

УДК 674.07

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНОГО ПОКРЫТИЯ, ОБРАЗОВАННОГО ВОДНО-ДИСПЕРСИОННЫМ ЛАКОМ НА ДРЕВЕСИНЕ ПРИ АЭРОИОНИЗАЦИИ

Газеев М.В., Газеева Е.А., Тихонова Е.В., Ушакова В.А.

ФГБОУ ВПО Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия, (620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37), e-mail: gazeev_m@list.ru

В статье исследовано влияние аэроионизации на шероховатость поверхности защитно-декоративных покрытий, образованных водно-дисперсионным акрил-полиуретановым лаком на древесине. Рассмотрено влияние пленкообразователя и растворителя как компонентов лакокрасочного материала на древесную подложку в процессе формирования покрытия. Экспериментально подтверждено снижение шероховатости поверхности защитно-декоративного покрытия, образованного при интенсификации его отверждения аэроионизационным способом. Выполнено теоретическое обоснование процесса снижения шероховатости поверхности и рассмотрен механизм влияния аэроионизации на электрокинетические процессы, протекающие в отверждаемом слое лакокрасочного покрытия на древесине. При отверждении в тонком слое на поверхности древесины под воздействием аэроионизации свободные молекулы растворителя, входящего в состав лакокрасочного материала, имеют возможность поляризоваться и выходить из слоя на его поверхность, и лишь малая их часть взаимодействует с древесной подложкой и проникает в аморфные участки целлюлозных микрофибрилл и между микрофибриллами, вызывая незначительное увеличение шероховатости.

Ключевые слова: пленкообразование, аэроионизация, сушка лакокрасочных покрытий, древесина, шероховатость.

THE SURFACE OF PROTECTIVE-DECORATIVE COATING FORMED BY THE WATER AND DISPERSIVE VARNISH ON WOOD AT AERO IONIZATION IS RESEARCH

Gazeev M.V., Gazeeva E.A., Tihonova E.V., Ushakova V.A.

FGBEE HPE Ural state forest engineering university, Yekaterinburg, Russia, (620100, Yekaterinburg, Siberian path, 37), e-mail: gazeev_m@list.ru

In article to influence of aero ionization drying on a roughness of coverings protective-decorative coating on the wood, formed water-dispersive acryle-polyurethane varnish is researched. Influence of a film-former and solvent as components of a coating composition on a wood substrate in the course of covering formation is considered. Decrease in a roughness of a surface of a protective-decorative coating covering of the formed at an intensification drying by aero ionization is experimentally confirmed. Theoretical justification of process of decrease in a roughness of a surface is executed and the mechanism of influence of aero ionization on the electrokinetic processes proceeding in a cured layer of a varnish covering on wood is considered. At an curing in a thin layer on a wood surface as a result of aero ionization free molecules of solvent of the coating composition which was a part have opportunity to be polarized and leave a layer on its surface and only their small part interacts with a wood substrate and gets into amorphous sites of cellulose microfibrilla and between microfibrilla, causing not significant increase in a roughness.

Keywords: film-forming, air ionization, drying of coating composition, woods, roughness.

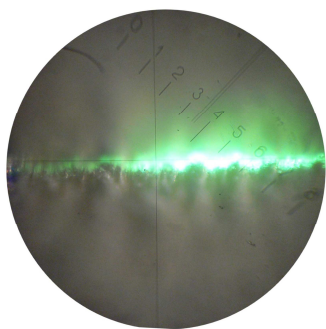


Рис.1. Вид шероховатой поверхности древесины сосны в окуляр микроскопа МИС 11

Взаимодействие лакокрасочных материалов (ЛКМ) с подложкой зависит от анатомического строения древесины, а также от физических и химических свойств. Анатомическое строение древесины приводит к тому, что независимо от плоскости среза на ее поверхности оказываются перерезанные клетки со вскрытыми внутренними полостями (рис. 1). При формировании лакокрасочных покрытий (ЛКП) происходит поглощение поверхностными слоями древесины наносимых на нее ЛКМ, в составе которых находятся

растворители, что может сопровождаться их набуханием и вызвать поднятие ворса. Поэтому для качественной отделки необходимо нанесение нескольких слоев ЛКМ с обязательной промежуточной сушкой и шлифованием ЛКП. Установлено, что каждый последующий слой более чем на 50 % перекрывает дефекты предыдущего [4].

