

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

70-річчю НАУ присвячується



23–25 квітня 2003 року

Матеріали
V Міжнародної
науково-технічної
конференції

ТОМ IV Аеропорти
та їх інфраструктура

м. Київ

А.В. Бастеев, д-р физ.-мат. наук, проф.,
 Мусалам Алаа, аспирант (Палестина),
 В.В. Форфутдинов, канд. техн. наук, доцент,
 П. В. Карножицкий, канд. хим. наук, доцент,
 Р.А. Кучмамбетов, аспирант,
 Национальный Аэрокосмический Университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Украина

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДПЛАМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ СУСПЕНЗИОННЫХ ГОРЮЧИХ НА ОСНОВЕ ПЕЧНОГО ТОПЛИВА И МАЗУТА.

С помощью метода термогравиметрии изучены некоторые особенности предпламенных процессов и свойства капли композитных суспензионных горючих (КСГ) на основе углеводородного горючего (печное топливо и мазут) и "угольной пыли". Изучено поведения капли КСГ с добавками воды в качестве вещества активатора и сформулированы рекомендации по составу. Посредством SOFT ASTRA-4M проведен расчет равновесного состава продуктов сгорания КСГ в воздухе.

Идея сжигания композитных суспензионных горючих (КСГ), а именно пылеугольно-мазутных суспензий (ПУМС) впервые появилась в 1879 г. [1], однако изучением особенностей их применения в топках современных энергетических и промышленных установок и в доменных печах начали серьезно заниматься лишь на протяжении нескольких последних десятилетий. Побудительным мотивом к применению ПУМС являются экономические выгоды, получаемые от перевода современных парогенераторов, работающих на мазуте и газе, на сжигание ПУМС. Также их использование целесообразно в связи с тем, что технология их приготовления, хранения и сжигания аналогична основному топливу.

Оценка стоимости вырабатываемой в камере сгорания калории тепла может быть произведена по формуле (1):

$$\xi(\varepsilon) = \frac{\Delta S}{\Delta H} * \left[1 + \frac{H_K * S_C - S_K * H_C}{\Delta S * [H_K - \Delta H * \varepsilon]} \right], \quad (1)$$

где
 H_C – теплотворная способность угля, ($\text{Дж}/\text{кг}$);
 H_K – теплотворная способность мазута, ($\text{Дж}/\text{кг}$);
 S_C – стоимость 1кг угля, ($\$/\text{кг}$); S_K – стоимость 1кг мазута ($\$/\text{кг}$); $\Delta S = S_K - S_C$; $\Delta H = H_K - H_C$;
 ε – весовой процент содержания угольного порошка в ПУМС по формуле (2):

$$\varepsilon = \frac{m_C}{m_C + m_K}, \quad (2)$$

где m_C – массовая доля угля, m_K – массо-

вая доля основного топлива.

На рис. 1 представлена зависимость параметра $\xi = F(\varepsilon)$ для трех вариантов стоимости угля: 1 – 0,027 $\$/\text{кг}$, 2 – 0,028 $\$/\text{кг}$, 3 – 0,030 $\$/\text{кг}$, при этом стоимость основного топлива принималось равной 0,05 $\$/\text{кг}$.

