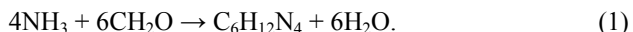


Д.В. Иванов, А.А. Леонович, А.С. Мазур

**О МЕХАНИЗМАХ ДЕЙСТВИЯ И СПОСОБАХ ОЦЕНКИ
ЭФФЕКТИВНОСТИ АКЦЕПТОРОВ ФОРМАЛЬДЕГИДА
В ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТАХ**

Введение. Современные концепции снижения токсичности древесных плит с помощью акцепторов формальдегида (СН₂О) базируются на прямом или опосредованном химическом связывании вредных летучих веществ [Леонович, Иванов, 2017]. При прямом механизме акцептор непосредственно взаимодействует с СН₂О, преимущественно по реакции присоединения. При опосредованном действии, получившем наибольшее распространение в промышленности, акцептор в условиях горячего прессования выделяет аммиак (NH₃), который вступает в реакцию с СН₂О с образованием гексаметилентетрамина (реакция 1):



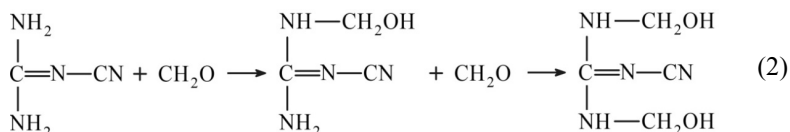
Опосредованный механизм позволяет обеспечить достаточно полное связывание формальдегида, поскольку и СН₂О и NH₃ находятся в газообразном состоянии, что способствует максимально возможному фазовому контакту реакции. Наиболее прогрессивными считаются акцепторы с заданным температурным интервалом действия, которые образуют NH₃ при достаточной глубине отверждения связующего [Леонович, Войтова, Шпаковский, 2015]. Такие акцепторы вводятся в наружные слои, поскольку температура внутреннего слоя намного ниже; образовавшийся при их термopевращении NH₃ переходит во внутренний слой.

Существующая технология изготовления древесноволокнистых плит (в частности MDF) не предусматривает разделения потока древесных частиц на стадии осмоления, поэтому послойный ввод добавок не представляется возможным. В условиях равномерного распределения по всему объёму плиты существующие акцепторы опосредованного действия будут либо выделять NH₃ при температуре отверждения связующего, снижая уровень качества MDF, либо смогут действовать только в наружных слоях, а во внутреннем останутся в неработающем состоянии. В связи с этим для рационального связывания формальдегида в условиях технологии MDF тре-

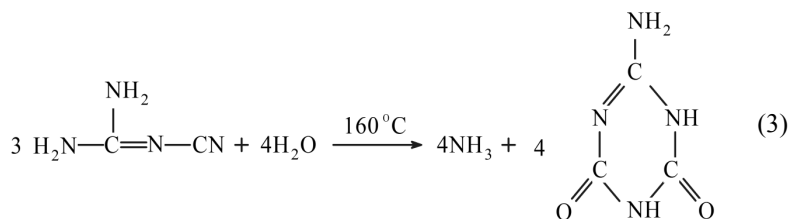
буется найти акцепторы, способные с одинаковой эффективностью действовать как в условиях внутреннего, так и в условиях наружных слоёв плиты без отрицательного влияния на процесс отверждения связующего.

Представляется целесообразным объединение прямого и опосредованного механизмов при комплексном действии одного и того же акцептора. Комплексный механизм подразумевает образование NH_3 при температуре наружных слоёв плиты и непосредственное взаимодействие с CH_2O по реакции присоединения (без повышения величины pH) при температуре внутреннего слоя.

В качестве объекта исследования выбрали дициандиамид ($\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4$) – аминитрил, известный как сырьё для производства дициандиамидоформальдегидных смол [Вирпша, 1973]. Начиная с 70°C , он вступает в реакцию с формальдегидом по аминогруппам с образованием моно- и диметиллолдициандиамида (реакция 2). Это можно использовать для связывания CH_2O в условиях внутреннего слоя MDF:



При температуре от 160°C в присутствии водяного пара он образует NH_3 и амид (реакция 3), что открывает возможность для реализации его опосредованного действия:



Ставится задача изучения возможности двух механизмов действия для получения химически безопасных в отношении эмиссии формальдегида MDF, а также способов оценки акцепторов с технической и химической позиций.