Среди современных ЛКМ водно-дисперсионные системы являются наиболее перспективными и экологичными. Отличительной их особенностью является низкая скорость испарения воды, что приводит к более медленному нарастанию вязкости и, как следствие, к более продолжительному времени отверждения покрытий, а также вероятностью поверхностного набухания.

На кафедре механической обработки древесины Уральского государственного лесотехнического университета ведутся исследования по внедрению электроэфлювиальной аэроионизации в технологию отделки изделий из древесины. По полученным данным установлено, что способ позволяет сократить время пленкообразования лакокрасочных покрытий (ЛКП) в 1,5 ÷ 2 раза по сравнению с естественными условиями ($t 20 \pm 2$ °С, $W 65 \pm 5$ %). Проведенные исследования по оценке качества ЛКП, образованных на древесине с применением аэроионизационного метода отверждения по показателям качества (твёрдость, стойкость к удару, блеск и адгезия) в сравнении с покрытиями, отвержденными в естественных условиях, показали перевес показателей качества в сторону ЛКП, образованных при аэроионизации. Следует отметить недостаток лишь в том, что незначительно уменьшается блеск покрытия и появляется матовость [1]. Но снижение блеска наблюдается у всех покрытий, полученных с применением ускоренных способов сушки, что является доказанным фактом [4].

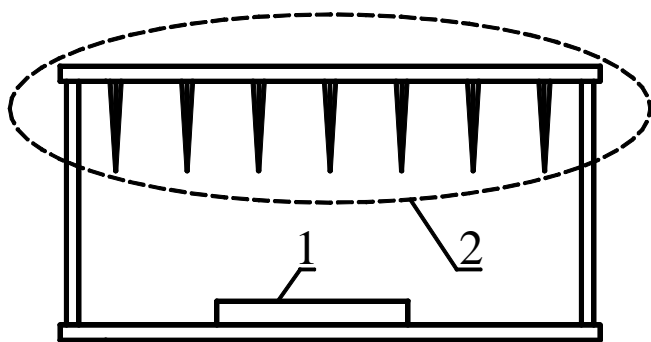


Рис. 2. Схема ЭЭАУ

1 – подложка с ЛКП; 2 – излучатель ЭЭАУ

заряда – аэроионы или активные формы кислорода (АФК), а, следовательно, и электрическое поле. В качестве источников заряженных частиц в современных устройствах применяются в основном металлические электроды и графитовые ткани [5]. Вблизи каждого электрода ЭЭАУ возникают упорядоченные потоки аэроионов вдоль силовых линий электрического поля (рис. 3).

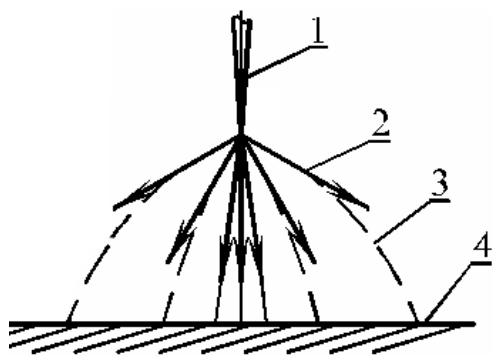


Рис. 3. Электрическое поле, создаваемое электродом ЭЭАУ

1 – электрод; 2 – линии напряженности; 3 – силовые линии; 4 – поверхность ЛКП

ворса древесины. Пленка тянет за собой ворсинки древесины, повышая ее шероховатость.

В нашем случае, рассматривая систему «подложка – ЛКП – ЭЭА», можно предположить, что ворсинки на поверхности древесины могут поляризоваться в электрическом поле аэроионизатора и ориентироваться по силовым линиям, что может привести как к повышению, так и снижению показателя шероховатости поверхности $R_{m \max}$. Ранее на кафедре была проведена оценка внешнего вида покрытий на древесине, образованных полиуретановым лаком с использованием микроскопа МЕТАМ ЛВ-44. Результаты наблюдений показали, что под действием аэроионификации покрытие приобретает микроскопические неровности как результат воздействия отрицательных аэроионов в электрическом поле ЭЭАУ, что проявляется повышением матовости ЛКП [2].

