

### 3. ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

---

УДК 684.59

В.И. Онегин, А.В. Сергеевичев

#### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТВЕРДОЙ ПОВЕРХНОСТИ

*Введение.* Лакокрасочные покрытия используются в различных отраслях народного хозяйства. Удачно сочетая комплекс положительных свойств, присущих полимерным материалам, с декоративными и физико-механическими свойствами древесины и древесных материалов, покрытия позволяют успешно реализовать многочисленные задачи по формированию защитно-декоративных покрытий на современном этапе научно-технического прогресса.

В связи с широким использованием лакокрасочных покрытий в технике интенсивно разрабатываются новые лакокрасочные материалы, методы нанесения и приемы образования покрытий, совершенствуются аппаратура и методы исследования, расширяется область применения [Газеев и др., 2014].

Однако растущий интерес к лакокрасочным материалам (покрытиям) иногда приводит к попыткам их использования без должного обоснования рациональности выбранного материала, метода нанесения, технологических режимов образования; причём до сих пор бытует представление о простоте технологического процесса нанесения лакокрасочных материалов и о наличии универсального метода создания покрытий.

В настоящей статье, основу которой составляют результаты многочисленных работ в области физико-химических процессов, проходящих на границе раздела жидкость – подложка (твёрдая поверхность) при образовании лакокрасочных покрытий, сделана попытка обобщить накопленные материалы за годы исследований, при этом стремились к объективной оценке имеющихся данных, что позволяет указать на необходимость дальнейшего развития научных представлений, лежащих в основе процессов образования покрытий.

Авторы стремились вскрыть физико-химическую сущность процессов образования покрытий и показать многофакторность процесса формирования лакокрасочного покрытия. При этом в меньшей степени обращалось внимание на конкретность того или иного режима, а рассматриваются кинетические закономерности и тенденции процесса.

*Методика исследований.* Формирование лакокрасочных покрытий включает в себя сложный комплекс стадий и технологических операций, каждая из которых требует специальных материалов и оборудования. Известные полимерные материалы могут быть модифицированы с учётом требований технологии и свойств твердой поверхности, которая играет определяющую роль во взаимодействии с лакокрасочными материалами, приводящими к образованию прочного адгезионного контакта и обеспечивающими требуемые физико-механические и защитно-декоративные свойства покрытия [Онегин, 2015; Онегин, Барташевич, 2016].

Сложность физико-химических явлений на границе полимер – твердая поверхность требует использования имеющихся в смежных областях рекомендаций и теоретических представлений. Ряд аспектов (геометрия контакта, дополнительное действие силовых факторов, взаимовлияние контактирующих пар и др.) остаются малоизученными. Но в любом случае нельзя пренебречь явлением смачивания полимером твердой поверхности, базирующимся на законе Юнга (рис. 1).

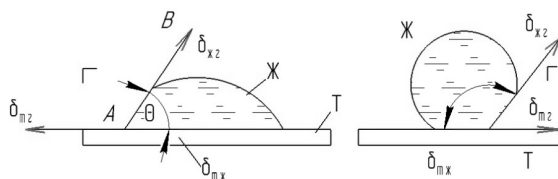


Рис. 1. Краевой угол  $\theta$  в системе твердое тело (Т) – жидкость (Ж) – газ (Г)

Fig. 1. Wetting angle  $\theta$  in system a solid body (Т) – liquid (Ж) – gas (Г)

$$\cos \theta = \frac{(\sigma_{ТГ} - \sigma_{ТЖ})}{\sigma_{ЖГ}}. \quad (1)$$

Угол  $\theta$  является основной характеристикой смачивания – мерой смачивания поверхностей [Сумм, 1976]. В реальных условиях этот показатель может не дать объективной оценки смачивания, так как зависит от свойств

контактирующих веществ, физико-химических процессов на границе раздела фаз, наличия инородных примесей, механических повреждений поверхности и других факторов. Другим параметром, влияющим на характеристики смачивания, является поверхностное натяжение на границе раздела: твердое тело – газ, жидкость – газ, твердое тело – жидкость (это силы, действующие по касательной к соответствующим поверхностям, стремящимся сократить свободную поверхность жидкости до минимума). Поверхность жидкости может самопроизвольно сокращаться. Это обстоятельство указывает на наличие удельной свободной поверхностной энергии, которая определяется работой, которую необходимо затратить на образование единицы новой поверхности жидкости. Таким образом, термины «поверхностное натяжение» и «удельная свободная поверхностная энергия» являются синонимами.

