

## Пути решения проблемы снижения токсичности композиционных древесных материалов на карбамидо-, фенолоформальдегидных олигомерах

### Ways to solve the problem of reducing the toxicity of composite wood materials based on urea-, phenol-formaldehyde oligomers

*Е.М. РАЗИНЬКОВ, К.А. КОРОЛЕВА, Я.В. БЕЗНОСКО*

*E.M. RAZIN'KOV, K.A. KOROLYOVA, YA.V. BEZNOSKO*

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г.Воронеж  
Voronezh State University of Forestry and Technologies Named after G.F. Morozov  
rasinkov50@mail.ru

Композиционные древесные материалы в виде древесно-стружечных плит (ДСтП) на карбамидоформальдегидных смолах (марок КФ-МТ-15, КФ-НФП и др.) широко используются при производстве мебели. Однако одним из основных недостатков плит является их повышенная токсичность, связанная с выделением из них вредного для человека газа – формальдегида, допустимый уровень которого в виде предельно-допустимой концентрации (ПДК) в воздухе жилого помещения не должен превышать 0,01 мг/м<sup>3</sup> воздуха. В работе показано одно из решений проблемы снижения токсичности ДСтП.

*Ключевые слова:* композиционный материал, древесно-стружечная плита, формальдегид, акцепторы формальдегида

Composite wood materials in the form of chipboards based on urea-formaldehyde resins (grades KF-MT-15, KF-NFP, etc.) are widely used in furniture production. However, one of the main shortcomings of chipboards is their toxicity associated with the release of a gas harmful to humans – formaldehyde. Its maximum permissible concentration in the air of a residential building should not exceed 0,01 mg per m<sup>3</sup> of air. The paper shows one of the solutions to the problem of reducing the toxicity of chipboards

*Keywords:* composition material, chipboard, formaldehyde, formaldehyde acceptors

DOI: 10.35164/0554-2901-2020-7-8-61-64

#### *Введение*

Как показали наши исследования, в связи с низким ПДК производимые в настоящее время отечественной промышленностью плиты по ГОСТ 1632-2014 [1] можно эксплуатировать в жилом помещении только при малой насыщенности ими объема помещения. Лишь при такой насыщенности в воздухе помещения концентрация формальдегида будет на уровне ПДК. Так, например, для жилого помещения площадью 20 м<sup>2</sup> (с высотой потолка 2,5 м) предельная насыщенность при использовании корпусной мебели, составит всего 4,2 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> воздуха при условии, что мебель изготовлена из плит с классом эмиссии формальдегида Е1. При использовании плит класса Е0,5 она составит 6,56 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> воздуха. При наличии в комнате мебели для сидения и лежания, кроватей с мягкими спинками и элементами или напольных покрытий эта насыщенность будет еще меньше и составит от 1,15 до 2,6 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> воздуха. В действительности в подавляющем большинстве жилых помещений насыщенность плитами объема воздуха намного больше.

#### *Постановка проблемы*

В таблице 1 приведены требования к ДСтП по выделению из них формальдегида. Однако производимые отечественной промышленностью древесно-стружечные плиты имеют высокую токсичность, связанную с выделением из них вредного для человека газа – формальдегида. Так, по принятым в России методам испытаний плит из ДСтП выделение формальдегида превышают норму в 17, а из OSB – в 15 раз [11]. Этот недостаток плит является большой проблемой при использовании их в жилых помещениях.

Целью нашей работы являлось выявить основные факторы, оказывающие влияние на выделение из плит формальдегида, и на основе своих исследований сформулировать рекомендации по снижению токсичности ДСтП.

На выделение формальдегида из плит оказывает влияние большое количество факторов.

**Таблица 1. Предельно-допустимые нормы выделения формальдегида в воздух в зависимости от класса эмиссии не ламинированных ДСтП (ГОСТ 10632-2014 [4]).**

Класс эмиссии формальдегида	Предельно допустимые нормы содержания формальдегида в плите, установленные перфораторным методом, мг/100 г абс. сухой плиты	Предельно допустимые нормы выделения формальдегида из плиты в воздух, установленные методом испытания в климатической камере, мг/м <sup>3</sup> воздуха
Е0,5	до 4,0 включ.	до 0,08 включ.
Е1	от 4,0 до 8,0 включ.	от 0,08 до 0,124 включ.
Е2	от 8,0 до 20,0 включ.	от 0,124 до 0,5 включ.

