

# ЭКОЛОГИЯ И КАЧЕСТВО

## ПРИ ОТДЕЛКЕ СТОЛЯРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ

*Особенности древесины как биологически нестойкого, гигроскопического материала требуют применения различных защитных покрытий. Это связано еще и с тем, что ее поверхность повреждается при механических воздействиях, легко загрязняется, темнеет под влиянием влаги, света и других атмосферных факторов. Но, тем не менее, древесина как экологически чистый природный материал не утрачивает своих позиций при изготовлении различных изделий, в том числе и столярно-строительных. Что касается последних, то вопрос о вытеснении деревянных окон пластиковыми при активном их продвижении на рынке остается дискуссионным. Одним из сдерживающих факторов является то, что при возгорании ПВХ выделяет удушливые токсические газы. Во всяком случае США, Франция, Бельгия и Швейцария запрещают использование окон из ПВХ в жилых помещениях. Рост спроса на окна в Беларуси, наблюдаемый в последнее время, происходит из-за увеличения объемов строительства.*

Сегодня, в условиях рыночных отношений и постоянно усиливающейся конкуренции среди производителей столярно-строительных изделий, на первый план выходит проблема производства высококачественной продукции по приемлемой цене, выгодно отличающейся от продукции конкурентов по производству. Требования покупателей к внешнему виду изделий, качеству отделки и оригинальности дизайна возрастают буквально с каждым днем. Факт этот бесспорный и абсолютно очевидный

для каждого производителя продукции столярно-строительных изделий. Именно качество сформированного защитно-декоративного покрытия является одним из наиболее важных критериев, определяющих уровень качества изделия в целом. И поэтому проблема получения качественно сформированных защитно-декоративных покрытий изделий из древесины сосны на основе воднодисперсионных лакокрасочных материалов приобретает особую остроту и актуальность.

Рассмотрим более детально основные компоненты, участвующие в создании защитно-декоративных покрытий изделий из древесины сосны.

Одним из таких компонентов являются лакокрасочные материалы. По мере осознания важности охраны окружающей среды и производителями, и потребителями лакокрасочной продукции пересматривают свои действия с учетом экологической безопасности. Решение проблемы по снижению загрязнения окружающей среды в условиях интенсивного развития науки и техники заключается в переходе от применения органоразбавляемых лакокрасочных материалов к более экологически чистым водоразбавляемым лакокрасочным материалам, материалам радиационного отверждения и лакокрасочных композиций с высоким сухим остатком.

Но несмотря на значительное увеличение доли экологически полноценных лакокрасочных материалов в общем ассортименте выпуска и поступающих на мировой рынок лакокрасочной продукции в последние двадцать лет, как видно из табл. 1, по-прежнему доминируют органоразбавляемые.

Наименьший сбыт органоразбавляемых лакокрасочных материалов наблюдается на рынках США и Западной Европы. В России и Китае на эти материалы приходится все еще больше 85 %, в то время как в США и Западной Европе – около 40%. Что касается водоразбавляемых лако-

красочных материалов, то наибольшее применение они имеют в Западной Европе, затем следуют США и Япония.

В общем ассортименте лакокрасочных материалов, предназначенных для различных областей применения, материалы для отделки древесины составляют около 8%. Из всех лакокрасочных материалов, расходуемых на формирование защитно-декоративных покрытий изделий из древесины, значительная часть (80%) приходится на отделку мебели. При этом выбросы летучих органических соединений в окружающую среду от применения этих лакокрасочных материалов только в Европе составляют ежегодно 250 тыс. тонн, или 19% общего количества эмиссии от промышленных процессов окраски.

Таблица 1

Производство ЛКМ в мире	
Вид ЛКМ	Применение, %
Органоразбавляемые	48
Водоразбавляемые	35
С высоким сухим остатком	11
Порошковые	4
Прочие	2

Одним из путей снижения выбросов при отделке изделий из древесины является применение водоразбавляемых лакокрасочных материалов.

