

## Исследование свойств твердых древесноволокнистых плит на основе модифицированных составов древесноволокнистой массы

И.Н. Челышева<sup>a</sup>, Н.П. Плотников<sup>b</sup>, Н.О. Балашов<sup>c</sup>

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия

<sup>a</sup>irinachelysheva@yandex.ru, <sup>b</sup>n-plotnikov@mail.ru, <sup>c</sup>tdo@brstu.ru

Статья поступила 13.10.2017, принята 18.10.2017

*Производство древесноволокнистых плит (ДВП) обуславливает вовлечение в переработку низкосортной древесины и древесных отходов, не находящихся иного рационального применения. Ресурсы древесного сырья в России вполне достаточны для многократного роста отечественного производства ДВП, однако внутренний рынок для этой продукции относительно мал. Объективной перспективой является экспорт, выход на мировые рынки. Для этого продукция должна быть конкурентоспособной в отношении цены, экологичности и качества. Таким образом, повышение эффективности производства за счет вовлечения в технологию утилизируемых отходов — одна из важнейших задач, поэтому вполне своевременно и актуально использование в качестве части сырья для производства ДВП волокнодержающих отходов целлюлозного производства — «непровара». Цель исследования заключалась в разработке технологии производства твердых ДВП с осветленным покровным слоем при использовании «непровара» вместо части древесного волокна. В результате установлена возможность осветления ДВП с увеличением степени белизны с 12 до 20 % без ухудшения физико-механических показателей плит. Определены оптимальный состав композиции древесноволокнистой массы с использованием части «непровара» и параметры режимов технологического процесса производства ДВП, обеспечивающих получение плит, соответствующих требованиям действующего стандарта (ГОСТ 4598-96). Использование «непровара» позволяет сэкономить 10–15 % сырья, а технология осветления ДВП обеспечивает расширение рынка сбыта готовой продукции.*

**Ключевые слова:** древесноволокнистая плита; «непровар»; отбеливание; математическая модель; утилизация; композиция.

## The study of solid fiberboard properties based on modified composition of wood fiber pulp

I.N. Chelysheva<sup>a</sup>, N.P. Plotnikov<sup>b</sup>, N.O. Balashov<sup>c</sup>

Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

<sup>a</sup>irinachelysheva@yandex.ru, <sup>b</sup>n-plotnikov@mail.ru, <sup>c</sup>tdo@brstu.ru

Received 13.10.2017, adopted 18.10.2017

*The production of fibreboard leads to the involvement of low-grade wood and wood waste that are not being used rationally. Resources of wood raw materials in Russia are quite sufficient for multiple growth of domestic production of fiberboards but the domestic market for these products is relatively small. The objective prospect is export. But, in this case, the products must be competitive in relation to price, environmental friendliness and quality. Increasing the efficiency of production through the involvement of recyclable wastes into the technology is one of the most important tasks. Therefore, it is quite timely and relevant to use fiber-containing waste cellulose product - undercooked pulp - as a part of raw materials for fiberboard production. The purpose of the study is to develop a technology for the production of solid fiberboard with a clarified coating layer by using undercooked pulp instead of a part of wood fiber. As a result, it has been established that the fiberboard can be clarified with an increase in the degree of whiteness from 12 to 20% without worsening the physical-mechanical parameters of the fibreboard. The optimum composition of the wood fiber mass with the part of undercooked pulp and the parameters of the technological process regimes of the fiberboard production, which ensure the production meeting the requirements of the current standard (GOST 4598-96), are determined. The use of undercooked pulp can save up to 10-15% of raw materials, and the technology of lightening the fiberboard ensures the expansion of the market for the sale of finished products.*

**Keywords:** fibreboard; undercooked pulp; bleaching; mathematical model; recycling; composition.

### Введение

«Мокрый» способ производства древесноволокнистых плит (ДВП) характеризуется значительным водопотреблением и загрязнением стоков мелкими древесными волокнами, продуктами гидролиза древесины и компонентами проклеивающих составов. Сложный физико-химический состав загрязнений требует значительных затрат на эксплуатацию очистных сооружений с использованием практически всех методов очистки, при этом получаемые волокнодержающие осадки очи-

стки промышленных стоков применяются в технологии твердых ДВП лишь ограниченно [1–4].

Утилизация производственных отходов тесно связана с возможностью снизить загрязнение биосферы, повысить эффективность производства продукции, сохранить лесные массивы [5–7].

