

ТРЕМАСОВ В. В., ВИЛЬДЯЕВ Д. В., ЕРОФЕЕВ В. Т.

**ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КОМПОНЕНТОВ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
ВИНИЛЭФИРНЫХ КОМПОЗИТОВ**

Аннотация. Произведена оптимизации составов винилэфирных композитов. Составлен комплексный симметричный трехуровневый план второго порядка. Выявлены составы композитов с высокими показателями прочности при изгибе и прочности при сжатии.

Ключевые слова: уравнение регрессии; винилэфирные композиты; прочность, отверждающая система.

TREMASOV V. V., VILDYAEV D. V., YEROFEEV V. T.

**THE EFFECTS OF STRUCTURAL COMPONENTS ON TOUGHNESS
INDEXES OF VINYLESTER COMPOSITES**

Abstract. The article considers the results of optimization of vinylester composites' structures. In this connection, the authors present a complex symmetric three-tiered plan of the second order. The study showed the composite components that demonstrate high flexural and compressive toughness.

Key words: regression equation; vinylester composites; toughness; curing system.

Непрерывное развитие строительства в условиях современного индустриального общества сопровождается постоянными поисками более совершенных композиционных материалов, превосходящих по своим прочностным, упруго-деформационным и другим свойствам традиционные широко применяемые материалы (бетоны, природные каменные и др.). К таким материалам относятся материалы на полимерных связующих, которые находят широкое применение в строительстве, в частности при отделке жилых, административных помещений, в которых люди проводят до 90 % своего времени. Примером таких поисков могут служить работы по улучшению свойств бетонов с помощью введения в их состав полимеров. К конструкционным материалам подобного типа относятся защитные антикоррозионные покрытия и полимербетоны. К числу наиболее применяемых полимерных связующих, применяемых для изготовления полимерных композитов относятся эпоксидные, полиэфирные и другие смолы [1, 2]. В последнее время отечественная промышленность стала выпускать винилэфирные смолы [3]. Однако эффективность практических разработок в этой области сдерживается рядом факторов, одним из которых является отсутствие знаний о влиянии состава на основные свойства композитов.

В ходе проведения эксперимента нами были проведены исследования влияния количественного соотношения компонентов отверждающей системы, состоящей из пероксид циклогексанона, октоата кобальта и 10% раствора димитиланилина в стироле, на свойства композитов на основе винилэфирной смолы марки РП-14С.

Исследования проведены с применением методов математического планирования эксперимента. В качестве матрицы планирования использовали комплексный симметричный трехуровневый план второго порядка с количеством опытов, равным 13, приведенная ниже.

**Комплексный симметричный трехуровневый план второго порядка
на кубе с количеством опытов, равным 13**

X ₁	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0
X ₂	+1	0	0	-1	+1	+1	0	-1	-1	+1	0	0	-1
X ₃	+1	+1	+1	+1	0	0	0	0	0	-1	-1	-1	-1

Варьируемыми факторами служили: X₁ – содержание пероксида циклогексанона (ПЦОН-2); X₂ – содержание октоата кобальта (ОК-1); X₃ – содержание раствора димитиланилина в стироле (ДМА). Содержание компонентов композитов варьировались в пределах эксперимента в соотношении ПЦОН-2 – 0,5–2,5 мас. ч., ОК-1 – 1–5 мас. ч. и ДМА – 1–3 мас. ч. на 100 мас. ч. винилэфирной смолы соответственно.

Нами были изготовлены приведенные выше составы. В результате испытания образцов получены показатели прочности на сжатие и на изгиб в составов винилэфирных композитов.

Таблица 1

Прочность составов

№ состава	Прочность, МПа	
	На изгиб	На сжатие
1	55,65	91,11
2	66,53	88,15
3	71,68	94,08
4	36,94	99,26
5	38,59	102,22
6	58,32	104,45
7	37,25	90,37
8	61,54	88,15
9	56,26	87,41
10	51,02	98,52
11	43,87	97,04
12	54,85	82,22
13	59,86	101,48