Уравнение Юнга (1) является фундаментальным уравнением, которое связывает важнейшие термодинамические величины – поверхностное натяжение контактирующих фаз  $\sigma_{жг}$ ,  $\sigma_{тж}$ ,  $\sigma_{тг}$  с краевым углом  $\theta$ . Значение краевых углов определяется экспериментально с использованием микроскопа МИС-11. Ранее значение краевого угла принималось как единственный показатель адгезии и смачивания. Однако при помощи этого показателя нельзя объективно оценить смачивание, так как значение краевого угла зависит от свойств контактирующих фаз, наличия в них примесей и других факторов.

Одним из параметров, влияющих на характеристики смачивания, является поверхностное натяжение на границе раздела твердое тело – газ. Поверхностное натяжение  $\sigma_{жг}$  и  $\sigma_{тг}$  не зависит от свойств контактирующих пар и может быть определено из многочисленных экспериментов по смачиванию твердых поверхностей различными жидкостями.

Для оценки свойств поверхности используют понятие «критического поверхностного натяжения» [Zisman, 1962]. Оно основано на модельном представлении предельного случая, когда жидкость полностью растекается по поверхности. В этих условиях угол  $\theta = 0$  и  $\cos \theta = 1$ , т. е. уравнение Юнга сводится к виду [Зимон, 1974]:

$$\frac{(\sigma_{тг} - \sigma_{тж})}{\sigma_{жг}} = 1 \tag{2}$$

или

$$\sigma_{тг} = \sigma_{тж} + \sigma_{жг} \tag{3}$$

причем величиной  $\sigma_{тж}$  пренебрегают по сравнению с  $\sigma_{жг}$ .

Таким образом, если существует жидкость, которая полностью смачивает поверхность, то её поверхностное натяжение будет критическим, т. е.:

$$\sigma_{жг} = \sigma_{кр} \approx \sigma_{тг}. \quad (4)$$

При всей условности этого понятия (жидкости, полностью смачивающей данную поверхность, может не существовать) оно обеспечивает экспериментальную оценку величин, входящих в уравнение Юнга.

Величину  $\sigma_{кр}$  получали экстраполяцией зависимости краевого угла  $\theta$  от величины поверхностного натяжения различных жидкостей, смачивающих одну и ту же поверхность до  $\theta = 0$ .

В исследованиях, которые авторами были проведены для определения  $\sigma_{кр}$ , использовались восемь тестовых жидкостей одного гомологического ряда с известным поверхностным натяжением  $\sigma_{жг}$  (табл. 1).

Тестовые жидкости наносились на различные поверхности, предварительно подготовленные путем грунтования древесины разных пород (табл. 2).

По данным измерения краевого угла и значением коэффициента поверхностного натяжения тестовых жидкостей определились коэффициенты  $a$  и  $b$  уравнения регрессионной прямой  $\cos \theta = f(\sigma_{жг})$ :

$$y = a\sigma_{жг} + b \quad (5)$$

по методу наименьших квадратов.

Таблица 1

**Поверхностное натяжение и косинусы краевых углов тестовых жидкостей**

**The interfacial tension and cosines of wetting angles of test liquids**

| № п/п | Жидкость                              | $\sigma_{жг}$ , мДж/м <sup>2</sup> | cos $\theta$ | Среднее квадратическое отклонение |
|-------|---------------------------------------|------------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| 1     | Диэтиленгликоль                       | 44,6                               | 0,716        | 0,0208                            |
| 2     | Диэтиленгликоль/этиленгликоль 50 : 50 | 46,1                               | 0,682        | 0,0256                            |
| 3     | Этиленгликоль                         | 47,2                               | 0,519        | 0,0452                            |
| 4     | Этиленгликоль/глицерин 80 : 20        | 50,0                               | 0,485        | 0,0467                            |
| 5     | Этиленгликоль/глицерин 60 : 40        | 52,8                               | 0,417        | 0,0535                            |
| 6     | Этиленгликоль/глицерин 40 : 60        | 55,6                               | 0,413        | 0,0537                            |
| 7     | Этиленгликоль/глицерин 20 : 80        | 58,3                               | 0,287        | 0,0597                            |
| 8     | Глицерин                              | 61,1                               | 0,191        | 0,0706                            |

