

*Лесопромышленный комплекс*

Сравнительная характеристика композиционного теплоизоляционного материала

Показатели	Стекловата	Минеральная вата	Пенополистирол	Композиционный материал
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	20...140	25...200	15...30	250...350
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,035...0,040	0,035...0,050	0,034...0,042	≈0,080
Огнестойкость	Огнестойкий	Огнестойкий	горюч	Огнестойкий
Выпаривание влаги	Плохо	Плохо	Плохо	Плохо
Клеевая основа	Фенолформальдегид 1...3 %	Фенолформальдегид 3...10 %	–	Щелочной силикат

фибролит. Полученный композиционный материал транспортабелен и у него достаточная технологическая прочность при срав-

нительно небольшой плотности (250–350 кг/м<sup>3</sup>).

Предлагаемый композиционный материал биостоек, экологически

чист, менее горюч, чем массивная древесина, его можно использовать в домостроении для теплоизоляции межкомнатных перегородок.

*Библиографический список*

1. Деревянное домостроение / под общ. ред. А.Г. Черных; Ю.Б. Левинский, В.И. Онегин, А.Г. Черных, [и др.]. СПб.: СПбГЛТА, 2008, С. 264–269.
2. Ветошкин Ю.И., Говоров Г.Г., Газеев М.В. Теплоизоляционный материал для малоэтажного строительства на основе растительных и древесных отходов // Науч.-практ. проблемы развития Уральской деревни: матер. межвуз. науч.-практ. конф. «Роль вузовской науки и образования в реализации программы “Уральская деревня”». Екатеринбург: Изд.-во УрГСХА, Урал. изд.-во, 2009. 432 с. (С. 158–164).
3. Дубовская Л.Ю. Композиционные материалы на основе мягких древесных отходов и модифицированного жидкого стекла. Минск: Белпринт, 2010. 188 с.
4. Мельниченко И.С., Говоров Г.Г., Ветошкин Ю.И. Древесные отходы как сырьё для получения теплоизоляционных материалов // Науч. творчество молодежи – лесному комплексу России: матер. VIII Всерос. науч.-техн. конф. / Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург, 2012. Ч. 1. 387 с.

УДК 674.031.049.2

*Ю.И. Ветошкин, Д.В. Шейкман*  
(*Y.I. Vetoshkin, D.V. Sheykman*)

(*Уральский государственный лесотехнический университет,*  
*Екатеринбург*)

**УЛУЧШЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛИСТВЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ  
ОБЛАГОРАЖИВАНИЕМ  
(IMPROVEMENT OF THE PHYSICIST-MECHANICAL PROPERTIES OF DECIDUOUS WOOD  
AN UPCLASSING)**

*Запасы высококачественной древесины твердых лиственных пород ограничены. В связи с этим актуален вопрос использования малоценной древесины и разработки экологически безопасных методов повышения физико-механических свойств материала. Перспективным решением данной проблемы является модифицирование древесины, позволяющее искусственно изменять структуру и свойства древесины физическими, механическими и химическими методами на различных структурных уровнях.*

*Stocks of high-quality wood of strong deciduous breeds are limited. In this regard, topical issue of use of invaluable wood and development of ecologically safe methods of increase of physicomachanical properties of a material. The perspective solution of this problem is the modifying of wood allowing artificially to change structure and properties of wood by physical, mekhanikchesky and chemical methods at various structural levels.*

### Лесопромышленный комплекс

В настоящее время одной из наиболее важных задач в развитии промышленности страны является экономия лесоматериалов в строительстве, повышение комплексности переработки древесного сырья, более широкое использование древесины лиственных пород. В условиях истощения запасов деловой древесины использование в качестве сырьевой базы быстрорастущих малоценных пород и разработка экологически безопасных методов существенного повышения их физико-механических и декоративных свойств действительно являются актуальными вопросами в современной деревообрабатывающей промышленности.