Электроэффлювиальная аэроионизация (ЭЭА) воздуха возможна при возникновении коронного разряда вблизи электродов электроэффлювиальной аэроионизационной установки (ЭЭАУ), вызывающего ионизацию молекул воздуха (рис. 2). В результате вокруг электрода возникают отрицательные и положительные носители

При формировании первого от подложки слоя ЛКП возможно увеличение шероховатости поверхности и поднятия ворса древесины. Как выше сказано, увеличение шероховатости может быть обусловлено взаимодействием древесины с компонентами ЛКМ.

В процессе формирования покрытия происходит его отверждение, которое сопровождается нарастанием усадочных напряжений в нем, что так же может вызвать поднятие

Подводя итог вышеизложенного, необходимо исследовать шероховатость древесной подложки до нанесения ЛКП и после нанесения, сравнив показатели шероховатости покрытия, отвержденного под воздействием аэроионизации с естественными условиями ($t 20 \pm 2$ °С, $W 65 \pm 5$ %).

Цель исследования – определить влияние ЭЭА на шероховатость поверхности, образованного на древесине ЛКП.

Для достижения поставленной цели провели эксперимент по исследованию шероховатости древесной подложки до нанесения ЛКП и после нанесения, сравнив показатели шероховатости покрытия, отвержденного в естественных условиях и под воздействием аэроионизации. Шероховатость поверхности определяли по ГОСТ 7016-82. Для определения шероховатости поверхности древесины использовался микроскоп МИС–11. При проведении эксперимента в качестве материала исследований использовался водно-дисперсионный акрил-полиуретановый лак фирмы «ЭмЛак Урал» г. Екатеринбург. Лакокрасочные покрытия формировались на подложках из древесины сосны. Нанесение ЛКП выполняли пневматическим распылением. Отверждение (сушка) покрытий производилось под излучателем АЭЭУ и в естественных условиях при следующих режимных параметрах: расход лака 120 г/м^2 , температура воздуха $t=20 \pm 2$ °С, влажность воздуха $W=60 \pm 5$ %. Напряжение на ЭЭАУ $U=24$ кВ. Время пленкообразования фиксировалось по ГОСТ 19007-73.

При исследовании шероховатости поверхности для получения более объективных результатов проводились три повторения опыта. Первоначально образцы подложек были обработаны шлифованием под прозрачную отделку до шероховатости $R_{\text{max}} \leq 16$ мкм. Затем на образцах формировали ЛКП. После его отверждения снимались показания шероховатости поверхности и в результате статистической обработки результатов получены диаграммы, отражающие шероховатость поверхностей (рис. 4–5).

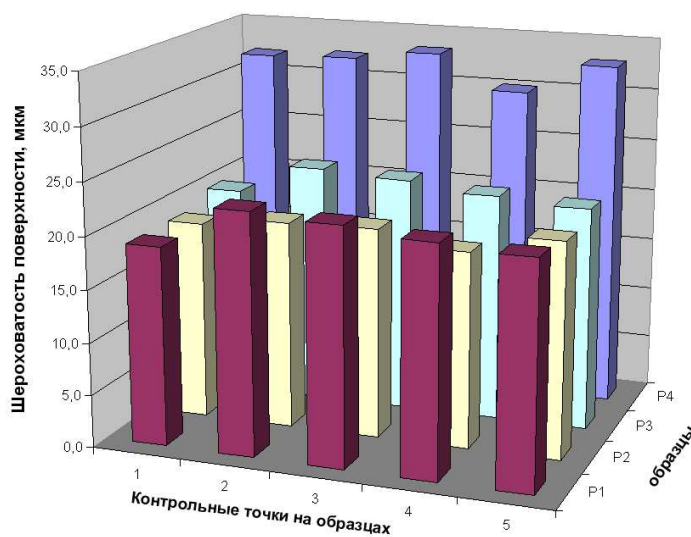


Рис. 4. Шероховатость поверхности ЛКП, образованном одним слоем лака (грунтовоч-

ный), где: P1–P3 образцы подложек с ЛКП, отвержденным под ЭЭАУ; P4 образец подложки, отвержденный в естественных условиях ($t 20 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $W 65 \pm 5 \%$)