Таблица 2

**Критическое поверхностное натяжение смачивания  
грунтовых подложек  $\sigma_{кр}$ , мДж/м<sup>2</sup>**  
**Critical interfacial tension of wetting of ground substrates  $\sigma_{кр}$ , мДж/м<sup>2</sup>**

| №<br>п/п | Наименование<br>вида подложки | Вид грунта |           |        |       |        |
|----------|-------------------------------|------------|-----------|--------|-------|--------|
|          |                               | КФ-1       | КФ-1+АДЭГ | ВЛ-278 | МЧ-52 | АУ-271 |
| 1        | Береза                        | 45,5       | 42,5      | 30,7   | 40,7  | 38,8   |
| 2        | Красное дерево                | 37,5       | 34,0      | 27,8   | 39,6  | 33,3   |
| 3        | Ясень                         | 34,6       | 33,0      | 35,7   | 37,0  | 36,4   |
| 4        | Бук                           | 43,0       | 41,0      | 36,0   | 42,3  | 40,1   |

Полученные значения  $a = -0,028$  и  $b = 1,968$  подставлялись в уравнение (5), откуда находится

$$\cos \theta = -0,028\sigma_{жг} + 1,968. \quad (6)$$

Критическое поверхностное натяжение смачивания для исследуемой подложки определялась путем решения уравнения прямой при  $\cos \theta = 1$ .

$$\frac{1 - 1,968}{-0,028} = 34,57 \text{ мДж/м}^2. \quad (7)$$

Таким образом, если существует жидкость, которая полностью смачивает поверхность твердого тела ( $\theta = 0$ ), то поверхностное натяжение этой жидкости будет критическим. В природе подобной жидкости по отношению к конкретной твердой поверхности может и не быть. Однако на основании полученных результатов экспериментов можно предсказать критическое поверхностное натяжение этой гипотетической жидкости.

Итак, понятие о критическом поверхностном натяжении несколько условно, так как надо еще помнить и другие допущения. Критическое поверхностное натяжение было рассмотрено, исходя из зависимости  $\cos \theta = f(\sigma_{жг})$ , в которой свойства твердой поверхности фигурируют лишь косвенно в том смысле, что для каждой поверхности получены свои прямые, при этом отсутствуют физико-химические основы, связывающие критическое поверхностное натяжение со свойствами твердой поверхности, коими являются  $\sigma_{тж}$  и  $\sigma_{тг}$ .

Полное смачивание определяется условием  $\theta = 0$ , между тем на прямой установлена связь между  $\sigma_{жг}$  и  $\cos \theta$ , а не самим краевым углом. Существует определенный разброс экспериментальных точек на прямых. Кроме того, необходима экстраполяция прямых до пересечения с осью ординат в точке  $\cos \theta = 1$  (рис. 2).

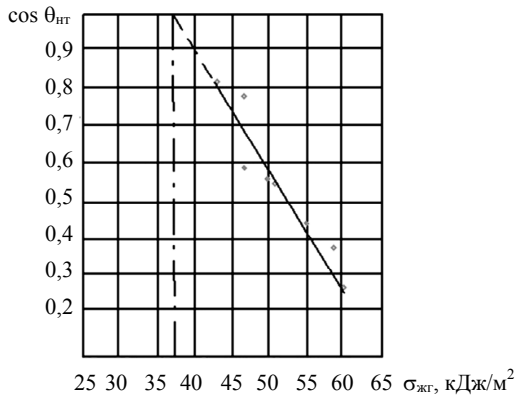


Рис. 2. Зависимость  $\cos \theta_{HT}$  от поверхностного натяжения  $\sigma_{жг}$

Fig. 2. Dependence of  $\cos \theta_{HT}$  on the interfacial tension  $\sigma_{жг}$

Такая экстраполяция в случаях, когда значение краевого угла близко к 0 не представляет трудности, но в случаях, когда значение  $\cos \theta$  лежит в пределах от 0,2 до 0,4 – затруднительна.

Несмотря на это, понятие о критическом поверхностном натяжении оказывается весьма плодотворным, так как оно характеризует тот предел смачивания, ниже которого жидкости будут растекаться по твердой поверхности. Как правило, при смачивании жидкостями твердых поверхностей возникает неравновесная система и величины поверхностного натяжения  $\sigma_{ТЖ}$  и  $\sigma_{жг}$  претерпевают изменения.

