

кондиционирование воздуха/Под ред. И.Г. Староверова. — М., 1977. — 503 с. 3. Позин Г.М., Кример Л.С. Определение воздухообмена в помещениях с выделениями тепла и влаги. — Изв. вузов. Сер. Строительство и архитектура, 1982, № 8, с. 105–109. 4. Позин Г.М. Принципы разработки приближенной математической модели тепловоздушных процессов в вентилируемых помещениях. — Там же, 1980, № 11, с. 122–127. 5. Штромберг Я.А. Аэрация и механическая вентиляция влажных цехов. — М., 1954. — 59 с. 6. Эльтерман В.М. Вентиляция химических производств. — М., 1980. — 288 с.

УДК 637+664.66.015.23/24.004.4

В.В. АРТИХОВИЧ,  
П.И. ДЯЧЕК, канд. техн. наук (БПИ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОВОЙ АКТИВНОСТИ НАСЫПНОГО СЛОЯ КАРТОФЕЛЯ

Механизм теплообмена в насыпных системах очень сложен, так как он является результатом многих взаимосвязанных и налагающихся друг на друга процессов: теплопроводности твердого материала засыпки; молекулярной теплопроводности заполняющего межклубневое пространство газа; передачи теплоты от частицы к частице в местах непосредственного контакта; радиационного теплообмена между частицами и конвекции в газовой среде. Во влагонасыщенных системах теплообмен существенно усложняется процессом массопереноса. Для характеристики сложного процесса теплообмена в засыпках вводится эффективный коэффициент теплопроводности  $\lambda_3$ , учитывающий все перечисленные виды переноса. Основным механизмом переноса теплоты для всех без исключения засыпок является процесс теплопроводности [1]. Он в свою очередь зависит от многих факторов (структуры насыпного слоя, его пористости, размера частиц и их формы, площади и числа точек контакта, физических и структурных характеристик материала частиц), учесть которые в полном объеме практически невозможно.

Насыпь картофеля относится к крупнозернистой сыпучей системе. Имеющиеся в литературе формулы по данным системам для расчета  $\lambda_3$  могут быть использованы сугубо в целях предварительных, ориентировочных расчетов. Кроме того, в известных зависимостях для расчета  $\lambda_3$  не учитывается влияние такого важного фактора, как граничный слой [1]. Граничный слой, соприкасающийся с плоской поверхностью, характеризуется более рыхлой укладкой зерен и меньшей плотностью, чем средняя часть засыпки ( $\rho_{ic}/\rho_{tc} = 1,4$ ), и, следовательно, меньшим эффективным коэффициентом теплопроводности [2].

Из сказанного выше становится очевидной необходимость экспериментального определения  $\lambda_3$  насыпного слоя картофеля, тем более что в литературе такие данные практически отсутствуют.

Методика исследования коэффициента теплопроводности насыпи картофеля строилась с учетом биологических особенностей клубней, технологии хранения продукта и имеющегося опыта определения  $\lambda_3$ . В основу положена

методика плоского нагревателя постоянной мощности, разработанная применительно к дисперсным системам на кафедре строительной физики БПИ [3]. Она применима для двухслойных конструкций и позволяет по изменению температуры на поверхности нагревателя найти коэффициент тепловой активности  $b = \sqrt{\lambda_3 \cdot c \cdot \rho}$  граничного и основного слоев засыпки. С целью исключения влияния гравитационной конвекции тепловой поток в насыпь направляется сверху вниз.

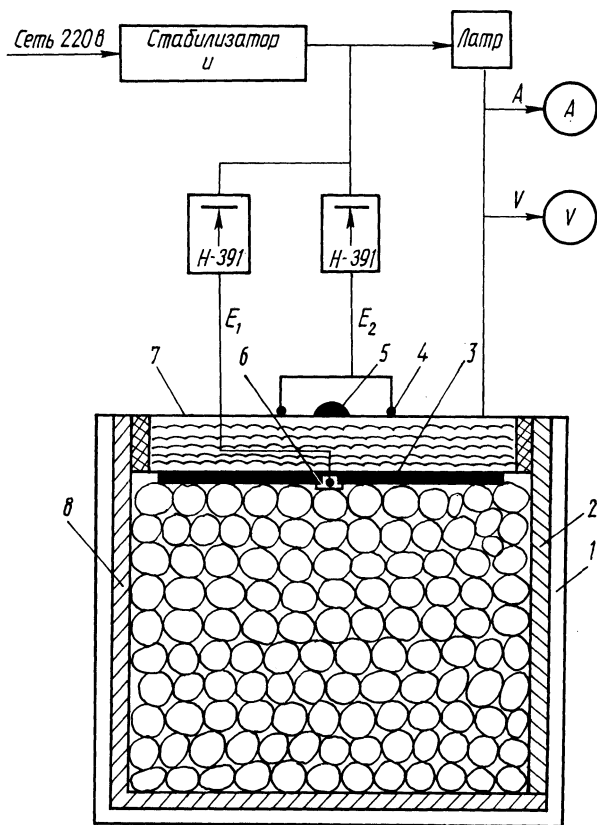


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для определения коэффициента тепловой активности насыпного слоя картофеля.