**Общие положения. Постановка задачи исследования.** Цель исследований — совершенствование технологии получения твердых ДВП за счет замены неко-

торой части древесного волокна на «непровар» — отход целлюлозного производства.

Для решения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследовать процесс получения ДВП с добавлением «непровара»;
- определить оптимальный расход «непровара»;
- произвести оценку влияния переменных факторов на качество ДВП и сделать выводы об оптимальных сочетаниях переменных факторов;
- разработать технологию производства ДВП с добавлением «непровара».

**Методическая часть.** Для получения образцов твердых ДВП с использованием «непровара» в качестве части сырья использовалось оборудование лаборатории завода ДВП.

Условия проведения экспериментов:

1. Степень помола — 22 ДС.
2. Концентрация волокна в волокнистой массе — 1,1–1,5 %.
3. Массовая доля связующего — 0; 0,5; 1 % к массе абсолютно сухого волокна.
4. Количество парафиновой эмульсии — 0,4; 0,8; 1,2 % к массе абсолютно сухого волокна.
5. Количество «непровара» — 10; 12,5; 15 % к массе абсолютно сухого волокна.
6. Водородный показатель  $pH = 3,9 \div 4,5$ .
7. Масса абсолютно сухого волокна в одной отливке — 233 г.
8. Толщина ДВП —  $3,2 \pm 0,3$  мм.
9. Давление подпрессовки  $P = 1$  МПа.
10. Продолжительность подпрессовки — 7 сек.
11. Температура плит горячего пресса  $T_{гр} = 190$  °С.
12. Давление прессования («отжим») — 26 МПа.
13. Давление прессования («сушка») — 4 МПа.
14. Давление прессования («закалка») — 9 МПа.
15. Время прессования (полный цикл) — 10 мин.
16. Температура в закалочной камере —  $T_{зак} = 150$  °С.
17. Время закалки — 2 ч.
18. Влажность (относительная) воздуха —  $65 \pm 5$  %.
19. Температура воздуха —  $18 \pm 2$  %.

Исходное древесное волокно определенной степени помола помещалось в специальную ванну, где после перемешивания определялась концентрация находящейся в ванне древесноволокнистой массы. Параллельно проводилось определение массовой доли «непровара», парафиновой эмульсии и фенолформальдегидной смолы. После определения количества древесного волокна на одну отливку композиция помещалась в специальную емкость, куда добавлялся «непровар» при постоянном перемешивании массы. Затем в полученную массу добавлялась вода до необходимой концентрации волокна в массе. В емкость вводилось необходимое количество фенолформальдегидной смолы, парафина и осадителя ( $H_2SO_4$ ) до определенного показателя  $pH$  [8–9].

Получившаяся масса выливалась на сетку отливной машины, разбавлялась водой в баке отливной машины, тщательно перемешивалась для равномерного распре-

деления волокна на сетке, и затем вода сливалась путем открывания клапана.

Получившаяся отливка размером 270×270 мм перемещалась на сетку, укладывалась на глянцевый лист и подпрессовывалась в холодном прессе определенное время при заданном давлении [10–12].

Получившиеся образцы прессовались в производственном горячем прессе при технологическом режиме, применяемом в производстве.

Готовые образцы после кондиционирования в течение суток распиливались согласно ГОСТ 19592-80 «Плиты древесноволокнистые. Методы испытаний»

После проведения всех испытаний твердых ДВП с использованием «непровара» в качестве части сырья для дальнейших исследований были отобраны образцы, физико-механические показатели которых соответствуют ГОСТ 4598.

Исходное древесное волокно для покровного слоя определенной степени помола помещалось в специальную ванну, где после перемешивания определялась концентрация находящейся в ванне древесноволокнистой массы.

Рассчитанное количество древесного волокна для покровного слоя на одну отливку, помещалось в специальную емкость, куда добавлялся гипохлорит натрия при постоянном перемешивании массы. Полученная масса оставлялась на 45 мин, при этом соблюдалось условие, чтобы температура древесноволокнистой массы не опускалась ниже  $50$  °С. Далее масса промывалась под теплой водой. После промывания древесноволокнистая масса возвращалась в емкость, куда добавлялась вода до необходимой концентрации волокна в массе. В емкость вводилось необходимое количество фенолформальдегидной смолы, парафина и осадителя ( $H_2SO_4$ ) до определенного показателя  $pH$ .

