

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ  
**«Исследование основных закономерностей кинетики и механизма  
массотеплопереноса в процессах сушки капиллярно-пористых  
строительных материалов.»**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«Теплотехника и теплотехническое оборудование»  
для студентов специальности 70.01.01 (Т.19.02)

Брест 2002

УДК 621.1 : 536.7

Методические указания предназначены для ознакомления студентов с процессами происходящими в капиллярно-пористых строительных материалах во время сушки.

Составители :

Г.В. Сырица, А.И. Пикула

Рецензент:

Зам. директора РУНИП «Сертис» УП «Белстройлицензия» Н.С.Щербач

© Брестский государственный технический университет 2002

## **Исследование основных закономерностей кинетики и механизма массотеплопереноса в процессах сушки капиллярно-пористых строительных материалов**

**Цель работы** : изучение кинетики процесса сушки капиллярно-пористого материала, а также механизма теплопереноса с исследованием температурных полей и интенсивности массообмена с целью выбора оптимальных режимов сушки.

**Объект исследования** : капиллярно-пористый строительный материал – гипсобетон.

Лабораторная работа состоит из трех частей :

- 1 - теоретические основы сушки гипсовых материалов;
- 2 - теплотехнический расчёт тепловой установки;
- 3 - экспериментальные исследования кинетики процесса сушки.

### **1 Теоретические основы сушки капиллярно-пористых материалов**

Об эффективности той или иной технологической операции можно судить по влиянию различных приёмов на физико-механические свойства и поровую структуру материала, продолжительности процесса и энергозатратам. Особенно это важно при назначении способа и режимов сушки, так как тепловое воздействие на материал одновременно с ускорением физико-химических процессов формирования требуемых свойств материала вносит необратимые изменения в его структуру, которые могут снизить потребительские свойства изделия и повысить энергоёмкость установок.

Влажное тело, вступающее в тепловое и влажностное взаимодействие с окружающей средой, является открытой термодинамической системой, и в нём возникают процессы переноса теплоты и массы. Процессы переноса внутри системы и обмена с окружающей средой необратимы, поэтому к элементарному физическому объёму такой системы применимо уравнение Гиббса:

$$dq = Tds = du + pdv - \mu_c dc - h'dj_m + rdq_{m1} \quad (1.1)$$

где:  $T$  – температура ;

$s$  - энтропия ;

$q$  – теплота, подводимая к поверхности тела;

$u$  – внутренняя энергия ;

$p$  – давление ;

$v$  – удельный объем ;  
 $\mu_c$  - химический потенциал водяного пара в выделенном объеме ;  
 $c$  - влагосодержание ;  
 $h'$  – энтальпия воды при температуре влажного тела ;  
 $j_m$  – плотность потока влаги через границу выделенного объема ;  
 $r$  – теплота парообразования ;  
 $q_{m1}$  - плотность потока влаги в виде пара через границу выделенного объема.

Представим (1.1) в виде :

$$Tds - rdq_{m1} = du + pdv - \mu_c dc - h' dj_m \quad (1.2)$$

Левые члены этого равенства характеризуют процессы внешнего тепломассообмена, а правые - необратимые процессы внутреннего тепломассопереноса.

При сушке влажных тел испаряемый поток влаги  $q_m$  ослабляет интенсивность теплового воздействия на поверхность :

$$dq = Tds = d \cdot (q_0 - q_m r) \quad (1.3)$$

где  $q_0$  – тепловой поток, воздействующий на поверхность.

