

«Сейфуллин окулары-14: Жастар, ғылым, инновациялар: цифрландыру – жаңа даму кезеңі» атты Республикалық ғылыми-теориялық = **Материалы** Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения-14: Молодежь, наука, инновации: цифровизация – новый этап развития». - 2018. - Т.1, Ч.3 – С. 72-76

## **ОСНОВА КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ИССЛЕДУЕМЫХ СВОЙСТВ ВЛАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ КАК ОБЪЕКТ СУШКИ**

*С. Коксеген, А. Сапарғалиева,  
Д.М. Койшенов, А. Мейрашов*

Для создания технологии сушки и его аппаратурные оформление, необходимо разработать методы управления процессами, протекающими в самом материале – объекте сушки, с целью получения продукта высокого качества с регламентированными физико-химическими, структурно-механическими и органолептическими показателями.

Поэтому решение актуальных задач в области сушки должно базироваться на научных основах технологии сушки: от изучения свойств материала (продукта) как объекта сушки – к выбору методов и обоснованию режимов процесса и только на этой основе – к созданию рациональных конструкций сушильных установок.

Влажные материалы как объекты сушки имеют различные специфические особенности, которые обусловлены их природой и структурой (капиллярно-пористые, коллоидные, капиллярно-пористые-коллоидные), химическим составом, методами предварительной обработки и подготовки к сушке [1]. Во влажных материалах существуют различные формы и виды связи влаги, причем в условиях «глубокой» сушки приходится удалять влагу, весьма прочно связанную с твердым скелетом продукта [2].

Технологические свойства материалов описываются термодинамическими характеристиками: потенциал влагопереноса, удельная массоемкость, термоградиентный коэффициент, энергия связи и др. т. е. технология сушки непосредственно увязывается с термодинамикой массопереноса.

Перенос влаги и тепла в дисперсных телах также в значительной степени зависит от форм и видов связи влаги с твердой фазой. Существуют различные методы определения форм связи влаги с материалом. Наиболее распространенными методами определения гидротермических характеристик материалов являются методы термограмм, энергограмм и изотермы сорбции и десорбции паров воды.

Метод термограмм является мощным средством в исследовании свойств влажных материалов. Термический анализ регистрировали на дериватографе системы Паулик-Паулик-Эрдей [3] со скоростью 10 град/мин и навесками 140-180 мг при чувствительности гальванометров Т-900, ДТА, ДТГ-1/10, ТГ-200. Запись проводили при атмосферных условиях.

Держателем служил корундовый тигель с диаметром 10 мм без крышки. В качестве эталона использовали  $Al_2O_3$ .

Дериватограф представляет собой многофункциональную систему для термического анализа, позволяющую на одной ленте получить ТГ, ДТГ, ДТА и Т – кривые образца (ТГ-термогравиметрия, ДТГ-дифференциальная термогравиметрия, ДТА-дифференциальный термический анализ, Т-температура). Прибор включает: аналитические весы, печь, устройство для регулирования температуры печи по заданной программе, тигли для образца и эталона, регулятор напряжения и гальванометрический самописец, работающий по принципу «световой луч – фотобумага». Аналитические весы с воздушным демпфированием имеют точность  $\pm 0,2$  мг при предельном отклонении, рабочий интервал измерения массы от 10 мг до 10 г.

Энергетическая неоднородность связанной воды оценивается по величине температурного перепада обезвоживания (дегидратации) тонкого (1-2 мм) влажного образца -ДТ, фиксируемого термограммой сушки в термодинамических условиях последовательного испарения влаги разных форм связи (квазиравновесного состояния материала при мягком режиме сушки). Термограмма сушки, автоматически записанная на диаграммной ленте потенциометра, имеет ряд сингулярных точек, которые характеризуют определенные формы и состояние поглощенной влаги. Наличие стандартной термограммы капиллярно-пористого тела, на которой представлены все формы и состояния поглощенной влаги, позволяет расшифровать термограмму исследуемого влажного материала. Была исследованы и проведены комплексный анализ два не похожих по свойствам влажных материалов как объекта сушки: Семена подсолнечника и целлюлозные материалы [4,5].

