

ЭКОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО МАЛОТОКСИЧНЫХ ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ ИЗ ЛИСТВЕННИЦЫ НА ОСНОВЕ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ

ECOLOGY AND PRODUCTION OF LOW-TOXIC CHIPBOARDS FROM LARCH BASED ON LIGNOSULFONATES

V. Tishchenko
O. Mishchenko

Summary: Particle boards are in high demand today, this is due to their low cost and wide range, but their significant drawback is a negative environmental factor — toxicity. In this paper, the authors analyzed the qualitative and physico-chemical characteristics of the resins used in the production of particle boards. The analysis was based on low-molten urea-formaldehyde resins of various brands of domestic production. The analysis showed that with the improvement of existing grades of resins, a number of side problems arise, such as limited viability and short shelf life, fast resin synthesis, high air pollution with methanol during production, fire hazard, etc. As an alternative, it is proposed to use secondary wood processing products of the pulp and paper industry — lignosulfonates. The results of the work confirm the possibility of effective use of lignosulfonates (waste of the cellulose industry) and modifier A (waste of hydrolysis production) as binder components, in particular, for the manufacture of particle boards.

Keywords: chipboard, larch, lignosulfonate, low-molecular-weight urea-formaldehyde resins, modified binder, formaldehyde, toxicity.

Тищенко Виктор Павлович

канд. техн. наук, доцент,

Тихоокеанский государственный университет

004002@pnu.edu.ru

Мищенко Ольга Алексеевна

канд. техн. наук, доцент,

Тихоокеанский государственный университет

004907@pnu.edu.ru

Аннотация. Древесно-стружечные плиты на сегодняшний день весьма востребованы, это объясняется их низкой стоимостью и широким ассортиментом, однако существенным их недостатком является отрицательный экологический фактор — токсичность. В данной работе авторами проведен анализ качественных и физико-химических характеристик смол применяемых в производстве древесно-стружечных плит. В основу анализа были взяты низкомолекулярные карбамидоформальдегидные смолы различных марок отечественного производства. Анализ показал, что при усовершенствовании имеющихся марок смол возникают ряд побочных проблем, таких как ограниченная жизнеспособность и малый срок хранения, быстропотекающий синтез смолы, высокая загазованность воздушной среды метанолом, при производстве, пожароопасность и т.п. В качестве альтернативы предложено использовать вторичные продукты переработки древесины целлюлозно-бумажной промышленности — лигносульфонаты. Результаты работы подтверждают возможность эффективного применения лигносульфонатов (отходов целлюлозной промышленности) и модификатора А (отходов гидролизного производства) в качестве компонентов связующего, в частности, для изготовления древесно-стружечных плит.

Ключевые слова: древесно-стружечная плита, лиственница, лигносульфонат, низкомолекулярные карбамидоформальдегидные смолы, модифицированное связующее, формальдегид, токсичность.

Введение

Древесно-стружечная плита (ДСП) является одним из самых востребованных материалов в строительной сфере, который достаточно хорошо заменяет массивную древесину при производстве мебели, строительных и ремонтных работ. Плиты ДСП с успехом заменяют деревянные строительные материалы, их активно используют для изготовления стеновых панелей, перегородок, основания полов и кровельных поверхностей, обшивки стен и потолков.

Сырьем для промышленного производства ДСП являются отходы деревоперерабатывающей отрасли (стружка, опилки, обалол, древесина низкого качества и т.п.) это объясняется их относительной дешевизной. Для производства качественной экологически и эко-

номически обоснованной продукции следует уделять внимание такому фактору, как токсичность плит, снижению расходования составных компонентов клеевой основы, разработке рациональных эколого-технологических процессов, обеспечивающих минимизацию продолжительность склеивания при требуемой степени отверждения связующего. Опираясь на возрастающую потребность производства в использовании низкотоксичных клеев, эффективным способом создания таких клеев является модификация и наполнение исходных синтетических компонентов в составе смол.

В последние годы потребители, производители и заинтересованные организации стали уделять большое внимание санитарно-гигиенической чистоте продукции. Так, Европейский Комитет по Стандартизации CEN (European Committee for Standardization) для про-

мышленного выпуска древесных плит утвердил систему стандартов, которая завоевывает уважение во всем мире и определяет характеристики плит, выпускаемых не только в странах Европы, но и во всем мире. Эти стандарты наиболее точные и определяют практически все характеристики древесных плит, которые важны для их использования. Для древесностружечных плиты нормы соответствуют стандарту EN 312 [1].