*Мольное соотношение карбамида к формальдегиду* при производстве смол является одним из главных факторов, оказывающих влияние на содержание свободного формальдегида в готовых смолах.

Основные особенности изготовления малотоксичных смол связаны с уменьшением в исходной рецептуре избытка формальдегида, а также изменением технологических режимов конденсации смол с целью более полного связывания формальдегида в готовой смоле. Однако снижение в рецептуре избытка формальдегида связано с технологическими трудностями производства смол, так как для получения смол с хорошей клеящей способностью необходим определенный избыток формальдегида.

В настоящее время получены малотоксичные смолы с мольным соотношением карбамида к формальдегиду (К:Ф от 1:1 до 1:1,28); КФ-02М и КФ-02 (ТУ 13-2700005-176-89); СК-75 (ТУ 13-194-74); КФ-МТ-15КП (ТУ 13-11-01-89); КФ-МТ-15 (ТУ 6-06-12-88); КФ-01 (ТУ 011-13-04-08-87); КФ-НФП с содержанием свободного формальдегида 0,10–0,15%.

В значительном количестве работ [3–9] указывается, что чем больше содержание свободного формальдегида в смоле, тем сильнее его эмиссия.

*Модификация смол.* Для снижения выделения из смол формальдегида применяют способ их модификации – добавление к смолам меламина, терпеновой и других кислот.

*Длительность хранения смол* оказывает влияние на содержание в смолах свободного формальдегида. Причиной этому является углубление процесса поликонденсации смол.

*Расход смолы* или ее содержание в ДСтП оказывает большое влияние на выделение формальдегида из готовых плит. Количество выделяющегося из плит формальдегида не пропорционально количеству внесенной в них смолы, но чем больше в ДСтП смол, тем выше токсичность плит.

*Концентрация и полнота отверждения* также оказывает влияние на выделение из плит формальдегида. Повышение концентрации смолы способствует снижению выделения из плит формальдегида.

*Температура и продолжительность прессования плит.* Температура и продолжительность прессования оказывают большое влияние на выделение из плит формальдегида. Повышение температуры и продолжительности прессования способствует увеличению выделения формальдегида из плит во время их прессования, а следовательно, уменьшают его количество в готовых плитах.

*Режим сушки древесных частиц (стружки)* также оказывает влияние на выделение из плит формальдегида. При сушке древесных частиц выделяется формальдегид за счет термических и гидролитических реакций разложения древесины. Так при сушке стружки от влажности 12% до 5% выделение формальдегида не настолько значительно, а после 5% – более значительно.

*Термообработка плит* приводит к увеличению выделения формальдегида в 1,4–1,8 раза в зависимости от продолжительности выдержки плит после изготовления и температуры воздуха в испытываемой камере, что связано с деструкцией смолы. Из зарубежных данных также известно, что при воздействии температуры на готовые плиты смолы в них подвергается деструкции, в первую очередь гидролитическому разложению, что способствует дополнительному выделению формальдегида. Термообработка плит на карбамидоформальдегидном связующем приводит к снижению (почти в два раза) выделения из них формальдегида.

*Температура воздуха окружающей среды.* Температура воздуха окружающей среды оказывает значительное влияние на выделение из плит формальдегида. С увеличением температуры растет и выделение из плит формальдегида.

*Относительная влажность воздуха* оказывает влияние на концентрацию формальдегида в воздухе помещения, в котором эксплуатируются плиты. Повышение относительной влажности воздуха выше 60% приводит к увеличению концентрации формальдегида в воздухе, а понижение ее ниже 60% – к уменьшению.

*Насыщенность плитами объема воздуха.* Насыщенность по общепринятой терминологии – это отношение площади поверхности материала к объему помещения. Увеличение насыщенности плитами объема воздуха приводит к росту концентрации в нем формальдегида.

*Величина и кратность воздухообмена* оказывают влияние на концентрацию формальдегида в воздухе. С увеличением воздухообмена концентрация в воздухе формальдегида снижается, а интенсивность его выделения возрастает.

*Использование методов обработки и отделки.* Метод ФД-ЕХ фирмы Веркор (Бельгия) основан на трехступенчатой обработке готовых плит в камерах, последовательно расположенных друг за другом [9].