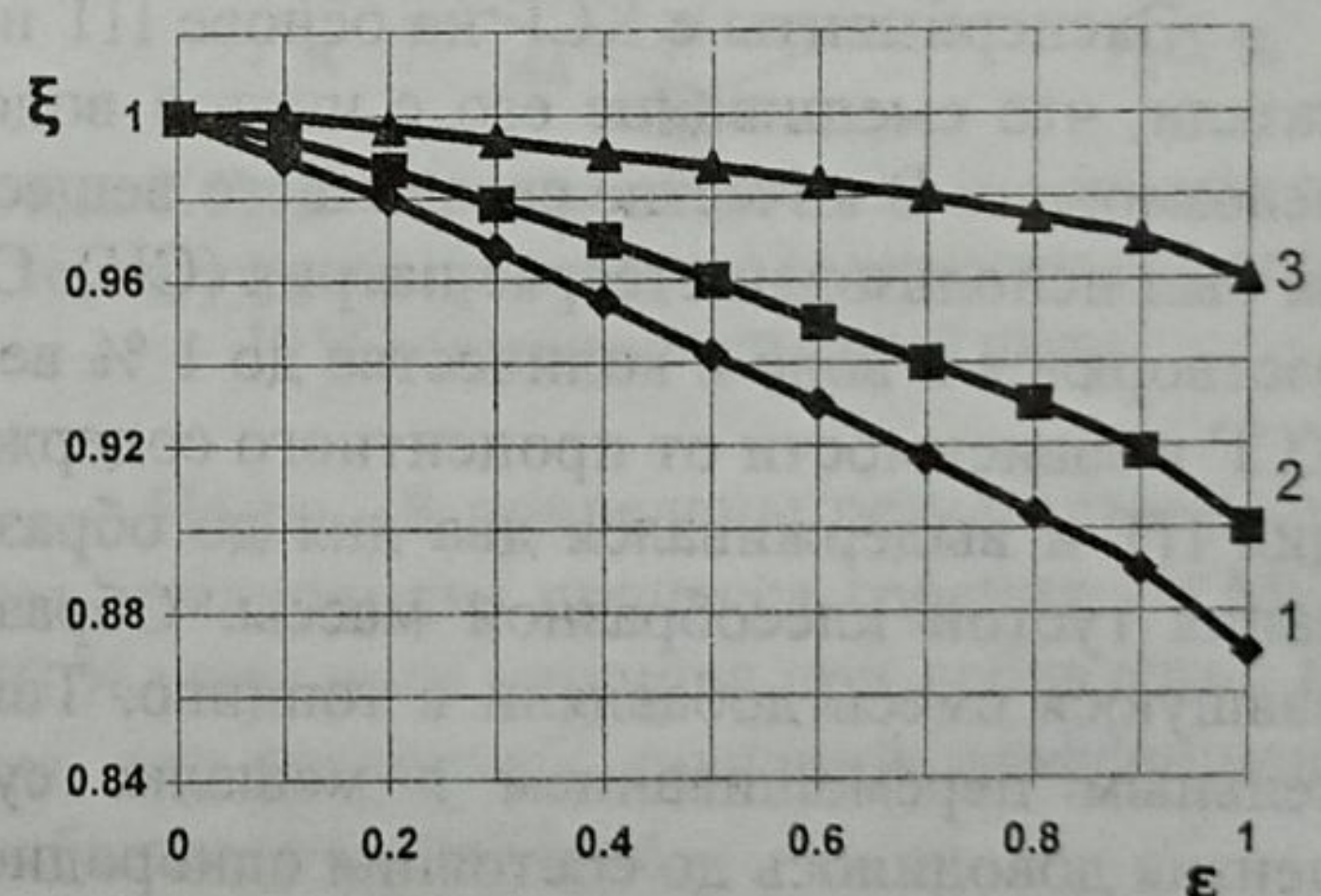


Рис.1. Стоимость калории вырабатываемого тепла в зависимости от содержания угля в мазуте.

В работе рассмотрены суспензии на основе сертифицированного печного топлива (ПТ) ($C_{0,946}H_{1,161}O_{0,002} A^d \cong 0,02 \%$ [зольность], $V^{daf} \cong 98 \%$ [выход летучих веществ]; и мазута ($C_{0,875}H_{0,125}O_{0,005} A^d \cong 0,14 \%$, $V^{daf} \cong 98 \%$) с добавлением мелкодисперсной угольной пыли ($C_{0,838}H_{0,056}N_{0,015}O_{0,077}S_{0,014} A^d \cong 19 \%$, $V^{daf} \cong 42 \%$).

Практический интерес с точки зрения организации процесса сжигания КСГ представляет также возможность введения в их

состав веществ-активаторов с целью управления стадийностью процесса. В качестве вещества активатора рассматривается вода [2].

Образцы КСГ приготавливались в стеклянных сосудах объемом 50 гр. К основному топливу в соответствующих процентных пропорциях подмешивались мелкодисперсный угольный порошок и вода. Для смешивания использовался миксер с оборотами 8000 об/мин. После смешивания образец КСГ помещался в кварцевый бюкс, подвешенный на торсионных весах, и опускался в керамическую печь. Температура в камере поддерживалась в диапазоне $280 \leq T \leq 300^\circ\text{C}$. Эксперимент проводился в течение $\tau^* = 16$ мин.

Анализ элементарных предпламенных стадий сжигания топлива проведен термогравиметрическим методом [3]. Основные элементы экспериментальной установки: торсионные весы типа ЭМИБ с ценой деления 10^{-6} ; термопара типа ХК; электронный автоматический вольтметр В7-28; вертикальная керамическая печь с электроподогревом, внутренним диаметром 20 мм; кварцевый бюкс с образцом КСГ.

Эксперименты с КСГ на основе ПТ показали, что смешивание его с чистой водой невозможно. В качестве связующего вещества был использован стеарат натрия (СН). СН растворялся в воде в количестве до 1 % веса КСГ в зависимости от процентного содержания ПТ и выдерживался два дня до образования густой клеобразной массы. Образовавшуюся смесь добавляли в топливо. Тщательным перемешиванием в мешалке суспензия доводилась до состояния однородной массы, производился замер времени от начала расслоения смеси до ее полного расслоения. Результаты экспериментов показали, что добавление СН создает однородную смесь пригодную для проведения эксперимента на время $360 \leq t \leq 600$ мин.

Таким образом, было установлено, что возможно использование КСГ на основе ПТ, 60 % воды с 340 мг. СН, 40 % воды с 300 мг. СН, 20 % воды с 250 мг. СН и 10 % воды с 125 мг. СН. С данным процентным составом КСГ термогравиметрическим методом проведены эксперименты с целью моделирования основного предпламенного процесса

диспергирования капли. Проводились измерения изменения массы суспензии в воздухе по времени при различной температуре, результаты представлены на рис. 2 и в поверхностном сравнении на рис. 3.

