

И. К. Божелко, ассистент; В. Б. Снопков, канд. техн. наук, доцент

РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ВОДОЭМУЛЬСИОННОГО СОСТАВА НА ОСНОВЕ СЛАНЦЕВОГО МАСЛА ДЛЯ ПРОПИТКИ ШПАЛОПРОДУКЦИИ

This article is about development of a bioprotective means for impregnation of cross ties. It is offered to use structure on the basis of slate oil. The structure consists of alkali, water and slate oil. The optimization of its components was carried out for the given structure. Technological and operational properties were appreciated: also corrosion property, bioresistance, mechanical parameters and electrical resistance of the impregnated wood, penetration. The received results testify to suitability of the given structure for impregnation of cross ties. The structure is introduced on manufacture.

Введение. Пропитка шпалопродукции традиционно производится каменноугольным и сланцевым маслами. Эти биозащитные средства успешно применяются уже десятки лет и признаны в мировой практике высокоэффективными антисептиками. Однако они имеют существенные недостатки, которые вызывают необходимость поиска альтернативных пропиточных составов. В частности, сланцевое масло имеет высокую вязкость. Как следствие этого процесс пропитки проводят при температуре 90–100°C [1, 2]. Данное обстоятельство влечет выбрасывание вредных веществ в атмосферу в количестве, которое не соответствует современным экологическим требованиям. Это особенно актуально для РУП «Борисовский шпалопродовольный завод» (БШПЗ), который находится в черте города. Кроме того, сланцевое масло является энергоносителем. Цена на него растет вместе с ценой на нефть. За последние 3 года она увеличилась с 450 до 960 тыс. руб./т.

Целью данной работы была разработка пропиточного состава на основе сланцевого масла, который позволил бы уменьшить вредные выбросы БШПЗ в окружающую среду и снизить затраты на пропитку.

Для достижения указанной цели было предложено использовать для пропитки шпалопродукции водную эмульсию на основе сланцевого масла. Новое биозащитное средство получило название «состав водоэмульсионный на основе сланцевого масла» (СВСМ).

Методы исследований. Схема технологического процесса приготовления СВСМ представлена на рис. 1. СВСМ включает в себя три компонента: сланцевое масло, воду и едкий натр. Эмульсию готовят следующим образом. Необходимое количество щелочи растворяют в воде. Полученный раствор подают в емкость с мешалкой. Сюда же постепенно добавляют сланцевое масло. В результате интенсивного перемешивания получается устойчивая во времени эмульсия.

Для пропитки древесины СВСМ использовали лабораторную пропиточную установку, схема которой представлена на рис. 2. Емкость пропиточного автоклава – 50 л. Пропитке подвергали образцы из сосновой древесины с размерами 160×30×30 мм. Для того чтобы исклю-

чить проникновение пропиточного состава в направлении вдоль волокон, торцы образцов обрабатывали эпоксидной смолой. Пропитку производили способом вакуум – давление – вакуум, поскольку именно этот способ применяется БШПЗ. Технологические параметры режима пропитки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Режим пропитки

| Параметры | Значения |
|--|----------|
| Общая продолжительность процесса пропитки, мин | 115 |
| В том числе | |
| предпропиточное вакуумирование | 20 |
| выдержка под давлением | 80 |
| послепропиточное вакуумирование | 15 |
| Глубина вакуума, МПа | 0,085 |
| Давление пропитки, МПа | 1,0 |
| Температура пропиточного состава, °С | 18 |
| Предпропиточная влажность древесины, % | 12 |

Об эффективности пропитки судят по величине поглощения сланцевого масла, которое определяли по формуле

$$R = (m_1 - m) \cdot C / (100 \cdot V),$$

где m – масса образца до пропитки, кг; m_1 – масса образца после пропитки, кг; V – объем образца древесины, м³; C – содержание сланцевого масла в эмульсии, %.

Оценку технологических и эксплуатационных свойств СВСМ, а также физико-механических свойств пропитанной и непропитанной древесины проводили стандартными или апробированными другими исследователями методами. Для пропиточных составов определяли токсичность [3], устойчивость к вымыванию [4], коррозионную агрессивность [5]. Образцы древесины испытывали на прочность при сжатии вдоль [6] и поперек волокон [7], на прочность при статическом изгибе [8], на статическую твердость [9].

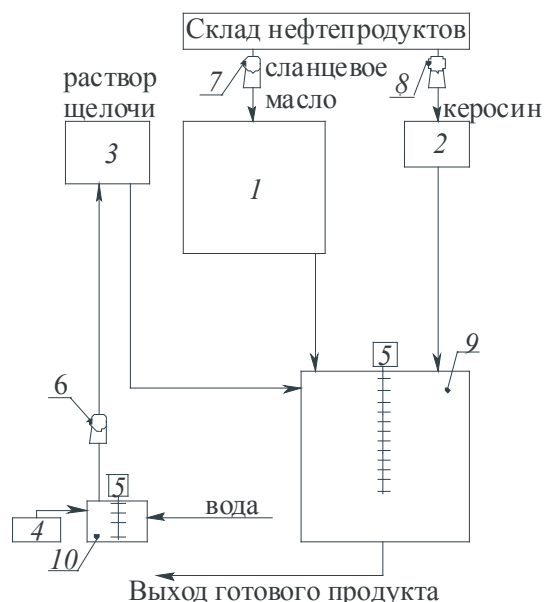


Рис. 1. Технологическая схема приготовления водоземulsionного состава на основе сланцевого масла:

- 1 – мерная емкость для сланцевого масла;
- 2 – мерная емкость для керосина;
- 3 – мерная емкость для щелочи; 4 – весы;
- 5 – лопастная мешалка; 6–8 – насосы;
- 9 – емкость для получения эмульсии с мешалкой;
- 10 – емкость для растворения едкого натра

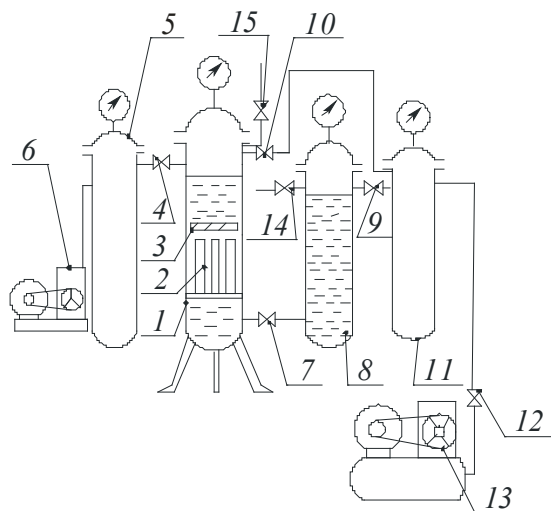


Рис. 2. Схема лабораторной пропиточной установки:

- 1 – автоклав; 2 – образцы древесины;
- 3 – решетка для фиксации образцов древесины;
- 4, 7, 9, 10, 12 – вентиль; 5, 11 – ресивер;
- 6 – вакуум-насос; 8 – маневровый цилиндр;
- 13 – компрессор

Определение рецептуры СВСМ. Для определения оптимальной рецептуры СВСМ был применен метод планирования эксперимента. С учетом того, что исследуемый состав трехкомпонентный, было принято решение использовать симплекс-решетчатый план [10, 11]. Массовую долю компонентов в составе изме-

няли в следующих пределах, мас. %: сланцевое масло – 64–94, вода – 5–30, едкий натр – 1–6. План эксперимента в явном виде представлен в табл. 2. В этой же таблице приведены экспериментально определенные значения поглощения сланцевого масла древесиной.