Методика исследования. Использовали дициандиамид технический (ГОСТ 6988–73) фракции 0,5/–. Превращения $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4$ изучали на моделях в виде образцов MDF толщиной 4 мм, изготовленных при температуре

греющих плит пресса 130 °С для моделей внутреннего слоя и 220 °С для моделей наружных слоёв. Такой подход позволил рассмотреть каждый слой в отдельности.

Использовали карбамидоформальдегидную смолу (КФС) марки КФ-МТ-15 с массовой долей 20% от массы абс. сух. плиты. В качестве отвердителя брали сульфат аммония – 1% от массы абс. сух. смолы. Массовая доля $C_2H_4N_4$ в композиции составляла 1,5% от массы абс. сух. плиты. Его вводили отдельно от связующего в виде сухого порошка на стадии формирования брикета. Гидрофобизатор для чистоты эксперимента не использовался. Продолжительность прессования составляла 0,3 мин/мм толщины.

Определяли физико-механические свойства моделируемых плит по ГОСТ 32274–2013. Содержание формальдегида определяли усовершенствованным методом WKI с использованием ацетилаcetона [Васильев, 2016]. Превращения $C_2H_4N_4$ исследовали путём изучения спектров твёрдотельного ЯМР ^{13}C .

Техническую оценку эффективности $C_2H_4N_4$ как акцептора формальдегида выражали через коэффициент эффективности (e), как разницу массы формальдегида в образце без акцептора (E_k , мг) и массы CH_2O в образце с акцептором (E_p , мг), отнесённую к массе формальдегида в образце без акцептора:

$$e = \frac{E_k - E_p}{E_k}. \quad (4)$$

Результаты исследования. При изучении спектров твёрдотельного ЯМР (рис. 1) удалось зафиксировать изменения интенсивности пиков, относящихся к химическим сдвигам ядер ^{13}C в КФС и продуктах превращения $C_2H_4N_4$ (табл. 1).

В случае образцов с $C_2H_4N_4$, изготовленных при 220 °С, имеет место увеличение площади пика в области 45...50 ppm, где наблюдается химический сдвиг, характерный для метиленовой связи ($-CH_2-$). Поскольку для образцов без $C_2H_4N_4$ площадь пика значительно меньше, можно говорить об отношении идентифицированных ядер к связям $-CH_2-$ в гексаметилентетраамине, образованном по реакции 1 при термопревращении $C_2H_4N_4$. При рассмотрении образцов с $C_2H_4N_4$, изготовленных при 130 °С, также наблюдается незначительное увеличение количества метиленовых связей.

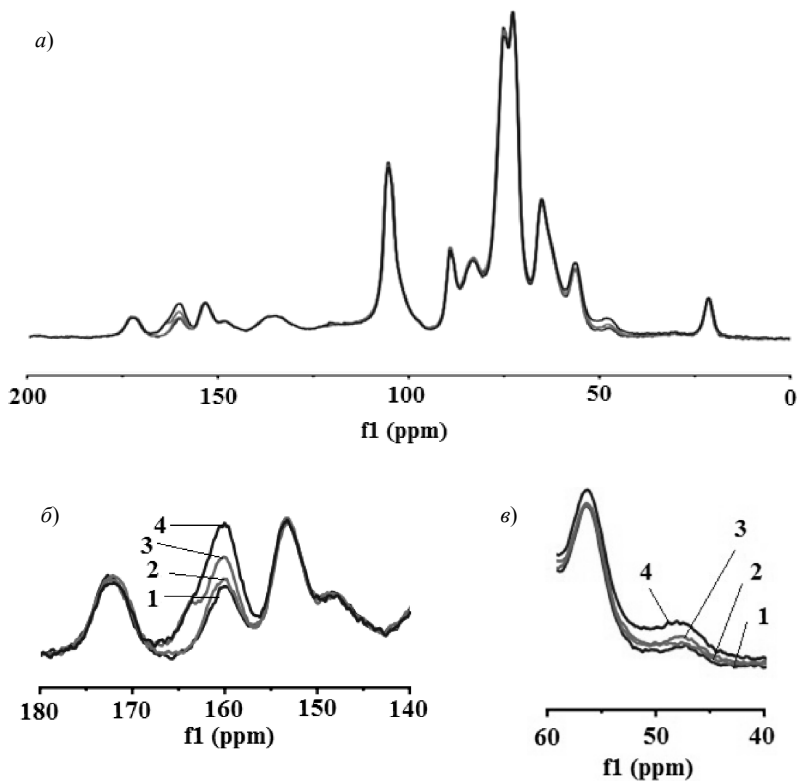


Рис. 1. ЯМР спектры образцов MDF, нормализованные по пику 21,30 ppm:

а) общий спектр; б) спектр, увеличенный в области 140... 180 ppm;

в) спектр, увеличенный в области 40... 60 ppm

1 – спектр образца без акцептора, изготовленного при 130 °С; 2 – спектр образца без акцептора, изготовленного при 220 °С; 3 – спектр образца с акцептором, изготовленного при 130 °С; 4 – спектр образца с акцептором, изготовленного при 220 °С

Fig. 1. NMR spectrums of MDF samples normalized to the peak of 21,30 ppm:

a) joint spectrum; б) spectrum, increased in the area of 140... 180 ppm;

в) spectrum, increased in the area of 40... 60 ppm

1 – spectrum of the sample without acceptor made at 130 °C; 2 – spectrum of the sample without acceptor, made at 220 °C; 3 – spectrum of the sample with acceptor made at 130 °C; 4 – spectrum of the sample with acceptor made at 220 °C

Таблица 1

**Химические сдвиги ядер ^{13}C , характерные для КФС
и продуктов превращения дициандиамида**

**The spectrum of ^{13}C nuclei typical for UF-resin and conversion products
of cyanoguanidine**

Обозначение группы	Химический сдвиг, ppm	Площадь пика, нормализованная по пику 21,30 ppm			
		Образцы без акцептора		Образцы с акцептором	
		130 °C	220 °C	130 °C	220 °C
>C = O	155...160	0,75	0,77	1,10	1,50
-CH ₂ -	45...50	0,46	0,47	0,53	0,80
-CH ₂ OH	55...60	2,04	2,08	2,20	2,50

Наиболее заметны изменения в области 160 ppm, где наблюдается химический сдвиг карбонильной группы (>C = O). В случае образцов без акцептора площадь пика практически не меняется с увеличением температуры прессования, однако при добавлении модификатора наблюдается значительный рост количества групп >C = O, что указывает на превращение $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4$. При этом имеет место зависимость характера изменений от температуры прессования. В условиях наружного слоя резкое увеличение количества карбонильных групп может служить подтверждением образования аммелида по реакции 3; в условиях внутреннего слоя возможен частичный гидролиз $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4$ с образованием гуанилмочевины [Вирпша, 1971].

Менее заметны изменения в области 55...60 ppm, где наблюдается химический сдвиг гидроксиметильных групп (-CH₂OH). Небольшое увеличение площади пика можно наблюдать для образцов, изготовленных при температуре внутреннего слоя с использованием $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4$, что может являться косвенным свидетельством связывания формальдегида по реакции 2. Однако незначительная разница говорит о том, что связывание формальдегида по прямому механизму идёт не так активно, как по опосредованному. Увеличение числа гидроксиметильных групп наблюдается также для образцов, изготовленных с $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4$ при температуре наружных слоёв.

При рассмотрении качественных изменений, произошедших при термопревращениях $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4$, важно отметить, что как при 130 °C, так и при 220 °C, акцептор может действовать и по прямому и по опосредованному механизмам. Однако сопоставление площадей пиков позволяет установить преобладание при температуре наружных слоёв опосредованного механизма, а

при температуре внутреннего слоя – прямого. О разном характере термопревращений $C_2H_4N_4$ можно судить при рассмотрении горизонтальных разрезов образцов MDF (рис. 2). Образец, изготовленный при 220 °С, не содержит частиц модификатора, в то время как образец, изготовленный при 130 °С, содержит порошок в виде белых включений в структуре плиты.

Из данных, представленных в табл. 2, следует, что при 130 °С дициандиамид снижает прочность, в то время как при 220 °С прочность его не меняется. При температуре внутреннего слоя из-за наличия на поверхности древесных частиц крупнодисперсного порошка ухудшается межволоконное взаимодействие. При температуре наружных слоёв наблюдаются термопревращения $C_2H_4N_4$, в ходе которых частицы порошка частично разрушаются и перестают препятствовать процессам образования плиты. Важно, что термопревращения с образованием NH_3 идут по завершении процесса отверждения связующего, не ухудшая, таким образом, прочность плиты.