Кривая нагревания измельченного ядра подсолнечника в течение пяти минут на агатовой ступке характеризуется одним эндотермическим эффектом при  $108^{\circ}C$ . На кривой ДТА ядра семени подсолнечника с ножницами на пополам отмечен один эндотермический эффект при  $112^{\circ}C$ . Кривая нагревания верхней части семени без ядра подсолнечника обрезанной ножницам обнаружены один эндотермический эффект при  $104^{\circ}C$ . Были выявлены четыре экзотермических эффекта при температурах свыше  $142^{\circ}C$ . Полученные дериватограммы нагревания семян подсолнечника позволили обосновать допустимую температуру нагрева материала

Для расчета форм связи влаги используют изотермы сорбции и десорбции газов и паров полученные экспериментально. Изотермы сорбции и десорбции газов и паров обычно экспериментально получают на специальных вакуумных сорбционных установках с весами Мак-Бэна. На основе экспериментальных изотерм сорбции и десорбции рассчитывают важнейшие структурные характеристики сорбентов, а именно величину удельной поверхности и интегральную дифференциальную пористость сорбентов, характеризующие пористость сорбентов в области сорбционного заполнения.

Под структурой пористого пространства обычно понимают форму организации пространства пор как системы отдельных элементов этого

пространства в их взаимосвязи друг с другом. Важнейшими характеристиками пористой структура являются:

1. Общая пористость. 2.Эквивалентный радиус пор. 3.Величина удельной поверхности. 4.Интегральная пористость.

На основе полученных экспериментальных изотерм сорбции-десорбции семян подсолнечника произведена классификация материала по коллоидно-физическим свойствам, а также рассчитаны дифференциальные и интегральные функции распределения пор по радиусам. На основе сорбционных данных рассчитаны: номограмма для определения энергии связи влаги семян подсолнечника, удельный объем микропор, удельная поверхность и чистая теплота десорбции монослоя. По величине максимального гигроскопического влагосодержания семян подсолнечника оценен предельный сорбционный объем «по воде».

На основании результатов сорбции паров воды определяли параметры капиллярно-пористой структуры образцов, семян подсолнечника, кунжута и рапса. На основании результатов проведенных исследований изотерм сорбции и десорбции подсолнечника определены  $X_m$ -емкость монослоя,  $S$ –удельная поверхность,  $W_o$ -суммарный объем пор,  $r_k$ -критический радиус пор. Эти данные позволяют определить время сушки и формы связи влаги с исследованными материалами.

Капиллярно-пористая структура образцов семян подсолнечника, по данным сорбции паров воды приведены в таблице 1.

Таблица 1 Капиллярно-пористая структура семян подсолнуха по данным сорбции воды.

<b>Образец</b>	<b>Семена подсолнечника</b>
Емкость монослоя, $X_m, \text{г/г}$	0,0028
Удельная поверхность, $S_{уд}, \text{м}^2/\text{г}$	9,858
Суммарный объем пор, $W_o, \text{см}^3/\text{г}$	0,136
Критический радиус пор, $r_k, \text{А}$	275,9

На основании комплексного анализа свойств семян подсолнечника как объекта тепло-технологического обработки по значению максимального гигроскопического влагосодержания по классификационной таблице профессора Мухиддинова Д. Н. [6] выбран сушильный аппарат кипящего слоя.

Была проведена комплексный анализа свойств целлюлозных материалов как объектов сушки. Рассмотрен механизм физико-механической связи удержания влаги.

Изучены, систематизированы и обобщены данные о физико-механических, теплофизических и сорбционно-структурных свойствах и характеристиках целлюлозных материалов как объектов сушки с целью выбора наиболее рационального способа сушки. Определены физико-механические характеристики целлюлозных материалов.

