

**Гамов М.А., Задорский В.М.**

**СИНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СРЕДСТВ И МЕТОДОВ  
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В  
КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ ТЕЛАХ**

*Украинский государственный химико-технологический университет*

*Днепропетровск, Гагарина 8, 49000*

**Zadorsky W.M., Gamov M. A.**

**SYNERGETIC BASIC TOOLS AND METHODS OF PROCESS  
CONTROL IN CAPILLARY-POROUS MATERIALS**

*Аннотация. Нами при решении ряда практических задач, связанных с технологией пропитки капиллярно – пористых тел, предложено использовать перегретый пар атмосферного давления в качестве рабочего агента для создания конденсационного эффекта и управления качеством и скоростью пропитки. Предложено аппаратурно-технологическое оформление с учетом синергетических эффектов совмещения стадий нагревания, пропитки и сушки, что существенно уменьшает капитальные вложения, и позволяет использовать инженерные решения для пропитки других капиллярно-пористых материалов (пористые спеченные материалы, катализаторы, строительные материалы, меховые и кожаные изделия, текстильные материалы и др.). Приведены результаты исследований влияния процесса конденсации на кинетику заполнения капилляров и пор жидкостью, кинетических характеристиках процесса, глубину пропитки, степень заполнения капилляров, отношение объема пропитанных капилляров к их полному объему и т.д., учитывающих изменение движущей силы процесса и его механизма.*

*Ключевые слова: пропитка; перегретый пар; диффузия; экстрагент; лимитирующая стадия;*

*Abstract. In solving a number of practical problems with the technology of impregnation capillary - porous bodies we have proposed to use superheated steam at atmospheric pressure as a working agent to create condensation effect and control the quality and speed of impregnation. Is proposed the hardware-technological design based on synergistic effects of combining stages of heating, impregnation and drying, which significantly reduces capital investment and allows the use of engineering solutions for the impregnation of other capillary-porous materials (porous sintered materials, catalysts, construction materials, fur and leather products, textiles and others). In this article are shown the results of research the influence the condensation process on the kinetics of liquid filling the capillaries and pores, kinetic characteristics of the process, the depth of impregnation, the degree of filling the capillaries, the ratio of impregnated capillaries to their full volume and etc. These results take into consideration changing the driving force for the process and its mechanism.*

*Keywords: impregnation; superheated steam; diffusion; extractant; limiting stage.*

### **Вступление.**

Значительное распространение в химической и родственной технологиях имеют такие процессы, как пропитка (импрегнация), экстрагирование, выщелачивание, связанные с обработкой капиллярно-пористых тел жидкостями. Кроме распространенных процессов обработки капиллярно-пористых тел типа экстрагирования из молотых зерен кофе и чая, растворения сахара, извлечения с помощью растворителей растительных масел и т.п., существуют системы для получения эфирно - масличных продуктов, лекарственных препаратов из растительного сырья. Гораздо шире пропитка капиллярно-пористых материалов (КПМ) жидкими средами распространена в промышленности.

### **Обзор литературы.**

В качестве капиллярно-пористых пропитываемых материалов могут быть: бумага, картон, древесина (конструкционные элементы, железнодорожные

шпалы, паркет и др.), пористые металлические матрицы, ткани, пластины электродов аккумуляторов, зерна пористого катализатора, обмотки статоров и роторов электродвигателей, основные элементы электролитических конденсаторов и др[1]. В таких, обычно многостадийных, производствах управление отдельными стадиями процесса возможно путем их совмещения и использования синергетических эффектов этого совмещения. Ранее проведенные работы по совмещению реакционных и массообменных, тепло и массообменных процессов в системах газ (пар) – жидкость во многих случаях показали, что при этом возможно увеличить их скорости в десятки раз [2]. При этом, использовали как совмещение процессов в одном аппарате по месту протекания операций, так и – совмещение по времени, когда одновременно проводили тепло и массообменные процессы. Но наиболее эффективными оказались синергетически совмещенные процессы, когда совмещение процессов осуществлялось как по месту, так и по времени их протекания. Данная статья посвящена синергетически совмещенным процессам в системе жидкость-твердое тело.

