

Элмурод Бобожонов, Нодиржон Мамуров, Сергей Третьяков

Elmurod Bobojonov, Nodirjon Mamurov, Sergey Tretyakov

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ АДГЕЗИИ КОМПОЗИТА НА ОСНОВЕ СУБЕРИНА UNCERTAINTY IN THE ADHESION OF COMPOSITES BASED ON SUBERINS

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk

В настоящей статье рассмотрено качественные и количественные характеристики многофакторного планированного эксперимента для исследования адгезии композита на основе суберина. Авторами были выявлены компоненты, которые влияют на адгезионные свойства композита. Произведена оценка показателя воспроизводимости и повторяемости.

This article examines the qualitative and quantitative characteristics of a multivariate designed experiment to study the adhesion of a suberin-based composite. The authors identified components that affect the adhesive properties of the composite. The reproducibility and repeatability indicators were assessed.

Ключевые слова: неопределенность, оценка воспроизводимости и повторяемости, композит, суберин.

Keywords: uncertainty, assessment of reproducibility and repeatability, composite, suberin.

Технологический прогресс, поиск новых решений и оптимизация материалов вызывают разновидность задач, к которым относится и определение адгезии полимерных композитов. Адгезия, или прилипание, является одним из ключевых показателей, отражающих прочностные связи между двумя различными материалами при прямом контакте.

Адгезия определяет способность двух различных веществ прочно соединяться на молекулярном уровне. Она важна для многих областей, таких как покраска, печать, покрытия и многих других. В особенности важность адгезии проявляется при работе с полимерными композитами - материалами нового поколения.

Полимерные композиты — это материалы, состоящие из двух или более

Бобожонов Э. – студент магистратуры

Мамуров Н. – студент магистратуры

Третьяков С.И. – кандидат технических наук, профессор

составляющих, где одна из фаз

(матрица) представляет собой полимер. Характеристики этих материалов зависят от свойств начальных компонентов, но также важна и адгезия между ними [1].

Определение адгезии полимерного композита важно для контроля качества и предсказания свойств конечного продукта. Методы анализа адгезии включают механические испытания (например, испытание на отслаивание или на сдвиг), термодинамические измерения и измерения на микро и нано уровне. Все эти методы позволяют оценить прочность соединений в композите и сделать выводы о его целостности, прочности и долговечности.

Если адгезия между составляющими композита слабая, это может привести к таким дефектам, как отслоение, трещины, пониженная прочность и устойчивость к воздействию окружающей среды. С другой стороны, хорошая адгезия помогает создать устойчивый, прочный и эффективный материал с целым рядом преимуществ для применения в различных областях.

В ходе исследования адгезионных свойств суберина и полимеров на основе суберина созданы полимерные композиты с добавкой клея (состоящего из желатина, глицерина и уксусной кислоты) и скипидара (таблица 1). Для исследования адгезионных свойств композитов провели многофакторный эксперимент.

Многофакторные эксперименты позволяют оценить не только эффекты одиночных переменных, но и их взаимные взаимодействия. Такой подход предоставляет более детальную картину, чтобы грамотно анализировать и интерпретировать результаты.

Таким образом, многофакторные эксперименты способствуют уменьшению искажений и ошибок. Вместо анализа только одной переменной в разные моменты времени, многофакторные эксперименты анализируют влияние всех факторов одновременно, уменьшая вероятность ошибок, связанных с недостаточным количеством данных или с их высокой переменностью.

Таблица 1

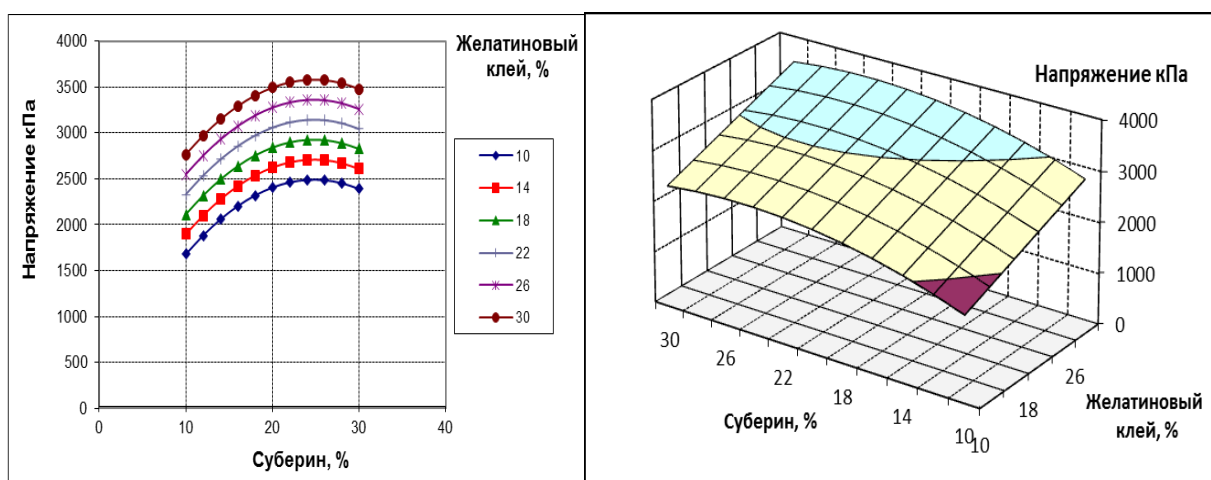
Значение и интервалы варьирования состава композита