За время прохождения реакции осветления покровного слоя гипохлоритом натрия производилась отливка ковра основного слоя по приведенной выше технологии [13–15].

Готовые образцы после кондиционирования в течение суток распиливались согласно ГОСТ 19592-80 «Плиты древесноволокнистые. Методы испытаний».

Испытания образцов проводились в лаборатории производства ДВП ОАО «Илим–Братск ДОК» в соответствии с ГОСТ 19592-80.

Оборудование, приборы и материалы: аппарат «Дефибратор-секунда», холодный пресс, камера термообработки, сушильный шкаф, универсальная испытательная машина Р-0,5, пресс горячего прессования, лабораторные весы ВЛР-500, толщиномер, штангенциркуль, металлическая линейка, фильтровальная бумага, ионметр «рН-340», посуда лабораторная, сетки проволочные.

**Результаты исследований.** Цель исследований — разработка математической модели, описывающей процесс получения твердых ДВП с добавлением в качестве части сырья отхода целлюлозного производства — «непровара».

В качестве переменных факторов проведения эксперимента на основании предварительно проведенных

однофакторных экспериментов были приняты следующие: X1, X2, X3.

X1 — количество «непровара». В результате предварительных испытаний было выбрано оптимальное значение вводимого «непровара» в композицию плиты в количестве от 10 до 15 % к массе абсолютно сухого волокна.

X2 — количества парафина. Парафин является основным материалом для пропитки плит, придающим их гидрофобность. Небольшие дозы этого материала (около 1 %) резко повышают водостойкость плит, однако добавление большого количества парафина снижает их прочность. В связи этим добавление парафина производилось в количестве 0,4; 0,8 и 1,2 % к массе абсолютно сухого волокна.

X3 — количество упрочняющей добавки — фенолформальдегидной смолы. Фенолформальдегидная смола марки СФЖ-3013 применяется для увеличения прочности древесноволокнистой плиты. В состав композиции смолы СФЖ-3013 вводилась в соотношениях 0; 0,5 и 1 % к массе абсолютно сухого волокна.

В качестве выходных величин (У1, У2, У3, У4) были выбраны физико-механические показатели ДВП:

У1 — предел прочности при изгибе, МПа;

У2 — разбухание по толщине, %;

У3 — влажность, %;

У4 — водопоглощение лицевой поверхности, %.

Постоянные факторы эксперимента представлены в табл. 1.

Уровни варьирования переменных факторов и интервалы варьирования представлены в табл. 2

Целью экспериментального исследования является получение эмпирической математической модели объекта, т. е. отыскание зависимости каждой из выходных величин объекта от варьируемых факторов.

Проведение эксперимента осуществляется по определенному плану, в котором обозначены все возможные сочетания переменных факторов. Такой план называется матрицей планирования эксперимента. Мат-

рица планирования эксперимента по В-плану 2-го порядка представлена в натуральных и кодированных обозначениях (табл. 3).

Таблица 1

## Постоянные факторы эксперимента

Наименование	Значение
Концентрация волокна, %	2,0
Показатель концентрации ионов водорода	4,2±0,3
Масса а.с.в. в отливке, г	233
Давление подпрессовки, МПа	1,0
Температура плит пресса, °С	190
Время прессования (цикл), мин	10
Давление прессования «отжим», Мпа	5,2
Давление прессования «сушка», Мпа	1,2
Давление прессования «закалка», Мпа	2,5
Влажность (относительная) воздуха, %	65±5
Температура воздуха, °С	18 ±2

Таблица 2

## Переменные факторы и уровни их варьирования

Факторы	Уровень обозначения	«непровар»	парафин	СФЖ-3013
		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
Базовый уровень	0	12,5	0,8	0,5
Интервал варьирования	ΔX <sub>i</sub>	2,5	0,4	0,5
Верхний уровень	+	15	1,2	1,0
Нижний уровень	-	10	0,4	0

Таблица 3

## Матрица планирования

№ опыта	Количество «непровара»	Количество парафина	Количество СФЖ-3013	X <sub>1</sub> , %	X <sub>2</sub> , %	X <sub>3</sub> , %
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>			
1	-1	-1	-1	10	0,4	0
2	+1	-1	-1	15	0,4	0
3	-1	+1	-1	10	1,2	0
4	+1	+1	-1	15	1,2	0
5	-1	-1	+1	10	0,4	1
6	+1	-1	+1	15	0,4	1
7	-1	+1	+1	10	1,2	1
8	+1	+1	+1	15	1,2	1
9	-1	0	0	10	0,8	0,5
10	+1	0	0	15	0,8	0,5
11	0	-1	0	12,5	0,4	0,5
12	0	+1	0	12,5	1,2	0,5
13	0	0	-1	12,5	0,8	0
14	0	0	+1	12,5	0,8	1

В результате испытаний были получены следующие средние значения физико-механических показателей образцов ДВП (табл. 4).