В связи с расширением области использования древесины значительно возросла роль теоретических исследований, позволяющих наметить новые способы обработки и переработки древесины, конкретных работ по изучению отдельных технологических процессов. Среди основных направлений развития современной технологии древесины важное место занимают исследования способов её химической и механической переработки.

Наиболее широко древесина применяется в столярно-мебельной промышленности. Это обусловливается технологичностью обработки древесины, низкой её теплопроводностью, незначительным коэффициентом температурного расширения, малой плотностью при сравнительно высокой технологической прочности, эстетическими свойствами [1].

Комплексное использование древесины предусматривает её облагораживание – улучшение природных свойств. Облагораживание древесины позволяет более рационально и эффективно использовать этот ценный материал. В настоящее время разработаны и изучены несколько способов

облагораживания (улучшения свойств) древесины:

– *облагораживание сушкой.*

Обработка свежесрубленной древесины без предварительной сушки до требуемой влажности неизбежно влечёт за собой деформацию, коробление, трещины, образование поверхности, трудно поддающейся отделке, разрывы стружечных плит, недостаточную способность к склеиванию и прочие дефекты.

Значение сушки заключается в том, чтобы до минимума ограничивать или полностью предотвращать потери древесины, рационально её использовать, благодаря чему можно снижать потребность деревообрабатывающей промышленности в этом ценном материале.

Удалить влагу из такого гигроскопического вещества, каким является древесина, можно химическими, механическими и термическими способами. При облагораживании сушкой из древесины лишь удаляется лишняя влага, придавая тем самым древесине повышенную формоустойчивость; при этом физико-механические и гигроскопические свойства фактически не изменяются;

– *облагораживание пропиткой.*

Пропитка направлена на улучшение физико-механических свойств, повышение устойчивости к коррозии, изменению цвета.

Доступными в техническом и экономическом смысле средствами нельзя полностью устранить гидрофильность, а только удаётся замедлить процессы обмена между водой и древесиной. Однако это во многих случаях значительно улучшает её свойства. Разбухание и усадка являются основными видами проявления гигроскопических свойств древесины. Предотвратить разбухание можно с помощью, например, водо- и паронепроницаемой плён-

ки или покрытия. Кроме того, существуют следующие способы: введение гидрофобных материалов в полость клеток (первая ступень), а также в систему их стенок (вторая ступень); химическое или физическое изменение гидроксильных групп древесины, которые главным образом влияют на её гигроскопические свойства.

Благодаря введению в древесину различных добавок удаётся замедлить процесс взаимодействия между водой и древесиной, но при этом прочностные свойства древесины не изменяются;

– *облагораживание механическим давлением.*

Если под действием внешнего давления снижается объём пор в древесине и тем самым увеличивается плотность, этот способ приводит к получению пресованной массивной древесины. Процесс осуществляется в зависимости от породы, температуры, влажности древесины и от давления таким образом, чтобы не происходило существенного разрушения структуры. Под действием внешнего давления удаётся повысить прочностные качества древесины, но при этом гигроскопические свойства не изменяются;

– *облагораживание гидротермическим воздействием.*

Пропаривание древесины, т.е. воздействие на неё водой или водяным паром и теплом, приводит к сильному снижению эластичности и тем самым к размягчению, что, например, может быть использовано при производстве фанеры и формованной массивной древесины.

Пропаривание изменяет также и окраску большинства пород, вызывает в зависимости от технологии проведения этого процесса вымывание смол, жиров и прочих составных частей древесины и приводит к незначительному улучшению разбухания. При пра-

### Лесопромышленный комплекс

вильном проведении процесса снижение прочности под действием гидrolитического эффекта, измеряемое на вновь охлаждённой и высушенной древесине, очень незначительно;

– *облагораживание облучением.*

Эффекты воздействия на древесину лучей (жёсткое облучение, например Со-60) были основательно изучены с начала шестидесятых годов в связи с исследованиями, проводимыми на древесных материалах с использованием в качестве связующего пластиков (полимерная древесина). Основным действием облучения является снижение степени полимеризации целлюлозы, что отчётливо можно измерить при дозах 10 Мрад и вначале приводит к снижению прочности на растяжение. Так как лигнин обладает более высокой стойкостью к излучению, чем целлюлоза, и так как в пределах малых доз наряду с деполимеризацией целлюлозы образуются сетчатые молекулы, при дозах облучения приблизительно 0,3 Мрад незначительно повышаются прочность на изгиб, прочность на сжатие и прочность к удару. При дозах 1 Мрад все показатели прочности снижаются [2].

