанции или ТЭЦ. С учетом происходящих в последнее время процессов децентрализации, а также необходимости надежного энергоснабжения удаленных потребителей, большое место при планировании

развития топливно-энергетического комплекса России начинает уделяться объектам малой энергетики. Объекты малой энергетики, производящие энергию в непосредственной близости от потребителей, в этом аспекте являются оптимальным решением и позволяют решить проблемы с энергообеспечением на различных уровнях. Наиболее экономически выгодным, с учетом транспортных расходов и доступности, при эксплуатации малых или мини ТЭС по-прежнему будет являться использование твердого органического топлива, в т.ч. и местных видов. Конкурентоспособность нового топлива при нехватке и дороговизне мазута и газа будет обеспечена, если на рынке появится топливо, позволяющее уменьшить издержки его приобретения и использования, удобство его использования при минимальных капитальных затратах у потребителя [3, 4].

Согласно «Энергетической стратегии России на период до 2030 года», основную часть электроэнергии планируется по-прежнему получать за счет выработки ее на тепловых электростанциях [10]. При этом при производстве электроэнергии в нашей стране на конец 2010 года доля природного газа составила 49,8 %, а угля – 22,3 %.

Для решения вышеуказанной проблемы весьма перспективны проводимые как в России, так и за рубежом работы по технологии получения и использования водоугольной суспензии (ВУС), ведь такие суспензии обладают рядом преимуществ, свойственных жидким горючим веществам. Угольные суспензии предназначены заменить традиционное энергетическое топливо – уголь в ТЭС и котельных с пылевидным и слоевым способами его сжигания; мазута в ТЭС и котельных; в установках комбинированного парогазового цикла [9]. В технологическом аспекте представляется перспективным транспортирование данного вида топлива в ламинарном режиме и сжигание его без обезвоживания [6].

Исследования в области использования водоугольных суспензий (водоугольных топлив) в настоящее время проводятся достаточно активно. В то же время существующие инженерные методики и методы расчета гидротранспорта ВУС на промышленных котельных и ТЭС не учитывают режимы работы и взаимное расположение оборудования, что не позволяет с достаточной степенью точности определить затраты энергии на транспортировку ВУС. Создаваемый алгоритм расчета и проектирования технологических схем систем трубопроводного транспорта суспензий предусматривает мероприятия по повышению показателей стабильности суспензии, позволит провести оценку эффективности разрабатываемых схем с учетом гидродинамических особенностей движения суспензии, а также даст возможность оценки технологической возможности использования отечественного оборудования. Использование результатов исследований, представленных в работе [5], а также обобщение и использование экспериментальных данных ученых, работы которых посвящены исследованию трубопроводного транспорта ВУС [1, 2, 7, 8], позволяет

разработать безопасные и экономичные режимы эксплуатации трубопроводного транспорта, что даст возможность повысить их надежность, экономичность, долговечность и снизить материалоемкость.

В данной статье представлен разработанный авторами алгоритм расчета систем гидротранспорта ВУС.

Алгоритм расчета и проектирования

Для разработки технологических схем транспортирования и подготовки ВУС предлагается использовать алгоритм, представленный в виде блок-схемы на рисунке 1. Ниже приведена краткая характеристика основных блоков алгоритма.

I. Анализ выбранного объекта (промышленное предприятие, жилой микрорайон и т.д.) и определение исходных данных.

В качестве исходных данных для расчета технологических схем гидротранспорта ВУС используется целый комплекс характеристик, некоторые из которых приведены ниже:

1. Тип и количество котлов, установленных на объекте промышленной теплоэнергетики – станции или котельной (далее по тексту – объект).
2. Номинальный расход топлива на котел, суммарное потребление всех котлов.
3. Количество, тип и производительность подогревателей, установленных на один резервуар.
4. Температура окружающей среды для зимы и для лета.

II. Принятие решения о строительстве или модернизации существующего объекта. Принятие решения о суммарной производительности по ВУС для каждого котла и объекта в целом. Определение (принятие) значений влажности, температуры и давления ВУС, которые необходимо обеспечить перед подачей в горелки (форсунки) котлов.

