Academia. Архитектура и строительство, № 3, стр. 121–128.
Academia. Architecture and Construction, no. 3, pp. 121–128.

Исследования и теория
Научная статья
УДК 721.001
DOI: 10.22337/2077-9038-2026-3-121-128

Фотополимерные лаковые системы для композитов на основе древесины

Ильина Виктория Валентиновна (Санкт-Петербург, Белгород). Кандидат технических наук, доцент. Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения; Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Эл. почта: Ilina-victory@yandex.ru

Строкова Валерия Валерьевна (Белгород). Доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РААСН. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Эл. почта: vvstrokova@gmail.com

Бабкина Любовь Анатольевна (Санкт-Петербург). Кандидат технических наук, доцент. «S&H Technology» («С ЭНД ЭЙЧ ТЕХНОЛОДЖИ»), Санкт-Петербург. Эл. почта: lababkina@rambler.ru

Степина Ирина Васильевна (Москва, Белгород). Кандидат технических наук, доцент. Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет; Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Эл. почта: sudeykina@mail.ru

Аннотация. Технология UV-отверждения (вариант LED-отверждения) позволяет формировать готовое твёрдое защитно-декоративное лаковое покрытие толщиной до 50-70 мкм в течение 5-30 с и использовать готовое многослойное покрытие (грунт + финишный лаковый слой) через 2 мин.

Технология покрытия древесной или древесно-композитной поверхности (фанера, ДВП, ДСП) предполагает, что сначала поверхность покрывается UV-грунтом (для среднетвёрдых пористых древесных пород рекомендуется двухслойное грунтование с меньшей толщиной второго слоя, нанесение композиции ~15 гр/м^2). Отверждение одного слоя составляет 10-15 с, процесс можно осуществлять на производственной лини. Завершает процесс нанесение финишного UV-лака (нанесение композиции 8-10 гр/м^2), отверждающегося 5-7 с. Весь процесс формирования твёрдого защитно-декоративного слоя составляет ~40 с, после которого материал можно штабелировать и упаковывать, либо раскраивать под заказанные профили. Свойства покрытий определяют рецептуры композиций UV-грунта и UV-лака.

В рецептуре UV-грунта предусмотрено использование олигомерной смеси: введение тетрафункционального полиэфиракрилата в соотношение 1:1 к эпоксиакриловому олигомеру; рецептура UV-лака предусматривает использование только эпоксиакрилового олигомера. Использованы фотоинициирующие смеси дифенил(2,4,6-триметилбензоил)фосфиноксида с 2-гидрокси-2-метилпропиофеноном и дифенил(2,4,6-триметилбензоил)фосфиноксида с гидроксициклогексилфенилкетоном – в зависимости от слоя покрытия. Смеси активного разбавителя включали гидроксиэтилметакрилат с трипропиленгликольдиакрилатом (для UV-грунта) и 1,6-гександиолдиакрилат (для UV-лака).

Технология двухслойного UV-отверждаемого покрытия «UV-грунт + UV-лак» позволяет обрабатывать поверхность фанеры (возможные варианты: ДВП/ДСП) для придания ей защитно-декоративных свойств. Материал полностью готов к штабелированию, упаковке или необходимому раскрою (при изготовлении элементов интерьерных деталей/мебели) непосредственно после нанесения и отверждения финишного лакового слоя (в течение 1-2 мин). Это существенная экономия времени и производственных затрат.

Ключевые слова: UV-отверждение, защитно-декоративное покрытие, фанера, древесные композиты, UV-грунт, UV-лак, эпоксиакрилатные олигомеры, фотоинициаторы, быстрое отверждение

Финансирование. Работа выполнена в рамках реализации государственного задания Минобрнауки России № FZWN-2026-0005 с использованием оборудования Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

© Ильина В.В., Строкова В.В., Бабкина Л.А., Степина И.В., 2026.

Для цитирования. Ильина В.В., Строкова В.В., Бабкина Л.А., Степина И.В. Фотополимерные лаковые системы для композитов на основе древесины // Academia. Архитектура и строительство. 2026. № 3. С. 121–128. DOI: 10.22337/2077-9038-2026-3-121-128.

Photopolymer Varnish Systems for Wood-Based Composites

Il'ina Victoria Valentinovna (St. Petersburg, Belgorod). Candidate of Sciences in Technology, Docent. Saint Petersburg State Institute of Film and Television; Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. E-mail: Ilina-victory@yandex.ru

Strokova Valeria Valeryevna (Belgorod). Doctor of Sciences in Technology, Professor, Corresponding Member of RAACS. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. E-mail: vvstrokova@gmail.com

Babkina Lyubov Anatolyevna (St. Petersburg). Candidate of Sciences in Technology, Docent. S&H Technology St. Petersburg. E-mail: lababkina@rambler.ru

Stepina Irina Vasilyevna (Moscow, Belgorod). Candidate of Sciences in Technology, Docent. National Research Moscow State University of Civil Engineering; Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. E-mail: sudeykina@mail.ru

Abstract. UV-curing technology (LED-curing option) allows to form a ready solid protective and decorative varnish coating up to 50-70 microns thick within 5-30 s, and to implement a ready multi-layer coating (primer + finishing varnish layer) within ~ up to 2-3 min.