При добавлении $C_2H_4N_4$ наблюдается увеличение разбухания при температурах как внутреннего, так и наружных слоёв. Негативное влияние акцептора на водостойкость можно объяснить гидрофильностью самого $C_2H_4N_4$ и продуктов его превращений. Отсутствие гидрофобизатора в рецептурах моделей определяет завышенную величину разбухания для всех образцов.

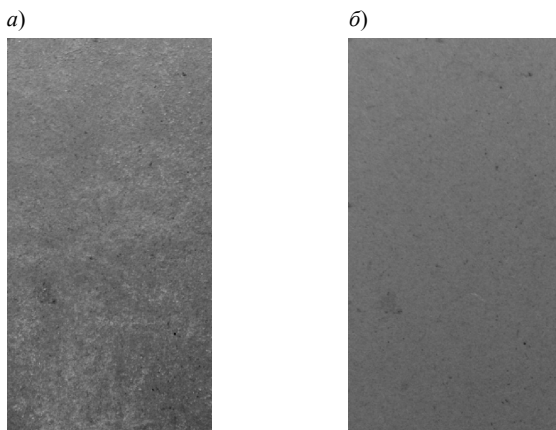


Рис. 2. Горизонтальные разрезы образцов MDF, изготовленных с использованием дициандиамида: а) образец, изготовленный при 130 °С; б) образец, изготовленный при 220 °С

Fig. 2. Horizontal incision of MDF samples, made using cyanoguanidine: а) sample made at 130 °С; б) sample made at 220 °С

Таблица 2

**Физико-механические свойства MDF, изготовленных
при температуре прессования 130 и 220 °С**

Physic-mechanical properties of MDF made at temperature 130 and 220 °С

Показатель	Выходной параметр			
	Образцы без акцептора		Образцы с акцептором	
	130 °С	220 °С	130 °С	220 °С
Плотность, кг/м ³	850	842	856	844
Прочность при изгибе, МПа	44	52	39	54
Разбухание по толщине за 2 ч, %	24	26	29	34
Разбухание по толщине за 24 ч, %	28	30	33	36
Содержание формальдегида, мг/100 г	34,3	15,4	29,1	6,5

Рассчитанный по формуле (4) коэффициент эффективности для $C_2H_4N_4$ при температуре внутреннего слоя составил 0,15 (15% связанного CH_2O), а при температуре наружных слоёв – 0,58 (58% связанного CH_2O). Разная эффективность модификатора косвенно подтверждает разные механизмы действия при разных температурах и говорит о повышенной эффективности $C_2H_4N_4$, находящегося в наружных слоях древесной плиты. Предположительно низкое значение e для внутреннего слоя обусловлено низкой скоростью реакции при 130 °С, по сравнению с 220 °С, и недостаточным фазным контактом реакции между акцептором и CH_2O . Ожидаемо: находящийся в твёрдом агрегатном состоянии $C_2H_4N_4$ сильно уступает по своей связывающей способности NH_3 , образуемому при температуре наружных слоёв.

Если рассмотреть глубину химических превращений по реакциям 1 и 2, то окажется, что количество вступившего во взаимодействие с акцептором CH_2O крайне низкое при любых условиях. Оценку реакции давали через отношение количества связанного формальдегида ($N_{св}$, моль) к теоретически максимально возможному количеству CH_2O , которое вступило бы во взаимодействие с акцептором (N_{max} , моль). В качестве оценочного показателя ввели *степень полноты взаимодействия* (i), выраженную в процентах.

Для расчёта i требуется вычислить $N_{\text{св}}$ и N_{max} . Зная молярную массу формальдегида (30,03 г/моль), рассчитывали количество связанного CH_2O по формуле

$$N_{\text{св}} = \frac{E_{\text{к}} - E_{\text{р}}}{30,03 \cdot 1000}, \quad (5)$$

где $E_{\text{к}}$ – масса формальдегида в образце без акцептора, мг; $E_{\text{р}}$ – масса формальдегида в образце с акцептором, мг.

Для вычисления N_{max} сначала рассчитывали количество акцептора в 100 г плиты:

$$N_{\text{а}} = \frac{m_{\text{а}}}{Ml_{\text{а}}}, \quad (6)$$

где $Ml_{\text{а}}$ – молярная масса акцептора (для $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4$ – 84,06 г/моль); $m_{\text{а}}$ – масса акцептора в 100 г плиты (при расходе 1,5% – 1,5 г).