На перемещение теплоты и влаги внутри тела затрачивается энергия, которая обуславливается наличием термических и концентрационных градиентов. Величина рассеянной энергии в энтропийном выражении, согласно выражения :

$$1/T \cdot (du + pdv - \mu_c dc) = 1/T \cdot [j_u \text{grad}T - j_c \text{grad}(\mu/T)] \quad (1.4)$$

Используя соотношения для одномерного тела :

$$\left. \begin{aligned} j_u &= -\lambda \frac{dT}{dx} \\ j_m &= -a_m \rho_0 \frac{dc}{dx} \end{aligned} \right\} \quad (1.5)$$

и заменяя  $TdS$  в (1.2) его значением из (1.3), получим значение рассеянной энергии :

$$q - rq_m = \frac{\lambda}{T} \left( \frac{dT}{dx} \right)^2 + a_m \rho_0 \frac{dc}{dx} \left( \frac{d\mu}{dx} - \frac{\mu}{T} \cdot \frac{dT}{dx} \right) - h' j_m \quad (1.6)$$

Анализ этого выражения показывает, что минимальные напряжения во влажном теле возникают, во-первых, когда соблюдается соотношение между интенсивностями теплового воздействия и испарения, и, во-вторых, равномерным по сечению материала потоком массы при максимальном значении коэффициента диффузии влаги в теле  $a_m$ , который наблюдается при

перемещении влаги в жидком виде. Особенно важно сохранить жидкую фазу в поверхностном слое материала, что возможно при значении в пограничном слое  $\varphi > 75\%$ . Следовательно, необходимо ограничить интенсивность испарения  $q_m$ , так, чтобы сохранить сплошность водной фазы по всему сечению материала. В свою очередь :

$$q_m = \frac{\rho_{\text{п}} \cdot D}{x_0 \cdot r} (\mu_{\text{п}} - \mu_{\text{ж}}) = \frac{\rho_{\text{п}} \cdot D}{x_0 \cdot r} (RT_{\text{п}} \ln \varphi_{\text{п}} - RT_{\text{ж}} \ln \varphi_{\text{ж}}) \quad (1.7)$$

где :  $\rho_{\text{п}}$  – плотность пара в среде пограничного слоя ;

$D$  – коэффициент диффузии пара в среде пограничного слоя;

$x_0$  – толщина пограничного слоя;

$R$  – газовая постоянная для воды;

$T_{\text{п}}$  и  $T_{\text{ж}}$  – температура поверхностного слоя материала и среды;

$\varphi_{\text{п}}$  и  $\varphi_{\text{ж}}$  – относительные влажности среды у поверхности материала и за пределами пограничного слоя;

$\mu_{\text{п}}$  и  $\mu_{\text{ж}}$  – химические потенциалы водяного пара в среде у поверхности материала и в среде за пределами пограничного слоя.

Анализ выражения (1.7) показывает, что интенсивность массообмена  $q_m$  определяется теплопроводными свойствами среды пограничного слоя и его толщиной  $x_0$ , разностью химических потенциалов  $\Delta \mu$  и количеством подведенной теплоты  $q = r \cdot q_m$ . В свою очередь количество подведенной теплоты зависит от способа теплоподвода. При конвективном теплоподводе:

$$q_0 = \frac{\lambda_{\text{п.с.}}}{x_0} (T_{\text{ж}} - T_{\text{п}}) = \alpha (T_{\text{ж}} - T_{\text{п}}) \quad (1.8)$$

где :  $\lambda_{\text{п.с.}}$  - коэффициент теплопроводности пограничного слоя;

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи.

Сравнивая выражения (1.7) и (1.8) можно заключить, что при конвективном теплоподводе и постоянных теплофизических свойствах среды пограничного слоя, интенсивность тепло- и массообмена определяются величинами  $x_0$ ,  $\Delta \mu$  и  $\Delta T$ . При постоянных  $\Delta \mu$  и  $\Delta T$  количество подводимой теплоты определяется скоростью теплоносителя  $W$ , с увеличением которой уменьшается  $x_0$  и растет  $q_0$ . Одновременно возрастает  $q_m$  и в пределе при  $x_0 \rightarrow 0$ ,  $q_m \rightarrow \infty$ , что приводит к быстрому обезвоживанию поверхностного слоя и замедлению скорости за счёт уменьшения  $\Delta \mu$ , так как  $\mu_{\text{п}} \rightarrow \mu_{\text{ж}}$ . В практике конвективной сушки с целью увеличения  $q_0$  и  $q_m$  уменьшают  $T_{\text{ж}}$  и  $\varphi_{\text{ж}}$  и увеличивают скорость теплоносителя. В результате процесс конвективной сушки протекает в условиях, близких к равновесным и существенно интенсифицировать его невозможно.