В одной части камеры плита обрабатывается аммиаком, в другой – с поверхностных слоев удаляется аммиак путем вентиляции. В третьей части камеры плита обрабатывается воздухом, насыщенным муравьиной кислотой, чтобы избежать выделения из плиты аммиака. Аммиак, взаимодействуя с муравьиной кислотой, образует соль – муравьино-кислый аммоний.

Образующаяся соль вступает в химическое взаимодействие с находящимся во внутренних слоях формальдегидом, снижая тем самым его выделение в окружающую среду.

Плита покидает камеру, пройдя через секцию обработки.

По данным фирмы Веркор, физико-механические свойства плит из-за обработки их в камере не изменяются.

В камере можно обрабатывать плиты как непосредственно после их прессования, так и плиты, находящиеся на складе готовой продукции. Общее время нахождения в камере одной плиты толщиной 12 и 20 мм составляет соответственно 4 мин. 30 с и 6 мин. 50 с.

*Обработка плит влагой и сернистым газом* состоит в следующем. Плиты помещают в камеру, в которую подают пар. Пар, смешиваясь с воздухом, распределяется вентиляторами по объему камеры (на 1 кг сухого воздуха приходится около 13 кг воды). Затем в камеру подают сернистый газ (соотношение сернистого газа к воздуху 50:106). Выдержка плит в камере производится около 80 часов. При этом выделение формальдегида из древесностружечных плит уменьшается на 50–75%.

*Обработка плит в атмосфере аммиака* основана на выдержке плит в закрытом помещении в атмосфере аммиака. Количество аммиака составляет около 0,8–1,0% от массы плит. Такой метод обработки позволяет снизить в 3,3 раза количество выделяющегося из готовых плит формальдегида. По мнению автора [10], аммиак связывает латентные кислоты, находящиеся в древесных частицах, и тем самым способствует снижению выделения из плит формальдегида.

Кроме этих методов применяют другие – обработка плит горячим и холодным воздухом в специальных камерах, карбамидом, растворенным в поливиниловом спирте, казеином или гидразин-сульфатом, дисперсиями, поливиниловыми спиртами, поливинилхлоридными с различными присадками.

Одни из этих методов основаны на испарении из плит влаги, вместе с которой удаляется формальдегид (обработка плит воздухом), другие – на связывании химическим веществом выделяющегося из плит формальдегида.

Однако такие методы, хотя и позволяют снизить выделение формальдегида из готовых плит, но в недостаточной степени.

*Отделка плит* шпоном, бумагой, лаками, красками значительно снижает выделение из плит формальдегида. Облицовывание плит березовым шпоном, отделка их полиэфирным лаком, масляной краской дает возможность уменьшить количество выделяющегося из плит формальдегида до 6 раз по сравнению с контрольными образцами.

*Использование в технологии ДСтП акцепторов формальдегида.* По различным отечественным и зарубежным данным наиболее эффективным методом снижения выделения формальдегида из плит является метод, основанный на использовании в процессе производства плит акцепторов формальдегида, т.е. химических веществ, которые в процессе производства плит эффективно вступают с формальдегидом в реакцию взаимодействия. Сложность вопроса поиска таких веществ состоит, во-первых, в том, что по известным литературным данным формальдегид взаимодействует с ограниченным количеством химических веществ, многие из которых труднодоступны, дороги и требуют специального получения. Во-вторых, не все из известных химических веществ могут быть применены в технологии производства плит по различным причинам – летучи при повышенной температуре, взрывоопасны и т.д.

Работы зарубежных авторов по поиску отвердителей карбамидоформальдегидных смол, взаимодействующих с формальдегидом, показали, что наиболее эффективным из них является хлористый аммоний, особенно в комбинации с аммонием.

Из азотистых соединений за рубежом используются гидразин, пиридон, оксазолы, имидазолы. Кроме этих соединений используются низкомолекулярные лигнины, прежде всего – лигносульфиновая кислота, которая обычно используется в качестве присадки к формальдегидным смолам.

По данным [12], в технологии ДСтП можно использовать летавин, который запатентован авторами для использования. По мнению авторов, при использовании летавина можно производить плиты классов E0,5 или E1. Однако при апробации своих результатов на древесно-волоконистых плитах средней плотности (МДФ) авторы получали выделение формальдегида из плит не более 8 мг/100 г абсолютно сухой плиты по перфораторному методу испытаний. Аналогичные результаты получены и на ДСтП, хотя это маловероятно, поскольку в ДСтП количество смолы примерно в два раза больше, чем в плитах МДФ.

