

УДК 656.614.3:544.723.2
DOI: 10.34046/aumsuomt94/27

К ВОПРОСУ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ И ПЕРЕВОЗКИ СЫПУЧИХ НАСЫПНЫХ ГРУЗОВ

Н. Л. Троеглазова, кандидат химических наук, доцент

Т. К. Новикова,

А. М. Стихова, кандидат педагогических наук, доцент

Т. Г. Жмырко, кандидат химических наук, доцент

На условия хранения и перевозки сыпучих насыпных грузов огромное влияние оказывают температура и влажность окружающей среды.

В данной работе изучен процесс гидротермического увлажнения пористых веществ, связанный с явлениями сорбции и десорбции, для выбора оптимальных условий хранения и перевозки насыпных сыпучих грузов. Исследования проводились на примере нитроаммофоски, перевозимой через Новороссийский морской торговый порт.

В связи с отсутствием в литературе аналитического описания процессов увлажнения пористых тел, связанных с явлениями сорбции и десорбции, в данной работе экспериментально исследовалась зависимость удельного влагосодержания нитроаммофоски от относительной влажности окружающего воздуха.

Построены изотермы сорбции и десорбции влаги нитроаммофоской, которые показали, что процесс увлажнения нитроаммофоски представляет собой физическую адсорбцию.

В работе определены оптимальные условия хранения и перевозки сыпучих насыпных грузов морским транспортом на примере нитроаммофоски.

Ключевые слова: сыпучие насыпные грузы, нитроаммофоска, сорбция, десорбция.

The conditions of storage and transportation of bulk cargoes are greatly influenced by the temperature and humidity of the environment.

This work explores the process of hydrothermal hydration of porous substances associated with the phenomena of sorption and desorption, in order to choose the optimal conditions for storing and transporting bulk cargoes.

The studies were carried out on the example of nitroammofoska transported through the Novorossiysk commercial sea port.

Due to the lack of analytical description of the processes of hydration of porous bodies associated with the phenomena of sorption and desorption in the literature, this work experimentally investigated the dependence of specific moisture content of nitroammofoska on relative humidity of the surrounding air.

The constructed isotherms of sorption and desorption of moisture by nitroammofoska, which showed that the process of moistening of nitroammofoska is a physical adsorption.

This work defines optimal conditions for storage and transportation of bulk cargo by sea on the example of nitroammofoska.

Keywords: bulk cargo, nitroammofoska, sorption, desorption.

При перевозке насыпных грузов огромное влияние на них оказывают температура и влажность окружающей среды.

В процессе перевозки таких грузов, как минеральные удобрения, происходит поглощение влаги и саморазогревание, причём процесс увлажнения стимулирует саморазогревание груза, что может привести к достижению опасных температурных пределов. Поэтому актуальным является изучение процессов гидротермического увлажнения пористых тел, связанных с явлениями сорбции и десорбции, для выбора оптимальных условий хранения и перевозки сыпучих материалов.

С адсорбцией паров воды, более или менее поглощаемых поверхностью всех предметов, находящихся в соприкосновении с воздухом (так называемая гигроскопическая вода) приходится считаться при многих производственных процессах, так как она существенно влияет на некоторые свойства самих поглощающих веществ.

Адсорбция, как частный вид сорбции, происходит под влиянием молекулярных сил поверхности адсорбента и ведет к уменьшению свободной поверхностной энергии, что по теории П.А. Ребиндера [1] ведёт к адсорбционному понижению прочности твёрдых тел, к значительному понижению сопротивляемости их деформированию и разрушению. Молекулы адсорбата, приближаясь из объёма газа или раствора к поверхности раздела фаз, испытывают притяжение со стороны этой поверхности. Таким образом поверхность адсорбента может быть моно- или полимолекулярной.

При физической адсорбции, которая уменьшается с уменьшением концентрации адсорбата, молекулы последних сохраняют свою индивидуальность. Физическая адсорбция обратима (процесс десорбции). Физическая адсорбция паров часто сопровождается капиллярной конденсацией вещества в порах адсорбента, которая может быть причиной сорбционного гистерезиса,

явления неполной обратимости процесса адсорбции, удерживания большего количества адсорбированного вещества пористыми телами при десорбции, чем при адсорбции.