The technology of coating a wood or wood-composite surface (plywood, fiberboard, chipboard) assumes that the surface is first coated with a UV-primer (for medium-hard porous wood species, a two-layer priming is recommended, with a smaller thickness of the second layer, application of the composition ~ 15 g / m2). Curing of one layer is 10-15 s, the process can be carried out on the production line. The process is completed by applying a finishing UV varnish (application of the composition 8-10 g / m2), curing 5-7 s. The entire process of forming a solid protective and decorative layer is ~ 40 s, after which the material can be stacked and packed, or cut to order profiles. The properties of the coating are determined by the formulations of the UV-primer and UV-varnish compositions.

The UV-primer formulation provides for the use of an oligomer mixture: the introduction of tetrafunctional polyether acrylate in a 1:1 ratio to epoxy acrylic oligomer; the UV-varnish formulation provides for the use of only epoxy acrylic oligomer. Photoinitiating mixtures of diphenyl (2,4,6-trimethylbenzoyl) phosphine oxide with 2-hydroxy-2-methylpropiophenone and diphenyl (2,4,6-trimethylbenzoyl) phosphine oxide with hydroxycyclohexyl phenyl ketone were used, depending on the coating layer. Active diluent mixtures included hydroxyethyl methacrylate with tripropylene glycol diacrylate (for the UV- primer) and 1,6-hexanediol diacrylate (for the UV-varnish).

The technology of two-layer UV-curable coating «UV-primer + UV- varnish» allows you to treat the surface of plywood (possible options: fiberboard / chipboard) to give it protective and decorative properties. The material is completely ready for stacking, packaging or the necessary cutting (in the manufacture of interior parts / furniture elements) immediately after the application and curing of the finishing lacquer layer (within 1-2 minutes). This is a significant saving of time and production costs.

Keywords. UV-curing, protective and decorative coating, plywood, wood composites, UV primer, UV varnish, epoxy acrylate oligomers, photoinitiators, fast Curing

Funding. The work was realized within the framework of the implementation of the state task of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. FZWN-2026-0005 using equipment of High Technology Center at BSTU named after V.G. Shukhov.

For citation. Il'ina V.V., Strokova V.V., Babkina L.A., Stepina I.V. Photopolymer Varnish Systems for Wood-Based Composites. In: *Academia. Architecture and Construction*, 2026, no. 3, pp. 121–128, doi: 10.22337/2077-9038-2026-3-121-128.

Введение

Использование лакокрасочных материалов (ЛКМ) – известный способ получения покрытий на поверхностях с целью декорирования и/или защиты от различных агрессивных воздействий природного и антропогенного происхождения. Безусловно, в зависимости от назначения объекта превалирующей целью может быть либо декоративная, либо защитная роль лакокрасочных покрытий, и редко максимальная эф-

фективность достижима по сумме параметров. Однако есть редкие исключения, когда защитно-декоративное покрытие может характеризоваться совокупностью высоких эксплуатационных характеристик при положительном балансе цена/качество в сторону качества. К таким ЛКМ относятся фотополимерные лаки и эмали, отверждаемые в режиме реального времени [1–5].

Фотополимерные системы [в том числе жидкие фотополимерные лаковые материалы (ЖФМ)] известны и применяемы во многих сферах деятельности человека, и применимость их расширяется за счёт возможностей их наполнения функциональными добавками, пусть и несколько ограниченных в силу физикохимии процесса инициируемой полимеризации. В частности, возможно наполнение таких систем антикоррозионными добавками (технический углерод, оксиды металлов), УФ-абсорберами, пигментами (наноразмерный уровень твёрдых частиц), антибактериальными добавками и другим функционалом, в том числе нано- и микроразмерного уровня, вводимых в жидкой и твёрдой фазе. Возможно также получение армированных фотополимерных систем быстрого отверждения для проведения оперативного ремонта (препреги, с углетканью, стекловолокном) [6–9].

Функциональность таких материалов определяется составом их рецептур, а скорость получения готового покрытия – выбором сополимеризующихся агентов и эффективностью фотоинициирования реакции полимеризации в слое. Существуют ЖФМ для получения покрытий (по металлу, дереву, стеклу, пластику) в режиме реального времени поточного производства: защитные покрытия трубного проката, маркирующие покрытия оптического волокна, защитно-декоративные покрытия паркетной доски и др. [10–12]. В настоящее время в России существуют технологии для производства отечественной сырьевой базы (основных плёнкообразователей) для ЖФМ [3; 13].

Фотополимеризация – это реакция полимеризации, при которой источник света обеспечивает энергией реагирующие вещества для формирования активных видов и далее следует обычному процессу полимеризации. Этот метод полимеризации в последнее время привлёк интерес из-за его высокой скорости выдержки, более низкого потребления энергии, низкого количества летучих органических компонентов и относительно низкой стоимости [14]. Фотополимеры могут обладать хромофорами, обеспечивающими их внутреннюю фоточувствительность. В качестве альтернативы могут быть добавлены другие светочувствительные молекулы, которые прямо или косвенно взаимодействуют с фотополимером при воздействии света, чтобы изменить желаемое свойство [15]. Перекрёстная связь лакокрасочных слоёв, выдержанных классическими УФ-лампами, вероятно, обусловлена наличием в их спектре высокоэнергетических коротких волн, что более эффективно вызывает образование радикалов [16].