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. В ее состав входит емкость  $0,55 \times 0,55 \times 0,55$  м для загрузки картофеля, состоящая из металлического каркаса 1 и древесностружечных плит 2, 8.

Емкость заполняется отсортированными клубнями через съемную боковую стенку 2. Сверху устанавливается пластина 7 из древесностружечных плит толщиной 40 мм. К пластине приклеивается плоский нагреватель 3 ( $0,5 \times 0,5$  м), выполненный из нихромовой проволоки. Толщина нагревателя 0,5 мм, шаг укладки проволоки 3,5 мм.

По центру нагревателя для выравнивания температурного поля укреплена тонкая медная пластинка 6 (17x17 см). Она же является измерительным элементом. В пластину зачеканено девять константановых проволочек, образующих термопару. Горизонтальность положения нагревателя контролируется уровнем 5, а факт выхода температурной волны за пределы пластины 7 — тремя медьконстантановыми термопарами 4.

После установки нагревателя, проверки его горизонтальности и герметизации стыков между пластиной 7 и емкостью включается нагреватель. Измерение и запись сигнала термопар осуществляются многопредельными милливольтметрами Н-391. Падение напряжения на нагревателе измеряется прибором В7-27А, ток — миллиамперметром. Длительность опыта 1,5 ч. Выхода температурной волны на внешнюю поверхность пластины 7 не обнаружено.

Полученная зависимость  $T(0, \tau) = f(\tau)$ , т.е. изменение температуры на поверхности нагревателя, используется для определения коэффициента тепловой активности засыпки картофеля. В начальный момент (при  $Fo < 0,2$ ) теплофизические характеристики среднего слоя не влияют на ход температуры на поверхности нагревателя. Положение температурной кривой полностью определяется свойствами граничного слоя:

$$T(0, \tau) = 2q_{\text{зас}} \sqrt{\tau/b_{\Gamma}} \sqrt{\pi}, \quad (1)$$

где  $q_{\text{зас}}$  — тепловой поток с поверхности нагревателя, идущий в засыпку;  $b_{\Gamma}$  — коэффициент тепловой активности граничного слоя;  $T(0, \tau)$  — температура поверхности нагревателя в момент  $\tau$ .

Тепловой поток, устремляющийся в засыпку, находится из соотношения [4]:

$$\text{при } Fo < 0,2 \quad q_{\text{зас}}/q_{\text{наг}} = b_{\Gamma}/b_{\Gamma} + b_{\text{пл}}; \quad (2)$$

$$\text{при } Fo > 0,2 \quad q_{\text{зас}}/q_{\text{наг}} = b_{\text{с}}/b_{\text{с}} + b_{\text{пл}}. \quad (3)$$

Здесь  $q_{\text{наг}}$  — суммарный тепловой поток от нагревателя;  $b_{\text{с}}$  — коэффициент тепловой активности слоя засыпки;  $b_{\text{пл}}$  — коэффициент тепловой активности материала верхней плиты.

По известному  $q_{\text{зас}}$  легко определить  $b_{\Gamma}$ . Расчет по формулам (1), (2) следует проводить методом итераций.

При  $Fo > 0,2$  положение температурной кривой  $T(0, \tau)$  определяется теплофизическими характеристиками как граничного, так и основного слоев;  $b_{\text{с}}$  находится по тангенсу угла наклона температурной кривой при  $Fo > 0,2$ :

$$\text{tg } \varphi = \frac{b_{\Gamma} [T(0, \tau) - T'(0, \tau')]}{q_{\text{зас}} (\sqrt{\tau} - \sqrt{\tau'})}.$$

$T'(0, \tau')$ ,  $\tau'$  — координаты точки в системе  $T(0, \tau)$  и  $\tau$ , в которой пересекаются касательные к температурным кривым на начальном и конечном участках.

Зная  $\text{tg } \varphi$ , с помощью номограммы [3] находится  $h$ , по которой вычисляется коэффициент  $b_{\text{с}}$ :

$$b_c = b_r (1 + h) / (1 - h).$$

Экспериментальные кривые изменения температуры на поверхности нагревателя во времени для ряда опытов представлены на рис. 2. По ним по приведенной выше методике определены  $b_r$  и  $b_c$ .