Анализ характеристик смол применяемых в производстве ДСП

Не смотря на то, что проведено множество исследований по снижению токсичности карбамидоформальдегидных (КФ) смол, клеев и продукции на их основе, а также повышению экологической безопасности их производства (загрязнение окружающей среды отходами, содержащими формальдегид (ФА)) [2-9], окончательно эти проблемы до сих пор еще не решены. Одним из недостатков древесностружечных плит при эксплуатации является их экологическая небезопасность для человека ввиду содержания в смоле формальдегида. Токсичность древесностружечных плит, обусловленная выделением из них формальдегида (CH_2O), изучается уже более 35 лет. Эти исследования смогли выявить механизмы реакций, пути образования и выделения формальдегида в технологическом процессе изготовления плит, а также при их эксплуатации. Более того, определено несколько направлений решения этой проблемы. Одним из решений, заслуживающих внимания, является минимизация состава свободного CH_2O в используемых карбамидоформальдегидных смолах.

На интенсивность выделения формальдегида оказывают воздействие ряд условий: параметры прессования плит ДСП (температура, продолжительность прессования, влажность подготовленной стружки), состав и свойства используемой смолы (прежде всего содержание в смоле свободного CH_2O), микроклиматические условия, в которых будут эксплуатироваться изделия из получаемых ДСП. На общую концентрацию формальдегида в помещении, при его выделении из элементов мебели, декора, отделы влияет микроклимат этого пространства, т.е. главные его составляющие температура, влажность и подвижность воздуха. Грамотно организованная аэрация помещений (или наоборот ее отсутствие), также оказывают влияние на концентрацию CH_2O . Например, концентрация фенола и формальдегида держится на относительно постоянном уровне при температурном режиме воздуха в пределах 18–25 °С, при увеличении температуры более чем на 5 °С, и повышении влажности воздуха, происходит увеличение концентрации веществ в 2–2,5 раза.

В настоящее время с точки зрения обеспечения санитарно-гигиенических норм, требования к плитным мате-

риалам ужесточаются. В соответствии с [10] содержание формальдегида, выделяемого ДСП в производственных и общественных помещениях, не должно превышать ПДК для воздуха рабочей зоны равной 0,5 мг/м³, ПДК среднесуточную 0,01 мг/м³, ПДК максимальн разовую 0,05 мг/м³.

В РФ разработано достаточно разнообразное по составу, качеству, физико-химическим параметрам количество низкомолярных карбамидоформальдегидных смол различных марок: КФ-НП, КФ-60П, КФ-А, КФ-МТ, КФ-МТ-15, КФ-МТ-15КП, КФ-МТ-ПП, КФ-МТУ, КФС-1, КФ-НФП, КФ-015, КФ-015 М, КФ-02, КФ-02Э, КФ-МНП, КФ-53Д и других, но мольное отношение карбамида к формальдегиду (К:Ф) в указанных смолах находится в пределах от 1:1,3 до 1:1,12. Применение данных смол позволяет получать продукцию класса «Е2», а для некоторых марок древесноволокнистых плит – «Е1». Среди перечисленных составов смол существуют вакуумированные, например КФ-НФП, КФ-МТ (сухой остаток более 63 %), полувакуумированные и невакуумированные, например КФ-60П, КФ-02Э, КФ-53Д, КФ-НВ, СКФ-НМ (сухой остаток в пределах 50–60 %). Содержание свободного CH_2O в приведенных смолах зависит от марки и составляет в среднем 0,3 % (КФ-МТ, КФ-А), для отдельных марок 0,1 % (КФ-НП) [11, 12].