Опираясь на химизм взаимодействия акцептора и формальдегида, рассчитывали максимальное количество CH_2O , которое может связать акцептор:

$$N_{\text{max}} = N_{\text{а}}n, \quad (7)$$

где n – теоретически максимальное количество формальдегида, которое может прореагировать с акцептором по мольному соотношению.

Зная $N_{\text{св}}$ и N_{max} , рассчитывали степень полноты взаимодействия акцептора и формальдегида:

$$i = \frac{N_{\text{св}}}{N_{\text{max}}} \cdot 100. \quad (8)$$

Для удобства пользования все действия можно выразить в одной формуле:

$$i = \frac{Ml_{\text{а}}(E_{\text{к}} - E_{\text{р}})}{m_{\text{а}}n \cdot 30,03 \cdot 1000} \cdot 100. \quad (9)$$

Для образцов, изготовленных при 130 °С, за основу взят химизм, представленный в реакции 2, а для образцов, изготовленных при 220 °С – в реакциях 3 и 1. Так, для $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4$ при температуре внутреннего слоя степень полноты взаимодействия равна:

$$i_{\text{внутр}} = \frac{84,08(34,2 - 29,1)}{1,5 \cdot 2 \cdot 30,03 \cdot 1000} \cdot 100 = 0,46\%.$$

При температуре наружных слоёв

$$i_{\text{нар}} = \frac{84,08(15,8 - 6,5)}{1,5 \cdot 1,95 \cdot 30,03 \cdot 1000} \cdot 100 = 0,89\%.$$

Полученные результаты количественно подтверждают, что потенциал химических реакций используется крайне слабо даже при самых благоприятных условиях, т. е. при температуре наружных слоёв плиты. Даже в случае полного связывания формальдегида ($E_p = 0$) в образцах, моделирующих внутренний слой, i останется низким:

$$i_{\text{полн } 1} = \frac{84,08(34,1-0)}{1,5 \cdot 2 \cdot 30,03 \cdot 1000} 100 = 3,1\%.$$

При образовании древесной плиты выделяется практически в 15 раз меньше CH_2O , чем может связать $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4$, введённый в количестве 1,5% от массы плиты. Для эквимоллярности реакций по механизмам 2, 1 и 3 следует более чем на порядок уменьшить содержание акцептора в композиции, однако делать это нецелесообразно, так как даже при принятом расходе он не обеспечивает связывание всего CH_2O . Протекание реакции в реальных условиях плитообразования сильно подвержено диффузионным и кинетическим ограничениям. Первые определяются отсутствием однородности реакционной среды и низким фазовым контактом реакции, в то время как вторые обусловлены малым временем выдержки плиты в прессе.

Увеличение величины i едва ли представляется возможным, поскольку условия прессования оптимизируются для обеспечения отверждения связующего в кратчайшее время и не могут быть переориентированы на другие нужды. Структура прессуемой плиты никогда не сможет воссоздать условия химического реактора.

Невысокий коэффициент реального действия характерен и для других акцепторов. В монографии [Роффаэль, 1991] рассматривается использование карбамида при условии его введения в древесностружечную плиту (ДСП) отдельно от связующего. При массовой доле модификатора в ДСП 0,77% содержание формальдегида в плите без карбамида и в плите с карбамидом – 7 и 2 мг/100 г соответственно, $i_{\text{карб}}$ составила только 2,2%, а $i_{\text{полн } 2} = 3,1\%$.

Однако ставить под сомнение эффективность использования акцепторов формальдегида как способа снижения токсичности древесных плит из-за сильного отставания химического взаимодействия от эквимоллярного по технико-экономическим причинам неразумно. Техническая оценка показывает их высокую эффективность – 58% связанного формальдегида для $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4$ при температуре наружных слоёв и 71% для карбамида. Использование акцепторов позволяет получать химически безопасные древесные плиты, поэтому при оценке модификаторов разумнее использовать коэффициент эффективности.

Выводы

1. На примере эффективных акцепторов количественно показана низкая степень реального взаимодействия акцептора с формальдегидом в условиях прессования древесных плит. Сильное отклонение от эквимольного протекания реакции вызвано диффузионными и кинетическими ограничениями.

2. Методами твёрдотельного ЯМР ^{13}C , стандартных физико-механических испытаний, а также визуальной оценки готовых образцов показано комплексное действие дициандиамида как акцептора формальдегида. При этом при температуре наружных слоёв преобладает опосредованный механизм, а при температуре внутреннего слоя – прямой.