Значительно ускорить процесс сушки возможно при лучистом теплоподводе, когда условия теплообмена не зависят от скорости теплоносителя и процесс можно вести в неравновесных условиях, т. е. когда  $\Delta\mu \gg 0$  и  $\Delta T \gg 0$ .

Для влагонасыщенных тел, т.е. когда  $C > C_{\max}$ , относительная влажность в (1.7)  $\varphi_{\Pi} \approx 1$ , а  $\mu_{\Pi} \rightarrow 0$ . В таком термодинамическом состоянии системы интенсивность массообмена определяется (при  $x_0 = \text{const}$ ) теплофизическим параметрам среды, омывающей влажное тело, и количеством подводимой теплоты :

$$q_m = \frac{\rho_{\Pi} D}{x_0 \Gamma} R T_{\text{ж}} \ln \varphi_{\text{ж}} \quad (1.9)$$

При лучистом теплоподводе количество теплоты, получаемой поверхностью влажного тела, зависит от оптических свойств теплообменивающихся поверхностей ( $\xi_1$  и  $\xi_2$ ) и их температуры. Температура поверхности влажного тела не должна превышать  $T_{\Pi} < 350 \text{ K}$ , тогда  $q_0$  будет определяться только температурой генератора лучистой теплоты. В этих условиях отсутствует период падающей скорости сушки до полного высыхания материала, и, во-вторых, скорость сушки  $q_m$  в 1,5- 3 раза больше, чем в периоде постоянной скорости сушки с конвективным теплоподводом.

## 2 Теплотехнический расчёт тепловой установки

Теплотехнический расчёт тепловой установки для сушки гипсобетонных изделий включает в себя :

- расчёт продолжительности сушки;
- тепловой баланс установки.

### 2.1 Расчёт продолжительности сушки.

#### 2.1.1 Общая продолжительность сушки:

$$\tau_{\text{общ}} = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{пс}} \quad (2.1)$$

где :  $\tau_{\text{н}}$  – время нагрева до периода постоянной скорости сушки может быть рассчитано методом конечных разностей, при приведении к ГУ 2 рода, ч;

$\tau_{\text{пс}}$  – продолжительность периода постоянной скорости сушки, ч.

Может быть определена по формуле :

$$\tau_{\text{пс}} = \frac{M_{\text{н}} - M_{\text{к}}}{q_{\text{м}} \cdot F_{\text{м}}} \quad (2.2)$$

где :  $M_{\text{н}}$  – начальная масса изделия, кг;

$M_{\text{к}}$  – конечная масса изделия, кг;

$(M_{\text{н}} - M_{\text{к}})$  – масса испарённой влаги, кг;

$q_{\text{м}}$  – интенсивность испарения ( по экспериментальным данным для данного материала  $q_{\text{м}}=1.95 \text{ кг/м}^2\text{ч}$ )

$F_{\text{м}}$  – массоотдающая поверхность изделия,  $\text{м}^2$

#### 2.1.2 Расчёт продолжительности периода нагрева

Расчет времени периода нагрева производится методом конечных разностей при граничных условиях 2-го рода без учёта массообмена ( для упрощения расчёта).

Исходные данные для расчёта времени нагрева :

размеры образца :

$4 \times 4 \times 16 \text{ см};$

средняя плотность материала

$\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$

коэффициент теплопроводности

$\lambda = 1,2 \text{ Вт/м к}$

удельная массовая теплоёмкость

$c = 0,84 \text{ КДж/кг } ^\circ\text{C}$

начальная температура образца

$T_{\text{н}} = 16 \text{ } ^\circ\text{C}$

конечная температура образца

$T_{\text{к}} = 65 \text{ } ^\circ\text{C}$

температура излучателей

$T_{\text{и}} = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$

степень черноты регистров

$\xi_{\text{р}} = 0,9$

степень черноты поверхности изделия

$\xi_{\text{и}} = 0,95$

количество слоёв на которые разбивается образец

$n = 5$

толщина одного слоя

$$\Delta x = 0,8 \text{ см}$$

Определяем время нагрева образца до периода постоянной скорости сушки,  
для этого :