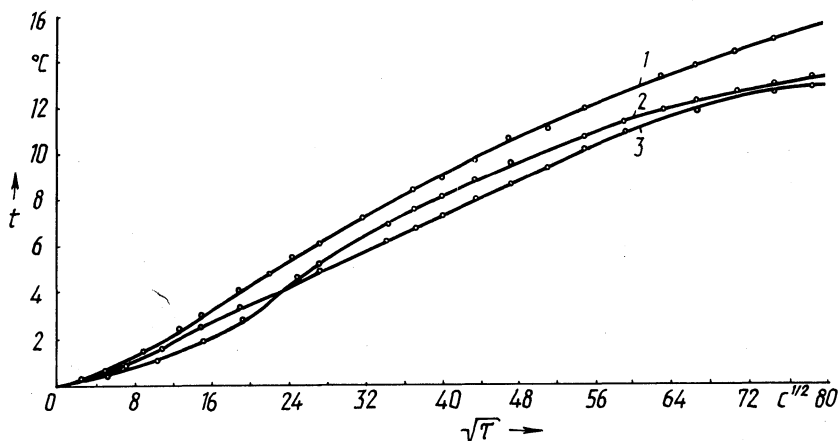


Рис. 2. Изменение температуры на поверхности нагревателя во времени:  
1 – клубни сорта "Огонек",  $V = 161$  мл; 2 – "Огонек",  $V = 35$  мл; 3 – "Темп",  $V = 71$  мл.

При нахождении  $q_{зас}$  учитывались теплоемкость элементов нагревателя и доля ответвленного теплового потока, направленного вверх. Предварительно определялся коэффициент тепловой активности материала верхней плиты. В этих опытах нагреватель размещался между двумя аналогичными плитами и измерялась температура на его поверхности во времени. Было установлено, что  $b_{пл} = 300 \text{ Дж/м}^2 \text{ К}\cdot\text{с}^{0,5}$ .

Результаты расчета теплофизических свойств насыпного слоя картофеля представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Результаты исследования коэффициента тепловой активности насыпного слоя картофеля

Сорт	Объем клубней $V_K$ , мл	Коэффициент тепловой активности, $\text{Дж/м}^2 \text{ К}\cdot\text{с}^{0,5}$	
		$b_r$	$b_c$
"Огонек"	35	366	660
"Темп"	71	320	556
"Огонек"	161	232	448

Приведенные данные показывают, что теплофизические свойства насыпи картофеля существенно отличаются для среднего и граничного слоев и зависят от сорта картофеля и объема клубней.

При известной объемной теплоемкости картофеля [5] по полученным значениям  $b$  можно легко определить эффективный коэффициент теплопроводности насыпного слоя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Чудновский А.Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов. — М., 1962, с. 380. 2. Неусихин И.Я., Гаршашевич Г.С. О влиянии истинной объемной массы засыпок на их измеренный коэффициент теплопроводности. — Изв. АН БССР, Сер. физ-энергет. наук. Минск, 1972, № 4, с. 176. 3. Неусихин И.Я. Определение теплофизических характеристик двухслойной конструкции методом плоского нагревателя постоянной мощности. — Минск, 1979, ИФЖ. Деп. ВИНТИ № 157–79 деп. 4. Лыков А.В. Теория теплопроводности. — М., 1952, с. 422. 5. Дячек П.И. Исследование и разработка принципов вентиляции картофелехранилищ: Автореф. дис. ... канд.техн.наук. Минск, 1980, с. 21.

УДК 628.512  
699.871

Г.К. ДЫМЧУК, канд.техн.наук,  
С.А. ВЛАДИМИРЕНКО (НПИ)

### К ВОПРОСУ ГАЗООЧИСТКИ ТОНКОДРОБЛЕНОЙ ВОДОЙ

Современная промышленность во все более широких масштабах при обработке металла, стекла и других материалов применяет химические соединения — щелочи, кислоты (соляную, серную, пластиковую, азотную и др.). Сами процессы обработки проводятся в специальных ваннах различных форм и размеров, причем обрабатываемые химические соединения зачастую имеют повышенную температуру.

Из-за отсутствия вентиляционных укрытий ванны обычно открыты, и с поверхностей их рабочих жидкостей наблюдается выделение вредных паров в воздух производственных помещений. Чтобы не допустить этого, ванны оборудуются бортовыми откосами, через которые непосредственно над жидкостью вентиляторами забирается воздух вместе с парами химических компонентов. Однако спектры всасывания невелики, они не накрывают полностью зеркала жидкости. Поэтому с последнего, несмотря на работу вытяжной вентиляции, пары выходят в помещение. Такие пары в значительных количествах содержатся и в отсасываемом от ванн воздухе.

При всем многообразии конструкций ванн реализуется одно общее требование — добиться максимального улавливания газов за счет увеличения площади их контакта с адсорбирующей водой. Требуемая площадь контакта обеспечивается: мелким разбрызгиванием воды; образованием пленки воды при ее стекании по цилиндрическим насадкам, вдоль поверхностей которых движется очищаемый газоздушный поток; созданием и поддержанием пенного слоя с маленькими пузырьками очищаемых газов.