На основе анализа термограмм(табл.2.) определялся режим сушки, т.е. находились допустимые или необходимые температуры материала в сушильной камере. Показано, что с целью интенсификации процесса сушки при высокой начальной влажности материала в первом периоде сушки можно повышать температуру теплоносителя, не опасаясь локального перегрева материала. Однако такой режим недопустим во втором периоде сушки. Поскольку это приводит к перегреву и расплавления частиц ДАЦ, вследствие чего могут возникать критические внутренние напряжения в материале, приводящие к возрастанию адгезионной способности поверхности фильтров.

Таблица 2. Результаты термографического анализа целлюлозных материалов

Форма связи	Виды связи	Материалы			
		Волокнистая целлюлоза	Порошкообразная целлюлоза	ТАЦ	
Физико-химическая связь	Влага мономолекулярной адсорбции, %	3,14	3	2	
	Влага полимолекулярной адсорбции, %	3,14-10	3-9	2,1-4,0	
Физико-механическая связь	Капиллярная влага микропор, %	10-18	9-32	4-10	
	Стыковая влага микропор, %	18-25	32-78	10-20	
	Влага капиллярного состояния в порах и	25-50	78-120	20-40	

	осмотическая влага, %				
--	--------------------------	--	--	--	--

Сорбционные исследования целлюлозных материалов на гигроскопическом уровне проведены на вакуумной установке с ртутными затворами и кварцевыми весами Мак-Бэна. Измерения явления и процессов сорбции и десорбции паров воды проводились при 293K и остаточном давлении воздуха  $10^{-3} - 10^{-4}$  Па. Рассчитанные на этой основе сорбционно-структурные характеристики целлюлозных материалов представлены в табл.3.

Таблица 3 Сорбционно-структурные характеристики целлюлозных материалов

	Хлопковая целлюлоза	ДАЦ	ТАЦ
Максимальное гигроскопическое влагосодержание, %	21,8	15,2	16,2
Влагосодержание мономолекулярной адсорбции по БЭТ, %	3,41	3,35	3,3
Предельный сорбционный объем по воде, $\text{м}^3/\text{г} \cdot 10^6$	0,213	0,152	0,1
Удельная поверхность по БЭТ, $\text{м}^2/\text{г} \cdot 10^4$	121	119	116
Средний радиус пор, нм	3,6	2,56	2,9

На основании полученных экспериментальных данных об основных свойствах целлюлозных материалов как объектов тепло-технологической обработки и пользуясь сорбционными и другими свойствами материалов, выявленными по известным общепринятым методикам, построены расчетные обобщенные кривые сушки для целлюлозных материалов. На основании комплексного анализа свойств целлюлозных материалов как объекта тепло-технологической обработки по значению максимального гигроскопического влагосодержания по классификационной таблице профессора Мухиддинова Д. Н. [6] выбран комбинированный сушильный аппарат аэрофонтанного типа.

#### Список литературы

1. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия. 1968г.
2. Гинзбург А.С. Технология сушки пищевых продуктов. М.: «Пищевая промышленность». 1976г.
3. Paulik F., Paulik J., Erdey L. Der Derivatograph. I. Mitteilung Ein automatisch registrierender Apparat zur gleichzeitigen Ausfuehrend der Differential-thermoqravimetrischen Untersuchungen //Z.Anal.Chem.-1958-V. 160.-№4. –P.241-250.

4. Мухиддинов Д.Н., Муродов И. Исследование сорбционно-структурных свойств масличных семян. 3-я Международная научно-практическая конференция. Актуальные проблемы энергетики "Actual Problems of Power Engineering". Екатеринбург, 2007.

**5. Retrospectives Do Productive Recessions Show the Recuperative Powers of Capitalism? Schumpeter's Analysis of the Cleansing Effect**

Автор: Legrand, Muriel Dal Pont; Hagemann, Harald **JOURNAL OF ECONOMIC PERSPECTIVES** Том: 31 Выпуск: 1 Стр.: 245-256