Анализ достижений отечественной промышленности в применении низкомолярных карбамидоформальдегидных смол

Анализ достижений отечественной промышленности в применении низкомолярных карбамидоформальдегидных смол с мольным соотношением карбамида и формальдегида 1:1,2–1,25 показал, что они могут быть применимы в качестве связующего при производстве плитным материалов. Например, при использовании вакуумированной смолы КФ-НФП и полувакуумированных смол КФ-60П, КФ-Н-54, КФ-НВ, КФ-НП можно получать плиты класса токсичности «Е1» и «Е2». Однако, следует отметить, что при использовании разработанной ООО «ЦНИИФ» смолы КФ-НФП выявлен ряд побочных факторов: ограниченная жизнеспособность и малый срок хранения (следовательно сопутствующая проблема, данную смолу нельзя транспортировать, ее производство должно быть налажено непосредственно на месте формирования и выпуска плит); смола сложного и быстропротекающего синтеза (это сдерживает ее применение); смола малоприспособна для фанерных предприятий, которые используют холодную подпрессовку пакетов шпона, что ведет к снижению прочности склеивания. Схожими недостатками обладают смолы марок КФ-МТ, КФ-МТ-У, КФ-МТ-15 в производстве фанеры, хотя они и дают снижение токсичности до 10 мг на 100 г абсолютно сухой фанеры.

Усовершенствованные составы отечественных карбамидоформальдегидных смол КФ-А, КФ-115-53, КФ-115-

55, получены методом глубокой конденсации в кислой среде. Однако при производстве таких смол отмечается высокая загазованность воздушной среды метанолом (до 100 мг/м^3 при $\text{ПДК}_{\text{р.з.}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$), что увеличивает риск пожаро-взрывоопасности [13].

На предприятии «Акрон» (г. Великий Новгород) разработана карбамидоформальдегидная смола серии КФ-ЕС с содержанием свободного CH_2O 0,1 %, применение данной смолы дает возможность получать фанеру класса «Е1» при одновременном снижении расхода связующего в результате улучшения свойств пленочной структуры полимерного отверждения [14, 15]. Применяя смолу КФ-ЕС(Ф) для изготовления фанеры прочность склеивания составляет не менее 1,5 МПа.

Возможности применения лигносульфонатов

В настоящее время особое внимание обращается на более полное использование вторичных продуктов переработки древесины в народном хозяйстве. Одним из видов такого сырья являются отходы целлюлозно-бумажной промышленности — лигносульфонаты (ЛСТ). ЛСТ имеют достаточное количество реакционно способных групп, склонных к конденсационным процессам с другими веществами и могут быть хорошими органическими наполнителями. Учитывая, клеяще-вязущие и поверхностно активные свойства лигносульфонатов их можно использовать при изготовлении ДСП. Поскольку в качестве добавки для придания прочности в производстве применяются токсичные фенолформальдегидные или карбамидоформальдегидные смолы, то смешивание в процессе изготовления модифицированных лигносульфонатов (20–30 %) и смол позволяет получить совмещенное связующее [16].

Следует отметить, что введение ЛСТ в состав смолы не требует изменения технологии и параметров процесса производства плит, более того, приводит к снижению расхода смолы, уменьшению эмиссии формальдегида в процессе производства и выделения CH_2O из готовых плит за счет уменьшения расхода смолы на 1 м^3 и адсорбции формальдегида наполнителями. Однако широкое применение ЛСТ в производстве ДСП сдерживается их низкой водостойкостью. Для ликвидации этого недостатка применяют модифицированные ЛСТ.

Цель и Методы исследования

Целью данного исследования является разработка и проверка в лабораторных условиях технологии замещения части связующего ЛСТ в производстве ДСП из лиственницы. В процессе исследования были изучены процессы отверждения, разработанного связующего, его взаимодействия с древесиной, влияния технологических факторов на свойства плит с модифицированным

составом, предложены рекомендации по оптимальному составу связующего.

В исследованиях использованы стандартные методики для определения физико-механических свойств ДСП. Измерение количественных выделений формальдегида в процессе прессования плит осуществлялось на установке, включающей герметичную рамку, прямые холодильники, колбы с дистиллированной водой и ротационную установку для отбора проб воздуха. Охлажденная в холодильниках парогазовая смесь собирается в колбах. Полученный раствор анализируется на содержание формальдегида йодометрическим методом. В качестве базовой принята карбамидоформальдегидная смола марки КФ-МТ (по ГОСТ 14231–88 [17]). Критериями выбора состава клеевой композиции являлись ее клеящие свойства, время желатинизации, вязкость, концентрация водородных ионов. В экспериментах по исследованию влияния состава связующего, а также технологических факторов на свойства ДСП применялись методы математического планирования. Для решения задачи оптимизации процесса по нескольким параметрам использовался предложенный Харингтоном в качестве обобщающего критерия оптимизации функция желательности D [18]. При обработке данных использовались методы математической статистики.

