

Асанов Руслан Эшполотович - младший научный сотрудник,
Абдалиев Урмат Калмаатович – к.т.н.,
Ысманов Эшкозу Мойдунович - старший научный сотрудник
Институт природных ресурсов ЮО НАН КР

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ НИЗКО- КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ ВОДОУГОЛЬНОЙ СУСПЕНЗИИ (ВУС) ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ РЕАГЕНТА ГУМАТА НАТРИЯ И ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ СУСПЕНЗИЙ

В данной статье рассматривается комплексное исследование: 1) зависимости удельной теплоемкости ВУС при увеличении концентрации реагента-пластификатора гумата натрия при постоянной твердой фазе ВУС, 2) зависимость удельной теплоемкости ВУС при увеличении ее твердой фазы без реагента гумата натрия. Сначала реагент гумата натрия с концентрациями 10%, 20%, 30%, 40% и 50% от массы твердой фазы ВУС добавляется в ВУС с концентрациями твердых фаз 10%, 30% и 50% и для каждого случая отдельно определяются удельные теплоемкости ВУС и составляется графики зависимостей удельной теплоемкости ВУС от концентрации реагента-пластификатора гумата натрия. ВУС в эксперименте получена с применением эффекта гидродинамической кавитации с концентрациями твердых фаз 10%, 20%, 30%, 40% и 50%. Во второй части работы измеряются удельные теплоемкости ВУС с концентрациями твердой фазы 10%, 20%, 30%, 40% и 50 без гумата натрия и также составляется график зависимости удельной теплоемкости ВУС от концентрации ее твердой фазы.

Ключевые слова: относительная теплоемкость, гумат натрия, реагент-пластификатор, твердая фаза, концентрация, суспензия.

Asanov Ruslan Eshpolotovich - junior researcher
Abdaliev Urmat Kalmatovich - candidate of technical sciences.,
Ysmanov Eshkozy Moidunovich - senior research associate

INVESTIGATION OF DEPENDENCIES OF SPECIFIC HEAT CAPACITY OF LOW- CONCENTRATED WATER COAL SUSPENSION (WCS) FROM CONCENTRATION OF SODIUM HUMATE REAGENT CONCENTRATION AND FROM CONCENTRATION OF SOLID PHASE OF SUSPENSIONS

In this article is considered the complex research: 1) dependences of the specific heat of WCS, at the same time, sodium humate reagent. First, the reagent of sodium humate with concentrations of 10%, 20%, 30%, 40% and 50% of the mass of the solid phase of the WCS is added to the WCS with solid phase concentrations of 10%, 30% and 50%, and for each case the specific heat of the WCS and graphs of the dependences of the specific heat of the WCS on the concentration of the sodium humate plasticizer-reagent are plotted. WCS in an experiment is received with the use of the effect of hydrodynamic cavitation with concentration of firm phases of 10%, 20%, 30%, 40% and 50%. Specific thermal capacities of WCS with concentration of 10%, 20% are measured in the second part of the work, 30%, 40% and 50 without specific heat of WCS on concentration of a firm phase.

Key words: specific heat, sodium humate, plasticizer reagent, solid phase, concentration, suspension.

Введение. В современном научном исследовании, особо стоит вопрос по исследованию физических свойств ВУС, являющаяся дисперсной системой, которая состоит из твердой фазы- мелкие частицы угля, жидкой фазы- вода и химических добавок-стабилизаторов [1]. Одним из физических свойств ВУС, представляющий собой актуальное научное исследование является удельная теплоемкость. Удельная теплоемкость ВУС или вообще дисперсных систем, как и другие их физические свойства значительно отличается от физических свойств отдельных его компонент.

Уменьшение или изменение удельной теплоемкости ВУС в водо-угольной энергетике имеет очень важное, значение, так как ее нужно нагреть перед подачей до необходимой температуры (обычно до 40°C), чтобы стабилизировать процесс впрыскивания. От процесса стабильного впрыскивания зависит главный процесс-горение.

Удельной теплоемкостью дисперсной системы называется количество теплоты, которое необходимо передать единице массы системы для повышения ее температуры на один градус. Удельная теплоемкость определяется выражением [2]:

$сд.с. = Qд.с. / (mд.с. \cdot \Delta T)$ (1) где $Qд.с.$ – количество тепла, Дж, $mд.с.$ – масса дисперсной системы, кг, ΔT – изменение температуры, К.