В работе [17] подробно апробирован новый метод синтеза эпоксидно-акриловых смол путём фотополимеризации свободных радикалов. Изучено влияние метакриловых мономеров [метилметакрилат, метакрилат этила, бутиметакрилат, лавриметакрилат, (2-акцетоацетоксио)метакрилата] и виниловых мономеров (N-винилпирролидон и стирол) на процесс фотополимеризации свободных радикалов основных мономеров.

Поиск экологически чистых покрытий становится всё более актуальным в последние годы. Чтобы отказаться от использования летучих органических соединений, надо обратить внимание на отверждение под действием ультрафиолетового света, особенно в связи с недавними достижениями в области светоизлучающих диодов (LED), где одним из важнейших компонентов является фотоинициатор. Поскольку УФ-LED-отверждение имеет более узкий спектр длины волны, чем обычное УФ-отверждение, выбор фотоинициатора имеет решающее значение. В исследовании [18] изучалось влияние шести типов фотоинициаторов на отверждение лаков на основе полиэфиракрилата. Были исследованы оптические, термические, механические, динамические механические и морфологические свойства этих лаков после отверждения. Все лаки отверждались полностью, причём смолы, отверждённые с помощью LED 1711 и оксида дифенил(ацил)фосфина, показали наименьшее последующее фото-пожелтение. Для всех образцов были достигнуты удовлетворительные механические и динамические механические свойства.

Авторы [19] разработали высокоэффективный лак УФ-отверждения, совместимого с различными подложками. Методом радикальной полимеризации были синтезированы пять фотополимеров: полиметилметакрилат (ПММА), поли(метилметакрилат-ран-акриловая кислота) [П(ММА-ран-АК)], поли(метилметакрилат-ран-глицидилметакрилат-ран-стирол) [П(ММА-ран-ГМА-ран-Ст)], поли(метилметакрилат-ран-бутилакрилат-ран-глицидилметакрилат) [П(ММА-ран-БА-ран-ГМА)] и поли(бутилакрилат-ран-акриловая кислота-ран-глицидилметакрилат-ран-стирол) [П(БА-ран-АК-ран-ГМА-ран-Ст)]. Исследована плёнкообразующая способность форполимеров на 13-ти подложках, таких как стекло, мелованная бумага, полиэтилен, полиэтиленгликольтерефталат и полиэтилен низкой плотности. На основе полученных результатов были отобраны два фотополимера с наилучшими плёнкообразующими свойствами и объединены с пятью различными разбавителями и двумя типами фотоинициаторов для получения нескольких составов УФ-отверждаемых лаков. Изучено влияние типов фотополимера, типов и содержания фотоинициатора, типов разбавителя и соотношения фотополимера к разбавителю на скорость фотоотверждения УФ-лака. Структуры форполимеров были охарактеризованы с помощью инфракрасной Фурье-спектрометрии. Экспериментальные результаты показывают, что ПММА и П(ММА-ран-ГМА-ран-Ст) обладают лучшей плёнкообразующей способностью на 13-ти подложках.

Новый тип жидкого связующего для УФ-отверждаемых лаков был получен с помощью безрастворительного процесса

УФ-инициируемой теломеризации бутилакрилата, акриловой кислоты и стирола с использованием тетрабромметана (ТБМ) в качестве телогена и оксида ацилфосфина (ОАФ) в качестве радикального фотоинициатора [20]. Многофункциональный мономер (пентаэритритолтриакрилат; ПЭТИА) и радикальный УФ-фотоинициатор (α-гидроксиалкилфенон) были протестированы в качестве компонентов конечных лаковых композиций. Было исследовано влияние ТБМ, ОАФ и ПЭТИА на оптические и механические свойства покрытий. Относительно наиболее высокие значения твёрдости, адгезии к стеклянной подложке и блеска были обнаружены для лака на основе теломерного сиропа, содержащего 5 масс. частей ТБМ и 0,5 масс. части ОАФ (на 100 масс. частей смеси мономеров). Кроме того, добавление ПЭТИА улучшило твёрдость, адгезию, устойчивость к царапанию, а также водо- и химическую стойкость покрытий.

Технология UV-отверждения (вариант LED-отверждения) позволяет формировать готовое твёрдое защитно-декоративное лаковое покрытие толщиной до 50-70 мкм в течение 5-30 с, и реализовывать готовое многослойное покрытие (грунт+финишный лаковый слой) в течение ~ до 2-3 мин.

Таким образом, актуальность исследования обусловлена необходимостью создания высокоэффективных защитно-декоративных покрытий для древесных композитов (фанера, ДВП, ДСП), способных обеспечить высокую скорость обработки при сохранении качества. Технология UV-отверждения позволяет формировать готовое многослойное покрытие в течение 1-2 минут, что кардинально сокращает производственный цикл по сравнению с традиционными методами. Двухслойная система «UV-грунт + UV-лак» с использованием специализированных олигомерных смесей (тетрафункциональный полиэфиракрилат, эпоксиакрилат) и комбинаций фотоинициаторов обеспечивает высокую скорость отверждения (5-15 с на слой) и позволяет сразу после обработки штабелировать или раскраивать материал. В условиях развития отечественной сырьевой базы исследование и оптимизация рецептур таких систем является ключевым фактором для повышения конкурентоспособности производства мебели и интерьерных деталей.