- определяем коэффициент температуропроводности материала :

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}, \text{ м}^2/\text{ч} \quad (2.3)$$

- определяем временный интервал  $\Delta \tau$  :

$$\Delta \tau = \frac{\Delta x^2}{2 \cdot a}, \text{ ч} \quad (2.4)$$

- количество поглощённой теплоты за  $i$  промежуток времени :

$$q_0 = \xi_{\text{пр}} \cdot c_0 \left[ \left( \frac{T_{\text{п}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{m-1, k+1}}{100} \right)^4 \right], \text{ Вт/м}^2 \quad (2.5)$$

- температура в слое  $T_{m-1, k+1}$  :

$$T_{m-1, k+1} = \frac{q_0 \cdot \Delta x + \lambda \cdot T_{m, k+1}}{\lambda}, \text{ }^\circ\text{C} \quad (2.6)$$

Все полученные значения заносим в таблицу №1.

Таблица №1 Расчет температурного поля.

N п / п	Время $\Delta \tau$ , ч.	$q_0$ Вт/м <sup>2</sup>	Температура в слоях $^\circ\text{C}$					$q_0$ Вт/ м <sup>2</sup>
			$\Delta x_1$	$\Delta x_2$	$\Delta x_3$	$\Delta x_4$	$\Delta x_5$	
1	0	0	16	16	16	16	16	0
2	$\Delta \tau$	$q_0^1$	$T_{m-1, k+1}$	16	16	16	$T_{m-1, k+1}$	$q_0^1$
3	$2 \cdot \Delta \tau$	$q_0^2$	$T_{m-1, k+2}$	$(T_{m-1, k+1} + 16)/2$	16	$(T_{m-1, k+1} + 16)/2$	$T_{m-1, k+2}$	$q_0^2$
-	-	-	-	-	-	-	-	-
n	$n \cdot \Delta \tau$	$q_0^n$	65	-	-	-	65	$q_0^n$

За продолжительность периода принимается временный интервал в течении которого происходит нагрев материала до постоянной температуры по сечению, не превышающей 65  $^\circ\text{C}$ .

### 2.1.3 Расчёт продолжительности периода постоянной скорости сушки.

Продолжительность периода постоянной скорости сушки рассчитывается, исходя из массы несвязанной влаги в материале, которую требуется испарить.

Расчёт времени постоянной скорости сушки выполняется по формуле (2.2) при различных значениях начальной влажности ( $B/\Gamma = 0,7; 0,6; 0,5$ ).

## 2.2 Тепловой баланс установки.

Тепловой баланс установки составляем относительно  $0^\circ\text{C}$ .

### 2.2.1 Приходные статьи теплового баланса

1. Теплота, вносимая материалом в установку :

$$Q_1 = C_{\text{см}} \cdot M_{\text{см}} \cdot T_{\text{м}} \quad (2.7)$$

$C_{\text{см}}$  – удельная массовая теплоёмкость материала =  $0,84 \text{ КДж/кг}\cdot^\circ\text{C}$  ;

$M_{\text{см}}$  – масса материала в установке, кг.;

$T_{\text{м}}$  – температура материала,  $^\circ\text{C}$ .

2. Теплота, вносимая конструкциями ограждения тепловой установки.

Тепловая установка имеет конструкцию ограждения, изображённую на рис.1, где  $\delta_1$  – внутренний слой стали массой  $m_1 = 9,9 \text{ кг.}$ ,  $\delta_2$  – слой утеплителя (минеральная вата), массой  $m_2 = 5 \text{ кг.}$ ,  $\delta_3$  – наружный слой стали, массой  $m_3 = 15 \text{ кг.}$