Так как дисперсная система состоит из частиц и среды, то общее количество теплоты, переданной системе равно сумме теплоты, переданных частицам и дисперсионной среде $Qд.с. = Qч + Qс.р.$ (2) Эти теплоты в свою очередь могут быть определены следующим образом $Qч = сч \cdot mч \cdot \Delta T$ (3) $Qс.р. = сс.р. \cdot mс.р. \cdot \Delta T$ (4) где $сч$ – теплоемкость частиц, Дж/(кг·К), $mч$ – масса частиц, кг; $сс.р.$ – теплоемкость дисперсионной среды, Дж/(кг·К); $mс.р.$ – масса дисперсионной среды, кг.

Тогда теплоемкость дисперсной системы будет равна $сд.с. = (сч \cdot mч \cdot \Delta T + сс.р. \cdot mс.р. \cdot \Delta T) / mд.с. \cdot \Delta T$ (5) Считая, что среда и частица нагреваются равномерно, можно сократить дробь на величину изменения температуры. При этом получаем $сд.с. = сч \cdot mч / mд.с. + сс.р. \cdot mс.р. / mд.с.$ (6)

Постановка задачи и цели для исследования. ВУС обычно нагревается до 40°C в кавитационной мешалке или специальными нагревательными элементами перед подачей в камеру сжигания, чтобы уменьшит его динамическую вязкость и улучшить процесс впрыскивание через форсунку, так как от последнего зависит процесс горения. Удельная теплоемкость ВУС большая, так как она почти наполовину состоит из воды и для его нагревания потребится большое количество теплоты, особенно для больших масс. Следовательно, нужно уменьшит удельную теплоемкость ВУС, чтобы сэкономить лишние энергозатраты. В связи с этим, главной задачей данной работы является влияние на удельную теплоемкость ВУС:

- 1) реагента-пластификатора гумата натрия, а конкретно выяснить, уменьшает или увеличивает реагент-пластификатор гумата натрия удельную теплоемкость ВУС при постоянной ее твердой фазе.
- 2) твердой фазы составляющей.

Экспериментальная часть. Описание прибора. Прибор состоит из двух одинаковых калориметров С, наполненных различными жидкостями, в которую погружены спиральные проволоки К (рис. 1).

На основании закона Джоуля- Ленца количество выделившегося тепла в каждом калориметре равно [3]:

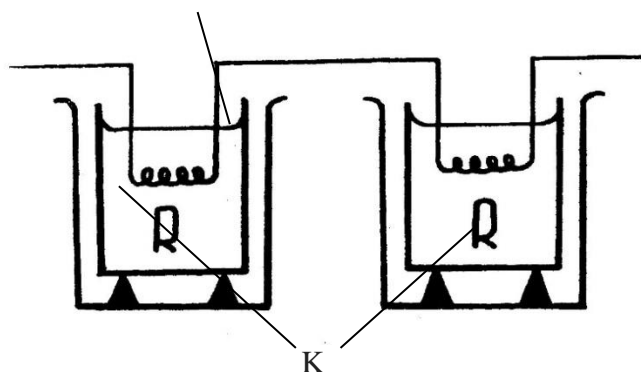


Рис.1. Определение удельной, теплоемкости низко-концентрированной ВУС с помощью электро-калориметра. L-металлические стержни, С-сосуды, К-спирали.

$Q=0,24 I^2 \cdot R \cdot t$ (7) где, I-сила тока, R-сопротивление и t-время прохождения тока. Сопротивления проволок в обоих калориметрах делаются одинаковыми и эти проволоки стержнями L соединяются последовательно; при пропускании через них электрического тока проволоки выделяют одинаковое количество тепла. Для уравнивания температуры во всей массе жидкости у каждого калориметра имеется мешалка (на рис.1 она не показана).

В первом калориметре находится вода с известной удельной теплоемкостью $c_{вода}=4180 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$. Во втором калориметре находится исследуемая низко-концентрированная ВУС. Количество теплоты, полученное калориметром с водой:

$$Q_1=(c_1 \cdot m_1+c_в \cdot M_1) \cdot (t_2-t_1) \quad (8)$$

Количество теплоты, полученное калориметром с исследуемой жидкостью: $Q_2=(c_2 \cdot m_2+c_{ж} \cdot M_2) \cdot (t_4-t_3) \quad (9)$

В формулах (8) и (9) введены следующие обозначения: M1 и M2- массы воды и исследуемой жидкости в калориметрах; m1 и m2- массы калориметров; c1 и c2- их теплоемкости; сж- теплоемкость исследуемой жидкости, св -теплоемкость воды; t1 и t2- температура воды в начале и в конце опыта; t3 и t4-температуры исследуемой жидкости в начале и в конце опыта.