Обработка древесины облучением снижает её прочностные показатели;

– *модифицирование древесины.*

Отдельным пунктом в области улучшения физико-механических свойств древесины является модифицирование древесины.

Под модификацией древесины в широком смысле следует понимать направленное улучшение её свойств, придание ей новых положительных качеств, устранение природных недостатков для более широкого и полного использования в народном хозяйстве. Модифицированную цельную древесину получают путём изменения структуры древесины и её ком-

понентов физическими и химическими методами на различных структурных уровнях.

Представляя древесину как композит, состоящий из материала клеточных стенок и пустых полостей клеток определённой формы, методы её модифицирования условно можно разделить на физические и химические:

- физические методы – это модифицирование древесины за счёт уменьшения относительного объёма содержания полостей клеток древесины путём прессования поперёк волокон или их наполнения инертными материалами;

- химические методы – это обработка древесины различными химическими веществами, изменяющими состав и свойства материала клеточных стенок [3].

Модификацией древесины мягких лиственных пород занимались и занимаются многие научно-исследовательские организации, однако разработанные методы не нашли широкого применения в производстве паркета. Модифицированная древесина представляет собой новый материал, в котором сохраняется анатомическое строение древесины, но значительно повышаются её физико-механические свойства [4].

В зависимости от природы протекающих процессов все методы модификации цельной древесины можно разделить на следующие группы.

1. Изменение анатомической макроструктуры древесины под воздействием физических факторов (например, прессование, термообработка).

2. Изменение тонкой структуры клеточных стенок под воздействием физических и химических факторов (например, гидротермическая обработка, пластификация под действием аммиака).

3. Изменение природы активных функциональных групп вы-

сокомолекулярных компонентов древесины (например, этерификация, окисление и т. д.).

4. Повышение биостойкости древесины путём её пропитки химическими реагентами, обладающими антисептическими свойствами.

5. Изменение проницаемости древесины путём заполнения пористой структуры высокомолекулярными соединениями (например, петролатумом, полиэтиленгликолем и т. п.).

6. Поперечная сшивка высокомолекулярных реагентов (например формальдегида).

7. Модифицирование древесины путём введения в её макроструктуру синтетических смол с их последующим отверждением.

8. Получение древесно-пластических материалов при введении в микроструктуру мономерных соединений с их последующей химической прививкой на полимерные компоненты древесины радиационно-химическим или термокаталитическим методом.

При практическом осуществлении процессов модифицирования, как правило, осуществляется комбинация различных методов. В настоящее время определено два основных метода модифицирования цельной древесины: с уплотнением и без уплотнения.

Термомеханическое модифицирование древесины наиболее изучено. По этому методу модифицирования уже разработана не только лабораторная, но и опытно-промышленная технология ДП (древесины прессованной) с предварительным прогревом или пропариванием по ГОСТ 9629–75 «Древесина прессованная. Заготовки».

Для придания прессованной древесине термомеханической модификации специальных более высоких заранее заданных

*Лесопромышленный комплекс*

свойств применительно к условиям эксплуатации деталей из неё её подвергают тепловой обработке или пропитке различными веществами под давлением в вакууме или при нагреве в открытых ваннах. Тепловая обработка ДП необходима для стабилизации формы и размеров изготавливаемых из неё деталей [5].

Процесс термомеханического модифицирования древесины наиболее прост и доступен любому лесоперерабатывающему предприятию. Пропитка с термообработкой придают древесине форму- и биостойкость, повышенную прочность, хорошую антифрикционность и т. д.

