

УДК 667.635:674.21

С. А. Прохорчик, А. С. Чуйков

Белорусский государственный технологический университет

**ВЛИЯНИЕ ТЕРМОРАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
НА ВРЕМЯ ОТВЕРЖДЕНИЯ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫХ
ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Рассмотрен механизм терморadiационного отверждения водно-дисперсионных лакокрасочных материалов. Проведены испытания по определению длины волны инфракрасного излучения, обладающей наибольшей проникающей способностью через сырой слой водно-дисперсионных лакокрасочных материалов. Исследовано влияние температуры излучателя (300–700°C) и положения его над образцом (300, 400 и 500 мм) на время высыхания покрытия на стеклянных образцах, которое изменялось от 6 до 42 мин.

Для проведения испытаний применялся метод инфракрасной спектроскопии и прибор Фурье-спектрометр. Для научного эксперимента были подготовлены образцы. В результате исследований получили графики, построенные в координатах «пропускание – длина волны» инфракрасного излучения. На основании этих графиков был определен диапазон с наилучшим значением пропускающей способности инфракрасного излучения через сырой слой лакокрасочных материалов. Определение проникающей способности проводилось для водно-дисперсионных лакокрасочных материалов разных цветов (белая и темно-коричневая краска, колерованный лак) и производителей («Remmers» и «МAB»).

На основании полученного диапазона длин волн (3750–5500 нм) были подобраны соответствующие керамические и галогеновый излучатели. С их помощью провели исследования по выявлению зависимости времени сушки лакокрасочных материалов от толщины нанесенного слоя и расстояния между излучателем и образцом. По результатам исследований было установлено, что время сушки водно-дисперсионных лакокрасочных материалов значительно снижается.

Ключевые слова: терморadiационное отверждение, излучатель, лакокрасочный материал, инфракрасная спектроскопия, проникающая способность, время сушки.

S. A. Prokhorchik, A. S. Chuykov

Belarusian State Technological University

**INFLUENCE OF THERMAL RADIATION EFFECTS
ON THE SETTING TIME WATER-DISPERSION PAINT MATERIALS**

The mechanism of thermal radiation curing waterborne paints and varnishes are considered. The tests to determine the penetrating power of water-dispersion paints and varnishes. The effect of the temperature transmitter and position it above the sample at the time of drying the coating on the glass samples.

To test the device used Fourier spectrometer and infrared spectroscopy method. For a scientific experiment samples and conducted relevant research, which resulted in the graphs plotted in the coordinates “transmittance – wavelength” were obtained were prepared. On the basis of these graphs it has been defined the optimal value range with transmittance of infrared radiation through the film and through the paint raw materials. Determination of penetration capability was carried out for water-dispersion paints and varnishes in different colors.

On the basis of the received wave length range were selected corresponding ceramic and halogen emitters. With their help, studies have been conducted to identify the dependence of the drying of paints on the thickness of the applied layer and the distance between the source and the sample According to the research, a table and draw appropriate conclusions.

Key words: thermoradiative curing, emitter, painting material, infrared spectroscopy, penetrating power, drying time.

Введение. Терморadiационная или инфракрасная сушка лакокрасочных покрытий столлярно-строительных изделий из древесины в настоящее время является малоизученным процессом. Стоит также отметить, что на предприятиях Республики Беларусь в основном используются разнообразные акриловые водно-дисперсионные лакокрасочные материалы (ЛКМ).