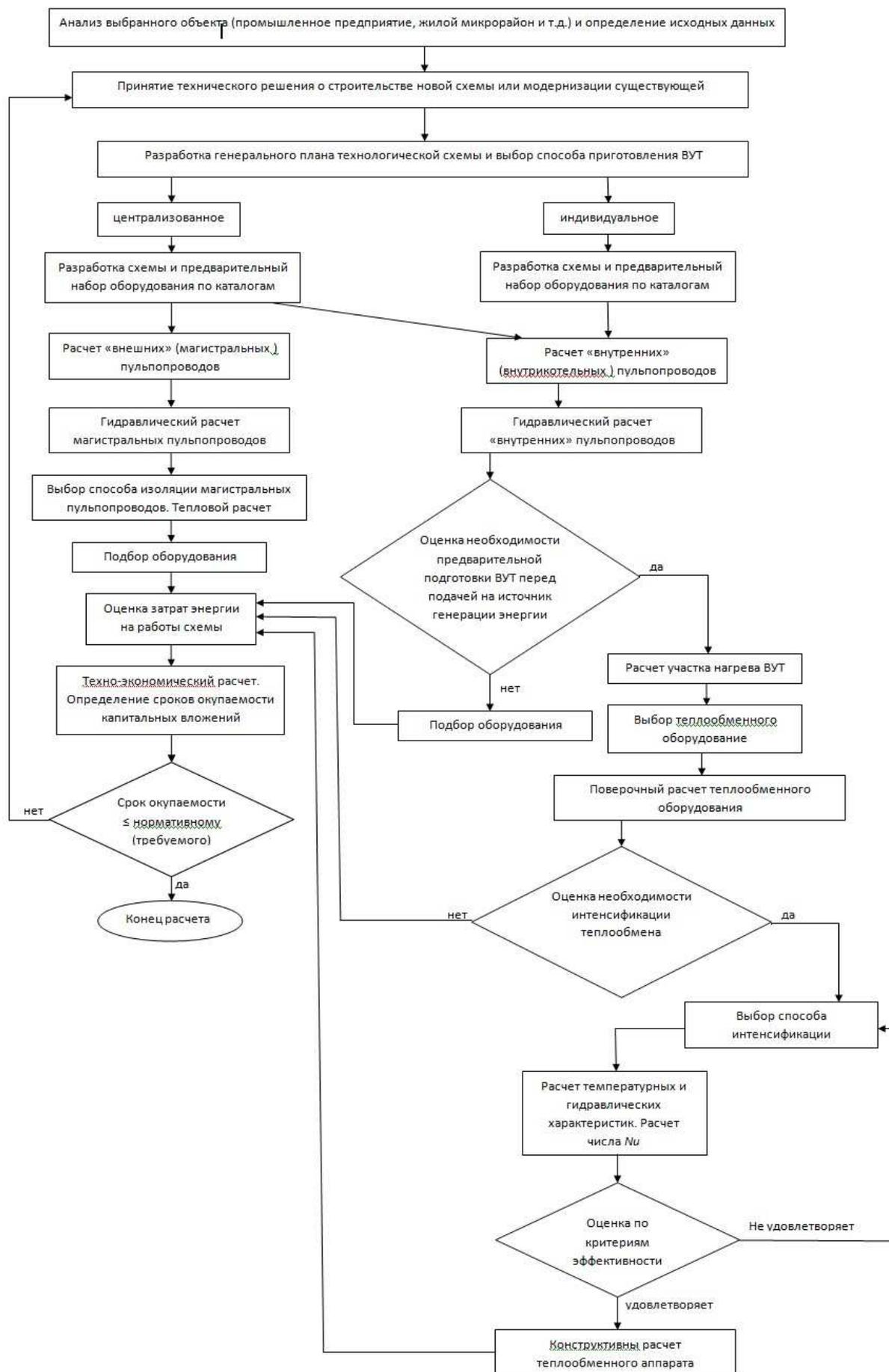


Рисунок 1. Алгоритм расчета систем гидротранспорта ВУС

III. Выбор из существующей классификации способов конкретной схемы приготовления, транспортирования, хранения и подготовки к сжиганию ВУС. При этом необходимо учитывать месторасположение объекта, исходя из того, какая схема подготовки ВУС будет применяться (централизованная или индивидуальная). В случае централизованного способа приготовления ВУС, процессы измельчения и смешения осуществляются в установках большой мощности на отдельном предприятии, и далее готовое топливо транспортируется по трубопроводам непосредственным потребителям. Такой способ может быть выбран для объектов, расположенных в условиях плотной застройки, при которой нет возможности размещения на своей территории дополнительного оборудования. При индивидуальном способе ВУС готовится непосредственно на объекте в установках, мощность которого достаточна, для обеспечения потребностей установленных котлов.

IV. С учетом выбранного способа подготовки и доставки ВУС производится разработка плана размещения системы гидротранспорта ВУС на территории объекта с учетом месторасположения резервуаров хранения и трассы. Следует учитывать рельеф местности, все повороты и разветвления, оценить места установки запорной, регулирующей и предохранительной арматуры, иметь данные о характерных высотах трассы и горелках котлов. После этого производится предварительный подбор оборудования по каталогам и рекомендациям. Наилучшая последовательность подбора всего комплекса оборудования заключается в движении по технологической схеме от горелок к резервуарам хранения. Считая такие основные характеристики, как расход, давление и температуру ВУС перед подачей в горелки (форсунки) в качестве начальных параметров технологической схемы и двигаясь по ней, производится подбор основного оборудования системы топливоподачи и подготовки ВУС. Это, в первую очередь, насосы и подогреватели ВУС, которые обеспечивают гидравлический и температурный режимы работы схемы.

V. Далее производится гидравлический расчет пульпопроводов. При централизованном производстве ВУС расчет производится как для магистральных, так и для «внутренних» пульпопроводов.

VI. Для магистральных пульпопроводов выбирается способ изоляции магистральных пульпопроводов и производится тепловой расчет, исходя из условия необходимости обеспечения транспортирования ВУС в зимний период и поддержания при этом ее эксплуатационных параметров.