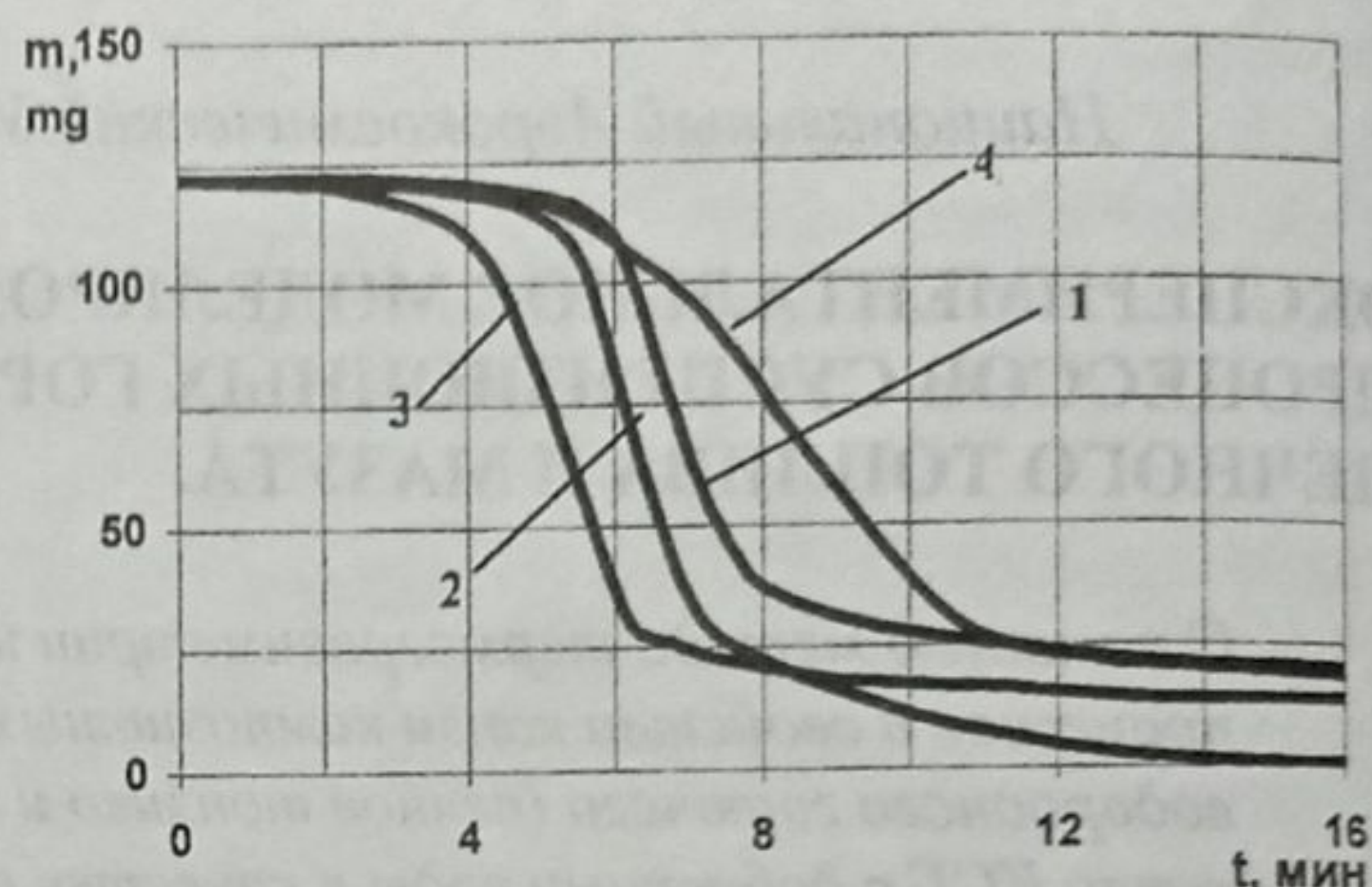


Рис. 2. Изменение массы τ суспензии ПТ по времени

- 1 – 90 % ПТ и 10 % воды;
- 2 – 80 % ПТ и 20 % воды;
- 3 – 60 % ПТ и 40 % воды;
- 4 – 40 % ПТ и 60 % воды.