Такие материалы имеют преимущества перед органоразбавляемыми: экологически более безопасны, то есть при их применении уменьшается загрязнение атмосферы и загрязнение производственных цехов;

-водоразбавляемые материалы являются практически негорючими и этим, в свою очередь, снижают пожароопасность и проблемы, связанные с хранением лакокрасочных материалов;

-такие материалы уменьшают нагрузку на человека, связанную с проблемами запаха, и улучшают условия труда;

-так как в качестве разбавителя используется вода, то снижается расход дорогостоящих органических растворителей;

-отделочное оборудование лако-

**Физико-механические показатели ранней и поздней зон  
годового слоя древесины сосны**

(по данным исследователей К.В. Панферова, Vintilla, Б.Н. Уголев, Хиллис, В.Г. Санаев)

Древесина	Ранняя	Поздняя
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	381	770
Объемная усушка, %	10,86	18,97
Радиальная усушка, %	2,91	8,22
Тангенциальная усушка, %	6,7	7,5
Наибольшая ядра влажность, % заболони	30,2 219	29,4 58,1
Микротвердость, Мпа	20,6	105,4

промывается водопроводной водой.

С другой стороны, использование воды в качестве растворителя или разбавителя увеличивает время сушки и может вызвать необходимость в регулировании влажности в распылительных камерах.

Нанесение лакокрасочных материалов, содержащих воду, приводит к поднятию ворса на поверхности древесины, к набуханию ее. Также существуют проблемы при хранении и транспортировке таких материалов в холодное время при температуре ниже 5 °С.

До последнего времени жидкие лакокрасочные материалы для отделки столярно-строительных изделий были представлены двумя видами, а именно алкидными и воднодисперсионными.

Исследованиями установлено, что покрытия, образованные на основе воднодисперсионных лакокрасочных материалов, более атмосферостойкие по сравнению с алкидными. Это объясняется различиями при формировании покрытий. В обоих случаях пленкообразователь, обеспечивая адгезию с поверхностью, придает покрытию прочность и целостность. Таким образом, именно пленкообразователь определяет долговечность покрытия.

В алкидных лакокрасочных материалах пленкообразователь присутствует в виде раствора в органическом растворителе (чаще в уайт-спирите), который испаряется по мере того, как материал высыхает. Затем пленкообразователь взаимодействует с кислородом воздуха, в результате чего лакокрасочное покрытие становится твердым и прочным. При таком механизме отверждения покрытие приобретает излишнюю твердость и становится хрупким. Это может привести к его

растрескиванию и отслоению всего лишь после двух-трех лет воздействия факторов окружающей среды, так как при этом взаимодействии происходит изменение линейных размеров под слоем лакокрасочного покрытия.

В отличие от алкидных, в воднодисперсионных лакокрасочных материалах пленкообразователь распределяется в воде в виде мелких частиц. По мере того, как краска после нанесения высыхает, эти частицы объединяются, образуя лакокрасочную пленку. И в отличие от алкидных материалов, воднодисперсионные не взаимодействуют с кислородом, поэтому покрытия будут оставаться эластичными на протяжении продолжительного времени (в зависимости от температуры стеклования полимера).

Помимо отслаивания и потери адгезии с подложкой алкидные композиции имеют и некоторые другие недостатки, которые вытекают из исследований:

- меление, которое, по сути, является эрозией покрытия, оставляет поверхность гладкой, но снижает устойчивость к сохранению цвета. Кроме того, этот дефект приводит к быстрой потере глянца;

- растрескивание.

При отделке изделий из древесины сосны необходимо учитывать свойства окрашиваемой подложки, которые определяются своеобразным анатомическим строением. Особенности строения древесины сосны оказывают воздействие на технологические свойства и ее физико-механические показатели. Поэтому представляет собой интерес рассмотре-

Таблица 2

ние этих свойств и показателей с целью лучшей оценки и понимания происходящих процессов при отделке изделий из древесины сосны.

Особенность строения древесины заключается в годовичном слое, который состоит из двух частей: внутренней, обращенной к сердцевине, более светлой и менее твердой - ранней древесины, и наружной, более темной и твердой - поздней древесины. Годичные слои отчетливые, ширина их 0,01-10 мм; переход от ранней древесины к поздней постепенный и резкий.