Входные параметры	Значения факторов			Нулевой уровень	Шаг варьирования	Звездное плечо
	-1	0	1			
x ₁ - Суберин, %	10	20	30	20	10	20
x ₂ - Желатин, %	10	20	30	20	10	20
x ₃ - Глицерин, %	10	20	30	20	10	20
x ₄ - Скипидар, %	10	20	30	20	10	20

Результаты проведенного в соответствии с выше представленной схемой факторного эксперимента использовали для расчета коэффициентов уравнения регрессии, связывающего значения выходного параметра - усилия на разрушение клея на поверхности деревянной пластины. Получили уравнение регрессии для зависимости напряжения на разрыв от состава композита в кодированных значениях:

$$Y = 29502 + 356,1 \cdot X_1 + 544,6 \cdot X_2 + 636,3 \cdot X_3 + 324,4 \cdot X_4 - 371,6 \cdot X_1^2 - 251,6 \cdot X_4^2 + 386,8 \cdot X_1 \cdot X_3 - 124,7 \cdot X_3 \cdot X_4$$

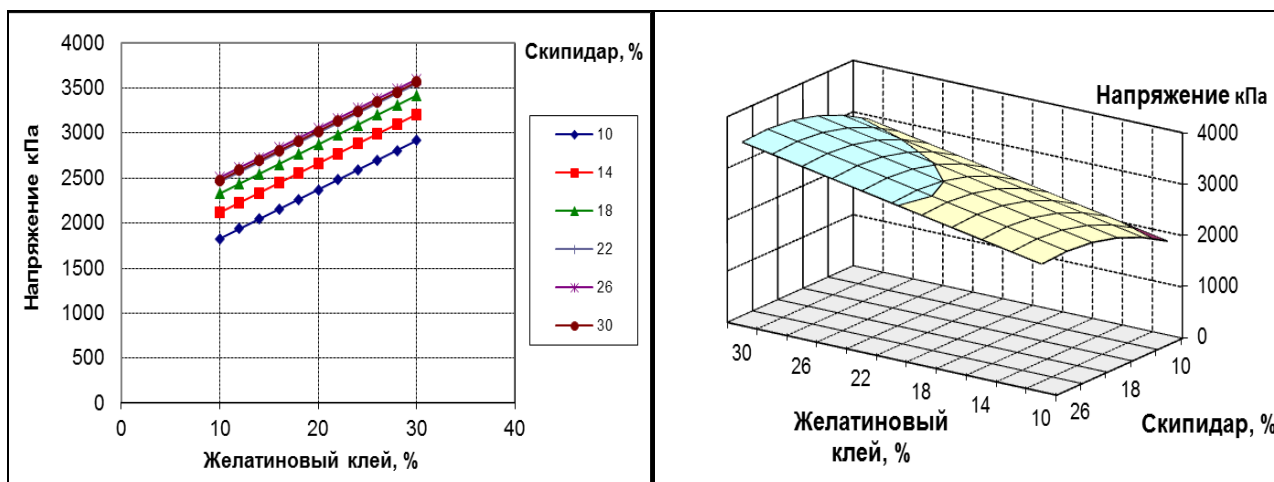
По полученной модели построены поверхности отклика для адгезии, оцениваемой усилием при разрыве склеенных пластин, в натуральных значениях входных параметров (рис. 1,2,3).



a

б

Рисунок 1 – Зависимости напряжения от концентрации компонентов: *a*– график зависимости напряжения от концентрации суберина и желатина; *б* – поверхностный отклик



a

б

Рисунок 2 – Зависимости напряжения от концентрации компонентов: *a*– график зависимости напряжения от концентрации желатина и скипидара; *б* – поверхностный отклик

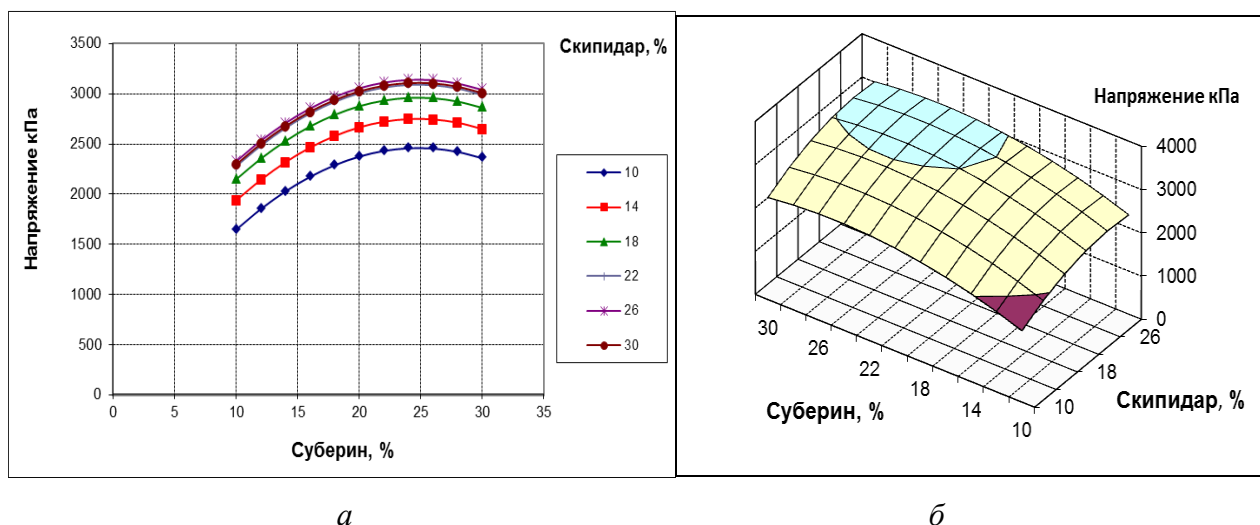


Рисунок 3 – Зависимости напряжения от концентрации компонентов: *а*– график зависимости напряжения от концентрации суберина и скипидара; *б* – поверхностный отклик

Как видно из рисунка 1, с увеличением концентрации суберина и желатина напряжение, необходимое для разрыва склеенных деревянных пластин, растет и наибольшее напряжение достигается при концентрации суберина 25 %.

Из рисунков 2 и 3 следует, что с увеличением концентрации желатина и скипидара напряжение разрыва также растет, максимальное напряжение достигается при концентрации желатина 30 %. Добавка скипидара не снижает адгезию композита на поверхности деревянной пластины[2].

Для определения количественных характеристик исследования определили неопределенность измерения напряжения при сдвиге.

Неопределенность характеризует неуверенность в точности и степени достоверности гипотезы или замеров. Это не значит, что эксперимент провалился; наоборот, неопределённость — это инструмент для учета всех внешних факторов, которые могли бы повлиять на результаты, но исключены в данном исследовании.

Отличие неопределенности от погрешности: Погрешность — это отклонение измеренного значения от истинного, обычно вызванное неточностью инструментов или методов измерения. В отличие от неопределенности, погрешность может быть уменьшена или полностью устранена. Неопределённость, напротив, является неотъемлемой частью практического исследования, направленной на определение всех возможных исходов эксперимента [3].

Преимущества определения неопределённости вместо погрешности: Одним из преимуществ определения неопределённости вместо погрешности является то, что она дает исследователю более полное представление об исходах эксперимента. Это помогает лучше понять, как различные переменные влияют на результат, и построить более устойчивые модели прогнозирования. Второе преимущество заключается в том, что определение неопределённости помогает правильно провести статистический анализ и тем самым предотвратить недостоверные выводы.

Определение неопределённостей способствует более глубокому пониманию динамики проведения многофакторных плановых экспериментов и вносит значительный вклад в развитие научных исследований.

Оценивание неопределенности прямых многократных измерений производится в соответствии с базовым алгоритмом GUM, ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения [4].

Неопределенность прямых многократных измерений считаем по 7 параллельным измерениям из многофакторного планового эксперимента. Среднее значение напряжения при сдвиге принимаем **2943 кПа**.