### **Основной текст.**

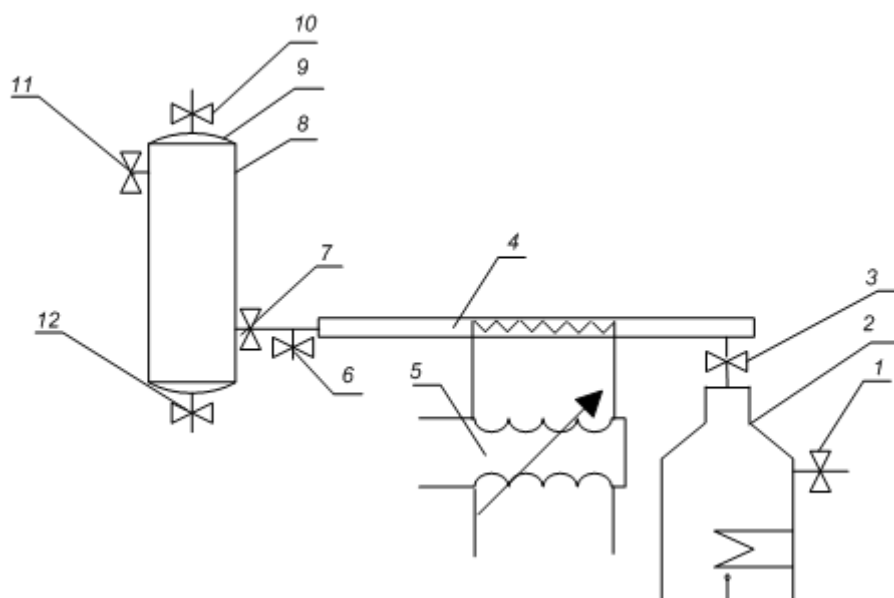
Ранее одним из авторов статьи было предложено принципиально новое решение [3] – введение дополнительной стадии, которая не обеспечивает удаление воздуха из капилляров, а его замену «исчезающим» в дальнейшем газо- (паро)образным компонентом, что не мешает основному технологическому процессу, но позволяет «обойти» проблему низкой скорости молекулярной диффузии воздуха, которая, как отмечено, является лимитирующей стадией в синергетическом процессе. Коэффициент диффузии воздуха в водяной пар гораздо выше ( $D=10^{-4}$  м<sup>2</sup>/с) [4], чем при молекулярной диффузии. Расчеты показывают, что, несмотря на введение дополнительной стадии, итоговая суммарная скорость процесса на этой стадии увеличивается примерно в 1000 раз в сравнении с традиционным вариантом.

Этот прием позволил использовать предварительное замещение воздуха в капиллярах и порах путем десорбции его «исчезающим» при проведении

последующих технологических операций газом/паром (либо хорошо растворимом в жидкой фазе, либо взаимодействующим с ней, либо конденсирующимся при быстром охлаждении тела за счет погружения его в холодную жидкость). Это дает возможность за счет такой предварительной обработки обрабатываемого материала отказаться от использования для организации технологического процесса вакуума и давления, что позволяет получить значительные технико-экономические преимущества за счет исключения из технологических установок вакуум - насосов, компрессоров, автоклавов и отказа от межоперационных транспортных операций.

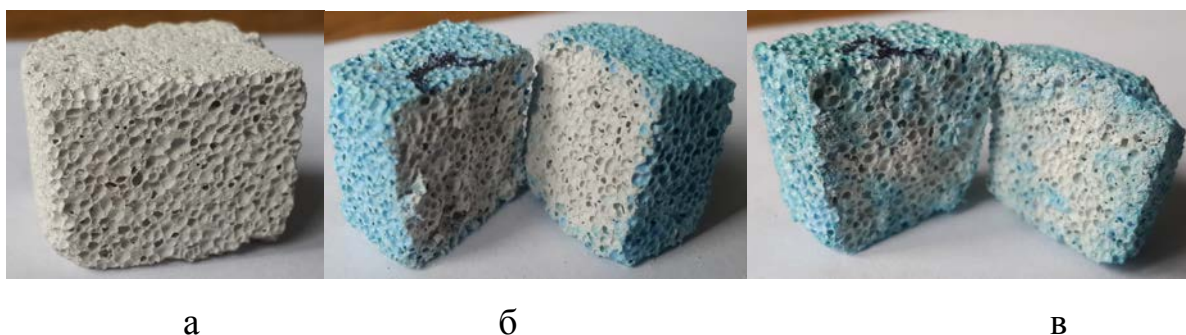
Приведем пример конкретного выполнения предложенного метода – пропитка газобетона. Газобетон как материал для пропитки выбран с учетом его характеристик, для возможности использования современных методов оптимизации, но и с учетом практического распространения производств больших и малых, связанных с производством строительных материалов.