Из-за такой дифференциации на раннюю и позднюю древесину наблюдается также различие в физико-механических показателях этих зон годовичного слоя.

Данные, представленные в таблице, свидетельствуют о том, насколько сильно отличаются по своим физико-механическим показателям ранняя и поздняя древесина. Так, по плотности поздняя древесина тяжелее ранней в 2 раза. Линейная же тангенциальная усушка в 1,1 раза выше в поздней зоне годовичного слоя. Также очевидно, что различие в усушке поздней древесины в радиальном и тангенциальном направлениях составляет 1:1,4. Для ранней же древесины этот показатель составляет 1:2,8. Хотелось бы отметить также то, что в отличие от поздней древесины ранняя древесина усыхает меньше.

Немаловажным экологическим и экономическим фактором в создании защитно-декоративных покрытий является выбор способа нанесения лакокрасочных материалов. Стремление к улучшению экологии, снижению потерь лакокрасочных материалов, повышению производительности процесса нанесения лакокрасочных композиций при улучшении декоративных свойств покрытий является основанием для появления новых подходов к методам распыления. В настоящее время метод нанесения лакокрасочных материалов распылением и его модификации являются наиболее распространенными. Остановимся

Таблица 3

**Критерии эффективности использования  
различных видов распыления**

Показатели	Коэффициент массопереноса, %	Наибольший расход лакокрасочных материалов, дм <sup>3</sup> /мин
Воздушное	~45	0,7
HVLP	~65	0,4
AA - технология	~75	6,5
Безвоздушное	~70	15

подробнее на пневматическом, безвоздушном и комбинированных видах распыления.

Перевод жидкого лакокрасочного материала в аэрозольное состояние путем дробления его струей сжатого воздуха – основа пневматического распыления. В резуль-

тате взаимодействия сжатого воздуха при давлении 0,3–0,5 МПа с лакокрасочной композицией образуется окрасочный факел, состоящий из частичек лакокрасочного материала, движущихся по направлению к обрабатываемой поверхности, оседая на которой, частицы формируют покрытие. Из-за отражения от поверхности воздуха часть лакокрасочного материала уносится встречным потоком – это так называемые потери на туманообразование.

Достоинства этого способа: универсальность, простота технического осуществления, достаточно хорошее качество получаемых покрытий. К недостаткам можно отнести: большой расход растворителей, связанный с необходимостью доведения материала до вязкости значительно меньше, чем это требуется для хорошего растекания; большие потери лакокрасочного материала на туманообразование; при использовании органо-разбавляемых композиций повышается пожароопасность и загазованность рабочих зон; трудности при нанесении высоковязких материалов.

Интересной модификацией метода окраски воздушным распылением представляется предложенный в последнее время метод «большой объем – низкое давление» (HVLР). Он основан на применении краскораспылителя, рабочее давление воздуха которого не превышает 0,07 МПа.

По сравнению с воздушным распылением в этом случае снижение потерь лакокрасочного материала на туманообразование достигается за счет того, что частицы лакокрасочного материала, распыленные при низком давлении сжатого воздуха, имеют невысокую скорость и образуют «мягкий» окрасочный факел, равномерно настилающийся на изделие. Эту технологию обычно применяют для окраски небольших поверхностей. Метод занимает прочное положение среди других методов окраски благодаря меньшим потерям лакокрасочного материала за счет уменьшения эффекта отражения. К недостаткам можно отнести то, что по-прежнему можно наносить только низковязкие (до 30 с по ВЗ-4) лакокрасочные материалы.

Использование высоковязких лакокрасочных материалов с целью снижения эмиссии растворителей в атмосферу содействовало ускорению поисков новых путей нанесения лакокрасочных материалов. Так, для таких материалов используется механическое распыление (безвоздушное).