В результате пропитки ДП маслами получают самосмазывающийся антифрикционный материал. Особенно большой эффект достигается при пропитке ДП маслами с добавками из полиэтилена и фторопласта.

Способ металлизации заключается в погружении детали из ДП в сосуд с расплавленным металлом под давлением.

Способом термомеханической модификации удаётся в достаточ-

ной мере повысить прочностные свойства древесины, но гигроскопичность, в сущности, не изменяется.

Химико-механические модификации – это высокопрочные композиции, получаемые наполнением или пропиткой цельной древесины с последующим уплотнением её клеток и термообработкой или полимеризацией наполнителя внутри древесины. На основе химико-механического модифицирования с наполнением создаются прессованные древесно-полимерные материалы. Модифицирование древесины способом наполнения её высокомолекулярными соединениями до различных концентраций с последующим уплотнением до различной степени и с полимеризацией наполнителя позволяет получить целый ряд новых древесно-полимерных материалов с заданными в определённых пределах свойствами, обеспечивающими максимальную долговечность, технологичность и эффективность работы деталей, изготавливаемых из этих материалов.

Благодаря химико-механическому способу модифицирова-

ния древесины удаётся добиться комплексного улучшения свойств древесины – в значительной степени повышаются её прочностные свойства и удаётся достичь гигроскопичности.

Кроме модифицирования древесины с уплотнением, создан целый ряд способов модифицирования её без уплотнения. К ним относятся:

- термохимический;
- химический;
- радиационно-химический (рис. 1).

Метод термохимического модифицирования древесины наиболее доступен предприятиям лесной и деревообрабатывающей промышленности. Пропитка древесины смолами принципиально не отличается от пропитки её антисептиками и антипиренами, а термообработку пропитанных смолами изделий можно с успехом проводить в обычных сушильных камерах. Это обстоятельство значительно облегчит внедрение этого метода в промышленность.

Методом термохимического модифицирования древесины не удаётся повысить её прочностные свойства.

Радиационно-химическое модифицирование древесины разработано филиалом научно-исследовательского физико-химического института им. Л. Я. Карпова. Сущность этого метода в следующем: заготовки из натуральной древесины влажностью 8–12 % загружают в металлический контейнер, где их герметизируют. Затем заготовки вакуумируют до остаточного давления 0,005–0,13 Мпа в течение 20–30 мин и насыщают мономером или смесью мономеров.

Способность древесины пропитываться связана с пористо-капиллярным строением, позволяющим вводить в неё различные жидкие вещества – растворы,