Корпорация «Электрогорскмбель», «Кроношпан», «Томлесдрев» [13] приводят результаты испытаний ламинированных ДСтП, где в качестве облицовочного слоя применялась пленка на основе бумаги с содержанием меламина не менее 35 г/м<sup>2</sup>. Испытания показали возможность получения плит класса эмиссии формальдегида E0,5. Однако, по их данным, «использование меламина в производстве приводит не только к улучшению качества плит, но и к повышению стоимости. Так, плиты класса E 0,5 подорожают в среднем на 15%, а плиты МДФ – не менее, чем на 20%».

Томлесдрев и Томский государственный университет предлагают для снижения выделения формальдегида из ДСтП глиоксаль и гликоурил. С помощью гликоурила происходит связывание свободного формальдегида, а глиоксаль необходим для образования пространственной сетки в отвержденной смоле в период горячего прессования плит. Однако положительный эффект от использования этих препаратов небольшой, а цена препаратов высокая.

В зарубежной практике для этой цели в смолы рекомендуется вводить модифицирующие добавки (карбамид, резорцин, смесь карбамида с резорцином, поливиниловый спирт, борогидриты щелочных и щелочноземельных металлов, а также соли аминов и иминов, образованные серной кислотой и фенолсульфокилотами с карбамидом, дициандиамином, меламином и другими аминами).

Запатентован способ введения в состав связующего карбамида и карбоксиметилцеллюлозы в количестве 100 мас.ч. карбамида и 4 мас.ч. карбоксиметилцеллюлозы на 100 мас.ч. связующего (патент Японии № 5217048). Выделение формальдегида из связующего через два дня после его отверждения составляет всего 0,019%. В Чехии для снижения токсичности в карбамидоформальдегидную смолу добавляют водный раствор тетрабората натрия в количестве, составляющем 0,05–2% (преимущественно 1–2%) от массы смолы. При этом содержание формальдегида в связующем для ДСП снижается до 0,005%. Однако по причине малой изученности препаратов и их эффективности для связывания формальдегида, а также довольно затратной технологии их применения, препараты не получили практического использования.

В отечественной практике производства ДСтП на большинстве предприятий используют карбамид (мочевину), который вводят в карбамидоформальдегидную смолу (КФС). В основе связывания формальдегида с карбамидом лежит химическая реакция, основанная на выделении аммиака при термопревращениях карбамида с последующей реакцией аммиака с формальдегидом с образованием ГМТА – гексаметилентетрамина (уротропина) и выделением воды. Положительной стороной использования карбамида является его доступность, невысокая стоимость, простота введения в смолу. Но недостатком использования карбамида является его низкая эффективность по связыванию формальдегида. Карбамид гидролизует и при нагревании выше температуры 132°C термически превращается в цианат аммония NH<sub>4</sub>OCN, аммиак NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> и далее в биурет. В присутствии воды, которая находится во влажной стружке в момент прессования, из NH<sub>3</sub> образуется гидроксид аммония NH<sub>4</sub>OH с щелочной реакцией. Такая среда препятствует кислотному катализу карбамидо-формальдегидного (КФ) олигомера, ухудшает процесс отверждения и структуру образующегося КФ-полимера. Незавершенность отверждения компенсируют повышенным расходом КФС, что, в свою очередь, увеличивает образование CH<sub>2</sub>O. Все это позволяет получать ДСтП с содержанием в них формальдегида не ниже 10–15 мг/100 г абс. сухой плиты, а древесно-волоконистые плиты (ДВП) высокой плотности – не ниже 13,4–25,6 мг/100 г [14]. Кроме того, карбамид замедляет скорость реакции отверждения смолы, использование его во внутреннем слое ДСтП вообще нецелесообразно в связи с существенным ухудшением физико-механических свойств плит. В последние годы некоторые предприятия освоили выпуск плит на карбамидомеламиноформальдегидных смолах, позволяющих получать плиты классов эмиссии формальдегида E0,5; E1. Однако использование этих смол связано со значительным увеличением себестоимости плит, что сдерживает широкое внедрение этих смол.