3. При технической оценке дициандиамида коэффициент эффективности составил 0,58 при температуре наружных слоёв и 0,15 при температуре внутреннего слоя.

Библиографический список

Васильев В.В. Экспресс-метод определения содержания формальдегида в древесных плитах // *Древесные материалы: требования и сертификация в Европе, России и США: сб. науч. тр. по итогам Междунар. симп. / под общ. ред. В.А. Бардонова. Балабаново:WKI – Лессертика, 2016. С. 85–87.*

Виртша З. Бжезиньский Я. Аминопласты / пер. с польск. И.В. Холодовой. М.: Химия, 1973. 344 с.

Леонович А.А., Войтова Т.Н., Шпаковский В.Г. Акцептор формальдегида с заданным температурным интервалом действия // *Древесные плиты: теория и практика: сб. ст. СПб, 2015. С. 33–40.*

Леонович А.А., Иванов Д.В. К вопросу минимизации содержания формальдегида в древесных плитах // *Древесные плиты: теория и практика / под. ред. А.А. Леоновича: 20-я Междунар. науч.-практ. конф., 15–16 марта 2017 г. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. 122 с.*

Роффазль Э. Выделение формальдегида из древесностружечных плит / пер. с нем. А.П. Штембаха и В.Б. Семёновой; под ред. А.А. Эльберта. М.: Экология, 1991. 160 с.

References

Vasil'ev V.V. Ehkspress-metod opredeleniya soderzhaniya formal'degida v drevesnyh plitah. Drevesnye materialy: trebovaniia i sertifikaciya v Evrope, Rossii i SSHA. Pod obshchej redakciej V.A. Bardonova. Sbornik nauchnyh trudov po itogam mezhdunarodnogo simpoziuma. Balabanovo:WKI – Lessertika, 2016. S. 85–87. (In Russ.)

Virpsha Z. Bzhezinskij Ya. Aminoplasty. Per. s pol'skogo I.V. Holodovoj. M.: Hiniya, 1973. 344 s (In Russ.)

Leonovich A.A., Vojtova T.N., Shpakovskij V.G. Akceptor formal'degida s zadannym temperaturnym intervalom dejstviya. Drevesnye plity: teoriya i praktika: sb. statej. SPb., 2015. S. 33–40. (In Russ.)

Leonovich A.A., Ivanov D.V. K voprosu minimizacii sodержaniya formal'degida v drevesnyh plitah. Drevesnye plity: teoriya i praktika. Pod red. A.A. Leonovicha: 20-ya Mezhdunar. nauch.-prak. konf., 15–16 marta 2017 g. SPb.: Izd-vo Politekhn. un-ta, 2017. 122 s. (In Russ.)

Roffaehl' E. Vydelenie formal'degida iz drevesnostruzhechnyh plit. Per. s nem. A.P. Shtembaha i V.B. Semyonovoj. Pod redakciej A.A. EH'berta. M.: EHkologiya, 1991. 160 s. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 16.01.2017 г.

Иванов Д.В., Леонович А.А., Мазур А.С. О механизмах действия и способах оценки эффективности акцепторов формальдегида в древесных плитах // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 222. С. 263–275. DOI: 10.21266/2079-4304.2018.222.263-275

Изучали эффективность акцепторов формальдегида на примере используемого в промышленности карбамида и нового модификатора – дициандиамида. Исследовали характер превращения дициандиамида при температурах внутреннего и наружных слоёв древесных плит. Для моделирования температурных условий изготавливали древесноволокнистые плиты средней плотности толщиной 4 мм при температуре 130 °С для моделей внутреннего слоя и 220 °С для моделей наружных слоёв. Изготовленные образцы изучали путём стандартных физико-механических испытаний, усовершенствованным фотометрическим методом определения формальдегида, и методом ЯМР-спектроскопии. Установлено, что при температуре наружных слоёв преобладает разложение дициандиамида с образованием аммиака, в то время как при температуре внутреннего слоя преобладают реакции присоединения формальдегида к аминогруппе без разложения дициандиамида. Введение акцептора отдельно от связующего в количестве 1,5% от массы плиты обеспечивает связывание более 50% выделяющегося формальдегида при 220 °С и 15% при 130 °С. Приведённые фотоснимки горизонтального разреза образцов плит, изготовленных при 130 °С и 220 °С, показывают в первом случае неизменность агрегатного состояния акцептора, а во втором указывают на его преобладающее терморазложение. Функциональную оценку акцептору давали через отношение количества связанного формальдегида к теоретически максимально возможному количеству вступившего во взаимодействие формальдегида и выражали как степень полноты взаимодействия. Для