Сушка этих материалов осуществляется традиционным конвективным способом в естественных цеховых условиях либо в специальных камерах. Основная проблема данного метода заключается в высокой продолжительности процесса отверждения. В среднем водно-дисперсионная краска, нанесенная на оконный блок, отверждается при 20°C за 1,5 ч. Увеличение

температуры сушильного агента до 35°C ведет за собой снижение времени высыхания до 60 мин. При этом увеличение температуры вызывает возникновение дефектов покрытия. При использовании терморadiационного нагрева время отверждения сокращается в несколько раз. Можно предположить, что использование терморadiационного нагрева позволит сократить время сушки покрытия. При этом механика процесса основана на проникновении инфракрасного излучения через сырой слой ЛКМ, нагревании поверхности древесины и передаче этой тепловой энергии лакокрасочному покрытию, тем самым вызывая его отверждение. Покрытие будет высыхать в направлении от древесины к поверхности лакокрасочной пленки, способствуя беспрепятственному выходу паров растворителя. Данный механизм отверждения позволит, на наш взгляд, снизить риск возникновения дефектов покрытий. Поэтому для эффективного использования терморadiационного способа отверждения необходимо использовать определенный диапазон длин волн. В связи с этим целью данных исследований являлся подбор инфракрасных излучателей, установление проникающего инфракрасного (ИК) диапазона для водно-дисперсионных лакокрасочных материалов, а также определение фактического времени отверждения при использовании ИК-излучателей в предпочтительном диапазоне длин волн.

Основная часть. Для определения проникающей способности ИК-излучения через сырой слой ЛКМ было решено использовать метод инфракрасной спектроскопии. Данная методика основана на явлении поглощения химическими веществами ЛКМ инфракрасного излучения с одновременным возбуждением колебаний их молекул. Однако чтобы оценить способность покрытия пропускать инфракрасное излучение, был выбран метод Фурье-спектроскопии (абсорбционная спектроскопия). В абсорбционной спектроскопии измеряют поглощение белого света образцом. Белый свет – это смесь излучений со всеми длинами волн. После пропускания через испытуемый образец ЛКМ излучение с некоторыми длинами волн поглощается им в той или иной степени. Измеряя спектр прошедшего через образец белого света, получают спектр поглощения.

Для проведения исследования проникающей способности лакокрасочных материалов были подготовлены жидкие пробы наиболее распространенных водно-дисперсионных лакокрасочных материалов.

Все образцы делились на две партии, каждая из которых включала по три образца (белая и черная краска, а также колерованный лак).

Для точного (без искажений) измерения абсорбционного спектра спектрограф предварительно калибровали без образца. Это связано с тем, что, во-первых, источник белого света имеет различную интенсивность на разных длинах волн (приблизительно как излучение абсолютно черного тела), во-вторых, фотоприемник имеет различную чувствительность для разных длин волн (спектральная чувствительность), в-третьих, элементы оптической системы (линзы, светоделительные элементы) не совсем «бесцветны» и тоже вносят спектральные искажения. После измерения спектра поглощения образца, зная характеристику спектральных искажений самого спектрографа, можно скорректировать полученный спектр для получения истинного спектра поглощения.

В ходе эксперимента были получены спектры лакокрасочных материалов. Один из таких спектров пропускания показан на рисунке. Оценивая полученные спектры, было замечено, что наибольшим пропусканием инфракрасного излучения обладают волны из интервала 3750–5500 нм.

Зная диапазон длин волн, по закону смещения Вина, можно определить температуру излучателя, при которой интенсивность излучения абсолютно черного тела достигает своего максимума, используя выражения