Таблица 4

Результаты физико-механических показателей ДВП

№ опыта	Наименование показателя			
	Предел прочности при изгибе, МПа	Водопоглощение лицевой поверхности, %	Разбухание по толщине, %	Влажность, %
1	33,40	14,40	22,80	4,82
2	32,90	16,82	27,10	6,20
3	33,00	13,90	23,20	4,70
4	32,90	16,70	27,00	6,23
5	35,80	12,60	22,10	5,80
6	33,80	16,30	28,00	6,71
7	35,80	12,50	23,10	5,88
8	34,60	15,88	28,80	6,80
9	35,20	13,00	20,20	5,51
10	33,09	16,40	27,80	6,05
11	34,60	15,69	24,60	5,80
12	34,25	15,29	23,50	5,88
13	34,70	16,39	23,40	5,10
14	35,80	14,99	23,20	6,00

Требования физико-механических показателей по ГОСТ 4598 для плит марок Т, Т-П, Т-С, Т-СП представлены в табл. 5.

Таблица 5

Требования физико-механических показателей ДВП

Наименование показателя	Норма для плит марок Т, Т-П, Т-С, Т-СП	
	Группа А	Группа Б
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	850 – 1 100	800 – 1 100
Предел прочности при изгибе, МПа, нижняя граница, Тн	38	33

Разбухание по толщине за 24 часа, %, верхняя граница, Тв	20	23
Влажность, %:		
– нижняя граница Тн	4	4
– верхняя граница Тв, не более	10	10
Водопоглощение за 2 часа, %, верхняя граница, Тв	Не нормируется	
Водопоглощение лицевой поверхности за 24 часа, %, Тв	11	13
Предел прочности при растяжении перпендикулярно к пласти, МПа, Тн	0,30	–

По полученным данным была построена математическая модель, описывающая влияние переменных факторов на прочность при изгибе твердых ДВП:

$$y = 34,88 - 0,6x_1 + 0,89x_3 - 0,32x_1x_3 - 0,77x_1^2 - 0,44x_2^2 + 0,380x_3^2.$$

Проведенные исследования показывают, что наибольшее влияние на прочность ДВП оказало количество вводимого «непровара» и упрочняющей добавки — фенолформальдегидной смолы.

По полученным уравнениям регрессии были построены графические зависимости (рис. 1–3).

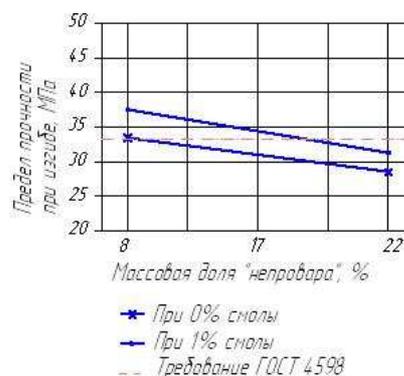


Рис. 1. Зависимость предела прочности ДВП при изгибе от содержания «непровара»

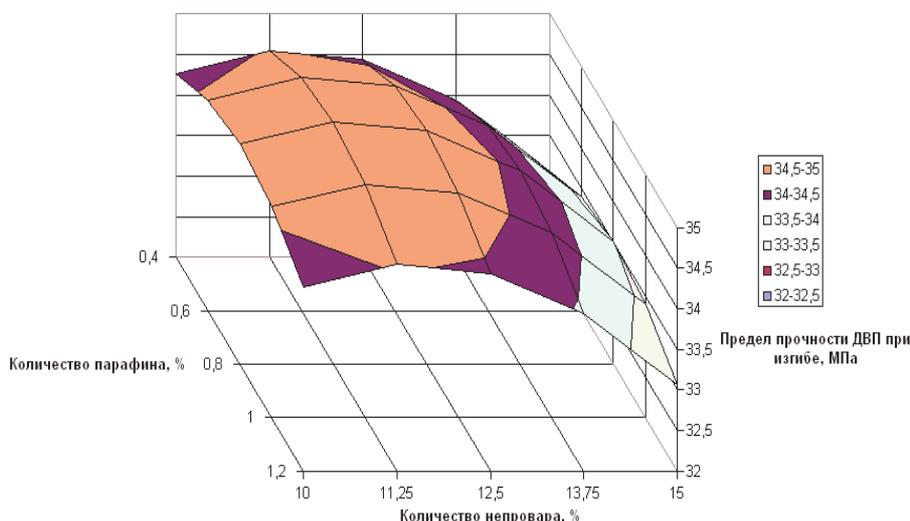


Рис. 2. Зависимость предела прочности ДВП при изгибе от количества «непровара» и парафина, вводимых в состав композиции