Стандартная неопределенность типа А непосредственно наблюдаемой величины

$$U_A(F) = \sqrt{\frac{1}{7(7-1)} \sum_{i=1}^7 (F_i - \bar{F})^2} = 118,68 \text{ кПа.}$$

Стандартная неопределённость типа В непосредственно наблюдаемой входной величины будет определяться:

$$u_B(F) = \frac{1 \cdot 2943}{100 \cdot \sqrt{3}} = 16,99 \text{ кПа.}$$

Дополнительная температурная погрешность, обусловленная отклонением температуры от нормальной (20 °C) на 10°C, не превышает 10% предела допускаемой основной погрешности.

$$u_B(F_V) = 16,99 \cdot 0,1 = 1,699 \text{ кПа.}$$

5. Вычисление суммарной стандартной неопределенности.

Поскольку модельное уравнение представляет собой сумму входных некоррелированных величин, то суммарная неопределенность измеряемой величины (суммарная стандартная неопределенность) будет равна:

$$u_c(F) = \sqrt{118,68^2 + 16,99^2 + 1,699^2} = 119,90 \text{ кПа.}$$

6. Вычисление расширенной неопределенности производится по формуле:

$$U = 2 \cdot 119,90 = 239,80 \text{ кПа.}$$

Результат измерения можно представить в форме:

$$F = (2943,0 \pm 239,8) \text{ кПа, } P = 0,95$$

Для определения качественных характеристик методики исследования адгезионных свойств композита и так же для точности, надежности и репрезентативности результатов исследования определили показатели повторяемости и воспроизводимости методики.

Повторяемость – это способность одного и того же исследователя получить одни и те же результаты при многократном проведении эксперимента при неизменных условиях. Повышение повторяемости означает уменьшение случайных ошибок и увеличение достоверности результатов исследования.

Воспроизводимость относится к способности разных исследователей или групп воспроизвести предыдущие результаты при использовании той же методики, но при разных условиях (в разное время, с разными инструментами). Это критически важный компонент научного процесса, так как он придает уверенности в том, что результаты исследования не являются случайной аномалией.

Воспроизводимость и повторяемость определяли по РМГ 61-2010 «Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки»[5].

Таблица 3

Расчетные данные

Номер ОО (Образцы для оценивания)	Условие оценки показателя повторяемости методики анализа, $r_{n,m}(s_{r,m}) \approx r_{n,m}(\sigma_{r,m})$	Условие оценки показателя воспроизводимости методики, $R_m(s_{R,m}) \approx R_m(\sigma_{R,m})$
4-х факторный эксперимент	1,61 $\approx$ 1,59	1,34 $\approx$ 1,33

По расчетным данным видно, что, способность повторяемости и воспроизводимости подтверждает, что результаты работы данной методики анализа надежны и точны. Полученные в ходе исследования данные, отражают реальные закономерности, а не случайные отклонения или систематические ошибки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Э.И. Бобожонов, С.С. Мандыбура, Н.Н. Мамуров, С.И. Третьяков, Я.В. Казаков. Адгезия композита на основе суберина// Проблемы механики целлюлозно-бумажных материалов: материалы VII Междунар. науч.-техн. конф., имени профессора В.И. Комарова. – 2023. – С. 302–306.
2. Э.И. Бобожонов, С.С. Мандыбура, Н.Н. Мамуров, Н.А. Кутакова, С.И. Третьяков. Исследование адгезионных свойств суберина и композита на его основе// Физикохимия растительных полимеров: материалы X международной конференции. – 2023. – С. 38–42.
3. Мамуров Н.Н., Бобожонов Э.И. Расчет погрешности адгезионных свойств суберина// Ломоносовские научные чтения студентов, аспирантов и молодых ученых – 2023 Сборник материалов конференции: в 2-х томах. Том 2. – 2023. – С. 429-432.
4. ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008 Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения (с Поправкой)// Техэксперт: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200146871>
5. РМГ 61-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки// Техэксперт: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200146871>

Александра Швенк, Виктор Грибов, Надежда Богданова

Alexandra Shvenk, Viktor Gribov, Nadezhda Bogdanova

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

IMPORT SUBSTITUTION OF MEASURING EQUIPMENT

Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg

Импортозамещение средств измерительной техники играет важную роль в современной экономике. Оно способствует снижению зависимости от импорта и развитию отечественного производства. В данной статье рассмотрим ключевые аспекты импортозамещения средств измерительной техники и его влияние на развитие экономики

Швенк А. – студент магистратуры
Грибов В.В. – кандидат технических наук
Богданова Н.В. – старший преподаватель