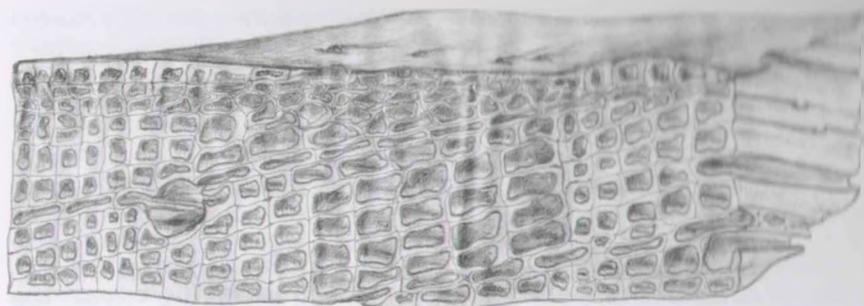


Рис. 1. Модель состояния поверхности древесины после фрезерования

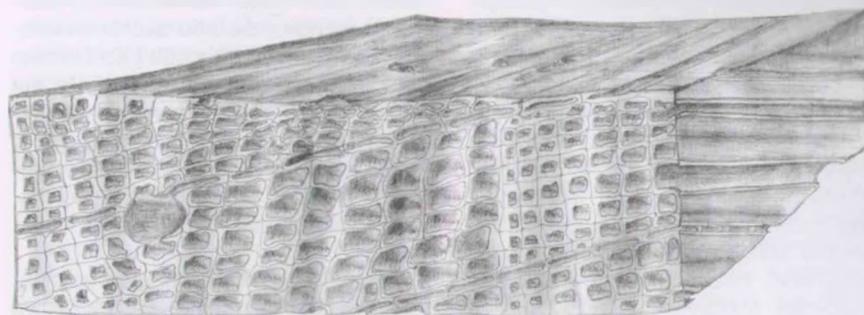


Рис. 2. Модель состояния поверхности древесины после шлифования.

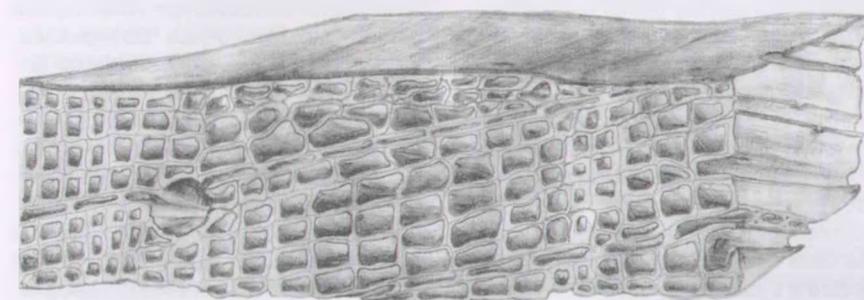


Рис. 3. Модель состояния поверхности древесины после грунтования.

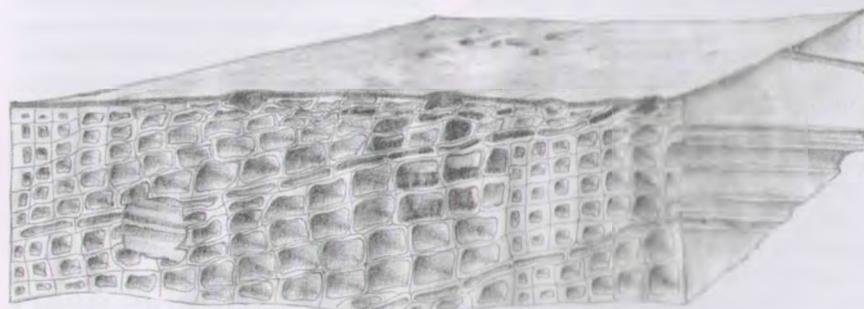


Рис. 4. Модель состояния поверхности древесины после шлифования грунтовки.