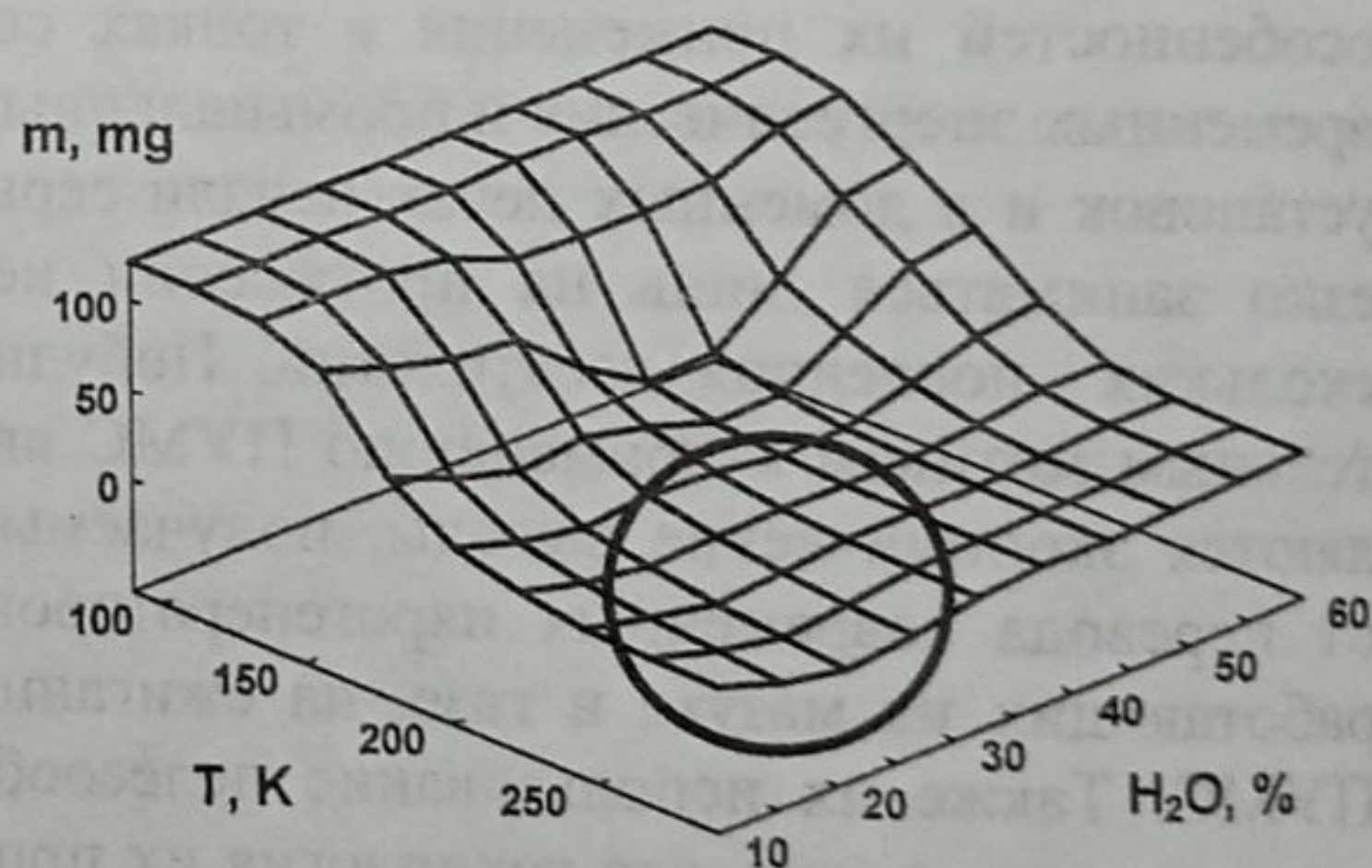


Рис. 3. Изменение массы суспензии ПТ в зависимости от температуры и процентного содержания воды.

Из рис. 2 и 3 видно, что наиболее пригодным для практического использования является состав с 20 % воды с 250 мг СН в ПТ. С точки зрения механических характеристик способствует полному выпариванию и диспергированию суспензии.

Эксперименты с КСГ на основе мазута показали, что смешивание его с чистой водой возможно до определенных пропорций. Опытным путем определено, что до 40 % воды смешивается с мазутом без добавления связующего вещества СН. Термогравиметрическим способом проведено измерение массы суспензии по времени для различных

температур. Результаты представлены на рис. 4 и в поверхностном сравнении на рис. 5.