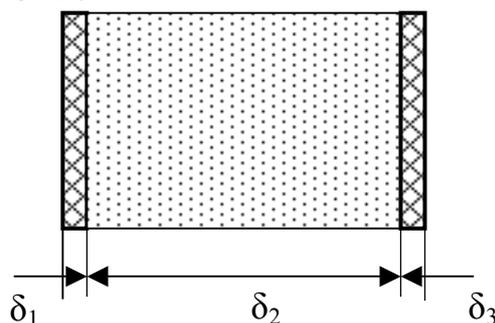


Рис. 1 Разрез стенки тепловой установки.

$$Q_2 = \sum_1^3 M_i \cdot C_i \cdot T_i \quad (2.8)$$

$C_i$  – удельная массовая теплоёмкость материала,  $\text{КДж/кг}\cdot^\circ\text{C}$ ;

$M_i$  – масса материала, кг ;

$T_i$  – температура материала,  $^\circ\text{C}$ ;

$C_{\text{стали}} = 0,482 \text{ КДж/кг}\cdot^\circ\text{C}$  ;  $C_{\text{м-ваты}} = 0,84 \text{ КДж/кг}\cdot^\circ\text{C}$ .

3. Теплота, вносимая теплоносителем.

В качестве теплоносителя используется электроэнергия.

Теплота, вносимая электроэнергией :

$$Q_3 = 3,6 \cdot N \cdot \tau \quad (2.9)$$

где:  $N$  – установочная мощность электронагревателей ( Вт);

$\tau$  – время цикла.

3,6 - переводной коэффициент Вт/ ч  $\rightarrow$  КДж

### 2.2.2 Расходные статьи теплового баланса.

1. Расход теплоты на нагрев материала :

$$Q'_1 = C_{см} \cdot M_{см} \cdot (T_k - T_0) \quad (2.10)$$

где:  $T_k$  – конечная температура материала = 65 °С

2. Расход теплоты на испарение влаги :

$$Q'_2 = r \cdot M_{исп} \quad (2.11)$$

где :  $r$  – теплота парообразования при температуре поверхностного слоя материала ( выбирается из таблиц водяного пара ).

Количество испарённой влаги в периоде нагрева можно принять равным нулю. В период изотермической выдержки ( постоянной скорости сушки) количество испарённой влаги :

$$M_{исп} = q_m \cdot F_m \cdot \tau_{из} \quad (2.12)$$

где :

$q_m$  - плотность потока влаги с открытой поверхности изделия, определяемая по формуле :

$$q_m = A \cdot \exp(-r/R \cdot T_{п}) \quad (2.13)$$

где:  $R$ - газовая постоянная для воды;

$T_{п}$  – температура поверхностного слоя материала ;

$F_m$  – массоотдающая поверхность изделия;

$A$  – опытный коэффициент, зависящий от структуры порового пространства материала.

3. Расход теплоты на нагрев конструкций ограждения :

$$Q'_3 = \sum_1^3 M_i \cdot C_i \cdot (T_{ki} - T_0) \quad (2.14)$$

где :  $T_{ki}$  – конечная температура  $i$ -го слоя материала, °С.

4. Теплотери через ограждающие конструкции установки :

$$Q'_4 = k \cdot F_T \cdot (T_k - T_0) \cdot \tau \quad (2.15)$$

где:  $T_k$  – температура в установке, °С;

$k$  – коэффициент теплопередачи через стенку установки, Вт/м<sup>2</sup>°С :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_1^3 \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2.16)$$

$\alpha_1$  - коэффициент теплоотдачи от среды и теплонагревателей к внутренней стенке сушилки. Так как теплонагреватели непосредственно соприкасаются с внутренней стенкой сушилки, то  $\frac{1}{\alpha_1} \rightarrow 0$ .

$\alpha_2$  - коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности стенки сушилки в окружающую среду, Вт/м<sup>2</sup>°С;

$\delta_i$  - толщина i-го слоя материала, стенки установки, м;

$\lambda_i$  - коэффициент теплопроводности i-го слоя материала стенки установки, Вт/м к.