Основным результатом наших работ в решении проблемы снижения выделения из ДСтП формальдегида и уменьшения токсичности ДСтП являлось нахождение и внедрение в практику эффективного способа обработки плит, основанного на использовании в

технологии плит не только малотоксичных смол с низким содержанием в них свободного формальдегида, но и химических препаратов комплексного действия, которые одновременно выполняют роль акцепторов формальдегида, а также являются хорошими антисептиками и отвердителями смол [15–19].

Как показали исследования, наиболее эффективными химическими веществами комплексного действия являются такие как: пентахлорфенолят натрия – ПХФН; хромомедноборное соединение ХММББ-3324, включающее в себя бихромат натрия, медный купорос, буру и борную кислоту в массовом соотношении 3:3:2:4; кремнефтористый аммоний – КФА. Все эти химические вещества применяются при пропитке древесины с целью ее био-, огнезащиты. Использование этих препаратов в количестве 1,5–2,0% от массы абсолютно сухой стружки обеспечивает получение ДСтП классов эмиссии формальдегида E0,5; E1.

Но технология использования этих акцепторов имеет свои особенности. По нашим данным, при использовании в технологии ДСтП ПХФН необходимо увеличивать (примерно в два раза) содержание отвердителя в связующем. Использование в технологии КФА приблизительно на 10–15% снижает физико-механические свойства плит. Для получения плит с требуемыми физико-механическими свойствами требуется вводить в стружечно-клеевую смесь дополнительное количество смолы, хотя это и увеличивает себестоимость производства плит.

Наши исследования показали, что для производства древесно-стружечных плит пониженной токсичности в качестве связующего плит целесообразно использовать не карбамидоформальдегидные, а фенолоформальдегидные смолы, в частности, смолу марки СФЖ-3014. Эта смола, хотя и содержит в своем составе 0,15% свободного формальдегида, но как показали наши результаты, плиты на этой смоле имеют намного меньшую токсичность. Кроме пониженной токсичности полученные плиты дополнительно обладают повышенной био-, атмосферостойкостью по сравнению с плитами с использованием карбамидоформальдегидных смол. Однако использование смолы СФЖ-3014 в технологии ДСтП требует увеличения продолжительности горячего прессования [20–21].

#### Заключение

Выпускаемые отечественной промышленностью древесно-стружечные плиты на карбамидоформальдегидных смолах имеют повышенную токсичность к человеку за счет выделения из них вредного газа – формальдегида.

Для снижения выделения из плит формальдегида существует много методов, однако наиболее эффективным из них является использование в технологии акцепторов формальдегида или же препаратов, которые одновременно являются акцепторами формальдегида, антисептиками, отвердителями смол. Такими препаратами являются ПХФН, ХМББ-3324, КФА. Содержание этих препаратов в плите в количестве 1,5–2,0% от массы абсолютно сухой стружки позволяет получать плиты классов эмиссии формальдегида E0,5; E1.

Достаточно эффективным способом снижения выделения из ДСтП формальдегида является замена карбамидоформальдегидных смол на фенолоформальдегидные, в частности, на смолу марки СФЖ-3014, а также использование в технологии меламинсодержащих смол.

#### Литература

1. ГОСТ 10632-2014. Плиты древесно-стружечные. Технические условия.
2. Roffael, E.: Messung der Formaldehydabgabe. Praxisnahe Methode zur Bestimmung der Formaldehydabgabe harnstoffharzgebundener Spanplatten. Holz-Zentralblatt 101, 1975, 1403–1404.
3. Petersen, H., Reuther, W., Eisele, W. und O. Wittmann. 1974: Zur Formaldehydabspaltung bei Spanplattenerzeugung mit Harnstoff-Formaldehyd-Bindemitteln; 3. Mitt.: Der Einfluss von Harterart, Hartermenge und formaldehydbindenden Mitteln. Holz Roh-Werkstoff 32, 402–410.
4. Petersen, H., Reuther, W., Eisele, W. und O. Wittmann. 1972: Zur Formaldehyd-Abspaltung bei der Spanplattenerzeugung mit Harnstoff-Formaldehyd-Bindemitteln. Holz Roh-Werkstoff 30, 429–436.