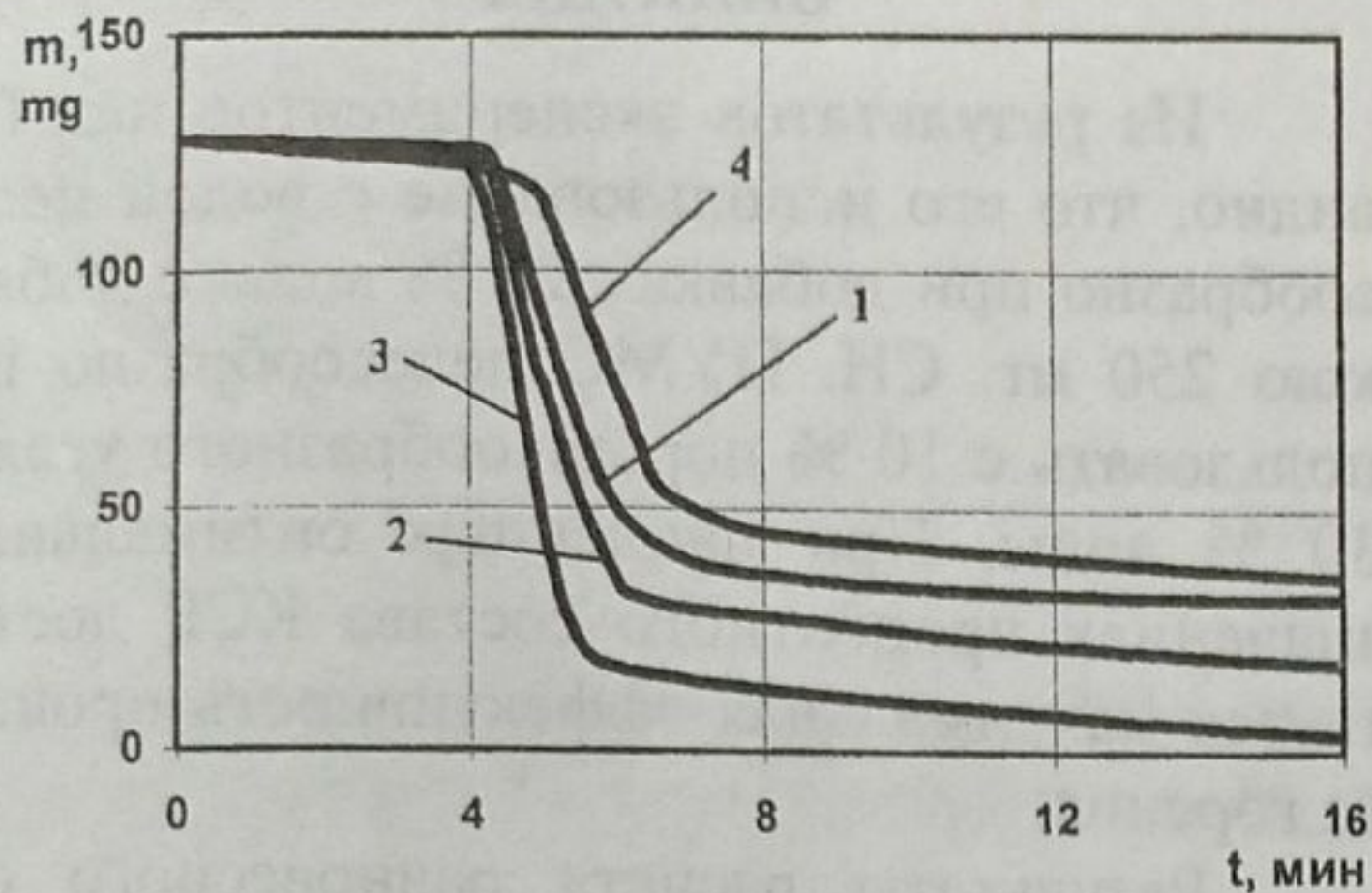


Рис. 4. Изменение массы мазута по времени
1 – 90 % мазута и 10 % воды;
2 – 80 % мазута и 20 % воды;
3 – 70 % мазута и 30 % воды;
4 – 60 % мазута и 40 % воды.