При смачивании шероховатой поверхности из-за увеличения площади контакта жидкости и газа с твердой поверхностью наблюдается ряд особенностей [Рыбин, Кириллов, 2014; Семенов, Сергеевичев, 2018]. Прежде всего, увеличиваются значения поверхностного натяжения  $\sigma_{ТЖ}$  и  $\sigma_{ТГ}$ . Это увеличение тем существеннее, чем больше площадь поверхности шероховатого тела по сравнению с гладкой поверхностью [Сергеевичев, 2015; Сергеевичев и др., 2014]. Иными словами, поверхностное натяжение шероховатой и гладкой поверхности связаны соотношением:

$$\sigma_{ТГ}^{\text{III}} = k\sigma_{ТГ}, \quad \sigma_{ТЖ}^{\text{III}} = k\sigma_{ТЖ},$$

где  $k$  – коэффициент увеличения площади поверхности.

Тогда условие равновесия капли на твердой шероховатой поверхности принимает вид:

$$\cos \theta^{\text{III}} = \frac{\sigma_{ТГ}^{\text{III}} - \sigma_{ТЖ}^{\text{III}}}{\sigma_{жг}} = k \frac{\sigma_{ТГ} - \sigma_{ТЖ}}{\sigma_{жг}} = k \cos \theta. \quad (8)$$

Из этого уравнения следует, что для гидрофильных поверхностей:

$$(0 < \theta < 90^\circ); \cos \theta^{\text{III}} > \cos \theta; \theta^{\text{III}} < \theta$$

Таким образом, шероховатость приводит к уменьшению краевого угла и, следовательно, к улучшению смачивания.

Для гидрофобных поверхностей ( $90^\circ < \theta < 180^\circ$ ) величина  $\cos \theta$  отрицательная и  $\cos \theta^{\text{III}} < \cos \theta$ , а угол  $\theta^{\text{III}} > \theta$ , т. е. смачивание ухудшается.

В реальных условиях для шероховатых поверхностей наблюдается большой разброс значений краевого угла, так как величина зависит от положения периметра контакта капли по отношению к выступам и впадинам шероховатости.

Итак, характеристики поверхности во многом определяют смачивание, на смачивание поверхности той или иной жидкостью зависит от свойств жидкости [Коваленко и др., 2016; Онегин, Кузнецова, 2012].

Одним из основных параметров является температура. В технологии покрытий используются разнообразные приемы контакта жидкости с твердой поверхностью и способы подвода энергии. Наибольшее распространение получили три схемы контакта:

- 1 – с горячей поверхностью;
- 2 – с холодной поверхностью и последующим равномерным нагревом системы;
- 3 – с холодной поверхностью и последующим нагревом подложки.

Значительные исследования экспериментального характера в этом направлении были выполнены [Шеншелевич, 1982]. Несмотря на широкий круг вопросов, который был затронут, он носил явно практическую направленность. В работе не были предприняты попытки дать научное обоснование рациональности теплового воздействия на поверхность подложки. Отсутствовали критерии эффективности и методы количественной оценки влияния температуры на качество подготовки подложек.

В наших исследованиях авторы исходили из того положения, что в любом случае наибольший эффект от подогрева подложки приходится на улучшение характеристик смачивания. При этом считали, что улучшение смачивания подложек при нагреве связано с уменьшением гидродинамического сопротивления раствора лакокрасочного материала и его поверхностного натяжения, с одной стороны, и увеличением поверхностной активности подложки, с другой стороны [Онегин, Сергеевичев, 2017]. Поэтому выбор рационального режима подогрева осуществляли по краевому углу смачивания.

В работах акцентировалось внимание на монотонность характера влияния теплового воздействия, считалось, что в любом случае повышение температуры (не выше температуры кипения растворителя) положительно сказывается на качестве покрытий. Вывод делался не столько по улучшению характера взаимодействия лакокрасочного материала с подложкой, сколько по факту ускорения процесса отверждения.

В наших исследованиях авторы считали, что подогрев поверхности направлен на решение трех основных задач:

- уменьшить количество пузырьков воздуха в покрытии;
- снизить вязкость в зоне контакта жидкости с подложкой;
- улучшить смачивание поверхности лакокрасочным материалом.

Наибольший эффект при подогреве подложки приходится именно на улучшение характеристик смачивания. Для этого необходимо построить зависимость краевого угла смачивания от температуры:  $\cos \theta = f(T_n)$ .