Количество газа или растворённого вещества, адсорбируемого определенным количеством данного адсорбента, зависит и от вида газа или раствора, и от условий протекания процесса, в первую очередь от давления газа или концентрации растворённого вещества, и от температуры. При прочих одинаковых условиях влияние давления или концентрации газа на адсорбируемое количество его может быть изображено изотермами адсорбции.

Изотермы сорбции и десорбции, как правило, определяются эмпирически для каждого конкретного материала. Аналитическое определение уравнений этих характеристик весьма затруднительно, так как материалы содержат влагу с различными формами связи.

Нами была поставлена задача изучения процесса гидротермического увлажнения сыпного груза на примере нитроаммофоски, перевозимой через Новороссийский морской торговый порт.

В связи с отсутствием в литературе аналитического описания процессов увлажнения пористых тел, связанных с явлениями сорбции и десорбции, мы обратились в данной работе к экспериментальному определению удельного влагосодержания нитроаммофоски от относительной влажности окружающего воздуха с использованием тензометрического метода.

Сущность его заключается в том, что в замкнутом объёме над поверхностью раствора серной кислоты заданной концентрации устанавливается строго определенное и постоянное парциальное давление водяных паров. Поэтому, если в эксикатор налить серную кислоту известной

концентрации и поместить над её поверхностью бюксы с навесками исследуемого вещества, то через некоторое время вещество приобретет строго определённую влажность, соответствующую равновесному влагосодержанию.

Для определения максимального диапазона воздействия влажного воздуха на нитроаммофоску проводился эксперимент в четырёх эксикаторах с выдерживаемой относительной влажностью воздуха от 0,2% до 95%.

В бюксы были помещены и высушены в термостатах HS31A и HS61A при температуре 120°С в течение 30 минут, а затем при температуре 80°С в течение 30 часов 8 навесок нитроаммофоски по 5 граммов. Взвешивание бюксов производили на аналитических весах с точностью $1 \cdot 10^{-7}$ кг. После высушивания образцы помещались в эксикаторы (по два бюкса в каждый). Периодическим взвешиванием определялся момент достижения постоянной массы образцов, что означало наступление равновесного состояния нитроаммофоски с влажным воздухом в эксикаторах. Затем бюксы перемещались до принятия постоянной массы.

Данные эксперимента приведены в таблице 1. Удельное равновесное влагосодержание нитроаммофоски U_i , кг/кг, рассчитывается по формуле:

$$U_i = U_0 + \left(\frac{M_i}{M_0} - 1 \right),$$

где U_0 – начальная влажность, кг/кг; $U_0 = 5 \cdot 10^{-2}$ кг/кг; M_i – масса при достижении равновесного влагосодержания, кг; M_0 – начальная масса, кг; $M_0 = 0,005$ кг.

Данные для расчёта приводятся в таблице 2.

Таблица 1 – Результаты воздействия влажного воздуха на нитроаммофоску

№ эксикатора	Раствор серной кислоты		Водяные пары над раствором		Относительная влажность воздуха $P/P_0 \cdot 100\%$
	Плотность, г/см ³	Концентрация с, %	Парциальное давление P, Па	Парциальное давление при насыщении P_0 , Па	
1	1,730	80	15,42	220,8	7
2	1,495	60	376	2350	16
3	1,305	40	1265	2342	54
4	1,140	20	2023	2325	87

Таблица 2 – Удельное равновесное влагосодержание для процессов сорбции U_i (I) и десорбции U_i (II) нитроаммофоски

№ точки измерения	$\frac{M_i}{M_0}$ (I)	$\frac{M_i}{M_0}$ (II)	U_i , кг/кг (I)	U_i , кг/кг (II)	Начальная влажность U_0 , кг/кг
1	1,068	1,098	0,118	0,148	7
2	1,150	1,200	0,200	0,250	16
3	1,230	1,270	0,270	0,320	54
4	1,310	1,310	0,360	0,360	87

Полученное удельное равновесное влаго-содержание нитроаммофоски при конкретной относительной влажности воздуха в процессе увлажнения и сушки(таблица2) аппроксимировано двумя плавными кривыми – изотермами сорбции(I) и десорбции (II), которые совпадают в двух крайних точках: при $\phi = 0\%$ и (87%) (рис.1). На всём интервале изменений ϕ (P/

$P_0 \cdot 100\%$) наблюдается сорбционный гистерезис, характерный для капиллярно-пористых тел. Пологая петля гистерезиса позволяет заключить, что в структурах нитроаммофоски имеются так называемые "бутылкообразные" поры с широким диапазоном размеров. Именно они удерживают молекулы воды в скелете вещества и обуславливают капиллярную конденсацию в парах.