Проведенные ранее исследования [19] позволили установить, что введение модификатора А (смесь фурфуролового спирта, фурфурола, терпенов скипидарных фракций) может быть одним из путей увеличения реакционной способности смолозаменяющих добавок. В качестве смолозаменяющих добавок использовались лигносульфонаты (СДБ) Амурского ЦКК. За счет наличия гидроксильных и карбонильных групп создается возможность взаимодействия СДБ и карбамидоформальдегидной смолы и их совместной поликонденсации. Изучение взаимодействия, совмещенного связующего производилось на однослойных плитах размером $315 \times 315 \times 16 \text{ мм}$ из стружки лиственницы. Плотность плит — 700 кг/м^3 , расход связующего — 12 %. Плиты прессовались при давлении 2,4 МПа, температура плит пресса $160 \text{ }^\circ\text{C}$ и длительности прессования 0,35 мин/мм толщины плиты. Параметры результатов исследования приведены в табл.

Исследование влияния количества СДБ и модификатора А на ряд показателей совмещенного связующего позволили установить следующее: введение СДБ, имеющих значительное количество сильнокислых сульфогрупп, уменьшает рН связующего и способствует уменьшению вязкости и продолжительности отверждения, причем минимальное значение продолжительности отверждения наблюдается при следующем составе связующего — 75 % КФ-МТ + 25 % (СДБ + 60 % модификатора А).

Физико-механические показатели плит в зависимости от состава связующего (приведенные к плотности плит 700 кг/м³)

Состав связующего	Физико-механические показатели плит			
	σ_u , МПа	σ_p , МПа	∇h , %	CH ₂ O* г/100 г абс. сухой стружки
100 % КФ-МТ	16,38+0,51	0,37+0,02	28,72+0,68	11,12+0,79
Композиция без модификатора А				
90 % КФ-МТ+10% СДБ	14,07+0,55	0,39+0,02	33,13+1,16	21,46+3,97
80 % КФ-МТ+20% СДБ	14,98+1,00	0,30+0,01	29,50+1,20	19,61+1,30
75 % КФ-МТ+25% СДБ	16,15+0,80	0,35+0,02	23,31+2,24	16,13+3,38
70 % КФ-МТ+30% СДБ	13,96+0,85	0,20+0,03	38,49+1,35	9,16+0,60
Композиция с модификатором А, 20 % от СДБ				
90 % КФ-МТ+10% СДБ	18,13+1,29	0,44+0,02	27,89+1,44	13,83+0,41
80 % КФ-МТ+20% СДБ	16,27+0,29	0,46+0,01	28,78+1,72	20,52+0,55
75 % КФ-МТ+25% СДБ	18,24+1,01	0,39+0,05	23,14+2,15	26,12+0,84
70 % КФ-МТ+30% СДБ	15,59+0,82	0,25+0,04	33,41+1,84	19,97+2,97
Композиция с модификатором А, 40 % от СДБ				
90 % КФ-МТ+10% СДБ	14,84+1,00	0,27+0,03	34,36+1,14	14,73+0,39
80 % КФ-МТ+20% СДБ	16,39+0,79	0,38+0,03	34,40+0,95	26,32+0,10
75 % КФ-МТ+25% СДБ	18,67+1,25	0,41+0,04	17,49+1,05	30,24+0,27
70 % КФ-МТ+30% СДБ	14,65+0,57	0,22+0,03	35,07+1,49	28,97+0,85
Композиция с модификатором А, 60 % от СДБ				
90 % КФ-МТ+10% СДБ	13,92+0,70	0,32_0,02	23,10+1,33	18,95+0,59
80 % КФ-МТ+20% СДБ	16,84+0,88	0,36+0,02	34,27+2,62	19,99+1,88
70 % КФ-МТ+30% СДБ	14,94+0,79	0,30+0,03	42,68+1,41	28,93+0,36

Анализ экспериментальных данных показывает целесообразность изучения влияния технологических факторов процесса прессования на прочностные и экологические показатели плит на связующем следующего состава: 75% КФ-МТ + 25 % (СДБ + 40 % модификатора А).

При этом составе наблюдается максимальная прочность на изгиб (18,67 МПа), минимальное разбухание (17,49 %) и достаточно высокая прочность на растяжение перпендикулярно пласти (0,41 МПа).