Для проведения экспериментальных исследований были выбраны образцы древесины двух пород: берёзовые и буковые. В качестве испытуемого материала исследовался уралкидный лак АУ-271. Температуру фиксировали переносным измерителем поверхностной температуры типа «Момент 2» с диапазоном измеряемых температур от  $+20^\circ$  до  $+150^\circ$ . Во всех случаях время измерения не превышало 10 с. По данным экспериментальных наблюдений (проводилось математическое планирование экспериментов) были построены графические зависимости, приведенные на рис. 3.

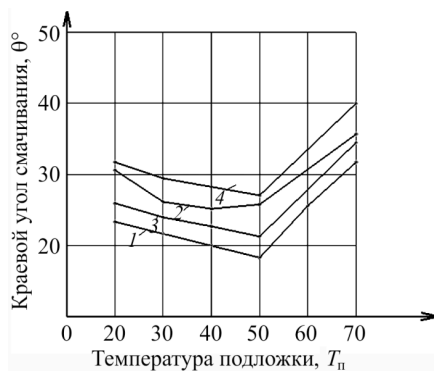


Рис. 3. Зависимость краевого угла смачивания от температуры подложки.

1 – береза,  $\eta = 35$ с; 2 – береза,  $\eta = 50$ с; 3 – бук,  $\eta = 35$ с; 4 – бук,  $\eta = 50$  с

Fig. 3. Dependence of a wetting angle of wetting on substrate temperature.

1 – birch,  $\eta = 35$ s; 2 – birch,  $\eta = 50$ s; 3 – beech,  $\eta = 35$ s; 4 – beech,  $\eta = 50$  s



*Результаты исследований.* На основании этих графиков можно сделать вывод о том, что зависимость  $\theta$  от  $T_n$  имеет не монотонный, а экстремальный характер. Это означает, что существует определенный интервал температур подложки, где краевой угол смачивания уменьшается. При дальнейшем увеличении температуры подложки происходит увеличение краевого угла смачивания за счёт желатинизации лака и увеличения значений межфазного натяжения.

Проведённые исследования на других лаках позволяют утверждать, что для каждого конкретного сочетания лакокрасочного материала с подложкой устанавливаются параметры, присущие только данной конкретной системе взаимодействия, хотя общий экстремальный характер сохраняется.

Для некоторых материалов, например, при нанесении лака МЛ-2111, вообще не следует рекомендовать подогрев подложки, так как в противном случае происходит ухудшение смачивания.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- подогрев поверхности подложки способствует улучшению смачивания её лакокрасочными материалами, что, в конечном итоге, повышает качество покрытий;
- выбор режимов подогрева и применение этого метода тесно связано со свойствами исходных материалов.

Как уже указывалось, одним из основных технических показателей жидких лакокрасочных материалов является величина краевого угла  $\theta$ , характеризующая адгезию и растекание жидкости по твердой поверхности. Определение величины краевого угла основано на измерении диаметра капли  $d$  и ее высоты  $h$ . При этом предполагается, что капля лакокрасочного материала представляет собой шаровой сегмент радиуса  $R$ , а величину краевого угла определяют расчётом по формуле:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{4dh}{d^2 - 4h^2}. \quad (9)$$

Однако с увеличением размера капли (массы) следует ожидать отклонения формы от шарового сегмента, а следовательно, и несоответствия расчетного и фактического значения краевого угла смачивания.

Для выявления факта такого несоответствия ранее авторами было проведено специальное исследование по влиянию масштабного фактора (массы) на величину фактического и расчётного краевых углов смачивания. Анализ результатов опытов, представленный графическими изображениями

ми и результатами расчётов, позволяет сделать следующие выводы [Онегин, Егоров, 1978]:

- формула (9), определяющая величину краевого угла, справедлива для сравнительно малых размеров капель массой до 3 мкг;
- с увеличением размера капли ее форма не соответствует шаровому сегменту, поэтому применение формулы (9) для расчёта будет приводить к ошибкам;
- расчётное значение больших капель будет меньше фактического значения краевого угла.

Таким образом, если ставится задача рационального выбора технологического процесса отделки, необходимо учитывать влияние многочисленных факторов взаимного влияния межфазовых взаимодействий газовой среды, жидкости и твердого тела.