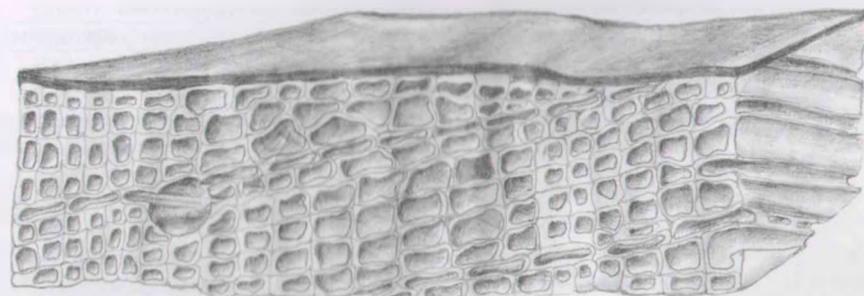


Рис. 5. Модель состояния поверхности древесины после нанесения краски.

Принцип безвоздушного распыления основан на подаче лакокрасочного материала под высоким давлением (до 10–25 МПа) через сопло краскораспылителя 0,2–0,5 мм. Материал, находящийся под высоким давлением, выходя через узкое отверстие сопла, как бы «взрывается» (разбивается на капли) и далее формируется в факел, соответствующий размерам сопла. Отличительная особенность безвоздушного распыления заложена в его названии – в распылении материала не участвует воздух. Это обуславливает основные преимущества метода по сравнению с классическим воздушным распылением: повышение производительности окрасочных работ, отсутствие туманообразования; это единственный приемлемый метод для нанесения высоковязких лакокрасочных материалов, материалов с высоким сухим остатком, возможность нанесения покрытий толщиной 100–150 мкм и более за один проход. Большая степень массопереноса и отсутствие завихрений при формировании факела делают его форму резко очерченной и при окраске фасонных деталей с большим числом выступов и впадин создают заметные тени, вызванные резкой отсечкой воздуха, и требуют высокой квалификации оператора. Безвоздушное распыление применяется обычно при окраске больших поверхностей, когда необходима более высокая скорость нанесения, а требования к качеству покрытия не являются определяющими.

Попытки преодолеть недостатки безвоздушного распыления привели к созданию новой технологии безвоздушного распыления с воздушной поддержкой (аэрокомби). Известно, что распыление лакокрасочных материалов безвоздушным способом становится возможным уже при давлении 3–6 МПа. Однако при таком относительно низком давлении струя не формируется полностью. В этом случае используется воздушная головка, через которую подводится дополни-

тельная энергия для завершения формирования струи. Жидкостный факел, проходя через воздушную головку, обхватывается воздухом с двух сторон и продолжает свое формирование в воздушном коридоре. Происходит дополнительное размельчение капель и повышается турбулизация движения лакокрасочных частичек, что приводит к улучшению качества покрытия и отсутствию «теней» при окраске сложных профилей и труднодоступных мест. Такое сочетание способов дает более качественное распыление при меньшем давлении жидкости. При этом способе распыления скорость частиц и степень подачи жидкости на поверхность будут уменьшаться, что облегчит работу с краскопультом и повысит эффективность окраски по сравнению с «классическим» безвоздушным распылением.

В качестве критериев эффективного использования того или иного вида распыления были приняты коэффициент массопереноса  $K$  (отношение массы покрытия к массе распыленного материала); наибольший расход лакокрасочных материалов; качество защитно-декоративных покрытий.

Из анализа приведенных данных можно заключить, что коэффициент массопереноса лакокрасочных материалов выше при распылении по технологии «аэрокомби» (около 75%), а самый низкий коэффициент – при воздушном распылении. По наибольшей производительности (наибольшему расходу лакокрасочных материалов за единицу времени) процесс окраски лидирующее положение принадлежит безвоздушному распылению, а замыкает – метод «большой объем – низкое давление» (HVLV). На качество сформированных покрытий будут оказывать влияние размеры получаемых при распылении частиц лакокрасочных материалов. Из приведенных данных следует, что наиболее мелкие частицы будут образовываться при воздушном распылении, а

наиболее грубые – при безвоздушном. Размеры образуемых частиц при методах HVLV и «аэрокомби» находятся примерно на одном уровне.

