

УДК 630*812:666.974

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДРЕВЕСНОСТЕКЛОВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Т.Н. Стородубцева, А.М. Томилин, Н.В. Федянина, В.И. Харчевников

ДСВКМ – это материал, созданный на основе целлюлозосодержащих продуктов глубокой переработки древесины, сельского хозяйства, техногенных отходов, а также местного сырья, и предназначенный для изделий специального назначения, подвергающихся действию агрессивных сред и знакопеременных температур.

В работе В.В. Патуроева [1], которая выполнялась в научно-исследовательском институте бетона и железобетона (НИИЖБ) более 25 лет назад, приводится сравнительный анализ технико-экономической эффективности применения конструкций, выполненных на основе портландцемента и терморезистивных смол, в том числе на смоле ФАМ.

Несмотря на сравнительно давнюю публикацию, эта работа практически единственная, касающаяся данного вопроса, и не потеряла своего значения из-за серьезной обоснованности выводов, сделанных в ней и остающихся справедливыми в настоящее время. Например, в ней показано, что сравнение стоимости синтетических шпал со стоимостью шпал на основе портландцемента и т.п. приводит к поспешным выводам о низкой стоимости последних, поскольку цены на смолу в 10...20 раз и более выше цены на цемент, известь и другие минеральные вяжущие. В.В. Патуроев, основываясь на данных НИИЖБ и других организаций, считал, и с этим нельзя не согласиться, что более правильным является сравнение отпускной стоимости конструкций, эксплуатационных расходов на их содержание и долговечности в условиях, в первую очередь, воздействия агрессивных сред, утечек электрического тока, величин динамических нагрузок, частоты ремонта и замены элементов ходовых частей подвижного состава и т.д. Поэтому, если первоначальная цена конструкций из тяжелых полимербе-

тонов на ФАМ и выше, например стоимости аналогичных железобетонных, в 2...4 раза, однако с учетом отрицательного действия на последние названных сред и долговечности армополимербетонных конструкций, которая в 3...5 раз большей долговечности железобетонных, можно считать названные факторы определяющими их высокую надежность и рентабельность. Все сказанное необходимо в полной мере учитывать в расчете экономической эффективности при частичной замене железобетона и древесины в изделиях специального назначения на ДСВКМ [2-4].

В отношении мономера (смолы) ФАМ дело осложнилось тем, что при развале СССР практически единственный завод по его производству оказался в Узбекистане (г. Фергана), поэтому с учетом транспортных расходов стоимость этой смолы в настоящее время составляет около 50 тыс. р за тонну, т.е. очень высокая. Заслуженным деятелем науки РФ, д. т. н., профессором Харчевниковым В.И. была предложена идея о концентрации в одном регионе производств фурфурола, мономера ФАМ и железнодорожных шпал различного назначения, а именно в г. Воронеже и Воронежской и Липецкой областях. Это давало бы возможность снизить транспортные расходы и, при едином владельце всех производств, – НДС и другие налоги, а следовательно цену одной шпалы, 85 % которой составляет цена смолы ФАМ (таблица).

Для реализации предложенной идеи была проведена рекламная компания в печати, в результате которой в адрес ВГЛТА пришло большое количество писем, в которых выражалось желание приобрести шпалы из ДСВКМ. Диапазон адресатов охватил практически всю РФ от г. Мурманска до г. Комсомольска-на-Амуре, однако все хотели покупать шпалы, но не строить заводы по производству ФАМ и отливке шпал. И все же инвестор нашелся – это ООО «Рета» (г. Воронеж), которая имела опыт работы с полимербетоном на ФАМ для устройства полов и фундаментов колон на заводе ОАО «Воронежсинтезкаучук», о чем уже говорилось в предыдущих работах, а также опыт работы ВГЛТА на ту же тему с Управлением автомобильных дорог (г. Липецк, г. Елец – 1992...1996 г.г.) и, конечно, с ВНИИЖТ МПС (1995...2003 г.г.). ООО «Рета» заключила до-

говор с институтом «СИБГИПРОБИОСинтез» на проект фурфурольно-мономерного завода (ФМЗ) для его строительства в г. Лиски Воронежской области, где для этого выделен удобный участок. В таблице приводится расчет производственной и отпускной стоимости мономера ФАМ, который выполнен по данным этого института. Видно, что ожидаемая стоимость ФАМ примерно в 1,6 раза ниже стоимости этой смолы на мировом рынке (28 тыс. р. против 45 тыс. р.).

Таблица 1- Расчет стоимости одной тонны смолы ФАМ на годовой производственный объем 1 млн. шпал из ДСВКМ

№ п. п.	Наименование статей расхода	Единицы измерения	Расход	Стоимость (р.)	Стоимость материалов (р.)
1	Фурфурол-сырец	т	1,0	12000,0	12000,0
2	Ацетон	т	0,5	12000,0	6000,0
3	Вспомогательные химические материалы	т	0,01	10000,0	100,0
	Итого:				18100

1. Стоимость сырья и материалов С – 18100-00 р.
2. Транспортно-заготовительные расходы ТЗР (10 % от С) – 1810-00 р.
3. Основная зарплата ОЗП (3 % от С) – 66-00 р.
4. Налоги на зарплату ННЗ (44 % от ОЗП) – 29-12 р.
5. Общехозяйственные расходы ОХР (100 % ОЗП) – 66-00 р.
6. Расходы на тепловую энергию (на одну тонну – 1 Гкал=183,40 р. без НДС) – 362-00 р.
7. Расходы электроэнергии (на одну тонну) – 17-40 р.
8. Вода – 8-50 р.

9. Амортизация основных средств (6 лет) –	37-20 р.
ИТОГО: производственная стоимость СС	20496-22 р.
10. Внепроизводственные расходы ВПР (4 % от СС) –	819-85 р.
11. Полная стоимость ПСС –	21316-07 р.
12. Прибыль (10 % от ПСС) –	2131- 61 р.
13. Стоимость с учетом прибыли –	23447-67 р.
14. НДС 20 % –	4689-53 р.
15. Всего стоимость –	28137-20 р.
1. Стоимость сырья и материалов С –	513-60 р.
2. Транспортно-заготовительные расходы ТЗР (10 % от С) –	51-36 р.
3. Основная зарплата ОЗП (2 % от С) –	10-71 р.
4. Налоги на зарплату ННЗ (13 % от ОЗП) –	0-14 р.
5. Общехозяйственные расходы ОХР (100 % ОЗП) –	10-71 р.
6. Расходы на тепловую энергию –	5-20 р.
При прогреве материалов до 102° и стоимости 1 Гкал, равной 183,40 р.	
7. Расход электроэнергии –	0-75 р.
8. Расход воды –	0-75 р.
ИТОГО: производственная стоимость СС –	593-22 р.
9. Внепроизводственные расходы ВПР (4 % от СС) –	23-73 р.
10. Полная стоимость ПСС –	616-90 р.
11. Прибыль (10 % от ПСС) –	61-70 р.
12. Стоимость с учетом прибыли –	678-65 р.
13. НДС 20 % –	<u>135-75 р.</u>
14. ВСЕГО: стоимость шпалы –	814-40≈815 р.

Годовую экономическую эффективность применения шпал из ДСВКМ определяли по формуле, приведенной в монографии В.В. Патуроева [1], с использованием данных, приведенных в таблице по формуле (1):

$$\mathcal{E}=(C_c+E_n \cdot K_c)-(C_n+E_n \cdot K_n), \quad (1)$$

где C_c и C_n – годовые эксплуатационные расходы по старому (эталонному – деревянная шпала) и новому (шпала из ДСВКМ) вариантам шпал; K_c , K_n – капи-

таловложения по старому (приведенному) и новому вариантам шпал; E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности, $E_n=0,15$.

Расчет состоит из нескольких этапов.

Капитальные затраты – K подсчитывали следующим образом:

Масса шпалы из ДСВКМ равна 145 кг. Стоимость материалов и изготовления шпалы из ДСВКМ по основным расходам (C_{op}^H) составляет 815 р. Стоимость деревянной (пропитанной) шпалы составляет 380 р. (данные ЮВЖД), шпалы из железобетона с креплением АРС – 590 р.

Так как средний срок службы шпал из композиционных материалов превышает срок эксплуатации деревянных в 4 раза (40 лет у шпал из ДСВКМ и железобетона против 10 лет у деревянных), приведенные капитальные затраты по старым вариантам составляют

$$C_{op}^{H,д} = K_c^д = 380 \cdot 4 = 1520 \text{ р.}, \quad C_{op}^{H,ж/б} = K_c^{ж/б} = 590 \text{ р.}$$

Общие годовые эксплуатационные расходы – C подсчитывали так:

В соответствии с [1] годовые эксплуатационные расходы определяют по

$$\text{формуле: } C = C_{ам} + C_{тр} + C_{ст} + C_{сг}, \quad (2)$$

где:

1. Годовой объем амортизационных отчислений

$$C_{ам} = C_{op} (H_{рем} + H_{кр}) / 100, \quad (3)$$

где $C_{op} = C_{op} (K_c, K_n)$ – сметная стоимость шпалы (приведенная); $H_{рем} = 10$ – норма отчислений на полное восстановление шпалы; $H_{кр} = 4$ – норма отчислений на капитальный ремонт.

Годовой объем амортизационных отчислений при эксплуатации нового варианта шпалы из ДСВКМ при $H_{рем} = 0$, т.к. они не подлежат ремонту: $C_{ам}^H = 0$.

Годовой объем амортизационных отчислений при эксплуатации деревянной шпалы: $C_{ам}^{с,д} = 1520 (10+4) / 100 \cong 213 \text{ р.}$,

то же для железобетонной $C_{ам}^{с,ж/б} = 590 (10+4) / 100 \cong 83 \text{ р.}$

$$2. \text{ Годовой объем текущих ремонтов: } C_{тр} = K \cdot K_{тр} / 100, \quad (4)$$

где $K_{тр} = 2,3 \%$ - показатель годового объема текущих ремонтов.

Годовой объем текущих ремонтов при эксплуатации шпалы из ДСВКМ

$$C_{\text{тр}}^{\text{н}} = 815 \cdot 2,3 / 100 \cong 19 \text{ р.}$$

Годовой объем амортизационных отчислений при эксплуатации деревянной шпалы $C_{\text{тр}}^{\text{с.д}} = 1520 \cdot 2,3 / 100 \cong 35 \text{ р.}$,

то же для железобетонной $C_{\text{тр}}^{\text{с.ж/б}} = 590 \cdot 2,3 / 100 \cong 14 \text{ р.}$

3. Годовой объем расходов на эксплуатацию санитарно-технических систем $C_{\text{ст}}$ и санитарно-гигиенических работ $C_{\text{сг}}$ принимают в размере 1 % сметной стоимости $C_{\text{оп}}$.

$$\text{Тогда для шпал из ДСВКМ} \quad C_{\text{оп}}^{\text{н}} / 100 = C_{\text{ст}}^{\text{н}} + C_{\text{сг}}^{\text{н}} = 815 / 100 \cong 8 \text{ р.}$$

$$\text{Для деревянных шпал} \quad C_{\text{оп}}^{\text{с.д}} / 100 = C_{\text{ст}}^{\text{с}} + C_{\text{сг}}^{\text{с}} = 1520 / 100 = 15 \text{ р.},$$

то же для железобетонной $C_{\text{оп}}^{\text{с.ж/б}} = 520 / 100 = 6 \text{ р.}$

4. Общий объем годовых эксплуатационных расходов составляет для шпалы из ДСВКМ $C_{\text{н}} = C_{\text{ам}}^{\text{н}} + C_{\text{тр}}^{\text{н}} + (C_{\text{ст}}^{\text{н}} + C_{\text{сг}}^{\text{н}}) = 0 + 19 + 8 = 27 \text{ р.}$

Для деревянных шпал: $C_{\text{н}}^{\text{д}} = C_{\text{ам}}^{\text{с.д}} + C_{\text{тр}}^{\text{с.д}} + C_{\text{ст}}^{\text{с.д}} + C_{\text{сг}}^{\text{с.д}} = 213 + 35 + 15 = 268 \text{ р.},$

то же для железобетонной $C_{\text{н}}^{\text{ж/б}} = 83 + 14 + 6 = 103 \text{ р.}$

Величина капитальных вложений в зависимости от срока эксплуатации

(t) может быть выражена формулами:

$$K_{\text{н}}^{\text{ДСВКМ}} = C_{\text{оп}}^{\text{н}} + C_{\text{н}} \cdot t = 815 + 27 \cdot t \text{ т при } t=10 \text{ лет } K_{\text{н}}^{\text{ДСВКМ}} = 1085 \text{ р.};$$

$$K_{\text{с}}^{\text{д}} = C_{\text{оп}}^{\text{д}} + C_{\text{н}}^{\text{д}} \cdot t = 380 + 268 \cdot t \text{ при } t=10 \text{ лет } K_{\text{с}}^{\text{д}} = 3060 \text{ р.}; \quad (5)$$

$$K_{\text{с}}^{\text{ж/б}} = C_{\text{оп}}^{\text{ж/б}} + C_{\text{н}}^{\text{ж/б}} \cdot t = 590 + 103 \cdot t \text{ при } t=10 \text{ лет } K_{\text{с}}^{\text{ж/б}} = 1620 \text{ р.}$$

Используя полученные формулы, можно построить графики капитальных вложений в шпалы из различных материалов от сроков их эксплуатации, например, через 10 лет (рисунок) и вычислить время выравнивания капитальных вложений в них [5].

Например: ДСВКМ – Древесина

$$815 + 27 \cdot t = 380 + 268 \cdot t \rightarrow 241 \cdot t = 435 \rightarrow t = 1,8 \approx 2 \text{ года};$$

ДСВКМ – Железобетон

$$815 + 27 \cdot t = 590 + 103 \cdot t \rightarrow 76 \cdot t = 225 \rightarrow t = 2,96 \approx 3 \text{ года.}$$

Для сравнения, капитальные затраты на японские синтетические шпалы из полиуретана, армированные стекловолокном, выравниваются по сравнению с капитальными вложениями на деревянные шпалы, через 15 лет.

Годовая экономическая эффективность от внедрения одной шпалы из ДСВКМ по сравнению с деревянной определялась следующим образом

$$\mathcal{E}=(C_c^d + E_n \cdot K_c^d) - (C_n + E_n \cdot K_n) = (268 + 0,15 \cdot 1520) - (27 + 0,15 \cdot 815) = 347 \text{ р.},$$

по сравнению с железобетонной $\mathcal{E}=(103 + 0,15 \cdot 590) - (27 + 0,15 \cdot 815) = 192 - 149 = 43 \text{ р.}$

Прогнозируемый экономический эффект при выпуске 375 тыс. штук шпал из ДСВКМ в год составит $\mathcal{E} = 347 \cdot 375 \cdot 10^3 \text{ р.}$, или 130 млн. р. (по сравнению с деревянной) или $\mathcal{E} = 43 \cdot 375 \cdot 10^3 \text{ р.}$, или 16 млн. р. (по сравнению с железобетонной).

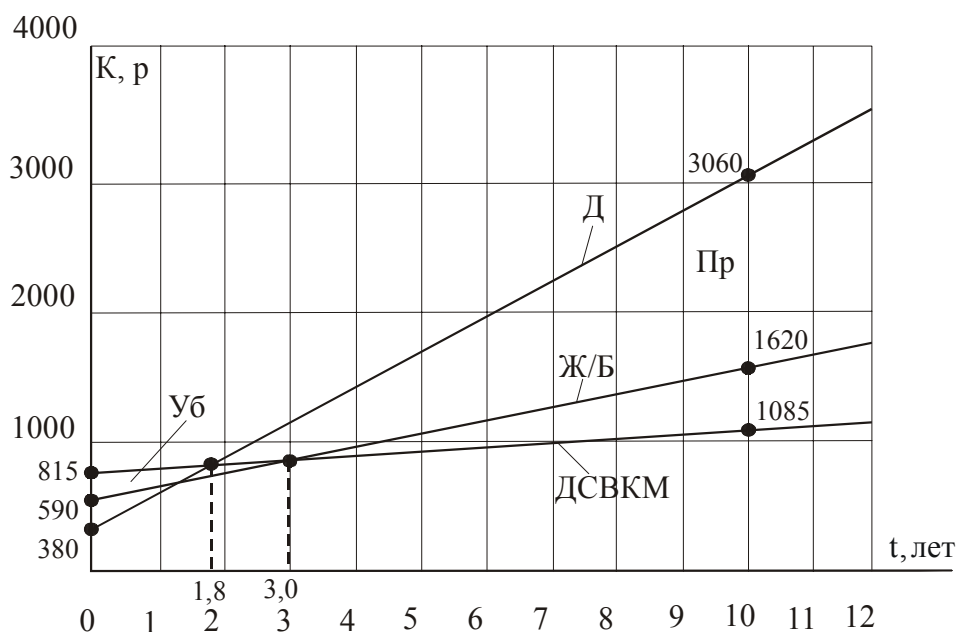


Рисунок 1 – Графики зависимостей капитальных вложений в шпалы из различных материалов от сроков их эксплуатации

Таким образом, капитальные вложения в шпалы из древесины и ДСВКМ уравниваются примерно через 2 года эксплуатации, а затем сумма капитальных вложений в деревянные шпалы начинает расти, а ДСВКМ и железобетона – через 3 года.

В заключение отметим, что стоимость шпалы, изготовленной в США на основе переработанных пластиковых бутылок (1000 шт на 1 шпалу) составляет

70 \$ или 2100 р., т.е. она в 2,6 раза дороже шпалы из ДСВКМ (815 р.) или около 30 \$. Там же стоимость деревянной шпалы, пропитанной креозотом, составляет 50 \$, т.е. и этот вид шпал дороже предлагаемых в 1,7 раза.

Список литературы

1. Патуроев В.В. Полимербетоны [Текст]: моногр. / В.В. Патуроев / НИИ бетона и железобетона. – М.: Стройиздат, 1987. – 286 с.

2. Стородубцева Т. Н. Зависимость механических характеристик древесины сосны и полимерной матрицы композиционного материала от влияния температуры [Текст] / Т. Н. Стородубцева, В. И. Харчевников, А. И. Томилин ; Т. Н. Стородубцева, В. И. Харчевников, А. И. Томилин // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2012. - № 3. - С. 83-85. - Библиогр.: с. 84-85 (6 назв.).

3. Харчевников В. И. Водостойкий композиционный материал на основе отходов лесного комплекса для железнодорожных шпал [Текст] / В. И. Харчевников, Т. Н. Стородубцева ; В. И. Харчевников, Т. Н. Стородубцева // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2002. - № 12. - С. 74-78.

4. Харчевников В. И. Причины разрушения стекловолоконного композиционного материала на терморезактивной смоле ФАМ под действием внешних нагрузок [Текст] / В. И. Харчевников, Т. Н. Стородубцева ; В. И. Харчевников, Т. Н. Стородубцева // Вестник Центрально-Черноземного регионального отделения наук о лесе Российской Академии естественных наук Воронежской государственной лесотехнической академии. - Воронеж, 2002. - Вып. 4, ч. 2. - С. 23-29.

5. Харчевников В. И. Длительная прочность (ползучесть) при изгибе образцов-балок из древесностекловолоконного композиционного материала, помещенных в воду [Текст] / В. И. Харчевников, Т. Н. Стородубцева ; В. И. Харчевников, Т. Н. Стородубцева // Вестник Центрально-Черноземного регионального отделения наук о лесе Российской Академии естественных наук Воронежской государственной лесотехнической академии. - Воронеж, 2002. - Вып. 4, ч. 2. - С. 15-22.