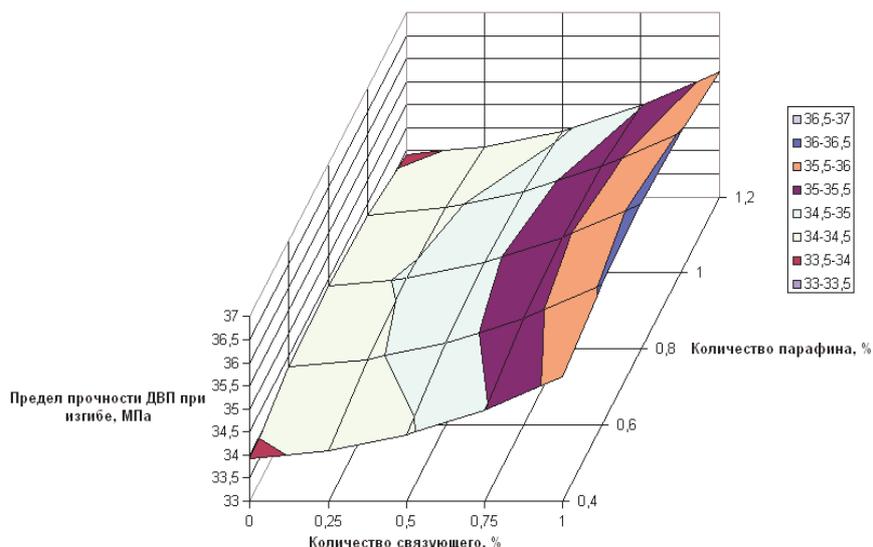


Рис. 3. Зависимость предела прочности ДВП при изгибе от количества вводимых парафина и связующего

На основании представленных графических зависимостей можно сделать следующие выводы:

- увеличение содержания «непровара» уменьшает прочность ДВП при изгибе, что обусловлено делигнификацией «непровара»;
- увеличение содержания связующего и парафина способствует увеличению прочности.

Наибольшее влияние на прочность при изгибе оказывает содержание «непровара» и связующего. Для получения качественных ДВП рекомендуется добавлять 1 % связующего, 0,8 % парафина и не более 14 % «непровара».

На следующем этапе были проведены исследования влияния переменных факторов на водопоглощение лицевой поверхности ДВП. Математическая модель, описывающая это влияние, имеет вид:

$$y = 15,49 + 1,57 x_1 - 0,59 x_3 + 0,23 x_1 x_3 - 0,79 x_1^2.$$

Из данного регрессионного уравнения следует, что наибольшее влияние на водопоглощение оказало количество вводимого «непровара».

По полученным уравнениям регрессии были построены графические зависимости (рис. 4, 5).

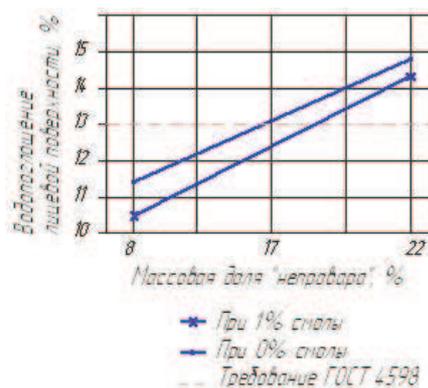


Рис. 4. Зависимость водопоглощения лицевой поверхности ДВП от содержания «непровара»