Таким образом, можно заключить, что в совокупности по этим трем критериям выигрывает технология «аэрокомби». Но в каждом конкретном производственном случае необходимо точно знать, какой способ окраски следует выбрать в зависимости от производительности, требований, предъявляемых к качеству получаемых защитно-декоративных покрытий, и вида лакокрасочного материала. Вододисперсионные краски являются структурирующими материалами, которые можно наносить методами, обеспечивающими большие напряжения и скорости сдвига. Из вышеприведенных видов распыления – это безвоздушное и комбинированное.

Современная технология формирования покрытий столярно-строительных изделий состоит из основных стадий нанесения: слоя вододисперсионной грунтовки методами струйного облива, окунация, пневматического распыления или при помощи кисти, а также слоя вододисперсионной краски методом комбинированного либо безвоздушного распыления.

Однако в результате взаимодействия многокомпонентных вододисперсионных систем с таким сложным материалом, как древесина сосны, со своим специфическим строением, после отделки таких изделий иногда имеет место ухудшение качества покрытий. Ухудшение качества сформированных защитно-декоративных покрытий столярно-строительных изделий вызвано образованием «эффекта волны» – состояние поверхности характеризуется периодически повторяющимися неровностями, причем вершины неровностей образуются над ранними зонами годичных слоев, а впадины – над поздними зонами. На основании исследований, проведенных с помощью оптической

Таблица 3

**Параметры волнистости защитно-декоративных покрытий**

Номер опытной заготовки	Шлифованная древесина		№ партии образцов					
			1		2		3	
	Wz, мкм	Sw, мм	Wz, мкм	Sw, мм	Wz, мкм	Sw, мм	Wz, мкм	Sw, мм
1	10,9	2,02	37,7	2,45	10,6	1,94	8,9	1,82
2	12,5	1,56	14,1	1,68	8,3	1,65	8,2	1,88
3	9,5	1,71	12,2	2,07	8,6	1,56	9,3	1,74
4	9,4	1,63	26,1	3,4	13,3	2,13	9,8	2,47
5	7,9	1,54	16	2,28	13,9	2,07	8,1	1,71
Среднее значение	10,0	1,69	21,2	2,38	10,9	1,87	8,9	1,92

микроскопии, а также дополнительных исследований формирования воднодисперсионных лакокрасочных покрытий с помощью электронной микроскопии были построены модели состояния поверхности древесины после каждой операции.

На рис.1 показано состояние древесины сосны после продольного фрезерования. При анализе рисунка хотелось бы отметить наличие деформированных клеток в поверхностном слое ранней зоны годовичного слоя. Причем ранняя зона располагается ниже уровня по отношению к поздним зонам. Это происходит из-за неравномерного упругого восстановления ранних и поздних трахеид при контакте с не очень острым режущим инструментом.

На рис.2 показано состояние образца после следующей технологической операции – шлифования. Следует отметить, что контакт шлифовальной шкурки с древесной подложкой происходит в большей степени с поздними зонами годовичных слоев, нежели с ранними, так как именно они выступают. При этом следует сказать, что в ранней зоне остаются деформированные клетки, причем состояние поверхности будет соответствовать требованиям, предъявляемым к шероховатости древесных подложек.

Состояние образца после нанесения воднодисперсионной грунтовки представлено на рис.3. Анализ рисунка позволяет сделать вывод, что при этом происходит поднятие клеток в ранней зоне годовичного слоя древесины по сравнению с клетками поздней зоны. Следует также отметить, что при этом в ранней зоне остается часть деформированных клеток.

На рис.4 показано состояние образца после промежуточного шлифования. При этой операции происходит частичное выравнивание поверхности древесной подложки за счет сошлифовывания вершин волны, образованных над ранними зонами. При этом следует заметить, что данная операция производится лишь для снятия ворса. И если производить шлифование на этой стадии для устранения «волны», то велика вероятность прошлифовки грунтовочного покрытия, что не допустимо.