Анализ содержания свободного CH₂O в связующем показал, что замена 25 % карбамидоформальдегидной смолы привела к полному связыванию свободного формальдегида в композиции связующего. Это объясняется тем, что модифицированная СДБ имеет значительное количество реакционноспособных групп, способных к взаимодействию с формальдегидом. При этом прочность склеивания высокая. Для обоснования режима прессования ДСП был реализован план на кубе размерности К-4 типа В. Обработка экспериментальных данных

позволила получить следующие уравнения регрессии, адекватно описывающие исследуемый процесс:

— Предел прочности при статическом изгибе:

$$Y_1 = 18,03 - 0,59X_2 + 1,1X_3 - 5,13X_4 - 3,34X_1^2 + 3,68X_2^2 - 1,07X_3^2.$$

— Предел прочности на растяжение перпендикулярно пласти плиты:

$$Y_2 = 0,3173 + 0,035X_2 + 0,0679X_3 + 0,1106X_4^2 - 0,0358X_1 \cdot X_2.$$

— Разбухание плит:

$$Y_3 = 28,88 + 1,78X_1 + 2,99X_2 - 7,25X_3 + 7,74X_1^2 - 11,94X_2^2 + 6,13X_3^2 - 3,8X_4^2 - 1,36X_1 \cdot X_2.$$

— Выделения формальдегида в процессе прессования плит:

$$Y = 34,12 + 5,61X_1 + 4,82X_2 + 3,92X_3 + 0,37X_4 - 0,84X_1^2 - 2,12X_3^2 - 1,53X_4^2 - 3,02X_1 \cdot X_2 - 2,44X_1 \cdot X_3 - 1,23X_1 \cdot X_4 - 1,6X_2 \cdot X_3 - 1,0X_3 \cdot X_4.$$

В уравнениях X₁ — температура прессования, X₂ — расход связующего, X₃ — продолжительность прессования, X₄ — давление прессования.

Ограничения по входным параметрам: $140 < X_1$, 200 (°C); $0,3 < X_2 < 0,6$ (мин/мм); $10 < X_3 < 16$ (%); $2,2 < X_4 < 2,8$ (МПа).

Ограничения по выходным параметрам: $Y_1 > 17,65$ МПа; $Y_2 > 0,343$ МПа; $Y_3 < 30$ %; $Y_4 \rightarrow \min$.

Оптимизация процесса прессования осуществлена на ЭВМ ЕС-1035 и позволила определить параметры факторов режима прессования, обеспечивающего высокие физико-механические показатели плит на совмещенном связующем. Рациональная область прессования ДСП на связующем с модифицированной СДБ: температура прессования — 170 °C; продолжительность прессования — $1,27$ – $0,35$ мин/мм; расход связующего — 12 – 14 %; давление прессования — $2,2$ – $2,4$ МПа.

Выводы

Проведенные исследования показали принципиальную возможность замещения части смолы в связующем СДБ в количестве более 20 %. Применение в составе связующего СДБ и модификатора А в количестве до 30 % позволяет снизить расход связующего при сохранении высоких физико-механических показателей плит. В сравнении с плитами на чистой смоле плиты на совмещенном связующем имеют на 11 – 14 % более высокие показатели на изгиб, на 5 – 11 % на растяжение перпендикулярно пласти, разбухание уменьшилось на 39 %. Такое явление

объясняется наличием дополнительного числа активных функциональных групп, а также наличием чрезвычайно активных компонентов в модификаторе А. Модификатор А вступает в химическое взаимодействие своими карбоильными группами, образуя новые активные центры, а также метилольными и кислотными фрагментами. Введение в связующее СДБ и модификатора А ведет к увеличению выделения формальдегида в процессе прессования плит, что способствует уменьшению токсичности плит в процессе их последующей эксплуатации.

Таким образом, результаты работы подтверждают возможность эффективного использования ЛСТ (отходов целлюлозно-бумажной промышленности) и модификатора А (отходов гидролизного производства) в качестве компонентов связующего, в частности, для производства ДСП. Применение технических лигносульфонатов в качестве смолзаменяющих добавок является одним из перспективных направлений совершенствования технологии изготовления ДСП. Кроме того, в древесине лиственницы содержатся больше смол и до 9 – 17 % водорастворимых камедей, являющихся ценными клеящими продуктами и участвующими в процессе склеивания. Эти особенности лиственницы и сравнительно низкая проникаемость ее древесины повышают эффективность приклеивания древесных частиц, и, следовательно, улучшают физико-механические свойства показателей готовых древесно-стружечных плит.