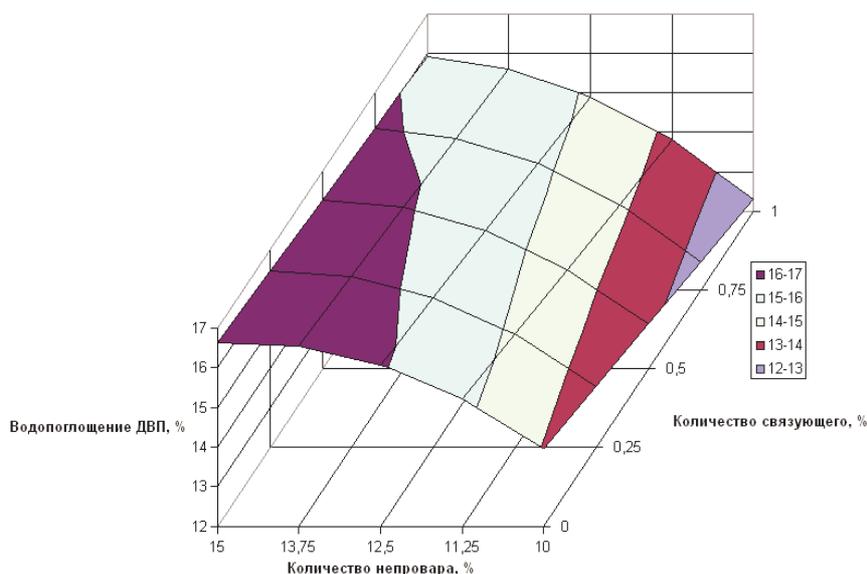


Рис. 5. Зависимость водопоглощения лицевой поверхности ДВП от количества «непровара» и связующего

Из графических зависимостей, представленных на рис. 4 и 5, можно сделать следующие выводы.

«Непровар» оказал наибольшее влияние на водопоглощение лицевой поверхности ДВП. При увеличении содержания «непровара» водопоглощение резко возрастает. Наличие связующего в композиции способствует уменьшению водопоглощения. Для получения качественных ДВП рекомендуется вводить в состав композиции 1 % связующего; 0,8 % парафина и не более 12 % «непровара».

Математическая модель, описывающая влияние переменных факторов на разбухание ДВП по толщине, имеет следующий вид:

$$y = 23,047 + 2,73 x_1 + 0,43 x_1 x_3 + 0,96 x_1^2 + 1,01 x_2^2.$$

Из данного регрессионного уравнения следует, что наибольшее влияние на разбухание ДВП оказывает количество вводимого «непровара» и парафина.

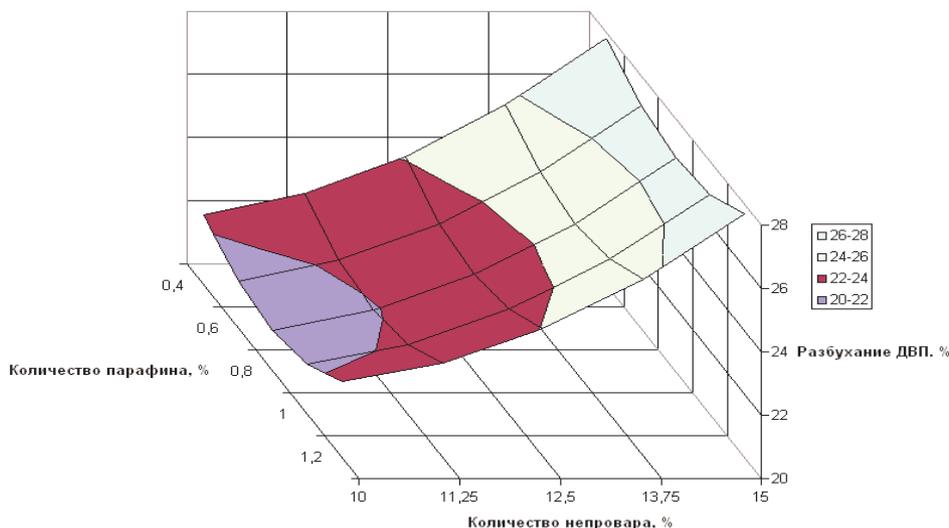


Рис. 7. Зависимость разбухания ДВП по толщине от количества вводимых «непровара» и парафина

Из графических зависимостей, представленных на рис. 6 и 7, можно сделать следующие выводы.

Наибольшее влияние на разбухание по толщине оказывает содержание «непровара» и парафина.

При увеличении содержания «непровара» разбухание резко возрастает, тогда как наличие парафина в композиции способствует уменьшению значений. Для получения качественных ДВП рекомендуется добавлять 1 % парафина, 1 % связующего и не более 13 % «непровара».