Цель исследования – разработка и оптимизация рецептур двухслойных фотополимерных систем «UV-грунт + UV-лак» для формирования защитно-декоративных покрытий на композитах на основе древесины (фанера, ДВП, ДСП), обеспечивающих высокую скорость технологического цикла (до 2 мин.) и требуемый комплекс эксплуатационных свойств.

Для реализации поставленной цели необходимо было решить следующие задачи.

1. Анализ и выбор компонентов для рецептур:

– обосновать выбор олигомерных основ: для UV-грунта – смеси тетрафункционального полиэфиракрилата и эпоксиакрилового олигомера (в соотношении 1:1); для UV-лака – эпоксиакрилового олигомера;

– исследовать эффективность фотоинициирующих смесей: дифенил(2,4,6-триметилбензоил)фосфиноксида с 2-гидрокси-2-метилпропио-феноном и с гидроксициклогексилфенилкетоном для различных слоёв покрытия;

– подобрать составы активных разбавителей: гидроксиэтилметакрилат с трипропиленгликольдиакрилатом (для грунта) и 1,6-гександиолдиакрилат (для лака).

2. Оптимизация технологических параметров нанесения:

– определить оптимальные нормы расхода композиций: для грунтовочных слоев (~15 г/м^2 с возможностью двухслойного нанесения на пористые породы) и для финишного лакового слоя (8-10 г/м^2);

– установить режимы отверждения (источник излучения, время экспозиции) для каждого слоя: грунт (10-15 с), финишный лак (5-7 с), обеспечивающие полное отверждение и высокую адгезию.

3. Исследование свойств сформированных покрытий:

– оценить защитно-декоративные характеристики (твёрдость, адгезию, стойкость к истиранию, внешний вид) двухслойных покрытий на различных подложках (фанера, ДВП, ДСП);

– изучить влияние рецептурных факторов на скорость формирования покрытия и его способность к последующей механической обработке (раскрой, профилирование).

4. Оценка экономической эффективности:

– проанализировать сокращение времени производственного цикла (до 1-2 мин на готовое изделие) и возможность немедленного штабелирования/упаковки как факторов снижения производственных затрат.

Разработка рецептуры ЖФМ опирается преимущественно на ряд универсальных рекомендаций к составлению, которые учитывают теорию прохождения полимеризационного процесса в тонком слое, а также вклад каждого ингредиента рецептуры в формирование свойств предполагаемых покрытий. Поскольку разрабатываемые ЖФМ предусмотрены для технологии UV-отверждения (вариант LED-отверждения), то особенное значение придаётся подбору активатора процесса: фотоинициииатора или фотоинициирующей смеси. Традиционно промышленные технологии UV-отверждения используют ртутные излучатели высокого давления, эмитирующие максимум в диапазоне 260–450 нм. Светодиодные технологии (LED-технологии) используют более узкий диапазон излучения в диапазоне 390–410 нм, и процесс инициирования реакции вынужденно требует смеси синергирующих фотоинициаторов, расщепляющихся на активные центры и запускающих непосредственно процесс полимеризации олигомерно-мономерной смеси пленкообразователей. Завершает разработку рецептуры добавление технологических добавок, обеспечивающих процесс смешения и нанесения композиции на поверхность, на долю которых обычно приходится до 5-10 мас.% (пеногасители, растекатели, смачиватели).

В таблице 1 приведён состав ЖФМ для двухслойного покрытия (грунт+лак) по отделочному древесному материалу (фанерный лист) технологией UV-отверждения.

Таблица 1. Примерные рецептурные составы UV-грунта и UV-лака

№	Наименование	Количество, мас.%	
		УФ-грунт	УФ-лак
1	Олигомеры	Тетрафункциональный полиэфиракрилат/ Бисфенол Аэпоксиакрилат 200/200	Бисфенол А эпоксиакрилат 400
2	Мономеры	Гидроксиэтилметакрилат / Трипропиленгликольдиакрилат 100 /250	Гидроксиэтилметакрилат/ 1,6-гександиолдиакрилат 150/250
3	Фотоинициаторы	Дифенил (2,4,6- триметилбензоил) фосфиноксид / 2-гидрокси-2-метилпропиофенон 25/25	Дифенил (2,4,6- триметилбензоил) фосфиноксид/ 1-гидроксициклогексилфенил кетон 25/35
4	Функциональные добавки	Матирующий агент / Микромрамор КМ5 150/ 50	Диоксид кремния / Микромрамор КМ5 70/70
5	Технологические добавки	Поверхностно-активный сополимер силикона и гликоля 5	Поверхностно-активный сополимер силикона и гликоля 10

Объектом исследования стали рецептуры на основе акриловых олигомеров (эпоксиакрилат и смесь эпоксиакрилата с полиэфиракрилатом), выбор которых определялся их характеристиками (вязкость, молекулярная масса, способность к полимеризации, определяемой по количеству ненасыщенных связей в молекуле олигомера), а также характеристики готовых покрытий, получаемых из композиций на основе данных олигомеров (рис. 1).