Рис.5 демонстрирует состояние образца после нанесения воднодисперсионной краски. При анализе данного рисунка становится очевидным, что слой краски приподнят именно над ранней зоной годовичного слоя. На этой стадии завершается формиро-

вание «эффекта волны». Это происходит, скорее всего, из-за взаимодействия еще присутствующих в ранней зоне деформированных клеток с одним из компонентов воднодисперсионной краски – водой.

Для снижения проявления «эффекта волны» были проведены лабораторные исследования. Было установлено, что предварительное увлажнение водой поверхности древесных сосновых подложек с последующей сушкой и шлифованием положительно сказывается на качестве лакокрасочных покрытий. С целью совершенствования технологии отделки столярно-строительных изделий в производственных условиях была проведена опытно-промышленная проверка лабораторного эксперимента. Эксперимент проводился на трех партиях образцов. Для этого из различных участков центральных высушенных досок выпиливалось 5 опытных заготовок. Партия формировалась из образцов вырезанных из каждой опытной заготовки. Кроме этого, из каждой опытной заготовки вырезались контрольные образцы для оценки состояния поверхности древесины перед отделкой. Влажность образцов находилась в пределах 8-10%.

Подготовка образцов из первой партии осуществлялась по технологии, используемой на деревообрабатывающем заводе ОАО «ЗАБУДОВА» (описанная выше, по моделям). Образцы второй и третьей партии, после операции продольного фрезерования и шлифования, подвергались увлажнению методом окунания. Причем образцы второй партии выдерживались в воде 4 с, а третьей же выдерживались 2с, затем 2с контакт с водой отсутствовал и далее повторная выдержка в воде в течение 2с (2+2с). После сушки образцы подвергались шлифованию и далее по технологическому процессу отделки. В качестве отделочных материалов использовали воднодисперсионные грунтовку и краску GORI.

Контроль состояния поверхности производился по параметрам волнистости: высота волнистости  $Wz$  (среднее арифметическое из пяти значений, мкм); средний шаг волнистости  $Sw$  (мм). Эти параметры определялись путем обработки профилограмм, полученных при помощи профилографа-профилометра №252, снабженного приспособлением для измерения волнистости.

Из таблицы видно, что наиболее высокие показатели высоты неровностей у образцов из первой партии.

Увеличение по сравнению со шлифованной древесной поверхностью в 2 раза. В то же время у образцов из второй и третьей партий высота неровностей находится на том же уровне и даже ниже (3 партии), по сравнению со шлифованной древесиной.

Исходя из того, что качество покрытий будет определяться не только высотой, но и шагом неровностей, поэтому для его оценки был принят такой показатель, как коэффициент (отношение  $Sw$ (мкм) к  $Wz$ (мкм)). Причем качество поверхности будет лучше, чем выше коэффициент неровностей. Несложные расчеты подтверждают, что качество лакокрасочных покрытий будет выше у образцов, которые подвергались предварительному увлажнению.

Изучение и анализ вопросов формирования защитно-декоративных покрытий столярно-строительных изделий лакокрасочными материалами, позволяет сделать следующие выводы: Современный анализ производства лакокрасочных материалов в мире позволяет подметить тенденцию по увеличению и применению экологически безопасных водоразбавляемых (второе место по потреблению). Подложка из древесины сосны в силу ее своеобразного строения (наличие ранних и поздних зон) является действительно специфическим объектом отделки. И это будет сказываться на качестве защитно-декоративных покрытий на основе воднодисперсионных лакокрасочных материалов. Наиболее приемлемым способом для нанесения тиксотропных воднодисперсионных красок является метод безвоздушного распыления с воздушной поддержкой (аэрокомби). В результате взаимодействия многокомпонентных воднодисперсионных систем с таким сложным материалом, как древесина сосны со специфическим строением, после отделки образуется дефект защитно-декоративных покрытий в виде «эффекта волны». Для предупреждения возникновения «эффекта волны» на столярно-строительных изделиях предложен способ предварительного увлажнения поверхностей с последующей их шлифовкой. Для практического применения можно рекомендовать предварительное увлажнение столярно-строительных изделий по схеме 2+2.

Прохорчик С.,  
ассистент кафедры  
Технологии деревообработки  
и лакокрасочных производств