$F_T$  – площадь теплопередающей поверхности стенок установки, м<sup>2</sup>, определяемая по формуле :

$$F_T = \sqrt{F_{bh} \cdot F_h} \quad (2.17)$$

где :  $F_{bh}$  – площадь внутренней поверхности стенок сушилки, м<sup>2</sup>;

$F_h$  - площадь наружной поверхности стенок сушилки, м<sup>2</sup>

5. Неучтённые потери теплоты установкой :

$$Q'_5 = (0.05 \dots 0.1) \cdot \sum_1^4 Q'_{расх} \quad (2.18)$$

где :  $\sum_1^4 Q'_{расх}$  - сумма всех расходных статей теплового баланса, КДж.

Результаты расчёта теплового баланса сводим в таблицу 2.

Таблица 2 Тепловой баланс установки

Приходные статьи				Расходные статьи			
№	Наименование статьи	КДж	%	№	Наименование статьи	КДж	%
1				1			
2				2			
n				n			
	ИТОГО	$\sum Q_{прих}$	$\sum$		ИТОГО	$\sum Q_{расх}$	$\sum$

Уравнение теплового баланса :

$$\sum_1^3 Q_{прих} = \sum_1^5 Q'_{расх} \quad (2.19)$$

Исходя из условия (2.19), количество теплоты, вносимое теплоносителем, составит :

$$Q_3 = \sum_1^5 Q'_{\text{расх}} - \sum_1^2 Q_{\text{прих}} \quad (2.20)$$

Мощность электронагревателей  $N$ , необходимая для обеспечения заданного режима сушки :

$$N = \frac{Q_3}{3.6 \cdot \tau}, \text{ Вт} \quad (2.21)$$

### 3 Экспериментальные исследования кинетики процесса сушки

Целью исследований является экспериментальное изучение массообменных процессов сушки.

#### 3.1 Испытательное оборудование и средства измерений

- шкаф сушильный, с терморегулятором СНОЛ – 3.5, 3.5, 3.5МЦ, с интервалом температур от 0 °С до 200 °С, с погрешностью измерений ±5%;
- весы лабораторные электрические – ВЛКТ-500 с погрешностью ±0.08г.;
- термометр от 0 °С до 200 °С с ценой деления 1 °С;
- потенциометр;

#### 3.2 Подготовка образцов

Образцы гипсобетона изготавливаются из гипса марки Г-4 с водогипсовым соотношением равным 0.5, 0.6, 0.7, в формах-балочках размером 4×4×16 см. По истечении сроков схватывания гипса образцы распалубливают.

Для решения одномерной задачи тепломассопереноса в процессе сушки поверхность образцов тепло- и влагоизолируется.

#### 3.3 Методика проведения эксперимента

Подготовленные образцы помещаются в сушильную установку с температурой среды не более 70 °С на сетчатый поддон для обеспечения массоотдачи с верхней и нижней стороны. Указанная температура поддерживается терморегулятором на протяжении всего времени сушки.

Через равные промежутки времени (10 мин) образцы взвешиваются на весах ВЛКТ-500 с точностью до 0.01 гр.

Процесс сушки ведут до прекращения потери влаги образцами.

В каждом промежутке рассчитывают количество испарённой влаги.

#### 3.4 Обработка результатов

Все результаты измерений заносят в таблицу 3.

По полученным значениям потери массы влаги в каждом промежутке времени определяют интенсивность массоотдачи с точностью до 0.001 кг/м<sup>2</sup>ч по формуле 3.1.

$$q_{mi} = \frac{\Delta m_i}{S_i \cdot \Delta \tau_i}, \text{ кг/м}^2\text{ч} \quad (3.1)$$

где :  $\Delta m_i$  - потеря массы влаги образцом, за  $i$  промежуток времени, кг.;

$S_i$  – площадь поверхности образца, с которой происходит испарение, м<sup>2</sup>;

$\Delta\tau_i$  - длительность  $i$ -го промежутка времени, ч.

По определённым значениям строят графики : зависимость  $q_m$  от времени и  $\Delta M$  от времени. Пример графиков приведён на рис. 2. На графиках выделяют периоды : нагрева материала, постоянной скорости сушки и падающей скорости сушки.