В качестве инициирующей смеси использовали инициаторы, работающие по схеме гомолитического расщепления связей с образованием активного радикала. Использовали: 2,4,6-триметилбензоилдифенилфосфиноксид (в UV-области пики поглощения в метаноле приходятся на 262, 302 и 393 нм), 1-гидроксициклогексилфенилкетон (в UV-области пики поглощения в метаноле – 246, 280 и 333 нм). Для более наполненной композиции грунтового покрытия использовали 2-гидрокси-2-метилпропиофенон (в UV-области пики поглощения в метаноле – 244, 280 и 330 нм с максимум поглощения на длине волны 244 нм), который также хорошо обеспечивает

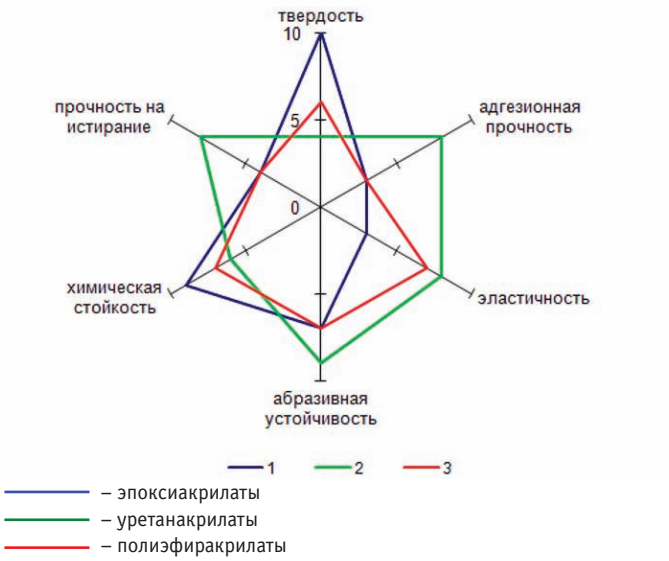


Рис. 1[1]. Параметры покрытий из ЖФМ на основе олигомеров различной химической природы

поверхностное отверждение. При подборе составов инициирующей смеси учтено, что 1-гидроксициклогексилфенилкетон менее чувствителен к ингибированию воздухом в процессе UV-отверждения, он использован в композициях для поверхностного лакового покрытия. Оба инициатора дают минимальное пожелтение при отверждении слоя, не ухудшая декоративность покрытия.

Лабораторные образцы композиции готовили в скоростном диссольвере SB 401/1, контролируемыми технологическими параметрами были температура процесса, время смешивания и динамическая вязкость композиции по Брукфильду (Brookfield RVDV-E, 23 °C). Лабораторные образцы покрытий получали аппликацией композиций металлическим ракелем с отверждением на установке ОРК-21М1 с ртутной лампой ДРТ-400; контролируемыми параметрами являлись интенсивность излучения, которую регистрировали УФ-фотометром UV Power Puck II в областях (UV-A, UV-B, UV-C, UV-V), и время отверждения. Реакционную способность композиции определяли по показателю твёрдости покрытия по ТМЛ-2124, метод А. Адгезионную прочность покрытия к подложке определяли методом отрыва по ГОСТ 32299-2013[2]. Предварительная подготовка поверхности (фанеры) перед нанесением слоев покрытия включала три этапа шлифовки: 120/150/180 (зернистость шлифовальной ленты) и обеспыливание методом обдува.

Древесина – природный материал, имеющий слоисто-волокнистую структуру и высокую пористость – от 30 до 80%, что и определяет её удельную внутреннюю поверхность и уровень максимальной сорбции, зависящий от способности древесины сорбировать воду и водяные пары из окружающей среды. Производимые из неё материалы (ДСП, ДВП) хоть и в меньшей степени, но также сохраняют эту особенность анизотропности строения. Обоснована актуальность закрытия поверхности защитным покрытием, обеспечивающим снижение паропроницаемости. Кроме того, актуально повышение защитных свойств поверхности и её твёрдости, придание ей

[1] Статья проиллюстрирована авторскими схемами.

[2] ГОСТ 32299-2013 «Материалы лакокрасочные. Определение адгезии методом отрыва (https://docs.cntd.ru/document/1200105890).

стойкости на истирание (актуально для паркетной доски). Двухслойное покрытие из нижнего, более эластичного, и верхнего, более твёрдого и прочного, слоёв обеспечит комплекс свойств покрытия и его большую долговечность.

Технология предполагает, что сначала поверхность покрывается UV-грунтом (для среднетвёрдых пористых древесных пород рекомендуется двухслойное грунтование, с меньшей толщиной второго слоя, нанос композиции ~15 гр/м^2). Поскольку отверждение слоя составляет 10-15 с, процесс можно осуществлять при скорости производственной линии до 20-25 м/мин. И завершает процесс нанесение финишного UV-лака (нанесение композиции 8-10 гр/м2), отверждаемого ртутными UV-лампами за 5-7 с. Весь процесс покрытия древесного материала и формирования твёрдого защитного слоя составляет ~40 с, после которого материал