ЛИТЕРАТУРА

1. DIN EN 312–2010. Particleboards — Specifications; German version EN 312:2010 URL: <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6849046> (дата обращения: 20.04.2023).
2. Анохин Е.А. К методу определения десорбции формальдегида из древесностружечных плит // Древесные плиты. Теория и практика: 4-й Научно-практ. семинар, С.-Петербург, 21–22 марта 2001. — СПб.: Изд-во СПбЛТА, 2000. — С. 80–82.
3. Леонович, А.А. Кремнезем для наполнения карбамидоформальдегидных смол при производстве древесностружечных плит // Проблемы химической переработки древесного сырья: сб. тр. / СПбЛТА. — СПб.: Изд-во СПбЛТА, 2000. — С. 172–174.
4. Разиньков Е.М., Соловецкий В. И. Получение малотоксичных древесностружечных плит // Вест. Центр.-Черноземного регионального отд. наук о лесе АЕН / ВГЛТА. Вып. 1. — Воронеж: ВГЛТА, 1998. — С. 96–101.
5. Разиньков Е.М., Ищенко Т.Л. Снижение токсичности древесных плит и клееных материалов: монография. Saarbrken : Academic Publishing, 2013. — 168 с.
6. Chubov A., Tsaryov G., Matyushenkova E. Exclusive Wood Protection Technique // Russian Forestry Review. — 2008. No. 3. — P. 79.
7. Хотилович П.А. Методы снижения токсичности древесностружечных плит // Проблемы химической переработки древесного сырья: сб. тр. / СПбЛТА. — СПб.: Изд-во СПбЛТА, 2000. — С. 160–163.
8. Шалашов А.П., Бажанов Е.А., Иванов Б.К. Контроль загрязнения воздуха жилых помещений формальдегидом, выделяющимся из древесных материалов и изделий из них // Древесные плиты. Теория и практика: 4-й Научно-практ. семинар, С.-Петербург, 21–22 марта 2001. — СПб.: Изд-во СПбЛТА, 2000. — С. 80–82.
9. Чубинский А.Н., Брутян К.Г. Формирование древесно-стружечных плит пониженной токсичности // Изв. СПбГЛТА. Вып. 186. СПб.: СПбГЛТА, 2009. С. 156–163.
10. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения 10.03.2023).
11. Варанкина Г.С. Снижение токсичности древесных плитных материалов // ЛесПромИнформ №1 (75), 2011. С. 134–139.
12. Русаков Д.С., Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Модификация фенолоформальдегидных смол отходами производства алюминия и целлюлозы // Лесн. журн. 2019. № 2. С. 130–140.
13. Варанкина Г.С. Формирование низкотоксичных клееных древесных материалов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.21.05 / Варанкина Г.С. — СПб, 2015. — 201 с.
14. Кондратьев В.П. Новые виды экологически чистых синтетических смол для деревообработки // Деревообрабатывающая промышленность. — 2002. — № 4. — С. 10–12.

15. Кондратьев В.П., Кондращенко В.И. Синтетические клеи для древесных материалов. — М.: Научный мир, 2004. — 520 с.
16. Лигносulfонаты. Многоцелевое применение. URL: <http://zubk-perm.ru/lingosulfat> (дата обращения 02.03.2023).
17. ГОСТ 14231–88. Смолы карбамидоформальдегидные. Технические условия М.: ИПК Изд-во стандартов, 1989. — 15 с.
18. Маркова Е.В., Лисенков А.В. Планирование эксперимента в условиях неоднородностей. — Л.: Наука, 1973. — 270 с.
19. Разработка рекомендаций по увеличению объема заготовок и комплексному использованию лиственницы в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. Раздел 4. Разработать и освоить технологические процессы изготовления древесностружечных плит из лиственничного сырья с замещением части смол техническими лигносulfонатами производства Амурского ЦКК : отчет о НИР (заключительный) : 5/86 / Хозрасчетное научное объединение ХПИ ; рук. Рязанцев А.А. — Хабаровск, 1987. — 51 с. — Библиогр. : № ГР 01860033261.

© Тищенко Виктор Павлович (004002@pnu.edu.ru); Мищенко Ольга Алексеевна (004907@pnu.edu.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»