На следующем этапе были проведены исследования образцов ДВП с оптимальными физико-механическими показателями с заменой в основном слое части древесного волокна «непроваром», а в покровном слое с добавлением отбеливателя — гипохлорита натрия (NaClO).

В качестве образца с оптимальными значениями была взята плита со следующим составом композиции:

- количество «непровара» — 12,5 %;
- количество парафина — 0,8 %;
- количество связующего — 1 %;

По полученным уравнениям регрессии были построены графические зависимости, представленные на рис. 6, 7.

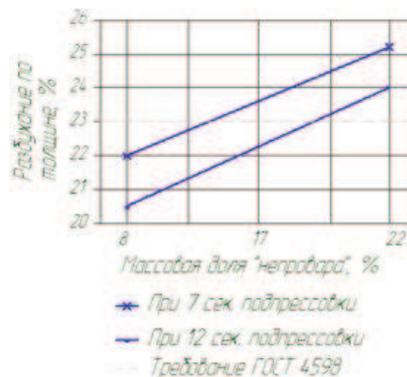


Рис. 6. Зависимость разбухания ДВП по толщине от содержания «непровара» в составе композиции

– введение в покровный слой 1,5 % к массе абсолютно сухого волокна отбеливателя — гипохлорита натрия.

Физико-механические показатели образца, взятого для дальнейших исследований приведены в табл. 6.

Таблица 6

Физико-механические показатели

Наименование показателя	Значение
Предел прочности при изгибе, МПа	34,7
Водопоглощение лицевой поверхностью, %	16,39
Разбухание по толщине, %	23,4
Влажность, %	5,10

Для получения более точных значений были изготовлены три образца и проведены испытания ДВП с добавлением в покровный слой отбеливателя — гипохлорита натрия. Результаты исследований занесены в табл. 7.

Таблица 7

## Результаты исследований

№ опыта	Наименование физико-механических показателей			
	Предел прочности при изгибе, МПа	Водопоглощение лицевой поверхностью, %	Разбухание по толщине, %	Влажность, %
1	34,47	16,62	23,71	5,69
2	34,29	16,78	23,83	5,58
3	34,00	16,90	23,94	5,97

Далее полученные образцы исследовались на степень белизны в лаборатории целлюлозного завода. Прибором для определения степени белизны образцов послужила автоматическая установка Elrepho с программным управлением, допускающая погрешность не более 0,1 %.

Сравнение степени белизны полученных образцов с исходным материалом дало следующие результаты (табл. 8).

Таблица 8

## Результаты исследования образцов ДВП на степень белизны, %

Образец без гипохлорита натрия	Образцы с гипохлоритом натрия
12	20
	20
	20

## Выводы

1. В результате проведенных исследований была установлена возможность замены части древесного волокна на «непровар» в составе композиции при производстве древесноволокнистых плит.

Оптимальное количество «непровара», вводимого в композицию, составляет 12–14 %. Дальнейшее увеличение ведет к снижению качественных показателей плит.

2. В результате исследований установлено, что добавление 1,5 % гипохлорита натрия при продолжительности реакции в 45 мин будет являться оптимальным для получения твердых ДВП с осветленным покровным слоем со степенью белизны 20 %.

3. Определено, что все параметры плит, полученных в результате исследований, соответствуют требованиям ГОСТ 4598-86, из чего следует, что обработка волокна гипохлоритом натрия не ухудшает физико-механических показателей древесноволокнистых плит.

4. Степень белизны полученных образцов (20 %) намного превосходит аналогичный показатель начального образца (12 %) без ухудшения физико-механических показателей.

5. Полученные образцы ДВП по физико-механическим показателям ГОСТ 4598-86 соответствуют марке Т-С группы Б.

## Литература

1. Плотников Н.П., Денисов С.В. Оптимизация технологических режимов склеивания фанеры модифицированными

клеевыми композициями // Вестн. КрасГАУ. 2010. Вып. 5. С. 143-148.

2. Плотников Н.П., Плотникова Г.П. Совершенствование технологии производства древесноплитных материалов. Новосибирск: НП «СибАК», 2013. 112 с.

3. Плотников Н.П., Симикина А.А. Снижение токсичности карбамидоформальдегидных смол // Вестн. КрасГАУ. 2010. № 6. С. 155-158.

4. Симикина А.А., Чельшева И.Н., Плотников Н.П. Применение лигнина в производстве древесно-полимерных композитов // Вестн. КрасГАУ. 2013. № 1. С. 162-169.