$$\lambda_{\max} = \frac{2,89776829 \cdot 10^{-3}}{T}; \quad (1)$$

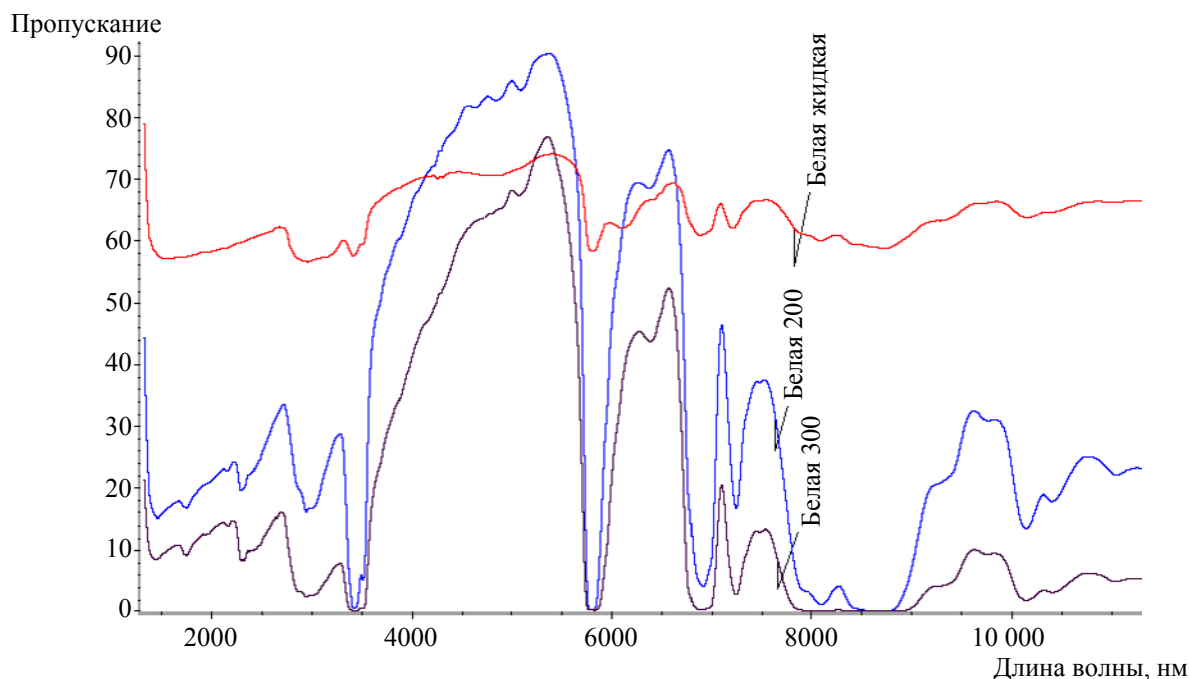
$$T = \frac{2,89776829 \cdot 10^{-3}}{\lambda_{\max}}, \quad (2)$$

где λ_{\max} – длина волны, нм; T – температура излучателя, К.

Подставив крайние значения диапазона в вышеизложенную формулу, получим, что температура источника должна находиться в диапазоне 250–500°C.

Ввиду того, что древесина содержит связанную влагу, в процессе сушки отверждается не только покрытие, но и происходит изменение массы древесины. В связи с этим было принято решение провести предварительные испытания на стеклянных пластинах.

Для определения времени полного высыхания ЛКМ использовали метод высушивания до постоянной массы навески испытуемого материала по ГОСТ 17537-1972 [2]. Для точности измерений взвешивание проводилось на аналитических весах и повторялось каждую минуту, до тех пор, пока разность двух последних взвешиваний не превышала 0,01 г. Поверхности образцов из стекла размером 90×120 мм предварительно обезжировали ацетоном и выдерживали при естественных условиях (температура окружающей среды 20°C, влажность 65 ± 5%).



Спектр инфракрасного излучения для белой водно-дисперсионной акриловой краски

В качестве нагревательных элементов использовались два типа инфракрасных излучателей – галогеновый и керамический (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики ИК-излучателей

Тип излучателя	Температура поверхности излучателя, °С	Мощность, Вт
Галогеновая лампа	300	1000
Керамический излучатель	350	200
	700	500

Подставив в формулу (2) значения температуры излучателей, определяли длину волны для каждого из них: для первого $\lambda_{\max} = 5060$ нм, для второго – $\lambda_{\max} = 4651$ нм, для третьего $\lambda_{\max} = 2980$ нм. Исходя из рисунка, видно, что при длине волны $\lambda_{\max} = 5060$ нм проникающая способность составляет около 85%, при длине

$\lambda_{\max} = 2980$ нм – около 15%, а при длине волны $\lambda_{\max} = 4651$ нм – также около 85%.