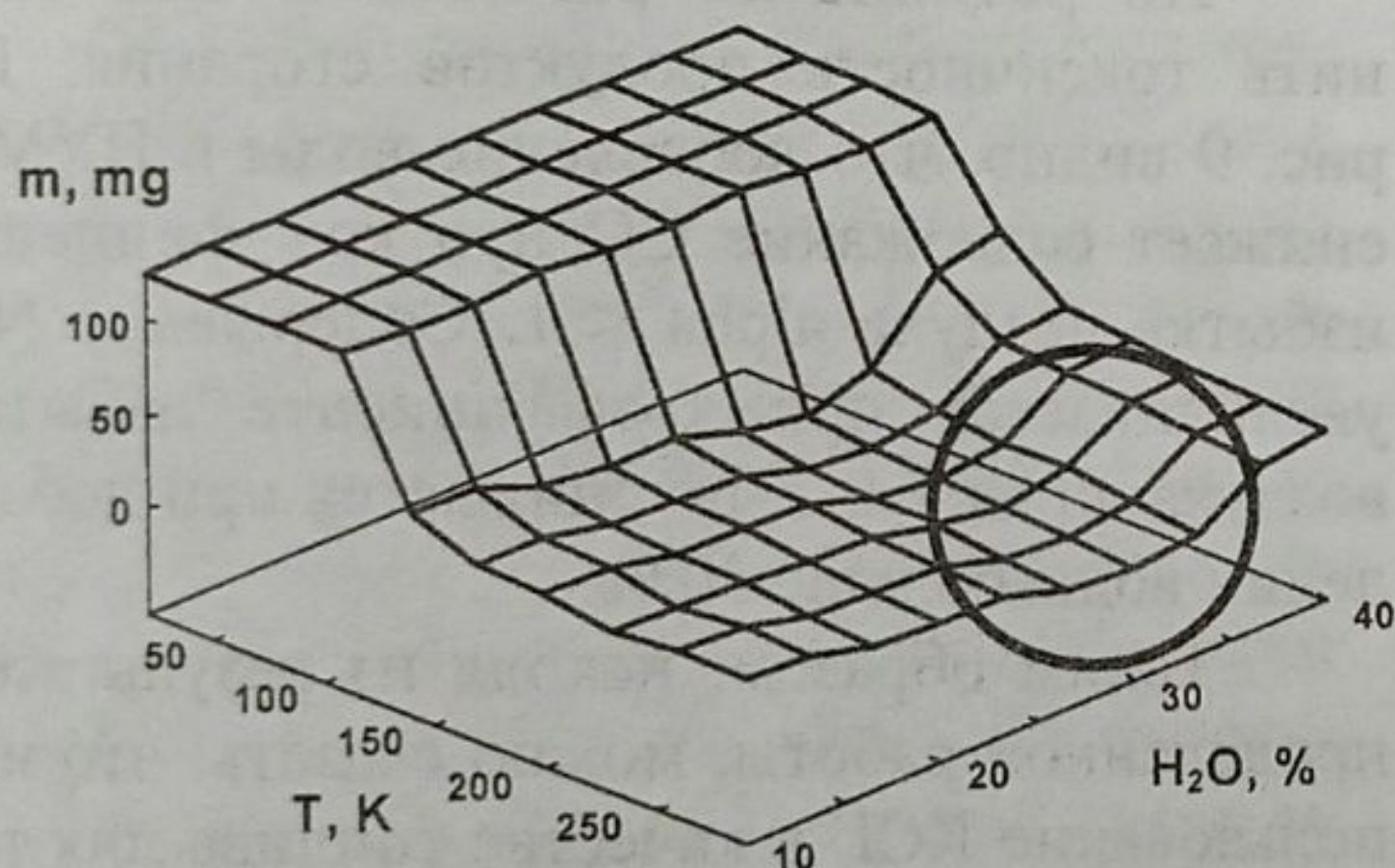


Рис. 5. Изменение массы мазута в зависимости от температуры и процентного содержания воды.

Из рис. 4 и 5 видно, что добавление 30 % воды в мазут максимально ускоряет процесс реакции и способствует полному выпариванию и диспергированию суспензии.

Также термогравиметрическим методом проводились опыты с ПУМС при 10 % содержания угольной пыли с добавкой воды до 40 %. Добавление в суспензию угля осуществляется за счет уменьшения содержания мазута. Результаты эксперимента представлены на рис. 6 и в поверхностном сравнении на рис. 7.

Из рис. 6 и 7 видно, что добавление 30 % воды в ПУМС так же ускоряет процесс реакции и способствует ее полному протеканию, как и при добавках воды в ПТ.

Исходя из рекомендаций по составу, полученного из экспериментальных данных, посредством SOFT ASTRA-4M были проведены расчеты равновесного состава продук-

тов сгорания.