Приравнивая Q1 и Q2, получим, формулу для расчета удельной теплоемкости исследуемой жидкости: $c_{ж}=1/M_2 \cdot [(c_1 \cdot m_1+c_в \cdot M_1) \cdot (t_2-t_1)/(t_4-t_3)-c_2 \cdot m_2]$ (10)

Поскольку агрегатное состояние низко-концентрированной ВУС- жидкое, то воспользуемся формулой (10). Заменяя в ней M2 на mвус, c1 и c2 на $c_{п.п.}$, m1и m2 на $m_{п.п.}$, M1 на mводы, t2 и t1 на t2воды и t1воды, t4и t3 на t2вус и t1вус, св на $c_{воды}$ получим,

$$c_{вус}=1/m_{вус} \cdot [(c_{п.п.} \cdot m_{п.п.}+c_{воды} \cdot m_{воды}) \cdot (t_{2воды}-t_{1воды})/(t_{2вус}-t_{1вус})-c_{п.п.} \cdot m_{п.п.}] \quad (11)$$

где mвус- масса исследуемой ВУС, $c_{п.п.}=460 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ -удельная теплоемкость калориметра из полипропилена, $m_{п.п.}=1,5 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$ масса полипропиленового калориметра, $c_{воды}=4180 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ - удельная теплоемкость воды (из экспериментальных данных), mводы=0,35 кг, t2воды и t1воды-конечные и начальные температуры воды, t2вус и t1вус-конечные и начальные температуры исследуемой ВУС.

I. Исследование влияния, концентрации реагента-пластификатора гумата натрия пгум на удельную теплоемкость, свус ВУС.

Для эксперимента приготовили ВУС с концентрациями твердой фазы: 10%, 30% и 50% и массой по 350 грамм каждый. С целью минимальной потери тепла калориметры делаются из полипропиленовой посуды с меньшей удельной теплоемкостью и сверху покрывается отражающей фольгой и теплоизоляционным материалом. Гумат натрия с массовой долей пгум 10%, 20%, 30%, 40% и 50% от массы твердой фазы ВУС добавляется и для каждого случая выполняются измерения. Для получения более точного результата процессы происходящие в эксперименте должны быть ближе к адиабатической (без теплообмена с окружающей средой). После

измерений начальные и конечные температуры воды и исследуемой ВУС и результаты вычислений удельной теплоемкости $c_{вус}$ по формуле (11) для разных концентраций реагента гумата натрия от массы твердой фазы ВУС записываем в таблицы 1,2,3:

Таблица 1

Для ВУС твердой фазы 10% ($n_{вус}=10\%$)

$t_{1воды}, ^\circ\text{C}$	17,2	17,4	17,5	17,7	17,8
$t_{2воды}, ^\circ\text{C}$	21,3	21,5	21,6	22,0	22,1
$t_{1вус}, ^\circ\text{C}$	17,3	17,5	17,6	17,7	17,9
$t_{2вус}, ^\circ\text{C}$	21,8	22,0	22,1	22,5	22,6
$n_{гум}, \%$	10	20	30	40	50
$m_{вус}, \text{кг}$	0,3535	0,357	0,3605	0,364	0,3675
$c_{вус}, \text{Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$	3735	3701	3668	3636	3607

Таблица 2

Для ВУС твердой фазы 30% ($n_{вус}=30\%$)

$t_{1воды}, ^\circ\text{C}$	18,1	18,2	18,3	18,5	18,7
$t_{2воды}, ^\circ\text{C}$	22,5	22,5	22,6	22,7	22,8
$t_{1вус}, ^\circ\text{C}$	18,1	18,2	18,4	18,5	18,8
$t_{2вус}, ^\circ\text{C}$	24,0	23,9	24,0	24,0	24,1
$n_{гум}, \%$	10	20	30	40	50
$m_{вус}, \text{кг}$	0,3605	0,371	0,3815	0,392	0,4025
$c_{вус}, \text{Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$	3057	2989	2922	2858	2799

Таблица 3

Для ВУС твердой фазы 50% ($n_{вус}=50\%$)

$t_{1воды}, ^\circ\text{C}$	19,3	19,4	19,5	19,7	19,9
$t_{2воды}, ^\circ\text{C}$	23,5	23,6	23,7	23,8	24,0
$t_{1вус}, ^\circ\text{C}$	19,4	19,5	19,6	19,7	20,0
$t_{2вус}, ^\circ\text{C}$	26,3	26,3	26,3	26,2	26,4
$n_{гум}, \%$	10	20	30	40	50
$m_{вус}, \text{кг}$	0,3675	0,385	0,4025	0,42	0,4375
$c_{вус}, \text{Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$	2414	2334	2258	2190	2128

По данным эксперимента таблиц 1-3 построим график зависимости удельной теплоемкости ВУС $c_{вус}$ от концентрации реагента-пластификатора гумата натрия.