Излучатели поочередно устанавливали на высоте 300, 400 и 500 мм над поверхностью образца. На заранее подготовленные пластины наносили покрытие откалиброванным аппликатором, толщина сырого слоя которого составляла 200 и 300 мкм соответственно.

В ходе выполнения эксперимента выявилось, что проникающая способность напрямую влияет на время сушки покрытия (табл. 2).

Из табл. 2 видно, что использование инфракрасных излучателей (керамических и галогеновых ламп) снижает время сушки лакокрасочных покрытий в сравнении с конвективной (в среднем в 6 раз). Причем наиболее эффективным оказался галогеновый инфракрасный излучатель. При использовании данного типа излучателя время сушки находилось в пределах от 6 до 11 мин, в то время как керамические излучатели сушили покрытие дольше – в среднем в 1,2–1,5 раза.

Таблица 2

Зависимость времени сушки лакокрасочного материала от положения излучателя и его температуры

Вид излучателя	Время сушки покрытий, мин					
	толщина сырого слоя 200 мкм			толщина сырого слоя 300 мкм		
	высота излучателя над образцом, мм					
	300	400	500	300	400	500
Галогеновый, 300°С	6 ± 0,2	6 ± 0,2	7 ± 0,2	8 ± 0,2	11 ± 0,2	10 ± 0,2
Керамический, 700°С	11 ± 0,2	9 ± 0,2	10 ± 0,2	12 ± 0,2	11 ± 0,2	14 ± 0,2
Керамический, 350°С	26 ± 0,2	22 ± 0,2	–	30 ± 0,2	42 ± 0,2	–

При сравнении результатов времени сушки галогенового (300°C) и керамического (350°C) излучателей видно, что данный параметр значительно отличается для этих двух источников, при том, что температура поверхностей практически одинакова. Исследование данного вопроса привело к тому, что разница результатов объясняется, по-нашему мнению, различной мощностью источников ИК-излучения.

Заключение. Проникающая способность ИК-излучения, температура излучателя и его

мощность играют важную роль в процессе отверждения покрытия, нанесенного на стекло. При изменении положения излучателя над поверхностью образца значительной разницы во времени сушки не наблюдалось. Как показали эксперименты, время сушки ЛКМ значительно сокращается (в среднем в 6 раз) в сравнении с конвективной. Также немаловажным фактором будет являться проведение испытаний на образцах из натуральной древесины, так как образцы из стекла не учитывают особенностей ее строения.

Литература

1. Инфракрасная спектроскопия полимеров / И. Дехант [и др.]. М.: Химия, 1976. 472 с.
2. Материалы лакокрасочные. Методы определения массовой доли летучих и нелетучих, твердых пленкообразующих веществ: ГОСТ 17537–1972. Введ. 01.01.73. М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1973. 9 с.

References

1. Dehant I., Dants R., Kimmer C., Shmol'ke B. *Infrakrasnaya spektroskopiya polimerov* [Infrared spectroscopy of polymers]. Moscow, Khimiya Publ., 1976. 472 p.
2. GOST 17537-1972. Materials for paint and varnish. Methods for determination of volatile and non-volatile, solid film-forming agents. Moscow, Gosstandard SSSR, Izdatel'stvo standartov Publ., 1973. 9 p. (In Russian).

Информация об авторах

Прохорчик Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: prohor@tut.by

Чуйков Алексей Сергеевич – магистр технических наук, ассистент кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: offlex88@mail.ru

Information about the authors

Prokhorchik Sergey Aleksandrovich – PhD (Engineering), Assistant Professor, Assistant Professor, the Department of Technology and Design of Wooden Articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: prohor@tut.by

Chuykov Aleksey Sergeevich – Master of Engineering, assistant lecturer, the Department of Technology and Design of Wooden Articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: offlex88@mail.ru

Поступила 15.02.2016