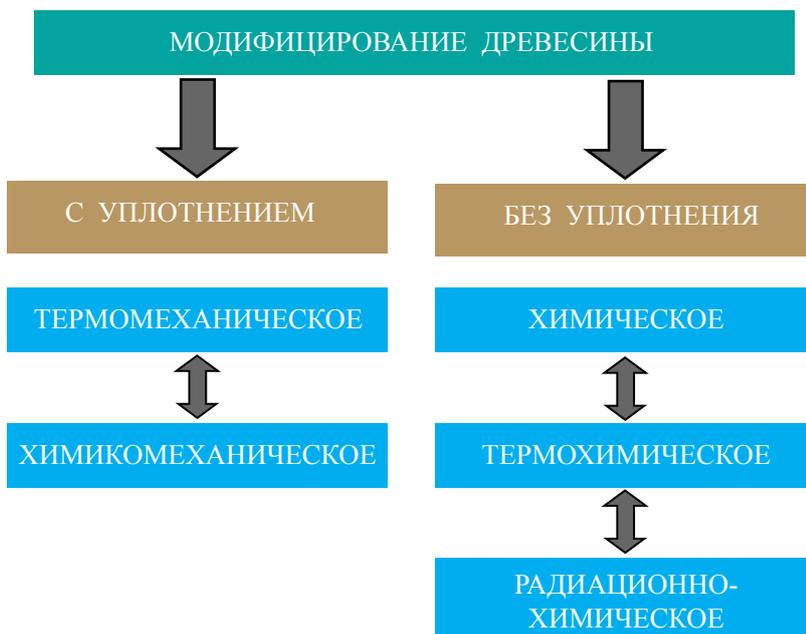


Рис. 1. Виды и методы модифицирования древесины

### Лесопромышленный комплекс

эмульсии, суспензии. Проникновение их в древесину основано на диффузии, капиллярном впитывании и введении пропитывающих веществ под действием разности давлений внутри и вне древесины.

На глубину пропитки древесины влияет целый ряд факторов, а именно:

а) анатомическое строение древесины;

б) молекулярная масса, вязкость, полярность и поверхностное натяжение мономеров или олигомеров;

в) технология пропитки.

С точки зрения анатомического строения легче всего пропитывается древесина лиственных пород (берёзы, ольхи, бука, осины и др.). Хвойные породы пропитываются хуже, хотя сосна, кедр и лиственница могут быть пропитаны достаточно полно; плохо пропитываются ель и пихта.

Мономерные соединения сравнительно легко пропитывают древесину различных пород, проникая в тонкую структуру клеточной стенки. При использовании неотвержденных синтетических смол, представляющих смесь олигомерных звеньев с различной степенью полимеризации, применяется автоклавная пропитка с периодическим созданием в системе вакуума и давления.

Установлено, что для целей модификации наиболее пригодны смолы, обладающие низкой вязкостью и полярностью, легко проникающие в древесину и отверждающиеся при температурах до 100–150 °С. Смолы должны иметь сравнительно низкую молекулярную массу и располагаться в межмолекулярных пространствах клеточных стенок.

Высокомолекулярные и относительно более вязкие смолы размещаются в основном в полостях клеток. Такие полимеры могут

значительно повышать прочностные свойства древесины при статических и ударных нагрузках, не изменяя существенно гидрофильности.

Предложенные в разное время пути защиты и облагораживания древесины пропиткой разделяются на следующие основные группы.

**Первая группа** объединяет способы капиллярной пропитки с поверхности на сравнительно небольшую глубину без приложения давления или создания вакуума. Это, например, погружение заготовок или деталей в ванну и выдержка продолжительное время для заполнения сосудов и пор. При вымачивании жидкость проникает в древесину за счёт капиллярного давления в проводящих элементах древесины и диффузии. Температура в ванне устанавливается в зависимости от свойств полимера (олигомера, мономера) главным образом для поддержания необходимой вязкости и лучшей впитываемости. Процесс протекает очень медленно и неглубоко, поэтому этот способ применяется очень редко.

Поверхностное нанесение редко применяется в модифицировании древесины, так как трудно достичь глубокой пропитки древесины, упрочняется лишь поверхностный слой. Примеров такой обработки немного. Это, например, защитно-декоративный препарат Xyladecor, выпускаемый в Германии, препараты типа Pinotex (Финляндия).

**Во вторую группу** входит капиллярная пропитка с принудительным внедрением полимера в древесину по методу горячехолодной ванны. Метод основан на явлении вакуумного всасывания жидкости при охлаждении воздуха в порах древесины, перемещаемой из горячей ванны в холодную. При этом древесина должна иметь влажность ниже 30 %. Уровень

пропиточной жидкости устанавливается на 80–100 мм выше обрабатываемой детали, температура жидкости в горячей ванне 90–95 °С, в холодной ванне – 20–40 °С. Способ пропитки в горячехолодных ваннах прост и эффективен; он получил широкое распространение при обработке древесины. Способ может быть рекомендован для обработки древесины водорастворимыми олигомерами.