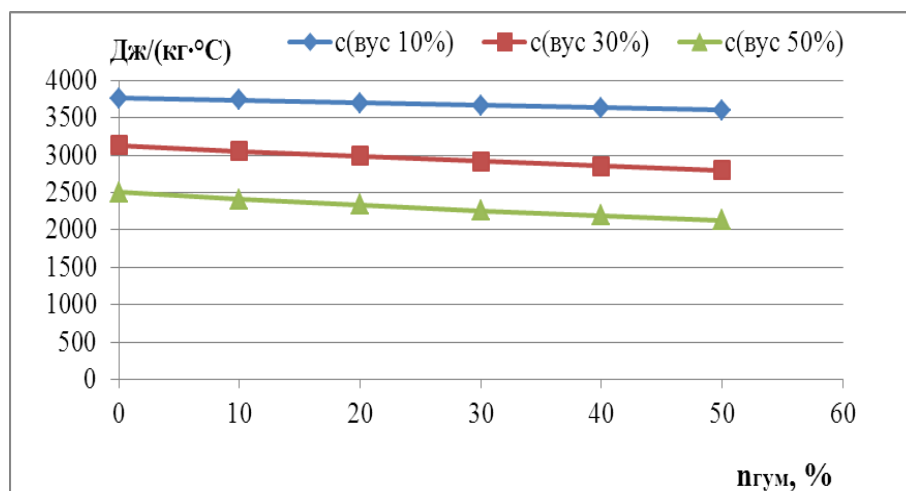


Рис. 2. Зависимость удельной теплоемкости ВУС при разных концентрациях твердой фазы от концентрации реагента-пластификатора гумата натрия.

II. Исследование влияния концентрации твердой фазы ВУС на ее удельную теплоемкость без реагента гумата натрия. ВУС с общей массой 1,75 кг и с концентрациями $n_{\text{ВУС}}$ 10%, 20%, 30%, 40% и 50% твердой фазы использовали для эксперимента (точнее 5 проб по 350гр. при разных концентрациях.) Согласно схеме (рис.1) при одинаковых сопротивлениях спирали R нагрели воду и исследуемый ВУС и записали их начальные и конечные температуры для разных концентраций. С помощью экспериментальной формулы (11) вычислили значения $c_{\text{вус}}$ для каждой концентрации твердой фазы ВУС $n_{\text{вус}}$ и записали их в таблицу 4:

Таблица 4

Значение удельной теплоемкости $c_{\text{вус}}$ для разных концентраций ее твердой фазы:

$t1_{\text{воды}}, ^\circ\text{C}$	17,1	17,9	18,0	19,0	19,1
$t2_{\text{воды}}, ^\circ\text{C}$	21,2	22,3	22,4	23,2	23,2
$t1_{\text{вус}}, ^\circ\text{C}$	17,2	18,0	18,1	19,0	19,1
$t2_{\text{вус}}, ^\circ\text{C}$	21,7	23,3	24,0	25,2	25,9
$n_{\text{вус}}, \%$	10	20	30	40	50
$m_{\text{вус}}, \text{кг}$	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
$c_{\text{вус}}, \text{Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$	3766	3443	3132	2810	2504

По данным Таблицы 4 составили график зависимости удельной теплоемкости ВУС от концентрации ее твердой фазы.

Как очевидно из полученных графических экспериментальных данных применение реагента гумата натрия уменьшает удельную теплоемкость ВУС, а это в свою очередь позволяет снизить энерго- затраты на подачу и сжигание ВУТ.

Условия проведения эксперимента: $t_{\text{возд}}=+19^\circ\text{C}$, $p_{\text{атм}}=692$ мм. рт. ст., $\psi_{\text{помещ}}=36\%$. ВУС в эксперименте изготовлен способом гидродинамической кавитации (число кавитаций $X_{\text{кав}}=5$). Время кавитации $t_{\text{кав}}=25$ мин (5 раз по 5 мин). Измерение начальных и конечных температур проводились с помощью лабораторного термометра Тл-4 Состарен. Определение удельной теплоемкости ВУС выполнена, по Физическому практикуму (под редакцией проф. И. В. Ивероновой).