В результате статистической обработки экспериментальных данных приведенные выше были получены уравнения регрессии описывающее изменение прочности при изгибе ($R_{изг}$) и прочности при сжатии ($R_{сж}$):

$$R_{изг} = 37,25 - 3,823 \cdot X_1 - 1,377 \cdot X_2 + 2,65 \cdot X_3 + 12,396 \cdot X_1^2 - 6,252 \cdot X_1 X_2 + 1,457 \cdot X_1 X_3 + 4,031 \cdot X_2^2 + 6,887 \cdot X_2 X_3 + 9,586 \cdot X_3^2; \quad (1)$$

$$R_{сж} = 90,37 + 0,925 \cdot X_1 + 2,5 \cdot X_2 - 0,833 \cdot X_3 - 1,016 \cdot X_1^2 - 0,743 \cdot X_1 X_2 + - 5,188 \cdot X_1 X_3 + 6,204 \cdot X_2^2 - 1,297 \cdot X_2 X_3 + 1,019 \cdot X_3^2; \quad (2)$$

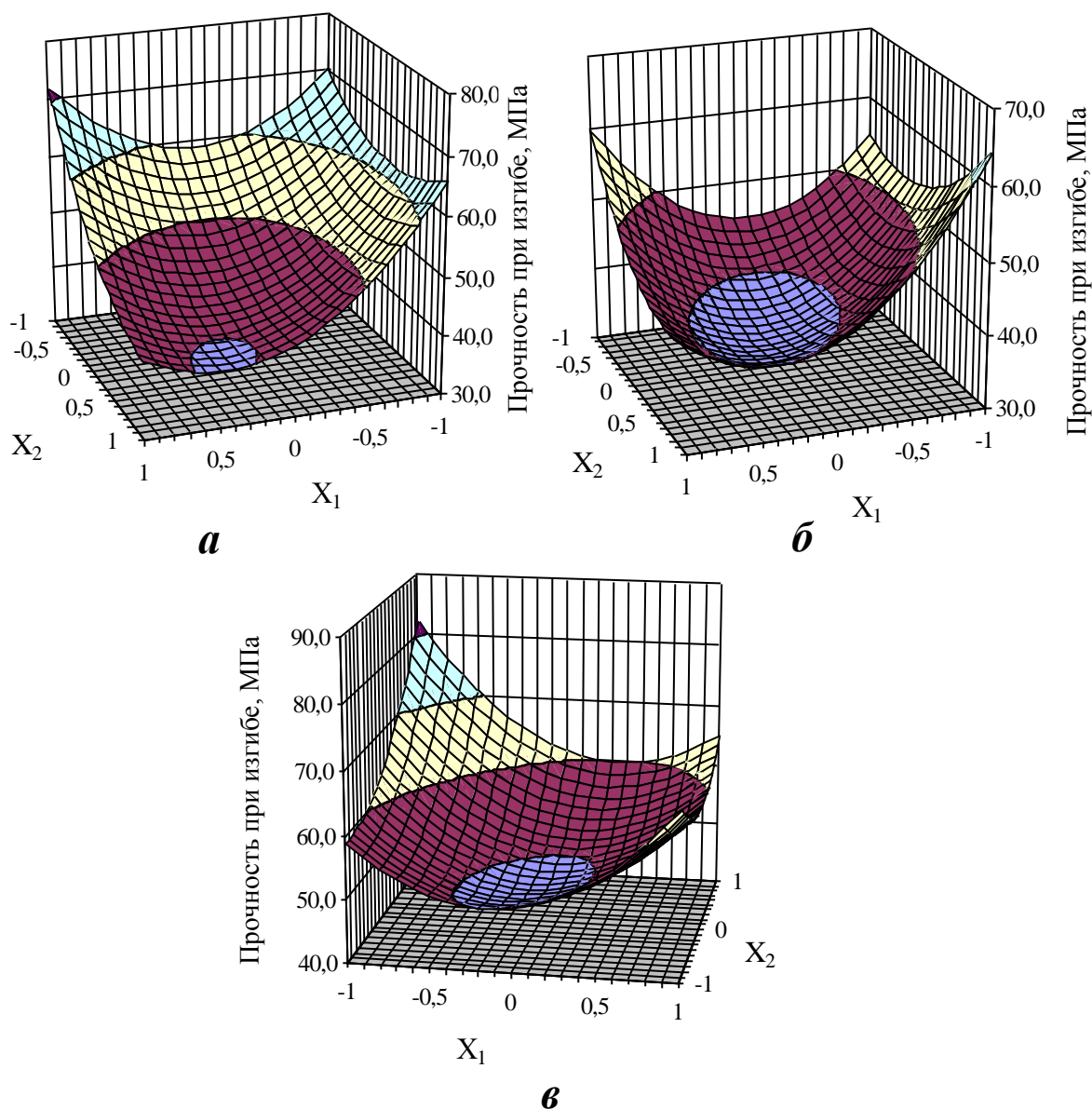


Рис. 1. Влияние содержания компонентов винилэфирных композитов на предел прочности при изгибе при содержании ДМА:

1 мас. ч. ($X_3 = -1$) (*a*), 2 мас. ч. ($X_3 = 0$) (*б*), 3 мас. ч. ($X_3 = +1$) (*в*) на 100. мас. ч. смолы X_1 – содержание ПЦОН-2 (0,5–2,5 мас. ч.); X_2 – содержание ОК-1 (1–5 мас. ч.)

Из анализа приведенного выше уравнения (1) следует, что максимальное значение предела прочности при изгибе, равное 82 МПа, достигается при содержании диметиланилина, пероксида циклогексанона и октоата кобальта в количестве 3, 0,5 и 5 мас. ч. на 100 мас.ч. смолы соответственно. Следует отметить, что при начальной концентрации ДМА (1–2 мас. ч.) наибольшие значения прочности при изгибе зафиксированы при содержании в системе 0,5 мас. ч. пероксида циклогексанона, а также при концентрации ПЦОН-2 и ОК-1 в количестве 2,5 и 1 мас. ч. на 100 мас.ч. винилэфирной смолы соответственно.

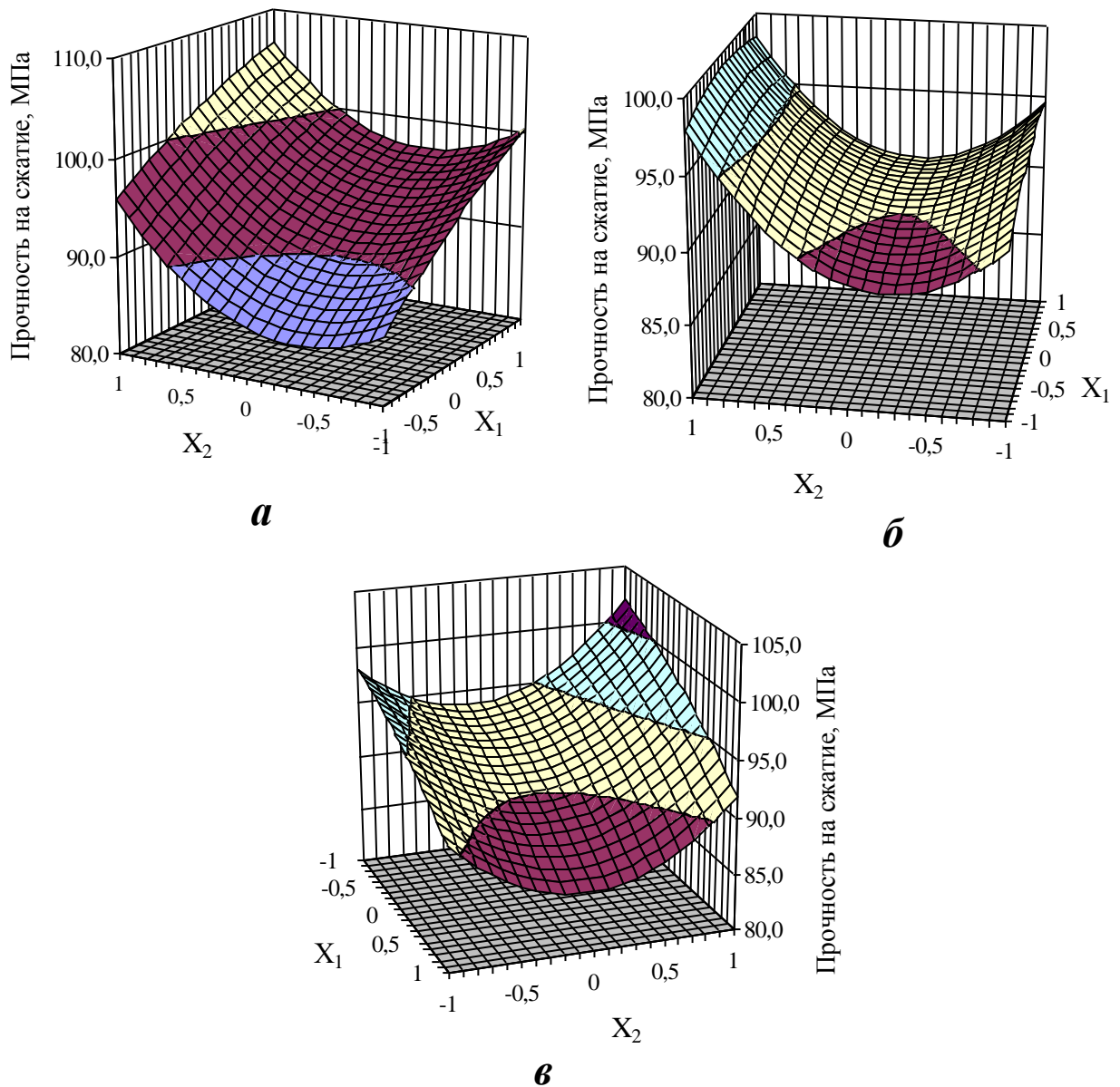


Рис. 2. Влияние содержания компонентов винилэфирных композитов на предел на сжатие при содержании ДМА:

1 мас. ч. ($X_3 = -1$) (*a*), 2 мас. ч. ($X_3 = 0$) (*б*), 3 мас. ч. ($X_3 = +1$) (*в*) на 100. мас. ч. смолы

X_1 – содержание ПЦОН-2 (0,5–2,5 мас. ч.); X_2 – содержание ОК-1 (1–5 мас. ч.)

Для большинства соотношений компонентов образцов винилэфирной композитов минимальные значения исследуемого показателя зафиксированы при содержании диметиланилина, пероксида циклогексанона и октоата кобальта в количестве 1,5–2, 1,5–1,8 и 2–4 мас. ч. на 100 мас. ч. винилэфирной смолы соответственно. Нами было зафиксировано минимальное значение предела прочности при изгибе в случае использования системы из раствора ДМА, ПЦОН-2 и ОК-1 в количестве 2, 1,6 и 2,7 мас. ч. на 100 мас. ч. смолы соответственно. Следует отметить, что исходя из величины исследуемого параметра, в случае повышения содержания ДМА, концентрацию ОК-1, целесообразно, как правило, так же увеличивать.