**К третьей группе** следует отнести пропитку древесины под давлением по следующим вариантам:

- способ полного поглощения с использованием вакуума и давления: перед пропиткой древесина подвергается вакуумированию, воздух выкачивается из сосудов и пор, которые при последующем давлении заполняются раствором;

- способ ограниченного поглощения по режиму давление – вакуум (для удаления излишнего раствора);

- способ ограниченного поглощения по режиму предварительное воздушное давление – давление жидкости – вакуумирование.

Давление в автоклаве не превышает 2 МПа (обычно 1,2–1,4 МПа), глубина предварительного и конечного вакуума не выше 7,4 МПа при продолжительности вакуумирования 30 мин. Этот способ нашёл широкое распространение при пропитке древесины различными полимерами (мономерами, олигомерами). При модификации древесины термохимическим способом, когда применяются водорастворимые фенолоформальдегидные, карбамидоформальдегидные, карбамидомеламино-формальдегидные олигомеры или растворимые в органических соединениях фурановые, полиэфирные, кремнийорганические полимеры и некоторые вилиловые мономеры, пропитка

Лесопромышленный комплекс

производится по способу полного или ограниченного поглощения. Процесс пропитки древесины может быть в несколько раз ускорен ультразвуковыми колебаниями. Этот эффект основан на явлении повышенной проницаемости пористых тел под действием ультразвука. В отдельных случаях проницаемость возрастает в 10–12 раз. Применительно к модифицированию древесины полимерами этот способ исследован В.Ф. Аненковым в УкрНИИМОД и показал хорошие результаты.

Классификация исходных веществ для получения модифицированной древесины приведена на рис. 2.

Большинство применяемых в настоящее время полимеров и мономеров не предназначены специально для модификации древесины, а имеют другое прямое назначение. Как модификаторам им присущи некоторые недостатки, выявленные либо на стадии пропитки, либо в процессе эксплуатации изделий. Результаты многочисленных исследований позволяют сформулировать основ-

ные требования к модификаторам древесины.

1. Модификатор должен иметь предельно низкую вязкость, малую испаряемость, обладать полярностью для лучшего проникания в капиллярную структуру древесины и физико-химического взаимодействия с компонентами древесины.

2. Отверждение модификатора не должно сопровождаться значительной усадкой, требовать сильного нагрева.

3. Отверждённый модификатор должен обладать высокой стойкостью к действию воды, кислот, щелочей, быть прочным при статическом и динамическом нагружении.

Свойства древесины, пропитанной полимерами, зависят от многих факторов, в первую очередь от химической природы и механизма отверждения полимера, от степени пропитки им древесины.

Например, метилметакрилат сравнительно легко пропитывает древесину. Его молекулы, обладая полярностью, проникают в стенки клеток. В результате зна-

чительно возрастает прочность древесины: при сжатии вдоль волокон – в 2 раза, поперёк волокон – в 4–6 раз. Вдвое снижается её истираемость. Более чем вдвое снижаются водо- и влагопоглощение, а также разбухание в воде.

При этом скорость набухания замедляется почти в 10 раз. Наряду с метилметакрилатом для пропитки древесины используют стирол, хотя по модифицирующим свойствам он заметно уступает метилметакрилату, в частности он менее полярен.

Существенно изменяются свойства древесины при модифицировании её фенолоспиртами. Обладая высокой полярностью, молекулы фенолоспиртов легко проникают в стенки клеток, вызывая утолщение вторичных оболочек и увеличение размеров образцов. Заметно возрастает прочность древесины, особенно при сжатии поперёк волокон – в 2–3 раза. Недостатком фенолоспиртов как агента для модификации древесины является снижение в 1,5–2 раза показателя ударной вязкости, обусловленное высокой хрупкостью отверждённого полимера.

Хорошие результаты достигаются при модификации древесины фурановыми соединениями, которые также легко проникают в микроструктуру древесины и после отверждения термokatалитическим способом упрочняют её.

В результате модификации фурановыми соединениями прочность древесины при сжатии повышается в 1,5–2 раза, вдвое возрастает твёрдость, в 1,5 раза снижается истираемость.