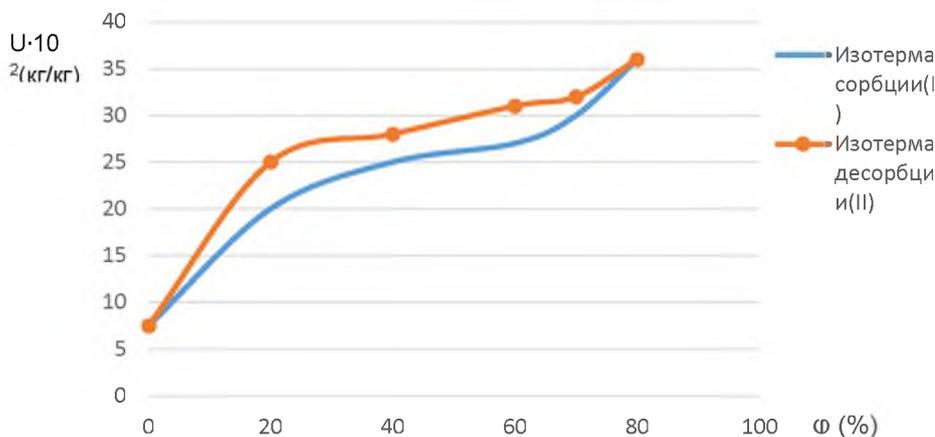


Рисунок 1 –Изотермы сорбции(I) и десорбции (II) влаги нитроаммофоской при T=296K

Сопоставление формы изотермы сорбции нитроаммофоски с основными типами изотерм адсорбции газов и паров показало, что S-образная кривая соответствует изотерме второго типа, наблюдаемой при физической полислоистой адсорбции, для которой характерны стадии полимолекулярной адсорбции и капиллярной конденсации.

Для определения границ преобладания отдельных форм связи влаги с нитроаммофоской использовалась теория П. А. Ребиндера[1], согласно которой энергия связи адсорбируемого вещества с адсорбентом пропорциональна степени сухости (U^{-1}) сорбента и выражается хими-

ческим потенциалом массопереноса μ , Дж/(кмоль):

$$\mu = R \cdot T \cdot \ln P/P_0,$$

где R – универсальная газовая постоянная, Дж/моль · К;

T – температура, К;

P/P_0 – относительная влажность воздуха, Па/Па.

В Таблице 3 приведены данные для построения изотермы сорбции нитроаммофоски в координатах μ , U^{-1} при T=295K, рассчитанные по данному уравнению.

Таблица 3 – Значения химического потенциала массопереноса нитроаммофоски

№	$\phi, \%$	$-\mu \cdot 10^5, \text{Дж}/(\text{кмоль})$	$U^{-1}, \text{кг}/\text{кг}$
1	16	44,95	5,0
2	54	15,11	3,571
3	87	3,42	2,7

Построение изотермы сорбции нитроаммофоски в координатах μ , U^{-1} (рис.2) позволило выявить 3 сингулярных точки 1,2,3 при $\phi=16\%$, 54% , 87% соответственно, которые характе-

ризуют границы преобладания отдельных форм связи с нитроаммофоской и подтверждают, что процесс увлажнения нитроаммофоской представляет собой физическую адсорбцию.

U^{-1} (кг/кг)