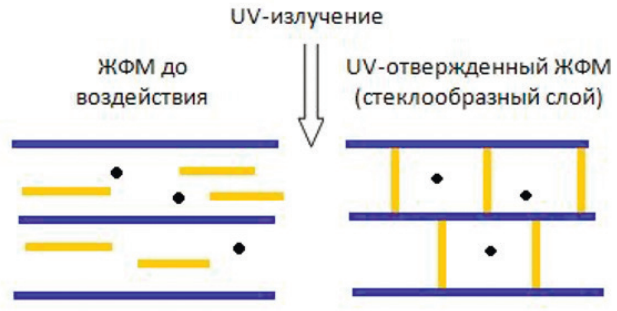


Рис. 2. Схема получения твёрдого UV-отверждённого покрытия из жидкого фотополимерного материала (ЖФМ) за счёт образования сшитой полимерной матрицы из молекул плёнкообразователей с ненасыщенными углерод-углеродными связями

Таблица 2. Технические характеристики UV-отверждённого покрытия и композиции его получения

Наименование показателя	UV-грунтовочное покрытие	UV-лаковое покрытие
Внешний вид пленки	плёнка с ровной однородной поверхностью	плёнка с ровной однородной поверхностью
Твёрдость плёнки по ТМЛ-2124 метод А, у.е., не менее	0,27	0,45
Адгезия к поверхности, балл	1	1
Время отверждения, при толщине покрытия 30 мкм, с не более (ртутная лампа высокого давления с интенсивностью излучения мВт/см^2: НА= 43-62; НВ= 40-52; НС=6-9,2; HV= 33-45)	10	5
Характеристика жидкого фотополимерного материала покрытия		
Динамическая вязкость при 23°С, Brookfield RVDV-E, (30 rpm, 3 шп.), мПа·с	780	590

можно штабелировать и упаковывать, либо раскраивать под заказанные профили.

Рецептуры композиций UV-грунта и UV-лака (см. табл. 1) определяют свойства покрытий: для нижнего грунтового покрытия важно обеспечение хорошей адгезии к поверхности и к верхнему финишному покрытию, для тонких слоёв покрываемого материала (тонкие облицовочные панели) важна также эластичность покрытия, для этого в рецептуре UV-грунта предусмотрено введение тетрафункционального полиэфиракрилата в соотношение 1:1 к эпоксиакриловому олигомеру.

В случае с древесиной не стоит забывать и о возможной хемосорбции ЖФМ с гидроксильными группами целлюлозного звена – для этого в рецептуру введён мономер трипропиленгликольдиакрилат. Прочность сцепления грунтового покрытия увеличена и за счёт введённого функционала – микроразмерной твердодисперсной добавки микрокальцита (КМ5, фракция 5 мкм), в количестве, не существенно ослабляющем световой поток инициирующего излучения в объеме слоя (рис. 2).

В таблице 2 приведены технические характеристики слоёв покрытий, полученных в виде свободных плёнок (однослойные покрытия).

Заключение

• Рассмотренная технология двухслойной обработки («UV-грунт + UV-лак») представляет собой эффективный метод нанесения защитно-декоративного покрытия на листовые материалы (фанеру, ДВП, ДСП).

• Главным достоинством процесса является высокая скорость обработки. Материал приобретает конечные свойства и готов к дальнейшим операциям (штабелированию, упаковке, раскрою) практически сразу после нанесения финишного слоя — в течение 1-2 минут после отверждения. Это обеспечивает значительную экономию времени и снижение производственных затрат.

• Декоративные возможности:

– позволяет сохранить и подчеркнуть естественную текстуру древесного материала (при использовании прозрачных составов);

– даёт возможность получать обширную гамму цветовых решений и эффектов (при применении пигментированных или матированных составов).

Список источников / References

1. *Кондрашов, Э.К.* УФ-квантовые технологии формирования защитно-декоративных и функциональных полимерных покрытий. Ч.1. Плёнкообразователи УФ-полимеризуемых покрытий / Э.К. Кондрашов, А.А. Козлова // Лакокрасочные материалы и их применение. 2022. № 7-8. С. 20–26. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49290259_36487710.pdf (дата обращения 12.06.2026).

Kondrashov E.K., Kozlova A.A. UV Quantum Technologies for the Formation of Protective-Decorative and Functional Polymer

Coatings. Part 1. Film-Formers for UV-Polymerizable Coatings. In: *Russian Coatings Journal*, 2022, no. 7–8, pp. 20–26. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49290259_36487710.pdf (Accessed 06/12/2026). (In Russ., abstr. in Engl.).

2. *Спиридонов, Ю.Л.* Характеристики художественной эмали / Ю.Л. Спиридонов, А.М.Б Жукаева // Universum: филология и искусствоведение. 2023. №. 4 (106). С. 33–40. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_51982397_76090676.pdf (дата обращения 12.06.2026).

Spiridonov Yu.L., Zhukaeva A.M.B. Characteristics of Artistic Enamel. In: *Universum: Philology and Art History*, 2023, no. 4 (106), pp. 33–40. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_51982397_76090676.pdf (Accessed 06/12/2026). (In Russ., abstr. in Engl.).

3. *Петров, Н.С.* Технологии и современный рынок УФ-отверждаемых материалов / Н.С. Петров // Лакокрасочные материалы и их применение. 2023. № 5. С. 12–19. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_53213721_43356912.pdf (дата обращения 12.06.2026).

Petrov N.S. Technologies and the Modern Market of UV-Curable Materials. In: *Russian Coatings Journal*, 2023, no. 5, pp. 12–19. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_53213721_43356912.pdf (Accessed 06/12/2026). (In Russ., abstr. in Engl.).