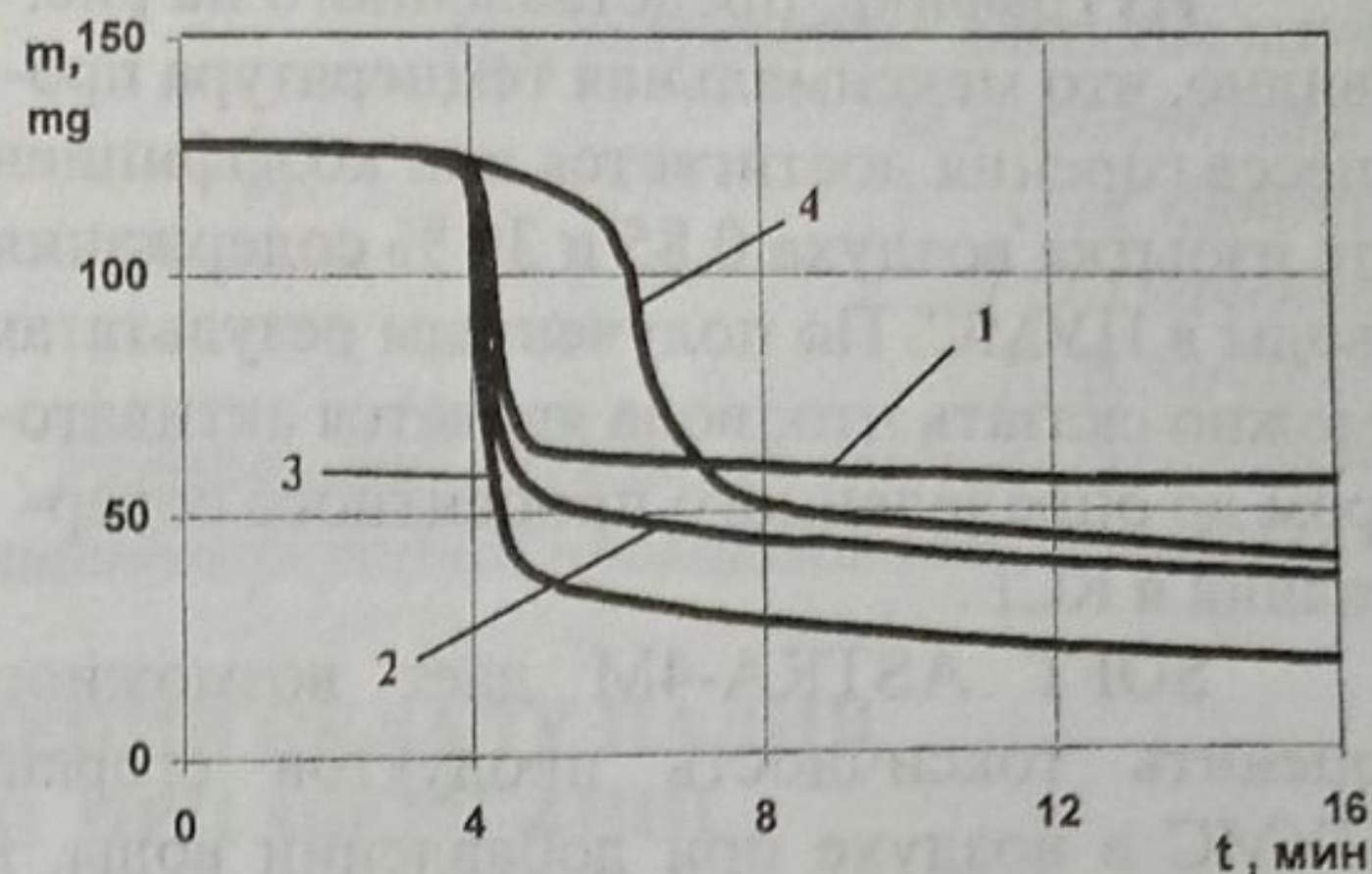


Рис. 6. Изменение массы ПУМС по времени
1 – 80 % мазута, 10 % угля и 10 % воды;
2 – 70 % мазута, 10 % угля и 20 % воды;
3 – 60 % мазута, 10 % угля и 30 % воды;
4 – 50 % мазута, 10 % угля и 40 % воды.