Эксперимент по пропитке газобетона проводился на лабораторной установке (рис.2), состоящей из парогенератора **2**, пароперегревателя **4**, пропиточной камеры с плоским приварным днищем и плоской крышки **9** на резьбовом соединении. Установка размещалась в вытяжном шкафу для того, чтобы пар, выходящий из верхней части пропиточной камеры, удалялся в вентиляционное отверстие вытяжного шкафа.



**Рис. 1. Экспериментальная установка:** 1,3,6,7,10,11,12 - краны; 2 - парогенератор; 4 - пароперегреватель, 5 - ЛАТР; 8 - пропиточная камера с приварным днищем; 9 - съемная крышка

Образцы перед опытом и после опыта взвешивались на аналитических весах ВЛР-200 (точность измерения 0,0001 г). Образец помещался на решетку в пропиточную камеру. Пароперегреватель 4 подключался к ЛАТРу -5. Парогенератор объемом 3 л заполнялся водой через кран 1. Парогенератор и пароперегреватель включались в электросеть. Образовавшийся пар через кран 3 поступал в пароперегреватель 4, температура которого регулировалась ЛАТРОм 5, затем в теплоизолированную пропиточную камеру 8. В период прогрева установки водяной конденсат сливался через краны 6 и 12. Контроль температуры проводился тремя термопарами (ТР-01 А) цифровых приборов Digital Multimeter DT-838 (точность измерения температуры  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  в интервале от  $-20$  до  $+150^{\circ}\text{C}$  и  $\pm 3\%$  от диапазона свыше  $+150^{\circ}\text{C}$ ). После достижения в камере необходимой температуры перегретого пара, одновременно перекрывалась подача пара кран 3 и открывался кран 10, заливая пропиточный раствор. Пропитываемый образец выдерживался в пропиточной жидкости 2-3 мин, вынимался из камеры и взвешивался.



**Рис. 2. Структура пор пропитанного образца:** *а – до пропитки; б – пропитка традиционным методом (окунание); в – пропитка новым методом;*

На рис. 2. представлена структура пор экспериментального образца. Изначальный вид образца (газобетона) до начала процесса пропитки (рис. 2,а). Для сравнения новой технологии с традиционным методом пропитки, был проведен процесс погружения образца в раствор. Образец был помещен в камеру с таким же раствором, и выдержан в течение 5 мин. В результате раствор не смог проникнуть глубоко в капилляры (рис. 2,б). Масса образца увеличилась на 5%.

На рис. 2,в, показан образец пропитанный новым методом. Как можно видеть пропитывающий раствор проник глубоко в капилляры, окрасив большую часть образца внутри. Масса образца увеличилась на 80%.

В различных практически используемых вариантах технологии процесс может повторяться многократно. При этом, если не допускать заполнения капилляров воздухом, а сразу после каждого цикла завершать его для освобождения капилляров от жидкости и начала следующего цикла стадией 2. Это позволяет дополнительно сократить общее время процесса за счет отказа от промежуточной стадии сушки, а также стадии очистки капилляров, и стадии 2 - удаления воздуха.

#### **Заключение и выводы.**

Предложенная технология пропитки КПМ позволяет:

- увеличить скорость (уменьшить время) проведения процесса в несколько раз;

- упростить аппаратное оформление процесса пропитки, так как не требуются автоклавы высокого давления или аппараты, работающие под вакуумом;

- обрабатывать сразу большие партии изделий из КПМ или изделия больших размеров (например, мебель без разборки, строительные конструкции, архитектурные сооружения и т.п.), ибо существенно снижаются требования к прочности и герметичности аппаратов, где происходит пропитка КПМ;

- обеспечить регулируемую глубину (степень) пропитки.

### **Литература**

1. Пат. 67662 Украина. МКИ В 05 D1/18; B05D3/00; B29B15/10. Метод пропитки капиллярно-пористых материалов / Задорский Вильям Михайлович (UA): Украинский государственный химико-технологический университет - № 2003119900; Заявл. 04.11.2003; Оpubл. 15.06.2004; бюл. №6 2004 г.

2. Задорский В.М. Интенсификация химико-технологических процессов на основе системного подхода. - К.: Тэхника, 1989. – 208 с.

3. Коробко Е.В., Быков Л.Ф., Черниченко В.А., Яриз В.А., Задорский В.М. Методы интенсификации процесса пропитки древесины// Вопросы химии и химической технологии. — 2006. — № 5..

4. Аксельруд Г.А., Альтшуллер М.А. Введение в капиллярно-химическую технологию. – К.: Химия, 1983.- 264 с

Научный руководитель: д.т.н., проф. Задорский В.М.

Статья отправлена: 11.12.2015 г.

© Гамов М.А., Задорский В.М.