5. Kubitzky, C. 1972: Verwendung von Molekulverbindungen als Zusatz zu Klebstoffen auf Basis von Formaldehyd abspaltenden Kondensaten. DBR 22 06 696.
6. Petersen, H., Reuther, W., Eiselen, W. und O. Wittmann. 1973: Zur Formaldehydfbspaltung bei der Spanplattenerzeugung mit Harnstoff-Formaldehyd-Bindemitteln; 2. Mitt.: Der Einfluss von Festharzmenge, Presszeit und Presstemperatur. Holz Roh-Werkstoff 31, 463–469.
7. Roffael, E. 1976: Einfluss des Formaldehydgehalts in Harnstoff-Formaldehydharzen auf ihre Reaktivität und die Formaldehydabgabe damit gebundener Spanplatten. Holz Roh-Werkstoff 34, 385–390.
8. Marutzky, R., Roffael, E. und L. Ranta. 1979: Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen dem Molverhältnis und der Formaldehydabgabe bei Harnstoff- Formaldehyd-Leimharzen. Holz Roh-Werkstoff 37, 303–307.
9. Maderthaler, W. A. und J. B. Verbestel. (1980): Formaldehydarme Spanplatten durch Gasbehandlung. Ein Verfahren zur Verringerung der Formaldehydabgabe fertiggedruckter Holzwerkstoffplatten. Holz-Zentralblatt 107, 1917–1918.
10. Roffael, E. 1980 (b): Holzspane-Ammoniak-Stickstoffgehalt-pH-Wert. WKI-Kurzbericht 8/80.
11. Бардонов В.А. Уровень миграции вредных летучих химических веществ из древесных плит, фанеры и мебели. «Внедрение новой системы сертификации древесных композиционных материалов – ЕРА «Агентства по охране окружающей среды США». Сборник научных трудов по итогам семинара от 07-08 декабря 2017 г. – Балабаново: ООО ЦСЛ «Лессертика», под общей редакцией В.А. Бардонова, 2017. – с. 182–197
12. Шпакович В.Г., Леонович А.А., Войтова Т.Н. Применение левина в качестве компонента древесных плит на основе амидоформальдегидного связующего. Патент РФ 2535737.
13. Последние разработки для снижения токсичности ДСП. info.ssd.su. Мебельный рынок item.php id=2210
14. Леонович А.А. Модифицированные лигносульфонаты для получения низкотоксичных древесно-стружечных плит. А.с. 1237433 СССР, МКИ<sup>5</sup> В27N 3/02; Оpubл. 15.06.86, Бюл. №22
15. А.с. 1047938 СССР. Пресс-масса для изготовления древесно-стружечных плит [Текст] / Е.М. Разиньков, Н.И. Станкевич, В.А. Цендровская (СССР). – опубл. 1983, Бюл. № 38. – 1 с.
16. А.с. 994521 СССР. Добавка к композиции для изготовления древесно-стружечных плит [Текст] / Е.М. Разиньков, В.М.Рябов, Н.И. Станкевич, В.А. Цендровская (СССР). – опубл. 1983, Бюл. № 5. – 1 с.
17. Пат. 2209819 РФ, МКИ 7 C08 L 97/02. Пресс-масса для изготовления древесно-стружечных плит [Текст] / Е.М. Разиньков, Л.В. Пономаренко; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. – № 2001112524/04; заявл. 07.05.01; опубл. 10.08.03, Бюл. №22. – 10 с.
18. Разиньков, Е.М. Комплексные препараты для производства малотоксичных ДСтП [Текст] Е.М. Разиньков // Технология древесных плит и пластика: сборник трудов / УрЛТА. – Екатеринбург, 1999. – С. 74-79
19. Разиньков, Е.М. Использование кремнефтористого аммония в качестве отвердителя карбамидоформальдегидных смол [Текст] / Е.М. Разиньков // Лесной журнал. – 2001. – № 5,6. – С. 76–80.
20. Применение фенолоформальдегидных смол в производстве древесно-стружечных плит [Текст] / Е.М. Разиньков // Химия и применение фенолальдегидных смол : тезисы докладов Республиканской конференции. – Таллин, 1982. – С. 83–84.
21. Выделение формальдегида из древесно-стружечных плит на различных связующих [Текст] / Е.М. Разиньков, В. С. Мурзин // Материалы 12 симпозиума по клеям, Словакия. – Зволен, 1995. – С. 23–31.