4. High Performance UV-Cured Coatings for Wood Protection / R. Bongiovanni [и др.] // Progress in Organic Coatings. 2002. Vol. 45, № 4. P. 359–363. URL: https://doi.org/10.1016/S0300-9440(02)00119-4 (Accessed 12/06/2026).

Bongiovanni R. [et al.]. High performance UV-cured coatings for wood protection. In: *Progress in Organic Coatings*. 2002, Vol. 45, no. 4, pp. 359–363. URL: https://doi.org/10.1016/S0300-9440(02)00119-4 (Accessed 06/12/2026). (In Engl.)

5. *Ильина, В.В.* Фотополимерные материалы в практике реставрационно-консервационных работ на объектах историко-культурной ценности / В.В. Ильина, В.В. Строкова // Строительные материалы. 2023. № 12. С. 76–83. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=60039336 (дата обращения 12.06.2026).

Ilyina V.V., Strokova V.V. Photopolymer Materials in the Practice of Restoration and Conservation Works on Objects of Historical and Cultural Value. In: *Construction Materials*, 2023, no. 12, pp. 76–83. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=60039336 (Accessed 06/12/2026). (In Russ., abstr. in Engl.)

6. *Decker, C.* Weathering Resistance of Waterbased UV-Cured Polyurethane-Acrylate Coatings / C. Decker, F. Masson, R. Schwalm // Polymer Degradation and Stability. 2004. Vol. 83. № 2. P. 309–320. URL: https://doi.org/10.1016/S0141-3910(03)00276-3 (Дата обращения 12.06.2026).

Decker C., Masson F., Schwalm R. Weathering Resistance of Waterbased UV-Cured Polyurethane-Acrylate Coatings. In: *Polymer Degradation and Stability*. 2004, Vol. 83, no. 2, pp. 309–320. URL: https://doi.org/10.1016/S0141-3910(03)00276-3 (Accessed 06/12/2026). (In Engl.)

7. *Decker, C.* New Developments in UV Radiation Curing of Protective Coatings / C. Decker // Surface Coatings International Part B: Coatings Transactions. 2005. Vol. 88. № 1. P. 9–17. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/BF02699702 (Accessed 12.06.2026).

Decker C. New Developments in UV Radiation Curing of Protective Coatings. In: *Surface Coatings International Part B: Coatings Transactions*, 2005, Vol. 88, no. 1, pp. 9–17. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/BF02699702 (Accessed 06/12/2026). (In Engl.)

8. *Schwalm, R.* UV-Coatings. Basics, Recent Developments and New Applications / R. Schwalm // Elsevier Science, 2006. 310 p. URL: https://clck.ru/3Ui2dP (Accessed 12.06.2026).

Schwalm R. UV-Coatings. Basics, Recent Developments and New Applications. In: *Elsevier science*, 2006, 310 p. URL: https://clck.ru/3Ui2dP (Accessed 06/12/2026). (In Engl.)

9. *Кондрашов, Э.К.* УФ-квантовые технологии формирования защитно-декоративных и функциональных полимерных покрытий. Ч.2. Пигменты, наполнители, добавки и композиции для УФ-отверждаемых покрытий / Э.К. Кондрашов, А.А. Козлова // Лакокрасочные материалы и их применение. 2022. № 9. С. 14-20. URL: https://clck.ru/3Ui36w (дата обращения 12.06.2026).

Kondrashov E.K., Kozlova A.A. UV Quantum Technologies for the Formation of Protective-Decorative and Functional Polymer Coatings. Part 2. Pigments, Fillers, Additives and Compositions for UV-Curable Coatings. In: *Russian Coatings Journal*, 2022, no. 9, pp. 14–20. URL: https://clck.ru/3Ui36w (Accessed 06/12/2026). (In Russ., abstr. in Engl.)

10. Photopolymer Coatings for the Optic Fiber Systems JSC / O.E. Babkin, M.Yu. Vlasov, O.S. Aikasheva [и др.] // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2022. Vol. 56, № 4. P. 560–565. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=51575395 (дата обращения 12.06.2026).

Babkin O.E., Vlasov M.Yu., Aikasheva O.S. [et al.]. Photopolymer coatings for the optic fiber systems JSC. In: *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2022, Vol. 56, no. 4, pp. 560–565. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=51575395 (Accessed 06/12/2026). (In Engl.)

11. *Decker, C.* UV-Radiation Curing of Waterborne Acrylate Coatings / C. Decker, I. Lorinczova // JCT Research. 2004. Vol. 1, № 4. P. 247–256. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s11998-004-0027-x (дата обращения 12.06.2026).

Decker C., Lorinczova I. UV-Radiation Curing of Waterborne Acrylate Coatings. In: *JCT Research*, 2004, Vol. 1, no. 4, pp. 247–256. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s11998-004-0027-x (Accessed 06/12/2026). (In Engl.)

12. *Chattopadhyay, D.K.* Thermal and Mechanical Properties of Epoxy Acrylate/Methacrylates UV Cured Coatings / D.K. Chattopadhyay, S. S. Panda, K. Raju // Progress in Organic Coatings. 2005. Vol. 54. № 1. P. 10–19. URL: https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2004.12.007 (дата обращения 12.06.2026).