#### *Выводы*

1. Краевой угол  $\theta$  является основной характеристикой смачивания (мерой смачивания поверхностей), в реальных условиях может не дать объективной оценки смачивания, так как зависит от геометрии контакта, действия дополнительных силовых факторов (модифицирующих добавок, теплового воздействия, использования смесевых растворителей, разнообразных грунтовочных составов), взаимовлияния контактирующих фаз.

2. Для оценки свойств поверхности следует использовать понятие «критического поверхностного натяжения», основанного на модельном представлении предельного случая, когда жидкость полностью растекается по поверхности. В этих условиях угол  $\theta = 0$  и  $\cos \theta = 1$ .

3. При смачивании шероховатой поверхности из-за увеличения площади контакта жидкости и газа с твердой поверхностью и изменения положения периметра контакта капли по отношению к выступам и впадинам шероховатости, краевой угол уменьшается и, следовательно, улучшается смачивание.

4. Важным параметром взаимодействия контактирующих пар является температура. В технологии покрытий используются различные схемы контакта при нагревании, при этом акцентируется внимание на монотонность характера влияния теплового воздействия. Считается, что в любом случае повышение температуры положительно сказывается на качестве покрытий. Однако проведенные авторами исследования показали, что зависимость краевого угла  $\theta$  от  $T_n$  имеет не монотонный, а экстремальный характер, определяемый интервалом температур, приводящим к уменьшению краевого угла смачивания.

5. При определении величины краевого угла, основанного на измерении диаметра и высоты капли, с последующим его расчетом по формуле (9), объективными величинами могут быть только результаты, полученные на сравнительно малых размерах капель массой до 3 мкг.

### **Библиографический список**

*Газеев М.В., Газеева Е.А., Жданов Н.Ф.* Смачивание поверхности древесины водно-дисперсионным лакокрасочным материалом при аэрононизации // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. С. 145.

*Зимон А.Д.* Адгезия жидкости и смачивание. М.: Химия, 1974. 413 с.

*Коваленко И.В., Чубинский М.А., Русаков Д.С., Варанкина Г.С.* Поверхностные свойства и строение древесины осины // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2016. Вып. 217. С. 182–194.

*Онегин В.И., Егоров В.А.* Влияние размера капли полиэфирного лака ПЭ-232 на расчетное значение краевого угла // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: межвуз. сб. науч. тр. 1978. Вып. 7. С. 97–100.

*Онегин В.И., Кузнецова Е.Г.* Исследование строения хвойной древесины и его влияние на физико-механические и акустические свойства древесных веществ // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2012. Вып. 199. С. 190–200.

*Онегин В.И.* Свойства древесины, учитываемые при формировании защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов // ИВУЗ. Лесной журнал. 2015. Т. 6(348). С. 116–127.

*Онегин В.И., Барташевич А.А.* Физические основы блеска лакированной древесины // Труды белорусского государственного технологического университета. 2016. № 2(184). С. 225–229.

*Онегин В.И., Сергеевичев А.В.* Анализ влияния растягивающих усилий на работоспособность шлифовальной шкурки при обработке древесины // Труды Белорусского государственного технологического университета. 2017. № 3(185). С. 228–235.

*Рыбин Б.М., Кириллов Д.В.* Оценка фактического объема полостей неровностей на обработанной поверхности древесины // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. 2014. № 5. С. 131–137.

*Семенов А.В., Сергеевичев А.В.* Анализ способов повышения стойкости абразивных лент в условиях обработки древесины и других древесных материалов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 222. С. 191–198.

*Сергеевичев А.В.* Формирование поверхности древесины и древесинных материалов шлифованием. СПб.: СПбГЛТУ, 2015. 136 с.

*Сергеевичев А.В., Соколова В.А., Кушнерев В.О.* Формирование поверхности твердых тел: граничная область материал-среда // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2014. Вып. 208. С. 138–152.

Сумм Б.Д., Горюнов Ю.В. Физико-химические основы смачивания и растекания. М.: Химия, 1976. 232 с.

Шеншелевич В.Л., Александровская М.М. Отделка деталей мебели методом окунания. М.: Гослесбумиздат, 1982. 80 с.

Zisman W.A. Adhesion and Cohesion. Amsterdam. London, 1962. P. 176.

## References

Gazeev M.V., Gazeeva E.A., Zhdanov N.F. Wetting of a surface of wood a water and dispersion coating composition at an aeronization. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, no. 4. p. 145. (In Russ.)