дициандиамида в образцах, моделирующих внутренний и наружные слои, она составила 0,48 и 0,89% соответственно. При сравнении полученных результатов с другими акцепторами определили, что степень полноты взаимодействия при эффективном связывании формальдегида имеет схожие, крайне низкие величины. Установлено, что условия изготовления древесных плит по диффузионным и кинетическим ограничениям плохо пригодны для протекания химической реакции, потому давать оценку акцептору, отталкиваясь от эквиволярности взаимодействия, недостаточно и необходима химическая оценка по коэффициенту эффективности.

Ключевые слова: дициандиамид, формальдегид, акцепторы формальдегида, токсичность древесных плит.

Ivanov D.V., Leonovich A.A., Mazur A.S. On the mechanisms of action and methods of evaluation efficiency acceptors of formaldehyde in wood boards. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoj Akademii*, 2018, is. 222, pp. 263–275 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2018.222.263-275

The efficiency of formaldehyde acceptors were studied on the example of urea and cyanoguanidine. The nature of the conversion of cyanoguanidine was researched at the temperatures of inner and outer layers of the wood boards. Medium density fiberboards, which have thickness of 4 mm were making for modeling the temperature conditions. The model of inner layer were making at the temperature of hot press plates 130 °C, and model of outer layers at 220 °C. Samples of medium density fiberboards were investigated using the methods of NMR-spectroscopy, improved photo colorimetric method of definition of formaldehyde and standards physic-mechanical tests. It was established that at the temperature of outer layers decomposition of cyanoguanidine with ammonia formations prevails, and at the temperature of inner layer the addition reaction of formaldehyde to aminogroups prevails. Acceptor, which was introduced into the board separately from glue in quantity 1.5% of the mass of the board can bind more than 50% of the emitted formaldehyde at 220 °C and only 15% at 130 °C. Photos of the horizontal incisions of medium density fiberboard samples are shown. They demonstrate that samples, which were made at temperature of inner layer have in its structure acceptor, which retains its aggregate state and is observed in the form of a coarse powder, and the samples, which were made at temperature of outer layer don't have any inclusions in it is structure. Functional evaluation of the acceptor was given through relation of quantity tied formaldehyde towards maximum quantity of formaldehyde, which in theory can react with acceptor. Results were expressed as degree of interaction completeness. For cyanoguanidine in samples, modeling the temperature of inner layer it is 0.48%, and to samples, which modeling the temperature of outer layers it is 0.89%. Comparing the results with other acceptors it was defined, that degree of interaction completeness is similar and very low. It was established that conditions of manufacturing wood boards are poorly suitable for chemical reaction because of

diffusion and kinetic limitations. To estimate the effectiveness of acceptors according to equimolar reaction is not enough, and the technical evaluation through efficiency coefficient is required.

Key words: cyanoguanidine, formaldehyde, acceptors of formaldehyde, toxicity of wood boards.

ИВАНОВ Даниил Валерьевич – аспирант кафедры технологии древесных и целлюлозных композиционных материалов Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова. SPIN-код: 7886-4755.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: ivanov.d.v.SP@74.ru

IVANOV Daniil V. – PhD student of the department of wood and cellulose composite materials technology at St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 7886-4755.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: ivanov.d.v.SP@74.ru

ЛЕОНОВИЧ Адольф Ануфриевич – заведующий кафедрой древесных и целлюлозных композиционных материалов Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор технических наук, профессор. SPIN-код: 1378-5709.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: wood-plast@mail.ru

LEONOVICH Adol'f A. – DSc (Technical), Professor, Head of the department of wood and cellulose composite materials technology at St.Petersburg State Forest Technical University. SPIN-code: 1378-5709.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: wood-plast@mail.ru

МАЗУР Антон Станиславович – инженер Ресурсного центра магнитно-резонансных методов исследования Санкт-Петербургского государственного университета. SPIN-код: 2899-6436

198504, Университетский пр., д. 26, г. Петергоф, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.mazur@spbu.ru

MAZUR Anton S. – engineer of resource Centre of the Magnetic Resonance Investigations Methods, Saint Petersburg State University. SPIN-code: 2899-6436.

198504. University av. 26. Peterhof. St. Petersburg. Russia. E-mail: a.mazur@spbu.ru