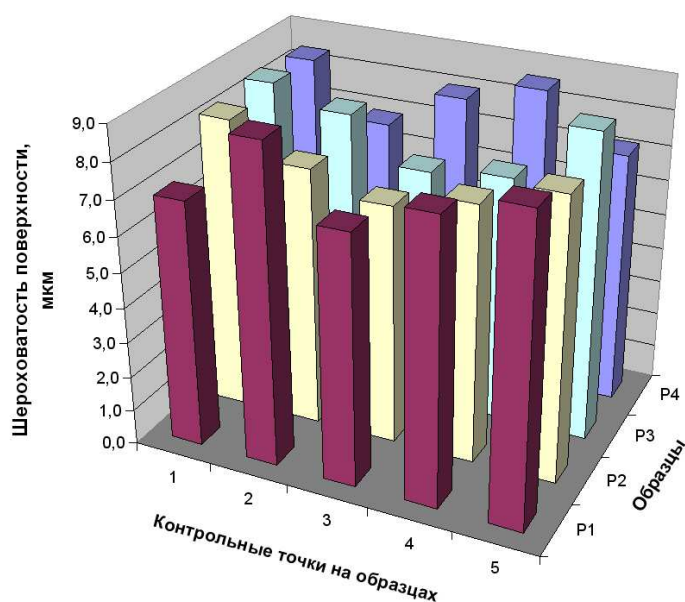


Рис. 5. Шероховатость поверхности с ЛКП, образованным двумя слоями водно-дисперсионного лака: P1-P3 образцы подложек с ЛКП, отвержденным под ЭЭАУ; P4 образец подложки, отвержденный в естественных условиях ($t 20 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $W 65 \pm 5 \%$)

Из диаграммы на рис. 4 видно, что влияние ЭЭА позволяет снизить шероховатость поверхности древесины с ЛКП, образованным одним слоем лака (загрунтованной) на $\approx 30 \%$. Из диаграммы на рис. 5 видно, что ЭЭА не оказывает значительного влияния на шероховатость поверхности последующих слоев ЛКП, образованного водно-дисперсионным лаком. Но полученная неравномерность позволяет сделать заключение, что необходимо нанесение третьего слоя ЛКМ для получения более качественного ЛКП.

По полученным данным видно, что ЭЭА оказывает влияние на шероховатость поверхности, сформированного ЛКП.

Уменьшение шероховатости поверхности в электрическом поле аэроионизатора теоретически можно объяснить увеличением скорости испарения воды за счет поляризации ее молекул и возможным их взаимодействием с АФК. Поляризация диэлектрика с полярными молекулами растворителя, которым является вода, состоит в повороте осей жестких диполей вдоль направления вектора напряженности поля. Таким образом, молекулы поворачиваются положительной частью диполя к электронам поля, и происходит движение молекул в сторону увеличения напряженности поля. Молекулы растворителя перемещаются к поверхности слоя ЛКП, а молекулы пленкообразователя, наоборот, притягиваются к подложке. Такое перемещение обеспечивает меньшее время контакта с поверхностью древесины и, как следствие, меньшее набухание.

Применяемый для формирования покрытия ЛКМ представляет собой дисперсную систему, в которой на границе раздела фаз древесина и ЛКМ образуется двойной электрический слой (ДЭС), имеющий диффузное строение (рис. 6). В дисперсных системах образование ДЭС происходит самопроизвольно, как следствие стремления гетерогенной системы к уменьшению поверхностной энергии, что вызывает определенное ориентирование полярных молекул, ионов и электронов в поверхностном слое, вследствие чего соприкасающиеся фазы приобретают заряды противоположного знака, но равной величины (т.е. за счет притяжения полярных групп молекул пленкообразователя и растворителя). Таким образом, на поверхности древесины формируется потенциалообразующий слой ионов, который влияет на ионы, находящиеся в жидкости. К твердой поверхности из жидкой среды притягиваются ионы, знак которых противоположен знаку потенциалообразующего слоя. Их называют противоионами.

Согласно теории Штерна [6], противоионы находятся в двух положениях: одна их часть образует адсорбционный слой, а другая находится в диффузном слое. Противоионы диффузного слоя не закреплены. В результате теплового движения молекул среды и взаимного отталкивания они способны перемещаться в пределах слоя внутрь жидкости, т.е. в область меньшей концентрации.