VII. После предварительного расчета основных характеристик магистральных трубопроводов осуществляется проверка подобранного оборудования и разработка

подробной технологической схемы системы гидротранспорта ВУС, с учетом данных расчета «внутренних» пульпопроводов.

VIII. После гидравлического расчета «внутренних» пульпопроводов оценивается необходимость предварительной подготовки ВУТ перед подачей на котлы, сравнивая параметры ВУС на выходе из пульпопровода и необходимые параметры ВУС перед подачей в горелки (форсунки). Если такой необходимости нет, производится проверка подобранного оборудования и разработка подробной технологической схемы системы гидротранспорта ВУС.

IX. При необходимости предварительной подготовки ВУС перед подачей на котлы производится расчет участка нагрева ВУС. Для этого производится предварительный подбор теплообменного оборудования с его последующим поверочным расчетом, исходя из условия обеспечения номинальных требуемых параметров системы топливоснабжения (температура, расход).

В связи с тем, что используемые на сегодняшний день теплообменники могут иметь ряд недостатков в случае нагрева ВУС: значительные габариты, высокая металлоемкость, низкие значения коэффициентов теплоотдачи со стороны ВУС, может встать вопрос о необходимости интенсификации теплообмена с учетом существующей информации о последних научно-технических достижениях в этой области. Так как технических решений по интенсификации теплообмена существует большое количество, в данной работе они не приводятся. Для выбора того или иного способа интенсификации требуется проведение соответствующих расчетов, желательно с подкреплением данных результатами экспериментальных исследований.

X. Одним из наиболее ответственных этапов проектирования является этап оценки эффективности и затрат энергии всей системы подготовки и гидротранспорта ВУС. В результате проведенных ранее теплового и гидродинамических расчетов элементов и самой технологической схемы можно оценить эффективность того или иного участка схемы с соответствующим комплектом оборудования. Для серийного оборудования с низкими значениями КПД, с большими удельными затратами энергии на этом этапе проектирования должно приниматься техническое решение о его модернизации или о выборе нового, более эффективного и занимающего в общем объеме подводимой энергии меньшую долю. Работы производятся по критериям эффективности, после чего принимается решение об изменении конструкции теплообменника и его последующем конструктивном расчете.

XI. Следующим этапом технико-экономический расчет системы гидротранспорта ВУС с определением сроков окупаемости капитальных вложений.

Заключение

Разработанный алгоритм расчета и проектирования технологических схем систем трубопроводного транспорта водоугольных суспензий предусматривает мероприятия по повышению показателей стабильности суспензии, позволяющие провести оценку эффективности разрабатываемых схем с учетом гидродинамических особенностей движения суспензии, а также дает возможность оценки технологической возможности использования отечественного оборудования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (соглашение 14.132.21.1756 в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы) и Российского фонда фундаментальных исследований (грант №12-08-97055-р_поволжье_а).

Список литературы

1. Баранова М. П. Влияние температуры на реологические характеристики водоугольных суспензий из бурых углей / М. П. Баранова, М. Л. Щипко, Б. Н. Кузнецов // Вестник Красноярского государственного университета. Естественные науки. – 2005. – С. 110–113.
2. Белов А. А. Гидравлическое транспортирование обводненного топлива в виде водоугольной суспензии // Сжигание высокообводненного топлива в виде водоугольных суспензий. – М.: Наука, 1967. – С. 103–111.
3. Измалков А. В. Экологически чистые технологии использования угля / А. В. Измалков // Уголь. – 2004. – № 9. – С. 46–53.
4. Крапчин И. П. Экономическая эффективность приготовления и использования водоугольных суспензий – экологически чистого топлива для электростанций / И. П. Крапчин, И. О. Потапенко // Уголь. – 2003. – № 11. – С. 50–52.
5. Федотов А. И., Шамсутдинов Э. В. Влияние угла подъема трубопровода и температуры суспензии на коэффициент гидродинамического сопротивления при гидротранспорте вус // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5; URL: www.science-education.ru/105-6978.
6. Ходаков Г. С. Водоугольное топливо: перспективы трубопроводного транспортирования / Г. С. Ходаков, Е. Г. Горлов, Г. С. Головин // Уголь. – 2007. – № 6. – С. 61–63.

7. Ходаков Г. С. Реология суспензий. Теория фазового течения и ее экспериментальное обоснование / Г. С. Ходаков // Российский хим. журнал. – 2003. – Т. XLVII . – № 2. – С. 33–44.
8. Чесноков П. С. Снижение энергозатрат в системах приготовления и гидравлического транспортирования водоугольной суспензии на горных предприятиях: Дис. ... канд. техн. наук / СПбГГИ. – СПб., 2006.
9. Шумейко М. В. Использование водо-угольных, угольно-мазутных суспензий и сверхчистых угольно-водородных энерготехнологий // Уголь. – 2007. – № 7. – С. 29–31.
10. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р.

Рецензенты:

Николаев Андрей Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань.

Кирпичников Александр Петрович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой ИСУИР Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань.