

Скорость истечения олигомеров различной вязкости

Efflux velocity of oligomers of various viscosity

Е.М. РАЗИНЬКОВ

E.M. RAZIN'KOV

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

Voronezh State University of Forestry and Technologies Named after G.F. Morozov

rasinkov50@mail.ru

Скорость истечения олигомеров на основе карбамидо-, фенолоформальдегидных смол играет существенную роль при изготовлении различных видов клееных материалов, особенно клееного бруса для домостроения. Изучена скорость истечения карбамидоформальдегидного олигомера применительно к технологии клееного бруса.

Ключевые слова: олигомер, скорость истечения олигомера, клееный брус, вязкость олигомера, высота истечения олигомера

The efflux velocity of oligomers based on carbamide-phenol formaldehyde resins plays a significant role in the manufacture of various types of glued materials, especially laminated beams for housing construction. The efflux velocity of carbamide-phenol formaldehyde oligomer was studied in the context of laminated timber technology.

Keywords: oligomer, speed of the expiration of oligomer, laminated board, viscosity of oligomer, height of the expiration of oligomer

DOI: 10.35164/0554-2901-2020-1-2-42-44

Клееный брус изготавливают из строганных пиломатериалов путем их склеивания. Для этой цели над движущейся доской находится емкость (бачок) с клеем, который установлен стационарно (без возможного подъема вверх и вниз). Из отверстий бачка самоотком выливается клей в виде струй на движущийся под бачком пиломатериал. Со временем вязкость клея (смолы) растет [1–4]. При этом скорость истечения клея из отверстий бачка замедляется и фактический расход клея (смолы) на единицу поверхности пиломатериала уменьшается (скорость движения подающего пиломатериала конвейера не регулируется). Для того, чтобы регулировать скорость истечения клея из бачка, можно было бы поднимать бачок, тогда за счет увеличения длины (а значит и массы) струи клея от бачка до поверхности пиломатериала возможно увеличить расход клея на единицу поверхности пиломатериала.

Цель нашей работы состояла в том, чтобы определить продолжительность (T , с) и скорость истечения смолы из емкости (V , м/с) в зависимости от двух факторов – высоты подъема емкости со смолой над поверхностью, на которую наносится смола (X_1 , см), и условной вязкости смолы в пределах ее рабочего значения (X_2 , с).

В качестве бачка использовали емкость вискозиметра ВЗ-4 с диаметром отверстия (сопла) 4 мм, емкость которого (E , мл) по ГОСТ 9070-75 [5] составляет 100 мл (E_B). Скорость истечения жидкости определится как путь, деленный на время истечения олигомера из емкости вискозиметра.

Объем вытекающей из вискозиметра струи жидкости высотой 1 м определится как объем цилиндра длиной 1 м с диаметром 0,004 м. При этом объем такой струи (E_c) будет равен $0,00001256 \text{ м}^3$ ($3,14 \times 0,004^2 \times 1$). Переведем емкость вискозиметра (100 мл) в м^3 , она составит $0,0001 \text{ м}^3$ ($10^2:10^6$). Следовательно, путь, который проходит жидкость при истечении из вискозиметра, будет равен 7,96 м ($0,0001:0,00001256$) или 796 см.

Опыты проводили методом полного факторного эксперимента с двумя факторами. При этом факторы варьировали в пределах, реальных для производственных условий изготовления клееного бруса (вязкость смолы обычно составляет 80–130 с, а высоту подъема емкости целесообразно принять не более 1 м). Проведенные ранее опыты показали, что скорость истечения из вискозиметра разбавленной водой карбамидоформальдегидной смолы марки КФ-Ж [6] вязкостью 30–60 с увеличивается по мере подъема емкости со смолой. Однако, как указано выше, для производства клееного бруса используются смолы вязкостью выше 60 с.

В своих опытах в качестве клея мы использовали карбамидоформальдегидную смолу марки КФ-Ж [6] с добавкой отвердителя

(хлористого аммония) в количестве 1,0% от массы жидкой смолы. Для того, чтобы добиться вязкости смолы 130 с, смолу выдерживали при температуре 20–22°C в течение 25 дней. В результате значения факторов X_1 и X_2 приняты следующими.

$$X_1 = 18\text{--}100 \text{ см}; X_2 = 80\text{--}131 \text{ с}.$$

В таблице 1 приведен план экспериментов для смолы. Опыты с водой как с жидкостью с низкой вязкостью приняты для сравнения результатов со смолой (табл. 2).

Таблица 1. План экспериментов со смолой.

№ опыта	X_1		X_2		Продолжительность истечения клея из емкости, T , с (скорость истечения смолы, V , см/с)
	Код.	Факт.	Код.	Факт.	
1	+	100	+	131,0	138,0 (5,77)
2	–	18	+	131,0	126,6 (6,29)
3	+	100	–	80,0	64,8 (12,28)
4	–	18	–	80,0	72,6 (10,96)

Обработку результатов производили по известной методике с получением уравнения регрессии сначала в кодированных, а затем в фактических переменных в виде

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2, \text{ МПа} \quad (1)$$

Параллельно с этими опытами проводили эксперимент с водой. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты опытов с водой.

X_1 , см	Продолжительность истечения смолы из емкости, T , с	Скорость истечения воды, V , см/с
100	8,1	98,27
59	8,9	89,44
18	9,7	82,06

Как показали результаты эксперимента с водой, чем выше находится емкость с водой над поверхностью, на которую она наносится, тем меньше продолжительность и выше скорость ее истечения из емкости.

Проанализируем результаты по ПФЭ для смолы.

Средины диапазона варьирования факторов равны

$$V_1^0 = (V_1^{\max} + V_1^{\min})/2 = 59 \text{ см}. \quad (2)$$

$$V_2^0 = (V_2^{\max} + V_2^{\min})/2 = 105,5 \text{ с} \quad (3)$$

Интервалы варьирования факторов равны

$$V_w = V_{w\max} - V_{w0}; V_{w1} = 41 \text{ см}; V_{w2} = 25,5 \text{ с.}$$

Связь между кодированными и натуральными значениями факторов выглядит следующим образом:

$$X_i = (V_i - V_{i0})/V_{wi},$$

$$X_1 = (V_1 - 59)/41 = V_1/41 - 1,44, \quad (4)$$

$$X_2 = (V_2 - 105,5)/25,5 = V_2/25,5 - 4,12. \quad (5)$$

Коэффициенты уравнения регрессии по критерию Стьюдента все значимы.

$$b_0 = 8,83; b_1 = 0,20; b_2 = -2,80; b_{12} = -0,46$$

Полученные уравнения регрессии в кодированных переменных следующие:

$$Y = 8,83 + 0,2X_1 - 2,8X_2 - 0,46 X_1 X_2 \quad (6)$$

Чтобы сравнить погрешность уравнения регрессии (6), в таблице 3 приведены значения скорости истечения смолы, вычисленные по полученному уравнению в кодированных переменных и фактические значения этого выходного результата.

Таблица 3. Сравнительные результаты выходного параметра.

№ опыта	Марка смолы	Значения скорости истечения смолы из емкости, V , см/с	
		фактические	теоретические (вычисленные по уравнению в кодированных переменных)
1	КФ-Ж	5,77	5,77
2		6,29	6,29
3		12,28	12,28
4		10,96	10,96

Из этой таблицы следует полная сходимость фактических и теоретических результатов с фактическими.

Для перевода кодированных значений факторов в фактические подставим в уравнение (6) значения из уравнений (4) и (5).

Получим:

$$Y = 8,83 + 0,2 (V_1/41 - 1,44) - 2,8 (V_2/25,5 - 4,12) - 0,46 (V_1/41 - 1,44) (V_2/25,5 - 4,12). \quad (7)$$

Проверим сходимость результатов

$$Y_1 = 8,83 + 0,2 - 2,8 - 0,46 = 5,77.$$

$$Y_2 = 6,29; Y_3 = 12,28; Y_4 = 10,96.$$

Как видно из полученных данных, наблюдается также полная сходимость результатов, полученных по уравнению (7). Проанализируем уравнение (7). Для этого найдем аналитические зависимости выходного параметра поочередно от каждого из двух факторов.

При $X_1(V_1) = 18, 59$ и 100 см при постоянном значении $X_2 = 105,5$ с (основной уровень).

$$\text{При } X_1 = 18 \text{ } Y = 8,83 - 0,2 - 0,048 + 0,0078 = 8,58.$$

$$\text{При } X_1 = 59 \text{ } Y = 8,83.$$

$$\text{При } X_1 = 100 \text{ } Y = 8,83 + 0,2 - 0,048 - 0,008 = 8,97.$$

Как видно из этих данных, увеличение высоты подъема емкости со смолой над поверхностью с 18 до 100 см приводит к повышению выходного параметра.

При $X_2(V_2) = 80; 105,5$ и 131 с при постоянном значении $X_1 = 59$ (основной уровень).

$$\text{При } X_2 = 80 \text{ } Y = 8,83 + 2,8 = 11,63.$$

$$\text{При } X_2 = 105,5 \text{ } Y = 8,83.$$

$$\text{При } X_2 = 131 \text{ } Y = 8,83 - 2,8 = 6,03.$$

Как следует из этих данных, увеличение вязкости смолы с 80 до 131 с приводит к снижению выходного параметра.

Результаты опытов иллюстрированы графиками на рис. 1 и 2.

Зная скорость истечения смолы из емкости, применительно к технологии клееного бруса, можно определить расход смолы на 1 пог.м (или на 1 м^2) доски, на поверхность которой наносится смола.

Для примера представим скорость истечения смолы, равную 10 м/с, т.е. в 1 с смола проходит путь, равный 10 см. Тогда объем смолы, выходящей из одного отверстия емкости (струи смолы), определится как объем цилиндра с диаметром отверстия (допустим,

4 мм – d) и длиной 10 см – L , т.е. $V = (3,14 \times 0,42^2 \times 10) : 4 = 1,256 \text{ см}^3$. Приняв плотность смолы (g) равной 1,25 г/см³, получим массу струи смолы, выходящей из одного отверстия емкости

$$M = V \times g = 1,256 \times 1,25 = 1,57 \text{ г.}$$

Скорость движения доски под емкостью со смолой (u) примем равной 12 м/мин или 20 см/с. При таком условии на отрезке доски длиной 20 см будет нанесено 1,57 г смолы, а на 1 пог. м доски – $Z = M \times 100 / u = (1,57 \times 100) : 20 = 7,85 \text{ г.}$

При количестве отверстий в емкости, из которых вытекает смола на поверхность доски, например, 20 (n), получим расход смолы на 1 пог. м доски ($Q = Z \times n = 7,85 \times 20 = 157 \text{ г/пог. м.}$). В конечном виде формула для определения расхода смолы на 1 пог. м доски будет выглядеть так:

$$Q = Z \times n = M \times 100 / u \times n = V \times g \times 100 / u \times n, \text{ г/пог. м доски,} \quad (8)$$

где Q – расход смолы на 1 пог. м доски, г/пог. м;

Z – расход смолы из одного отверстия емкости на 1 пог. м доски, г;

M – масса струи смолы, выходящая из одного отверстия емкости, г;

V – объем смолы, выходящей из одного отверстия емкости, см³;

g – плотность смолы, г/см³;

u – скорость движения доски под емкостью со смолой, см/с;

n – количество отверстий в емкости, из которых вытекает смола на поверхность доски, шт.

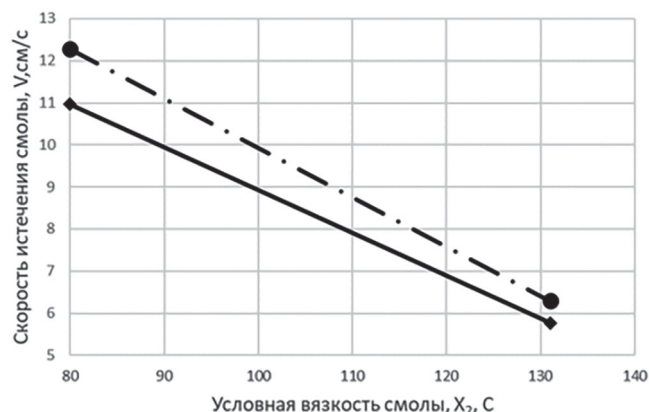


Рис. 1. Зависимость скорости истечения смолы из емкости от условной вязкости смолы: штрих-пунктир – при $X_1 = 100$ см; сплошная – при $X_1 = 18$ см.

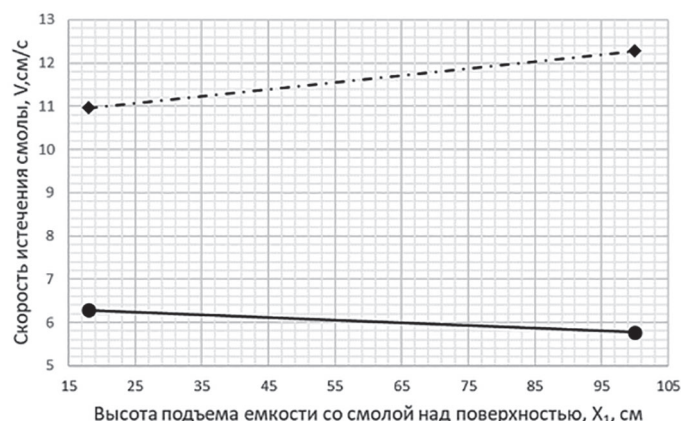


Рис. 2. Зависимость скорости истечения смолы из емкости от высоты подъема емкости со смолой над поверхностью: штрих-пунктир – при $X_2 = 80$ с; сплошная – при $X_2 = 131$ с.

Выводы

1. Для низковязких жидкостей (на примерах воды и смолы невысокой вязкости) наблюдается повышение скорости истечения их из емкости с увеличением высоты подъема емкости с жидкостью над поверхностью, на которую она наносится. Так, для воды при величине подъема емкости на высоту с 18 до 100 см скорость истечения возрастает на 20% (с 82,06 до 98,06 см/с).
2. Для низковязкой смолы (вязкостью 80 с) наблюдается так же, как и для воды, повышение скорости ее истечения из емкости. Так, для смолы с такой вязкостью при величине подъема емкости на высоту с 18 до 100 см скорость истечения возрастает на 12% (с 10,96 до 12,28 см/с).

3. С ростом вязкости смолы с 80 до 131 с абсолютная величина скорости истечения смолы из емкости уменьшается. Так, при высоте подъема емкости 18 см скорость смолы вязкостью 80 с составляет 10,96 см/с, а вязкостью 131с – 6,29 см/с, что в 1,74 раза ниже скорости смолы вязкостью 80 с. При высоте подъема емкости 100 см скорость смолы вязкостью 80 с составляет 12,28 см/с, а вязкостью 131 с – 5,77 см/с, что в 2,13 раза ниже скорости смолы вязкостью 80 с.

4. Дозировать клей в технологии клееного бруса при использовании низковязких смол возможно за счет подъема емкости со смолой (клеем) над уровнем поверхности, на которую она наносится.

Литература

1. Разиньков Е.М. и др. Технология и оборудование клееных материалов [Текст]: учебное пособие / Е.М. Разиньков, В.С. Мурзин, Е.В. Кантиева; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». Воронеж, 2013. 291 с.
2. Волынский В.Н. Технология клееных материалов [Текст]: учеб. пособие / В.Н. Волынский. – Архангельск: Изд-во Архангельского технического университета, 1998. 299 с.
3. Ковальчук Л.М. Производство деревянных клееных конструкций [Текст] / Л.М.Ковальчук. 3-е изд., испр. и доп. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2005. 336 с.
4. Доронин Ю.Г. и др. Синтетические смолы в деревообработке. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1987. 224 с.
5. ГОСТ 9070-75. Вискозиметры для определения условной вязкости лакокрасочных материалов (с изменениями 1–4). Технические требования.
6. ГОСТ 14231-88. Смолы карбамидоформальдегидные. Технические условия.