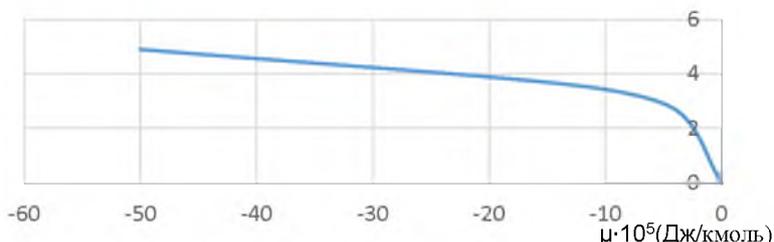


Рисунок 2– Изотерма сорбции влаги нитроаммофоской

Установлено, что в интервале ϕ от 0% до 16% влагосодержания преобладает мономолекулярная адсорбция, отвечающая нормальному влагосодержанию нитроаммофоски. В интервале ϕ от 16% до 54% преобладает полимолекулярная адсорбция, а при значении ϕ больше 87% происходит плавный переход от преимущественно полимолекулярной адсорбции к капиллярной конденсации, что безусловно отрицательно скажется на процесс увлажнения и слеживаемости данного груза. Поэтому при перевозке нитроаммофоски в трюмах возможно существенное изменение её равновесной влажности, которое может привести к порче груза.

Таким образом для обеспечения сохранения первоначальных свойств груза необходимо, чтобы груз предъявлялся к перевозке морским транспортом в определенной кондиции по влажности, которая бы в процессе морского перехода по крайней мере не превысила бы допустимые параметры (свыше 16%) для сохранения его сыпучих свойств.

Литература

1. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика дисперсных сред. - М.: Наука, 1964. – С.3.
2. Снопков В. И. Перевозка грузов морским транспортом. - М.: Транспорт, 1986. – С.3.
3. Ткач О. Д. Новая методика испытаний материалов на слеживаемость // Сборник научных трудов НГМА. – Новороссийск: НГМА, 1999. - вып. 4. - С. 111-112.

4. Ткач О. Д., Троеглазова Н.Л., Новикова Т.К. Кондуктометрический метод определения слеживаемости сыпучих грузов на морском транспорте // Сборник научных трудов НГМА. – Новороссийск: НГМА, 2001. - вып. 6. - С. 111 - 112.
5. Правила морской перевозки опасных грузов морским транспортом (Правила МОПОГ). – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1990.
6. Международный морской кодекс по перевозке опасных грузов (Кодекс ММОГ). – СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2007. – 512 с.

References

1. Rebinder P. A. Physics and Chemical Mechanics of Dispersal Environments. - M.: Science, 1964. S. 3.
2. Snopkov V.I. Shipping goods by sea. - M.: Transport, 1986. S. 3.
3. Weaver O.D. New method of testing materials for seability: Collection of scientific works of NGMA. - Novorossiysk: NGMA, 1999. № 4. - S. 111 - 112.
4. Weaver O.D., Troeglazova N.L., Novikova T.K. Conduometric method of determining the smoothness of bulk cargoes on sea transport / Collection of scientific works of NGMA. - Novorossiysk: NGMA, 2001. № 6. - S. 111 - 112.
5. Rules of maritime transport of dangerous goods by sea (MoEOG Rules). - M.: In/O MorteKhInform, 1990.
6. International Maritime Code on the Transport of Dangerous Goods (MMOG Code). - St. Petersburg: CNIIMF, 2007. 512s.

УДК 621.874

DOI: 10.34046/aumsuomt94/28

МОБИЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ С НЕСТАЦИОНАРНОЙ ОСЬЮ ВРАЩЕНИЯ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ

А.В. Гринек, кандидат технических наук, доцент

А.В. Хуртасенко, кандидат технических наук, доцент

С.П. Тимофеев, ведущий инженер-конструктор

Технология восстановительной обработки крупногабаритных валов для судоремонтной отрасли может быть значительно развита и обеспечена за счет имеющихся научно-технических решений в области технологии механической обработки крупногабаритных тел с нестационарной осью вращения. В работе рассмотрен вопрос разработки специального технического устройства для реализации адаптивного метода управления процессом механической обработки крупногабаритных тел вращения в условиях неопределенности базирования в процессе эксплуатации или ремонта.

Устройство для измерения погрешности формы входит в состав мобильной технологии обработки крупногабаритных изделий с неравномерным припуском и нестационарной осью вращения. Реализация технологии восстановления заданной формы путем механической обработки основана на модульном принципе, состав которого определяется технологическими и техническими задачами. В состав программно-аппаратного комплекса для мобильной восстановительной обработки входят следующие модули: модуль контроля, модуль обработки, модуль управления, блок хранения и анализа информации. Предложена структурная схема модуля обработки, реализующая алгоритм определения величины снимаемого припуска в зависимости от текущего значения рассчитанной погрешности формы.