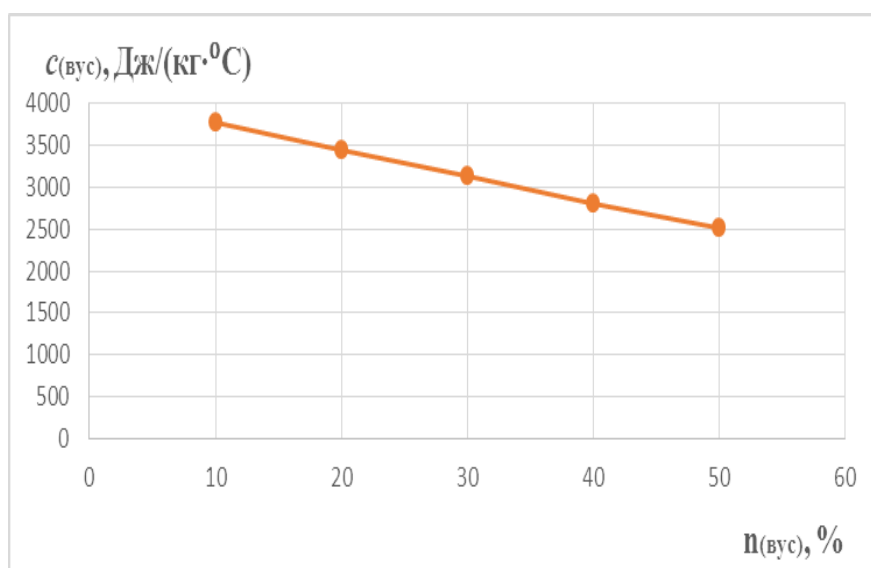


Рис.3. Зависимость удельной теплоемкости низко-концентрированной ВУС от концентрации ее твердой фазы при отсутствии реагентов-пластификаторов.

Факторы, влияющие на точность полученных экспериментальных результатов.

1) Система состоящая из электро-калориметров должна быть ближе к адиабатической для устранения тепловых потерь.

- 2) Использование лабораторного термометра для определения начальных и конечных температур типа Тл-4 Состарен. Они очень чувствительные и фиксируют температуру с точностью до $0,1^{\circ}\text{C}$. Комнатные термометры не подходят для таких измерений так, как они фиксируют температуру с точностью до 1°C и после вычислений получаются неправильные результаты.
- 3) Вода и ВУС после нагревания должны быть тщательно перемешаны мешалкой, для установления температурного равновесия в нижнем, среднем и верхнем слое.
- 4) Спирали должны обворачиваться сверху очень тонким слоем диэлектрической ленты, так как вода и ВУС обладают слабой электропроводимостью.
- 5) Разница между начальными и конечными температурами воды или суспензии не должны превышать более, чем на 10°C так как теплоемкость-величина не постоянная и зависит от изменения температуры.

Выводы:

1. Установлено что, удельная теплоемкость $c_{\text{вус}}$ при отсутствии гуматов уменьшается линейно с увеличением твердой фазы ВУС (рис 3).
2. При увеличении концентрации гумата натрия и при постоянном значении твердой фазы ВУС $c(\text{вус } 10\%)$, $c(\text{вус } 30\%)$, $c(\text{вус } 50\%)$ (рис.2) удельная теплоемкость уменьшается линейно для всех концентраций.
3. Определено что, при одинаковой концентрации реагента гумата натрия, но при разных концентрациях твердой фазы ВУС, удельная теплоемкость $c_{\text{вус}}$ больше у суспензии с меньшей концентрацией твердой фазы и меньше у суспензии с большей концентрацией твердой фазы: график прямой $c(\text{вус } 10\%)$ расположен выше, а $c(\text{вус } 50\%)$ ниже.

Литература:

1. **Асанов, Р.Э.** Исследование зависимостей удельной электрической проводимости низко-концентрированной водоугольной суспензии (ВУС) от концентрации реагента гумата натрия и от концентрации твердой фазы суспензий [Текст] / Асанов Р. Э., Абдалиев У. К., Ташполотов Ы. // Бюллетень науки и практики. Электрон. журн. ХМАО, г. Нижневартовск. 2017. №12 (25).-399с.
2. **Коньгин, С.Б.** Макроскопические свойства дисперсных систем [Текст] / Коньгин С. Б., Крючков Д. А // учебно-методическое пособие.- Самарский госуд. техн. университет, 2007. – 22с.
3. **Иверонова, В.И.** Физический практикум [Текст] / В.И. Иверонова// - М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1955.-634 с.