При наложении внешнего электрического поля, формируемого ЭЭАУ, происходит разрыв ДЭС по плоскости скольжения А-А (рис. 6). В результате дисперсионная среда и дисперсная фаза оказываются противоположно заряженными. На плоскости скольжения возникает электрокинетический потенциал или ζ дзета – потенциал, который, отражая свойства двойного электрического поля, характеризует природу фаз и межфазного взаимодействия. Согласно правилу Кёна [6], из двух соприкасающихся фаз дисперсной системы положительно заряжается та, которая имеет большую диэлектрическую проницаемость. Вода обладает высокой диэлектрической проницаемостью, т.е. под воздействием внешнего электрического поля заряжается отрицательно. В результате относительного перемещения фаз возникает дзета-потенциал, что приводит к более быстрому удалению молекул растворителя с поверхности дисперсной системы (покрытия) [1]. ДЭС, согласно теории Штерна, состоит из двух частей [3]. Одна из них примыкает непосредственно к межфазной поверхности и образует адсорбционный слой, другая находится в диффузном слое.

Частицу дисперсной фазы с ДЭС называют мицеллой (рис. 7). Внутреннюю ее часть составляет молекула пленкообразователя, которую плотным кольцом окружают молекулы растворителя.

Электрическое поле ЭЭАУ воздействует на покрытие и вызывает относительное перемещение фаз ЛКМ. Происходит разрыв ДЭС по плоскости скольжения, которая проходит по диффузному слою.

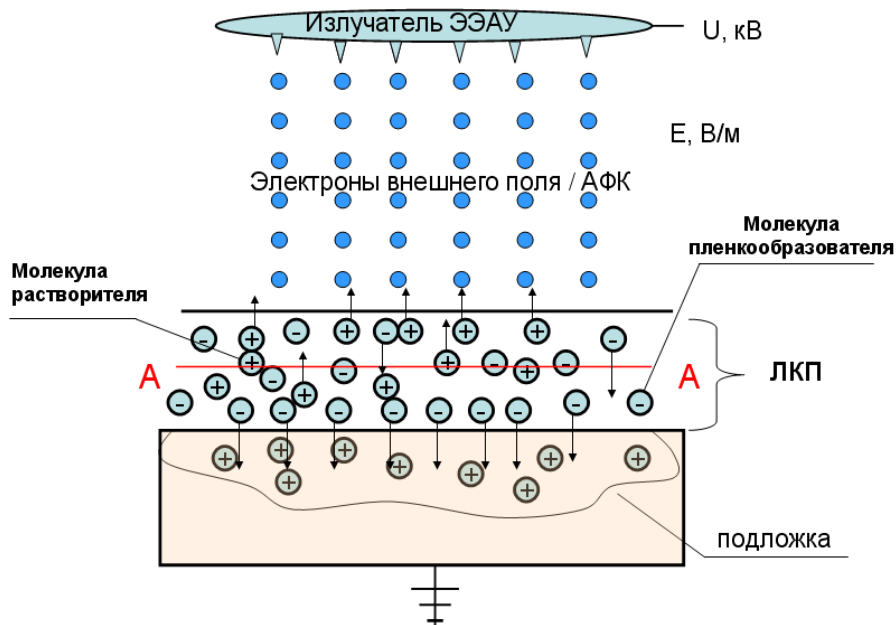


Рис. 6. Строение ДЭС на границе электрическое поле – ЛКМ – древесина:
A-A плоскость скольжения ДЭС

При этом молекулы растворителя, расположенные в адсорбционном слое, не отделяются от молекулы пленкообразователя. В результате дисперсная фаза и дисперсионная среда оказываются противоположно заряженными. На плоскости скольжения возникает электрокинетический потенциал (ЭКП), величина которого зависит от природы соприкасающихся фаз и определяет скорость их относительного движения. Математическую зависимость ЭКП от напряженности электрического поля можно представить в виде уравнения Геймгольца – Смолуховского [6], из которого видно, что напряженность поля и ЭКП связаны обратно пропорциональной зависимостью:

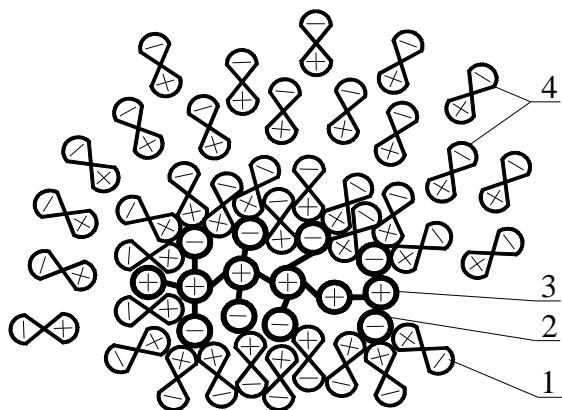


Рис. 7. Строение мицеллы, образованной молекулами ВД ЛКМ

1 – молекулы воды в адсорбционном слое; 2 – отрицательные молекулярные группы полимера; 3 – положительные молекулярные группы полимера; 4 – молекулы воды в диффузном слое

$$\zeta = \frac{\eta u_0}{\varepsilon \varepsilon_0 E}$$

где ζ – электрокинетический потенциал;

ал;

η – коэффициент трения;

u_0 – постоянная линейная скорость дисперсной среды;

ε_0 – электрическая постоянная, Ф/м;

ε – относительная диэлектрическая проницаемость среды;

E – напряженность электрического поля, кВ/м.

Таким образом, при воздействии отрицательно заряженных АФК в электрическом поле ЭЭАУ свободные молекулы воды имеют возможность поляризоваться и выходить из покрытия на его поверхность. Такое перемещение дисперсной среды под действием электрического поля, в результате которого жидкость выходит из слоя покрытия, и оно становится более плотным, называют электроосмосом. (В настоящее время электроосмос используется для обезвоживания древесины и других пористых материалов: строительных, грунта, сырья для пищевой промышленности и т.д.) При повышении напряженности электрического поля, пропорционально которой увеличивается концентрация АФК, скорость протекания процесса возрастает, хотя величина ЭКП согласно выражению Геймгольца – Смолуховского снижается. Вероятно, это объясняется химическим взаимодействием молекул воды с АФК.

Снижение шероховатости поверхности покрытия объясняется тем, что разбавитель, входящий в ЛКМ, выходит на поверхность и лишь его малая часть взаимодействует с древесной подложкой и проникает в аморфные участки целлюлозных микрофибрилл и между микрофибриллами, вызывая незначительное увеличение шероховатости.

По результатам исследований можно сделать вывод о том, что аэроионификация является перспективным способом для интенсификации отверждения ЛКП, образованных водными ЛКМ. Способ позволяет не только ускорить процесс отверждения ЛКП, но и уменьшить взаимодействие растворителя, входящего в состав ЛКМ на древесную подложку, и, как следствие, уменьшить шероховатость поверхности. Необходимо проведение дальнейших исследований для определения влияния аэроионизации на процесс отверждения ЛКП на древесине.

Список литературы

1. Газеев М.В. Аэроионизационный способ отверждения лакокрасочных покрытий, образованных водными лаками / М.В. Газеев, И.В. Жданова, А.В. Старцев // *Деревообрабатывающая промышленность*. – 2007. – № 6. – С.19-21.
2. Газеев М.В. Исследование процесса пленкообразования полиуретановых лакокрасочных покрытий на древесине при аэроионификации / М.В. Газеев, Е.В. Тихонова // *Известия высших учебных заведений «Лесной журнал»* № 5. Материалы, посвященные 80-летию УГЛТУ. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2010. – С. 97-101.
3. Зимон А.Д. Коллоидная химия: Учебник для вузов / А.Д. Зимон, Н.Ф. Лещенко. – М.: АГАР, 2001. – 320 с.
4. Рыбин Б.М. Технология и оборудование защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов: Учебник для вузов / Б.М. Рыбин. – М.: МГУЛ, 2003. – 568 с.
5. Скипетров В.П. Феномен живого воздуха: Монография / В.П. Скипетров, Н.Н. Беспалов, А.В. Зорькина. – Саранск: СВМО, 2003. – 93 с.
6. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы: Учебник для вузов / Ю.Г. Фролов. – 3-е изд. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2004. – 464 с.

Рецензенты:

Уласовец В.Г., д.т.н., профессор по кафедре механической обработки древесины, профессор кафедры механической обработки древесины ФГБОУ ВПО Уральского государственного лесотехнического университета, г. Екатеринбург.

Герц Э.Ф., д.т.н., профессор по кафедре технологии и оборудования лесопромышленного производства, директор Института лесопромышленного бизнеса и дорожного строительства, г. Екатеринбург.