Zimon A.D. Adhesion of liquid and wetting. Moscow: Himiya, 1974. 413 p. (In Russ.)

Kovalenko I.V., Chubinskij M.A., Rusakov D.S., Varankina G.S. The surface characteristics and structure of wood of an aspen. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*, 2016, is. 217, pp. 182–194. (In Russ.)

Oegin V.I., Egorov V.A. Influence of the size of a drop of polyester PE-232 varnish on a design value of a wetting angle. *Tekhnologiya i oborudovanie derevoobrabatyvayushchih proizvodstv: mezhvuz. sb. nauch. tr.* 1978. is.7, pp. 97–100. (In Russ.)

Oegin V.I., Kuznecova E.G. Research of a structure of a softwood and its influence on physicomechanical and acoustic properties of wood substances. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*, 2012, is. 199, pp. 190–200. (In Russ.)

Oegin V.I. The properties of wood considered when forming a protective decorative coating of wood and wood materials. *IVUZ. Lesnoj zhurnal*, 2015, vol. 6 (348), pp. 116–127. (In Russ.)

Oegin V.I., Bartashevich A.A. Principal physics of gloss of the varnished wood. *Trudy belorusskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2016, no. 2(184), pp. 225–229. (In Russ.)

Oegin V.I., Sergeevichev A.V. The analysis of influence of tensile strains on operability of an abrasive paper when processing wood. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2017, no. 3(185), pp. 228–235. (In Russ.)

Rybin B.M., Kirillov D.V. Assessment of the actual volume of cavities of roughnesses on the processed surface of wood. *Vestnik MGUL Lesnoj vestnik*, 2014, no. 5, pp. 131–137. (In Russ.)

Semenov A.V., Sergeevichev A.V. The analysis of ways of increase in firmness of abrasive tapes in processing conditions of wood and other wood materials. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*, 2018, is. 222, pp. 191–198. (In Russ.)

Sergeevichev A.V. Formation of a surface of wood and woody materials grinding. St. Petersburg: SPbGLTU, 2015. 136 p. (In Russ.)

*Sergeevichev A.V., Sokolova V.A., Kushnerev V.O.* Formation of a surface of solid bodies: cutoff region material-environment. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii*, 2014, is. 208, pp. 138–152. (In Russ.)

*Summ B.D., Goryunov Yu.V.* Physical and chemical bases, wetting and spreading. Moscow: Himiya, 1976. 232 p. (In Russ.)

*Shenshelevich V.L., Aleksandrovskaaya M.M.* Finishing of details of furniture by a dipping method. Moscow: Goslesbumizdat, 1982. 80 p. (In Russ.)

*Zisman W.A.* Adhesion and Cohesion. Amsterdam. London, 1962, p. 176.

*Материал поступил в редакцию 27.03.2018 г.*

---

**Онегин В.И., Сергеевичев А.В.** Физико-химические основы процессов формирования полимерных покрытий на твердой поверхности // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 223. С. 213–227. DOI: 10.21266/2079-4304.2018.223.213-227

Лакокрасочные покрытия используются в различных отраслях народного хозяйства. Удачно сочетая комплекс положительных свойств, присущих полимерным материалам, с декоративными и физико-механическими свойствами древесины и древесных материалов, покрытия позволяют успешно реализовать многочисленные задачи по формированию защитно-декоративных покрытий на современном этапе научно-технического прогресса. В связи с широким использованием лакокрасочных покрытий в технике интенсивно разрабатываются новые лакокрасочные материалы, методы нанесения и приемы образования покрытий, совершенствуются аппаратура и методы исследования, расширяется область применения. В настоящей статье, основу которой составляют результаты многочисленных работ в области физико-химических процессов, проходящих на границе раздела жидкость – подложка при образовании лакокрасочных покрытий, сделана попытка обобщить накопленные материалы за годы исследований, при этом стремились к объективной оценке имеющихся данных, что позволяет указать на необходимость дальнейшего развития научных представлений, лежащих в основе процессов образования покрытий. Авторы стремились вскрыть физико-химическую сущность процессов образования покрытий и показать многофактурность процесса формирования лакокрасочного покрытия. При этом в меньшей степени обращалось внимание на конкретность того или иного режима, а рассматриваются кинетические закономерности и тенденции процесса. Формирование лакокрасочных покрытий включает в себя сложный комплекс стадий и технологических операций, каждая из которых требует специальных материалов и оборудования. Известные полимерные материалы могут быть модифицированы с учётом требований технологии и свойств твердой поверхности, которая играет определяющую роль во взаимодействии с лакокрасочными материалами, приводящими к образованию прочного адгезионного контакта и обеспечивающими требуемые физико-механические и защитно-декоративные