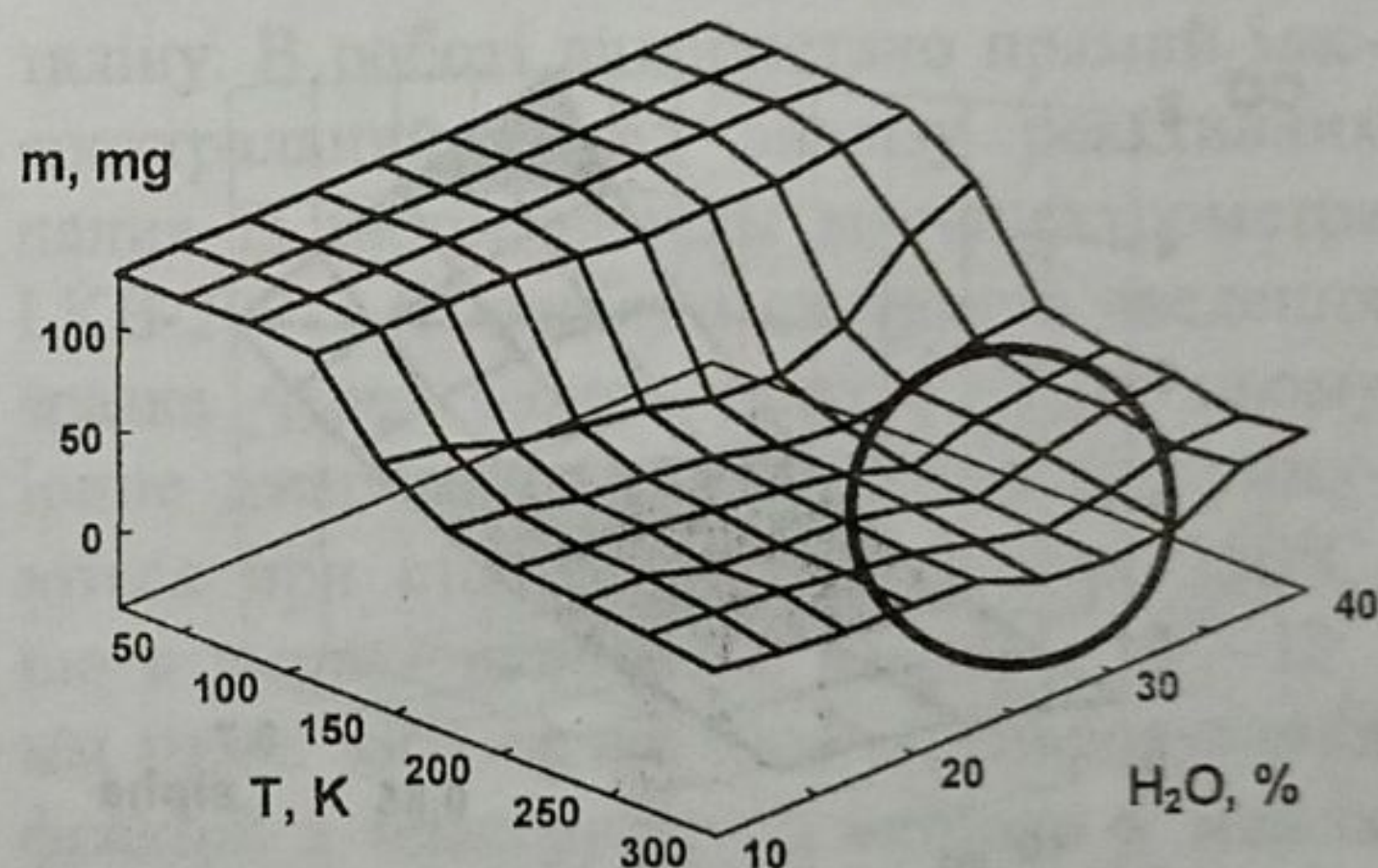


Рис. 7. Изменение массы ПУМС в зависимости от температуры и процентного содержания воды при 10 % содержания угольной пыли.

На рис. 8 приведены результаты расчетов температуры процесса горения ПУМС с 10 % угольного порошка при добавлении воды, для различных значений коэффициента избытка воздуха α .

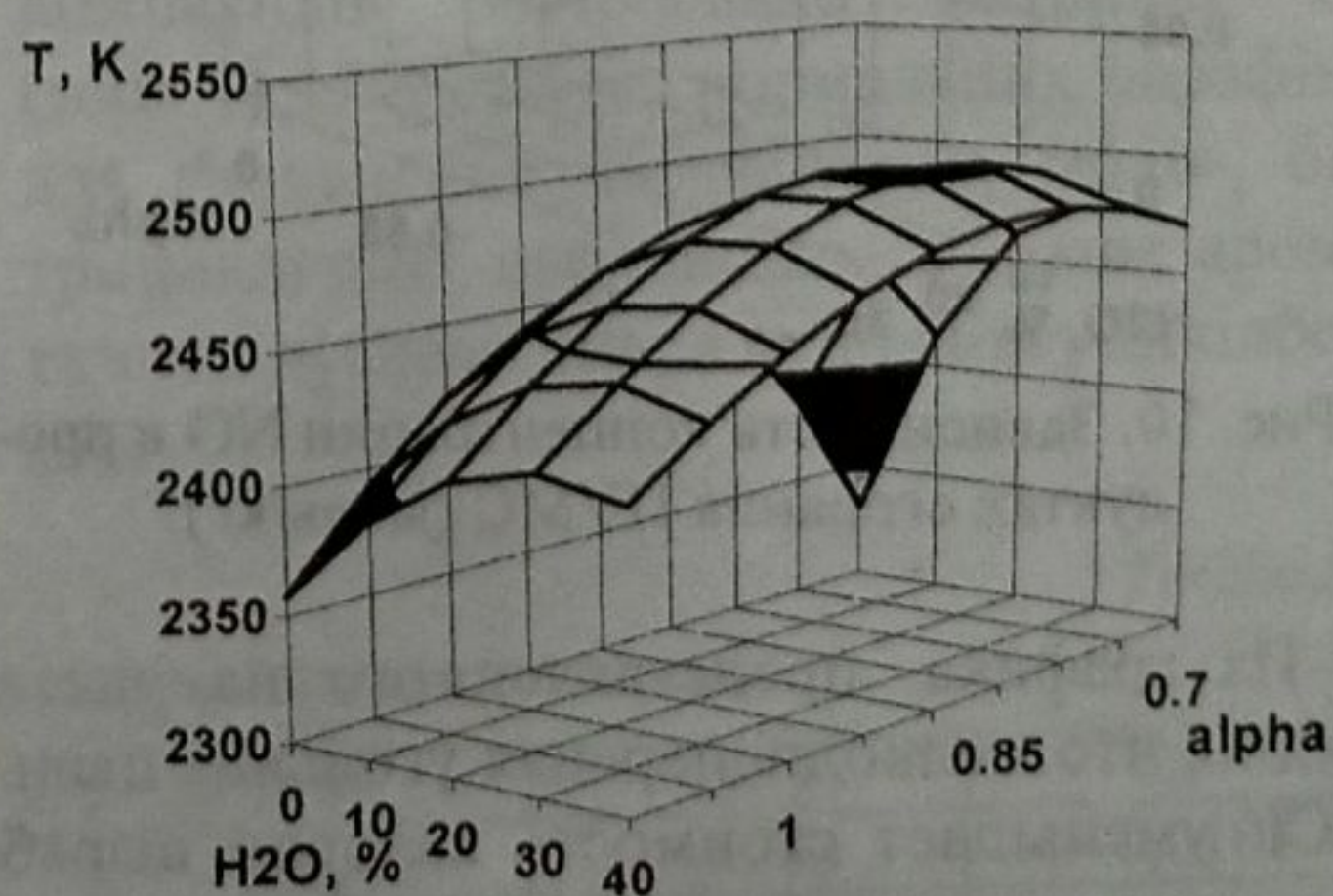


Рис. 8. Зависимость температуры процесса горения ПУМС при содержании в ней 10 % угольной