Обработка результатов эксперимента позволила получить уравнение регрессии, которое в координатах псевдокомпонентов имеет следующий вид:

$$y = 122,552 \cdot z_1 + 119,115 \cdot z_2 + 117,025 \cdot z_3 - 14,104 \cdot z_1 \cdot z_2 - 47,827 \cdot z_1 \cdot z_3 - 44,732 \cdot z_2 \cdot z_3 + 66,451 \cdot z_1 \cdot z_2 \cdot (z_1 - z_2) + 125,951 \cdot z_1 \cdot z_3 \cdot (z_1 - z_3) - 82,667 \cdot z_2 \cdot z_3 \cdot (z_2 - z_3) - 78,945 \cdot z_1 \cdot z_3 \cdot z_3.$$

Были получены также формулы связи между натуральной и кодированной системами координат

$$z_1 = 0,012 - 0,04 \cdot x_2;$$

$$z_2 = 0,002 + 0,04 \cdot x_2 - 0,4 \cdot x_3;$$

$$z_3 = 0,986 + 0,4 \cdot x_3.$$

Проверка адекватности полученного уравнения регрессии проводилась по критерию Стьюдента в четырех контрольных точках (табл. 3) и дала положительный результат.

По уравнению регрессии были получены диаграммы состав – свойство в пространстве и на плоскости, которые представлены на рис. 3.

Анализ диаграмм показывает, что наибольшее поглощение сланцевого масла древесиной достигается при следующем соотношении компонентов СВСМ, мас. %: сланцевое масло – 88,5–91,3; вода – 7,5–10,5; едкий натр – 1,0–1,2. Для дальнейших исследований был принят состав, содержащий 89 мас. % сланцевого масла, 10 мас. % воды и 1 мас. % едкого натра.

Свойства СВСМ и пропитанной древесины. Оценку коррозионной агрессивности СВСМ проводили по отношению к нелегированной стали обыкновенного качества (ГОСТ 16523–70). Средняя скорость коррозии составила 0,183 г/(м²·сут.), средняя глубина проникновения коррозии – 0,0084 мм/год. Эти параметры соответствуют низкой коррозионной агрессивности по ГОСТ 26544–85 [5].

При испытании СВСМ на токсичность по ГОСТ 16712–95 [3] установлено, что пороговое поглощение состава, снижающее потерю массы древесины от воздействия дереворазрушающего гриба *Coniophora puteana*, на 95% по сравнению с потерей массы непропитанной древесины, составляет 3,86%. Таким образом, СВСМ является эффективным защитным средством, для которого величина порогового поглощения

согласно ГОСТ 30495–97 [12] должна быть не более 4%.

Таблица 2

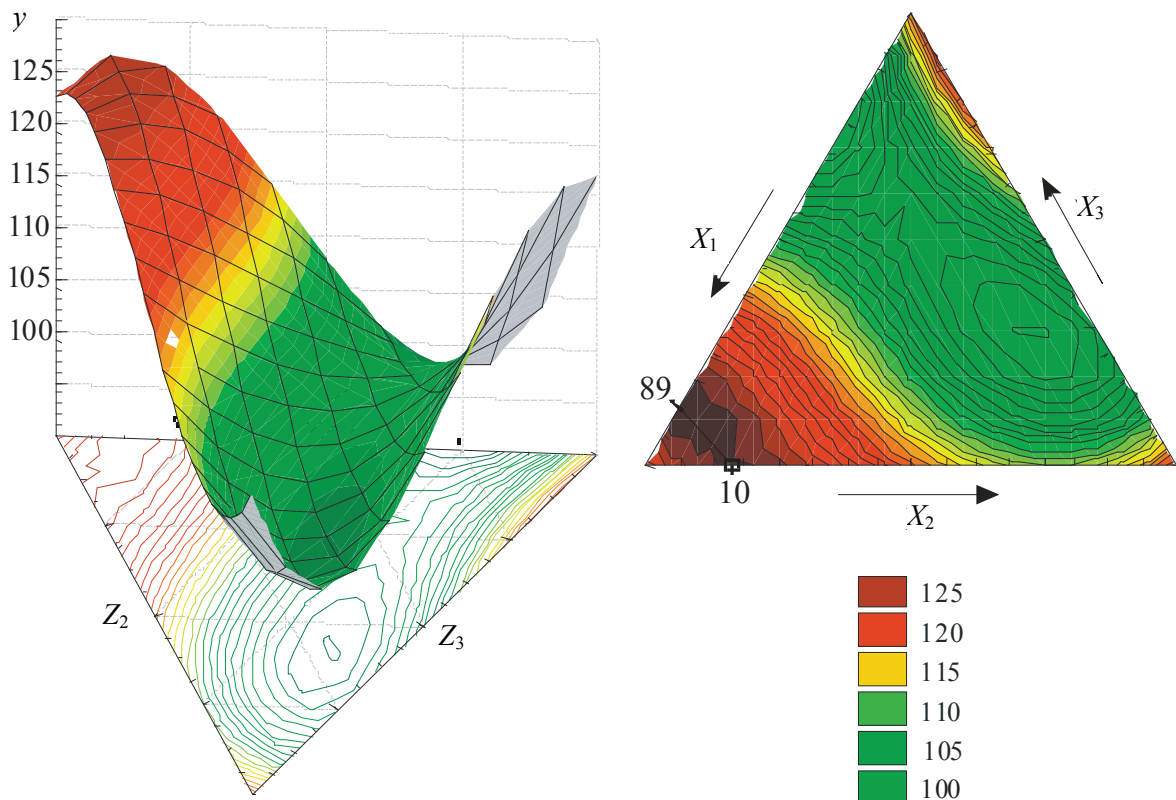
План эксперимента

| Номер опыта | Массовая доля, мас. % | | | Поглощение сланцевого масла (y), кг/м ³ |
|-------------|----------------------------|----------------|------------------------|--|
| | сланцевого масла (x_1) | воды (x_2) | едкого натра (x_3) | |
| 1 | 94,00 | 5,00 | 1,00 | 122,7 |
| 2 | 69,00 | 30,00 | 1,00 | 121,9 |
| 3 | 64,00 | 30,00 | 6,00 | 118,9 |
| 4 | 81,50 | 17,50 | 1,00 | 118,9 |
| 5 | 79,00 | 17,50 | 3,50 | 112,6 |
| 6 | 66,50 | 30,00 | 3,50 | 106,4 |
| 7 | 73,40 | 25,60 | 1,00 | 106,8 |
| 8 | 89,60 | 9,40 | 1,00 | 127,4 |
| 9 | 69,28 | 25,60 | 5,12 | 94,7 |
| 10 | 88,72 | 9,40 | 1,88 | 125,2 |
| 11 | 64,88 | 30,00 | 5,12 | 118,2 |
| 12 | 68,12 | 30,00 | 1,88 | 101,4 |
| 13 | 71,56 | 24,60 | 3,84 | 105,6 |
| 14 | 73,32 | 24,60 | 2,08 | 110,0 |
| 15 | 82,12 | 15,80 | 2,08 | 112,9 |
| 16 | 75,69 | 21,65 | 2,67 | 99,7 |

Таблица 3

Проверка адекватности полученного уравнения регрессии

| x_1 | x_2 | x_3 | y | \hat{y} | t | $t_{\text{табл}}$ |
|-------|-------|-------|--------|-----------|------|-------------------|
| 92,00 | 7,00 | 1,00 | 121,13 | 125,74 | 0,50 | 2,83 |
| 87,75 | 11,25 | 1,00 | 123,10 | 128,39 | 0,43 | 2,83 |
| 82,12 | 15,80 | 2,08 | 109,20 | 117,15 | 0,99 | 2,83 |
| 69,28 | 25,60 | 5,12 | 94,55 | 99,23 | 0,95 | 2,83 |



Свойства древесины, пропитанной СВСМ

| Показатель | Значения показателя для | | Поглощение, кг/м ³ |
|--|-----------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | древесины, пропитанной СВСМ | непропитанной древесины | |
| Предел прочности при сжатии вдоль волокон, МПа | 17,30 | 17,85 | 383 |
| Условный предел прочности при сжатии поперек волокон, МПа | 2,65 | 2,83 | 391 |
| Предел прочности при статическом изгибе, МПа | 83,1 | 91,2 | 372 |
| Статическая твердость древесины, Н/мм ² , для разрезов: | | | 200 |
| поперечного | 25,18 | 26,56 | |
| радиального | 19,18 | 21,28 | |
| тангенциального | 21,55 | 22,50 | |

Результаты испытания древесины, пропитанной исследуемым составом, представлены в табл. 3.

Анализ полученных результатов показывает, что физико-механические показатели древесины в результате пропитки СВСМ снижаются: предел прочности при сжатии вдоль волокон – на 3,1%, условный предел прочности при сжатии поперек волокон – на 6,5%, предел прочности при статическом изгибе – на 8,9%, статическая твердость – на 4,2–9,9%. Следовательно, снижение прочностных характеристик древесины в результате пропитки не превышает 10%. Полученные данные позволяют сделать вывод о соответствии СВСМ требованиям, предъявляемым к составам, используемым для пропитки шпалопродукции.

Выводы. 1. Показано, что СВСМ является эффективным защитным средством, не вызывающим коррозию черных металлов, снижает прочность пропитанной древесины в допустимых пределах и потому может быть рекомендован для пропитки шпалопродукции.

2. Оптимальная рецептура СВСМ, мас. %: сланцевое масло – 89, вода – 10, едкий натр – 1.

Литература

1. Консервирование и защита лесоматериалов: справ. / А. Я. Калниньш [и др.] – М.: Лесная пром-сть, 1971. – 416 с.

2. Хунт, М. Консервирование древесины / М. Хунт, А. Гэрратт. – М.: Гослесбумиздат, 1961. – 454 с.

3. Средства защитные для древесины. Метод испытания токсичности: ГОСТ 16712–95. – Введ. 01.07.96. – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Госстандарт, 1995. – 12 с.

4. Средства защитные для древесины. Ме-

тоды испытаний на устойчивость к вымыванию: ГОСТ 16713–71. – Введ. 19.02.71. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам: Издательство стандартов, 1985. – 11 с.

5. Средства защитные для древесины. Метод оценки коррозионной агрессивности: ГОСТ 26544–85. – Введ. 13.05.85. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам: Изд-во стандартов, 1985. – 11 с.

6. Древесина. Методы определения предела прочности при сжатии вдоль волокон: ГОСТ 16483.10–73. – Введ. 01.07.74. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам: Изд-во стандартов, 1986. – 6 с.

7. Древесина. Метод определения условного предела прочности при сжатии поперек волокон: ГОСТ 16483.11–72. – Введ. 01.01.73. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам: Изд-во стандартов, 1986. – 6 с.

8. Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе: ГОСТ 16483.3–73. – Введ. 01.07.85. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам: Изд-во стандартов, 1986. – 6 с.

9. Древесина. Метод определения статической твердости: ГОСТ 16483.17–81. – Введ. 01.07.85. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам: Изд-во стандартов, 1986. – 4 с.

10. Ахнозарова, С. Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии: учеб. пособие для хим.-технол. спец. вузов / С. Л. Ахнозарова, В. В. Кафаров. – М.: Высшая школа, 1985. – 327 с.

11. Колесников, В. Л. Компьютерное моделирование и оптимизация хим.-технол. систем: учеб. пособие для студентов химико-технологических специальностей В. Л. Колесников, И. М. Жарский, П. П. Урбанович. – Минск: БГТУ, 2004. – 532 с.

12. Средства защитные для древесины: ГОСТ 30495–97. – Введ. 03.31.97. – Минск: Межгосу-

дарственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации: Госстандарт, 1998. – 8 с.