свойства покрытия. Сложность физико-химических явлений на границе полимер – твердая поверхность требует использования имеющихся в смежных областях рекомендаций и теоретических представлений. Проведённые исследования позволяют утверждать, что для каждого конкретного сочетания лакокрасочного материала с подложкой устанавливаются параметры, присущие только данной конкретной системе взаимодействия, хотя общий экстремальный характер сохраняется. Проведенные исследования показывают, что подогрев поверхности подложки способствует улучшению смачивания её лакокрасочными материалами, что, в конечном итоге, повышает качество покрытий. Таким образом, если ставится задача рационального выбора технологического процесса отделки, необходимо учитывать влияние многочисленных факторов взаимного влияния межфазовых взаимодействий газовой среды, жидкости и твердого тела.

**Ключевые слова:** подложка (твердое тело), смачивание, растекание, адгезия, когезия, жидкость, газ, краевой угол, смесевый растворитель, модификация, энергия, отверждение.

**Onegin V.I., Sergeevichev A.V.** Physical and chemical bases of processes of formation of polymeric coverings on a solid surface. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoy Akademii*, 2018, is. 223, pp. 213–227 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2018.223.213-227

Paint coatings are used various branches of the national economy. Successfully combining a complex of the positive properties inherent in polymeric materials, with decorative and physic-mechanical properties of wood and wood materials, coverings allow to realize successfully numerous tasks of formation of a protective decorative coating at the present stage of scientific and technical progress. Due to the wide use of paint coatings in technique new coating compositions, methods of drawing and methods of formation of coverings are intensively developed, the equipment and research techniques is improved, the range of application extends. In this article which principles results of numerous works in the field of the physical and chemical processes which are taking place liquid on a demarcation – a substrate are at formation of paint coatings the attempt to generalize the saved-up materials for years of researches is made, at the same time aspired to objective assessment, the available data that allows to indicate the need of further development of the scientific representations which are the cornerstone of processes of formation of coverings. Authors sought to open a physical and chemical substance of processes of formation of coverings and to show a process ambiguity of formation of a paint coating. At the same time the attention to concreteness of this or that mode was to a lesser extent paid, and kinetic regularities and tendencies of process are considered. Formation of paint coatings includes the composite complex of stages and technological operations, each of which demands express materials and an inventory. The known polymeric materials can be modified taking into account requirements of technology and properties of a solid surface which plays a defining role in interaction with the coating compositions leading to formation of strong adhesion contact and providing

demanding physic-mechanical and protective and decorative with properties of a covering. Complexity of the physical and chemical phenomena on border polymer – the solid surface demands use of the recommendations which are available in interfacing areas and theoretical representations. The conducted researches allow to claim that for everyone concrete a combination of a coating composition to a substrate the parameters inherent only in this concrete system of interaction are set though the common extreme character remains. The conducted researches show that heating of a surface of a substrate promotes wetting improvement by its coating compositions that, finally, increases quality of coverings. Thus, if the task of the rational choice of technological process of finishing is set, it is necessary to consider influence of numerous factors of interference of the phase interactions of a gaseous fluid, liquid and a solid body.

**Key words:** substrate (solid body), wetting, spreading, adhesion, cohesion, liquid, gas, wetting angle, mix solvent, modification, energy, curing.

---

**ОНЕГИН Владимир Иванович** – профессор кафедры технологии и оборудования деревообрабатывающих производств Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор технических наук.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: onegin.ltu@mail.ru

**ONEGIN Vladimir I.** – DSc (Technical), Professor of the Department of technology and equipment of woodworking production, St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: onegin.ltu@mail.ru

**СЕРГЕЕВИЧЕВ Александр Владимирович** – заведующий кафедрой технологии и оборудования деревообрабатывающих производств, доцент Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат технических наук.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: alexander910@yandex.ru

**SERGEEVICHEV Alexander V.** – PhD (Technical), Associate Professor, Head of the Department of technology and equipment of woodworking production, St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: alexander910@yandex.ru