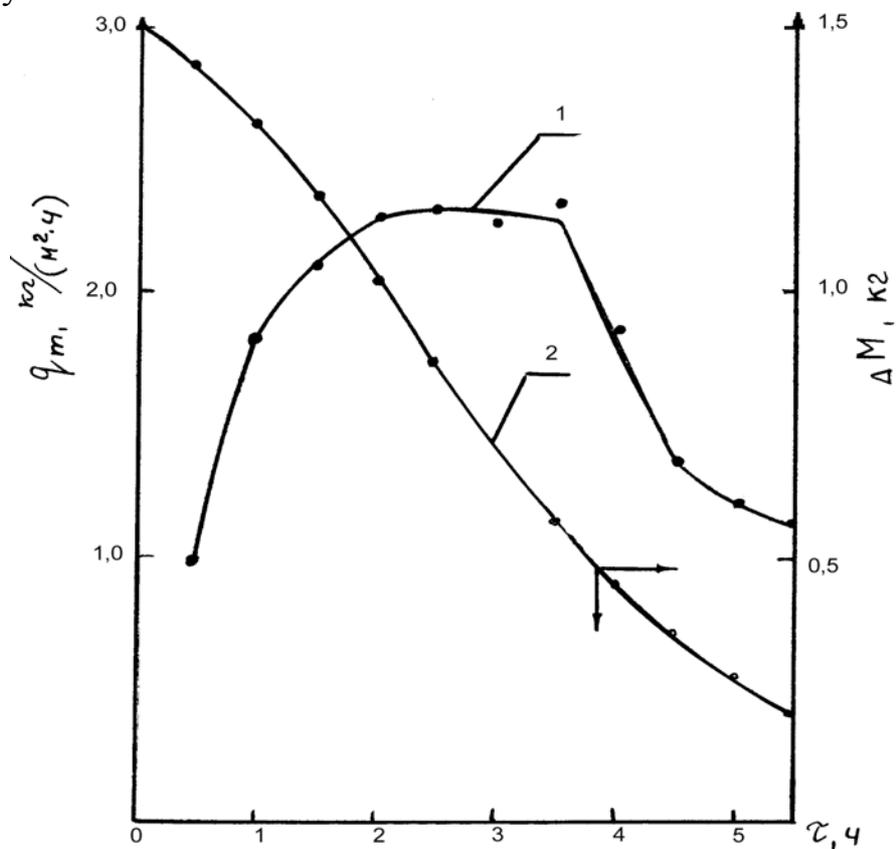


Рис.2 Интенсивность сушки (1) и кривая сушки (2)

### 3.5 Выводы.

По результатам проведённой работы делается заключение о выборе оптимального режима сушки.

## Литература:

1. Лыков А.В. Теория сушки. – Москва: Энергия, 1976, 422с.
2. Перегудов В.В., Роговой М.И. Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий и конструкций. Учебник для вузов. – Москва: Стройиздат, 1983, 416с.
3. Ерёмин И.Ф. Процессы и аппараты в технологии строительных материалов. Учебник для вузов.- Москва: Высшая школа, 1986, 280с.
4. Теплотехника ( под редакцией В.И. Крутова) М., Машиностроение, 1986, 462с.
5. Теоретические основы теплотехники. Книга 2. М., Энергоатомиздат, 1988г., 560с.

Учебное издание

Составители: Сырица Галина Васильевна  
Пикула Александр Иванович

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

«Исследование основных закономерностей кинетики и механизма массотеплопереноса в процессах сушки капиллярно-пористых строительных материалов.»

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Теплотехника и теплотехническое оборудование»  
для студентов специальности 70.01.01 (Т.19.02)

Ответственный за выпуск : А.И. Пикула  
Редактор: Т.В. Строкач  
Технический редактор: А.Д. Никитчик  
Корректор: Е.В. Никитчик

---

Подписано к печати            Формат            1/16 Бумага писч. Гарнитура Times  
New Roman. Усл. п. л.    Уч. изд. л.    Тираж экз. Заказ №    Отпечатано  
на ризографе Брестского государственного технического университета.  
224017, Брест, ул. Московская, 267.