Для пропитки древесины пригодны также некоторые полиэфирные полимеры, но практически нашла применение только одна смола ПН-1 (общего назначения).



Рис. 2. Структурная схема классификации химических соединений, применяемых для модифицирования древесины

### Лесопромышленный комплекс

Наиболее глубоко изучена модификация древесины синтетическими смолами – фенолоформальдегидными, карбамидоформальдегидными, фурановыми, полиэфирными и др.

Основные работы по их исследованию проведены в Белорусском технологическом институте. Получен ряд новых материалов с улучшенными по сравнению с натуральной древесиной физико-механическими свойствами. Исследованы фенолоспирты, фенолоформальдегидные смолы СБС-11, ЛБС-1, С-1, БТИ-1, ЛАФ и др., смолы фуранового ряда (ФА, ФЛ-2, ЛФ-1, ФАЭ-2). Все эти смолы позволяют получить модифицированную древесину с высокими эксплуатационными свойствами, которая применяется для технических целей (в конструкциях градирен, детали машин, опалубка и т. д.). Однако они практически непригодны для столярно-строительных изделий и мебели, так как окрашивают древесину в неравномерные коричневые цвета. Кроме того, эти смолы спирторастворимы и требуется большой расход этилового спирта для получения пропиточного раствора.

Институт химии древесины Академии наук Латвии разработал технологию и оборудование для получения пластифицированной древесины путём обработки её аммиаком с последующим уплотнением.

В Воронежском лесотехническом институте разработана технология модификации древесины с предварительной обработкой растворами мочевины. Полученная древесина имеет более высокую водо- и влагостойкость и может быть применена в производстве паркета.

Однако эти методы модификации мягких лиственных пород не нашли широкого применения в промышленности (кроме полу-

промышленных экспериментальных установок небольшой мощности) из-за сложности технологии, применения токсических веществ (особенно полимеров), увеличения дополнительных расходов.

Завершающая операция технологического процесса получения модифицированной древесины – полимеризация введённого наполнителя. Как уже отмечалось выше, в практике получения древесно-полимерных материалов известен ряд способов полимеризации наполнителей – термический, радиационный, химический, термохимический и др. Все они имеют свои преимущества и недостатки и могут быть применены в зависимости от вида наполнителя, свойств получаемых материалов и технологических особенностей производства.

Преимуществом, например, радиационной полимеризации является возможность проведения процесса при нормальной температуре, контроль скорости полимеризации, отсутствие катализаторов, которые могут вызвать старение и деструкцию наполнителя. Однако радиационные способы характеризуются технологическими трудностями, связанными с мерами безопасности, сложностью оборудования и т. д.

Термический способ отличается доступностью и простотой, но он не всегда позволяет осуществить равномерную полимеризацию и требует повышенной температуры.

Химический и термохимический способы характеризуются длительностью процесса, необходимостью применения катализаторов, свободные остатки которых могут снижать свойства материалов. Выбор температуры полимеризации обуславливается видом и свойствами применяемого наполнителя. Для смол феноль-

ного ряда температура составляет 155–165, карбамидных – 130–140, полиэфирных – 80–150 °С.

Качество древесно-полимерных материалов в значительной степени зависит от полноты и равномерности полимеризации наполнителя, что обусловлено продолжительностью тепловой обработки. Сушка пропитанной древесины и термообработка для отверждения полимера производятся в сушильной камере конвективного типа. Режим сушки устанавливается в зависимости от породы, начальной влажности древесины и толщины материала.

Наиболее удобное термокалалитическое отверждение пропиточных растворов в древесине не рекомендуется проводить по двухступенчатому режиму: сушка со ступенчатым подъёмом температуры в интервале 40–150 °С до остаточной влажности не более 12 %, термообработка при 150–170 °С, охлаждение и кондиционирование при 18–23 °С не менее 1 ч.