Из анализа приведенного выше уравнения (2) так же видно, что значения предела прочности на сжатие исследованных винилэфирных композитов находятся в пределах от 84 до 106 МПа, т.е. изменения данного прочностного параметра менее существенны, чем у предела прочности при изгибе. Максимальное значение предела прочности на сжатие составляет 106 МПа и достигается при содержании ДМА, ПЦОН-2 и ОК-1 в количестве 1, 2,5 и 5 мас. ч. на 100 мас. ч. винилэфирной смолы соответственно. На увеличение величины предела прочности на сжатие позитивное влияние оказывает повышение концентрации, как ускорителя, так и отвердителя, однако следует отметить некоторые особенности, так при введении 2–3 мас. ч. октоата кобальта происходит незначительное снижение прочности, а увеличение содержания ДМА, наоборот обуславливает некоторое его уменьшение.

Таким образом, с помощью математического планирования эксперимента проведена оптимизация компонентов винилэфирных композитов по показателям прочности как при изгибе, так и при сжатии, что обуславливает более полное представление о специфике материала. Получены составы композитов повышенной прочности, удовлетворяющие требованиям современного строительства как для изготовления, строительных композитов (полимербетонов) так и антикоррозионных защитных покрытий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерофеев В. Т., Соколова Ю. А., Богатов А. Д. и др. Эпоксидные полимербетоны, модифицированные нефтяными битумами, каменноугольной и карбамидной смолами и аминопроизводными соединениями. – М.: Изд-во ПАЛЕОТИП, 2007. – 240 с.
2. Богатова С. Н., Богатов А. Д., Ерофеев В. Т. и др. Исследование биологической стойкости эпоксидных покрытий // Лакокрасочные материалы и их применение. – № 3, 2011. – С. 42–45.

3. Ерофеев В. Т., Волгина Е. В., Казначеев С. В., Богатов А. Д. Исследование прочности и жесткости винилэфирных композитов, наполненных литопоном // Вестник отделения строительных наук. – Вып. 16: в 2 т. – Москва: Изд-во МГСУ, 2012. – Т.2. – С. 59–67.