Chattopadhyay D.K., Panda S.S., Raju K. Thermal and Mechanical Properties of Epoxy Acrylate/Methacrylates

UV Cured Coatings In: *Progress in Organic Coatings*, 2005, Vol. 54, no. 1, pp. 10–19. URL: https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2004.12.007 (Accessed 06/12/2026). (In Engl.)

13. Obtaining an Epoxy-Acrylic Olygomer for Photocurable Varnishes / N.S. Petrov, O.E. Babkin, V.V. Il'ina, E.V. Sivtsov // Polymer Science, Series D. 2024. Vol.17, № 2. P. 369–372. URL: https://link.springer.com/article/10.1134/S1995421224700618 (дата обращения 12.06.2026).

Petrov N.S., Babkin O.E., Il'ina V.V., Sivtsov E.V. Obtaining an Epoxy-Acrylic Olygomer for Photocurable Varnishes. In: *Polymer Science, Series D*, 2024, Vol. 17, no. 2, pp. 369–372. URL: https://link.springer.com/article/10.1134/S1995421224700618 (Accessed 06/12/2026). (In Engl.)

14. *Jagtap, A.* A Review on Self-Initiated and Photoinitiator-free System for Photopolymerization / A. Jagtap, A. More // Polymer Bulletin. 2022. Vol. 79, № 10. P. 8057–8091. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s00289-021-03887-4 (дата обращения 12.06.2026).

Jagtap A., More A. A Review on Self-Initiated and Photoinitiator-free System for Photopolymerization. In: *Polymer Bulletin*, 2022,Vol. 79, no. 10, pp. 8057–8091. URL: https://link.springer.com/article/10.1007/s00289-021-03887-4 (Accessed 06/12/2026). (In Engl.)

15. *Crivello, J.V.* Photopolymer Materials and Processes for Advanced Technologies / J.V. Crivello, E. Reichmanis // Chemistry of Materials. 2014. Vol. 26. № 1. P. 533–548. URL: https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/cm402262g (дата обращения 12.06.2026).

Crivello J.V., Reichmanis E. Photopolymer Materials and processes for Advanced Technologies. In: *Chemistry of Materials*, 2014, Vol. 26, no. 1, pp. 533–548. URL: https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/cm402262g (Accessed 06/12/2026). (In Engl.)

16. Some Physicochemical Properties of Polyacrylate Varnish Layers Cured by Classical and LED (395 nm) UV Sources / Dawidowicz A.L. [и др.] // Food Packaging and Shelf Life. 2020. Vol. 24. P. 100497. URL: https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100497 (дата обращения 12.06.2026).

Dawidowicz A.L. [et al.] Some Physicochemical Properties of Polyacrylate Varnish Layers Cured by Classical and LED (395 nm) UV Sources. In: *Food Packaging and Shelf Life. 2020*, Vol. 24, P. 100497. URL: https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100497 (Accessed 06/12/2026). (In Engl.)

17. Influence of Methacrylate and Vinyl Monomers on Radical Bulk Photopolymerization Process and Properties of Epoxy-Acrylate Structural Adhesives / K. Gziut [и др.] // Polymers. 2023. Vol. 15, № 4. P. 926. URL: https://www.mdpi.com/2073-4360/15/4/926 (дата обращения 12.06.2026).

Gziut K. [et al.] Influence of Methacrylate and Vinyl Monomers on Radical Bulk Photopolymerization Process and Properties of Epoxy-Acrylate Structural Adhesives. In: *Polymers*, 2023, Vol. 15, no. 4, P. 926. URL: https://www.mdpi.com/2073-4360/15/4/926 (Accessed 06/12/2026). (In Engl.)

18. Influence of Different Photoinitiatiors in the UV-LED Curing of Polyester Acrylated Varnishes / Dossin R. [и др.] // Journal of Coatings Technology and Research. 2023. Vol. 20, № 1. P. 393-402. URL: https://clck.ru/3Ui5zT (дата обращения 12.06.2026).

Dossin R. et al. Influence of Different Photoinitiatiors in the UV-LED Curing of Polyester Acrylated Varnishes. In: *Journal of Coatings Technology and Research*, 2023, Vol. 20, no. 1, pp. 393–402. URL: https://clck.ru/3Ui5zT (Accessed 06/12/2026). (In Engl.)

19. *Hou, C.* Preparation and Properties of UV Curing Varnish Suited for Various Substrates / C. Hou, Q. Gui // Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry. 2024. Vol. 457. P. 115864. URL: https://clck.ru/3Ui6GZ (дата обращения 12.06.2026).

Hou C., Gui Q. Preparation and Properties of UV Curing Varnish Suited for Various Substrates. In: *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*. 2024, Vol. 457, P. 115864. URL: https://clck.ru/3Ui6GZ (Accessed 06/12/2026). (In Engl.)

20. Novel Solvent-Free UV-Photocurable Varnish Coatings Based On Acrylic Telomers–Synthesis and Properties / A. Kraśkiewicz [и др.] // Progress in Organic Coatings. 2023. Vol. 175. P. 107365. URL: https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.107365 (дата обращения 12.06.2026).

Kraśkiewicz A. [et al.]. Novel Solvent-Free UV-Photocurable Varnish Coatings Based On Acrylic Telomers–Synthesis and Properties. In: *Progress in Organic Coatings*, 2023, Vol. 175, P. 107365. URL: https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.107365 (Accessed 06/12/2026). (In Engl.)