Главными недостатками существующих технологий, из-за которых данные процессы не могут получить полноценного промышленного внедрения, являются возрастающие при модифицировании древесины расходы на материалы, расходы на электроэнергию (прессование или термопрокат), а также тот факт, что большинство применяемых смол для пропитки древесины являются токсичными, что, в свою очередь, увеличивает расходы на нейтрализацию выделения вредных веществ.

Кроме того, все методы модифицирования древесины, кроме физико-механического, позволяют добиться только одного из двух: или повышения физико-механических свойств, или обеспечения гидрофобности древесины. Физико-механический метод модифицирования древесины

*Лесопромышленный комплекс*

позволяет добиться достижения обеих наиболее важных целей: и повышения физико-механических свойств, и обеспечения гидрофобности древесины. При этом получается монолитный

материал с заранее заданными свойствами. Исходя из вышеизложенного можно предположить, что планками лицевого покрытия, модифицированными физико-механическим методом, мож-

но заменить планки из древесины ценных твёрдолиственных пород и благодаря их красивому внешнему виду исключить из технологического процесса операцию отделки.

*Библиографический список*

1. Глебов И.Т., Ветошкин Ю.И. Оборудование для формирования планок лицевого покрытия на паркетные щиты // Механическая обработка древесины: обзор. информ. Вып. 3. М.: ВНИПИЭИлеспром., 1984.
2. Москалева В.Е. Строение древесины и его изменение при физических и механических воздействиях. М., 1957. 166 с.
3. Хухрянский П.Н. Прессование древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1964. 348 с.
4. Модин Н.А. Радиальное прессование цельной древесины. // Исследование свойств и применение уплотненной модифицированной древесины: науч. тр. № 139. Л.: ЛЛТА, 1971. С. 30–35.
5. Шутов Г.М. Модифицирование древесины термохимическим способом. М.: Экология, 1991. 127 с.

УДК 630.323

*В.В. Побединский, А.И. Попов, Д.А. Василевский  
(V.V. Pobedinskii, A.I. Popov, D.A. Wasilewski)  
(Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург)*

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКОРКИ КОРОСНИМАТЕЛЕМ С ГИДРОПРИВОДОМ (MODELLING PROCESS OF DEBARKING THE DEBARKING TOOL WITH GIDRODRIVE)**

*Разработан детализированный алгоритм моделирования процесса окорки короснимателем с автоматическим управлением гидропривода. Алгоритм ориентирован для реализации математического описания работы механизма в виде имитационной модели в среде визуального моделирования MatLab.*

*Developed a detailed of the algorithm simulation of the debarking the debarking tool with computer-controlled hydraulic actuator. The algorithm is oriented to implement the mathematical description of the mechanism in the form of a simulation model in a visual simulation environment MatLab.*

Для выполнения одной из важнейших операций в технологических процессах комплексной переработки древесины – окорки древесины – применяются роторные окорочные станки (РОС). При работе станков механизм режущего инструмента (МРИ) с короснимателем является наиболее подверженным динамическим нагрузкам со стороны обрабатываемого ствола. Для обеспечения силы прижима короснимателя в некоторых последних моделях современных роторных окорочных станков зарубежного производства применяется пневмо- или гидропривод

(ГП) с элементами регулирования, но без автоматического управления [1, 2].

С целью дальнейшего совершенствования роторных окорочных станков в УГЛТУ была разработана [3] конструкция МРИ с автоматически управляемым пневмогидроприводом короснимателя (рис. 1, а). Чтобы наиболее точно определить параметры новой конструкции, в настоящей работе применен метод моделирования. Но в отличие от ранее используемых подходов, больше направленных к упрощению моделей, использованы возможности

современных информационных технологий, позволяющих исследователям применять достаточно мощные средства, чтобы создавать более детальные модели с минимальными упрощениями. Одной из самых развитых компьютерных систем для моделирования в инженерных расчетах является MatLab, признанный в мире стандартом де-факто. Однако визуально-блочная концепция MatLab+Simulink, кроме всех очевидных преимуществ, накладывает и специфические особенности на процесс моделирования, которые необходимо учитывать при создании моделей.