5. Чельшева И.Н., Балашов Н.О. Исследование некоторых свойств древесноволокнистых композиций // Труды Братского государственного университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2011. Т.2. С. 236-239.

6. Чельшева И.Н. Совершенствование технологии производства твердых древесноволокнистых плит повышенной водостойкости: дис.... канд. техн. наук. Братск, 2007. 152 с.

7. Плотникова Г.П., Плотников Н.П., Аксютенкова Н.Ю. Исследование физико-химических свойств двухкомпонентных лакокрасочных материалов // Системы. Методы. Технологии. 2013. № 14 (20). С. 129-133.

8. Чельшева И.Н., Денисов С.В. Повышение эффективности производства древесноволокнистых плит // Дизайн и производство мебели. 2005. № 2. С. 49-54.

9. Ребрин С.П., Мерсов Е.Д. Производство древесноволокнистых плит. М.: Лесн. промышленность, 1982.

10. Дроздов И.Я. Производство древесноволокнистых плит. М.: Высш. школа, 1979.

11. Пижурич А.А., Розенблит М.С. Исследование процессов деревообработки. М.: Лесн. промышленность, 1984.

12. Технологический регламент ПДВП "ИлимБратск-ДОК". Братск: БЛПК, 2008.

13. Денисов С.В., Чельшева И.Н., Варанкина Г.С. Утилизация отходов в производстве твердых древесноволокнистых плит // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. / БГИТА. Брянск, 2001. Вып. 4.

14. Денисов С.В., Чельшева И.Н. Проблема комплексного использования сырья в производстве древесноволокнистых плит // Труды Братского государственного технического университета. Сер. Естественные и инженерные науки. 2004. Т. 2. С. 200-204.

15. Бекетов В.Д. Повышение эффективности производства древесноволокнистых плит. М.: Лесн. промышленность, 1998. 160 с.

## References

1. Plotnikov N.P., Denisov S.V. Optimization of technological modes of bonding of plywood adhesive compositions modified // The Bulletin of KrasGAU. 2010. Vyp. 5. P. 143-148.

2. Plotnikov N.P., Plotnikova G.P. Improvement of production technology wood-plates materials. Novosibirsk: NP «SibAK», 2013. 112 p.

3. Plotnikov N.P., Simikova A.A. Decrease the toxicity of urea-formaldehyde resins // The Bulletin of KrasGAU. 2010. № 6. P. 155-158.

4. Simikova A.A., Chelysheva I.N., Plotnikov N.P. The use of lignin in the production of wood-plastic composites // The Bulletin of KrasGAU. 2013. № 1. P. 162-169.

5. Chelysheva I.N., Balashov N.O. A study of some properties of wood-fiber compositions // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Estestvennye i inzhenernye nauki. 2011. T.2. P. 236-239.

6. Chelysheva I.N. Improvement of technology of production of solid wood-fiber plates with the water-resistant: dis.... kand. tekhn. nauk. Bratsk, 2007. 152 p.

7. Plotnikova G.P., Plotnikov N.P., Aksyutenkova N.Yu., Acutenkova N.Yu. Study of physico-chemical properties of two component paint materials // Systems. Methods. Technologies. 2013. № 14 (20). P. 129-133.

8. Chelysheva I.N., Denisov S.V. Improving the efficiency of production of fibreboard // Design and manufacture of furniture. 2005. № 2. P. 49-54.

9. Rebrin S.P., Mersov E.D. Production of fibreboard. M.: Lesn. promyshlennost', 1982.

10. Drozdov I.Ya. Production of fibreboard. M.: Vyssh. shkola, 1979.

11. Pizhurin A.A., Rozenblit M.S. Study of the processes of woodworking. M.: Lesn. promyshlennost', 1984.

12. Technological regulations PDVP «IlimBratskDOK». Bratsk: BLPK, 2008.

13. Denisov S.V., Chelysheva I.N., Varankina G.S. Utilization of waste in the production of solid wood-fiber plates // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa: sb. nauch. tr. / BGITA. Bryansk, 2001. Vyp. 4.

14. Denisov S.V., Chelysheva I.N. The problem of complex use of raw materials in the production of wood-fiber plates // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. Estestvennye i inzhenernye nauki. 2004. T. 2. P. 200-204.

15. Beketov V.D. Improving the efficiency of production of fibreboard. M.: Lesn. promyshlennost', 1998. 160 p.