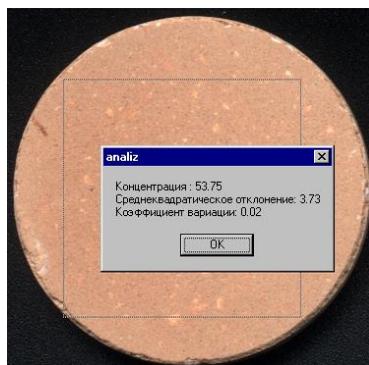
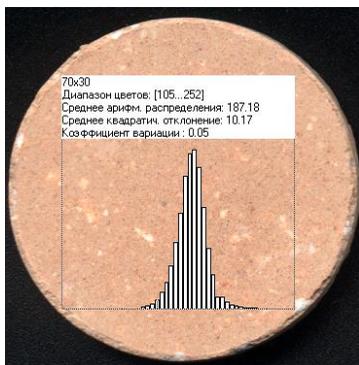


ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СМЕШИВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СМЕШИВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Утверждено Ученым советом университета
в качестве методических указаний для студентов,
обучающихся по направлениям подготовки
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»,
28.03.02 «Наноинженерия»

Учебное электронное издание



Тамбов 2024

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»

2025

УДК 621.01
ББК 30.306
О-93

Рецензент

Доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «ТПАиТБ» ФГБОУ ВО «ТГТУ»
В. Я. Борщев

О-93 **Оценка** качества смешивания многокомпонентных дисперсных материалов [Электронный ресурс] : методические указания / сост. : Т. В. Пасько, И. Н. Шубин. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2025. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium II ; CD-ROM-дисковод ; 1,0 Mb ; RAM ; Windows 95/98/XP ; мышь. – Загл. с экрана.

Рассмотрены вопросы оценки качества приготовления многокомпонентных смесей дисперсных материалов. Предложены программные продукты и даны конкретные рекомендации по их использованию, позволяющие проводить диагностику смесей дисперсных материалов, компоненты которых имеют различный цвет и(или) яркость.

Предназначены для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», 28.03.02 «Наноинженерия».

УДК 621.01
ББК 30.306

Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком. Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО ТГТУ), 2025

ВВЕДЕНИЕ

В современном промышленном производстве и сельском хозяйстве широко применяются дисперсные материалы и их многокомпонентные смеси. Выпускается целый ряд химических продуктов – удобрения, ядохимикаты, моющие средства, пигменты, наполнители, катализаторы и др. Помимо химической промышленности, дисперсные материалы широко представлены в пищевой и фармацевтической промышленности, производстве строительных материалов, металлургии, добыче и переработке полезных ископаемых и т.д. При производстве и применении дисперсных материалов осуществляется ряд механических процессов: измельчение, смешивание, дозирование, гранулирование, транспортировка, хранение. Физико-механические свойства дисперсных материалов, используемых в различных процессах, оказывают значительное влияние на конструктивные параметры технологического оборудования. Поэтому необходим обязательный учет как их свойств, так и свойств и качества их смесей при конструировании нового и использовании имеющегося оборудования, основывающийся на надежных методиках их определения.

В методических указаниях освещены вопросы оценки качества приготовления многокомпонентных смесей дисперсных материалов, основные методы анализа проб и качества приготовленных смесей.

Предложены программные продукты позволяющие проводить диагностику смесей дисперсных материалов, компоненты которых имеют различный цвет и(или) яркость.

Следует отметить, что программные продукты по определению качества многокомпонентных смесей дисперсных материалов являются результатом научной деятельности авторов настоящих методических указаний и имеют регистрацию в качестве программных продуктов в Федеральном институте промышленной собственности.

1. ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СМЕСЕЙ

Оценка качества приготовления многокомпонентных смесей дисперсных материалов является важным аспектом в области материаловедения и технологий, так как от этого зависит не только качество конечного продукта, но и его эксплуатационные характеристики. Многокомпонентные смеси могут включать в себя различные типы частиц, такие как металлы, оксиды, полимеры и другие материалы, которые могут взаимодействовать друг с другом на нано- и микро-масштабах.

К основным параметрам оценки качества многокомпонентных смесей относятся:

1. Структурные характеристики. Оценка размеров частиц и их распределения в смеси является критически важной, и для определения этих параметров могут использоваться такие методы, как динамическое светорассеяние (DLS) и лазерная дифракция. Форма частиц оказывает значительное влияние на поведение смеси для визуализации форм частиц применяют микроскопические методы, например, сканирующую электронную микроскопию (СЭМ).

2. Кристаллическая структура. Рентгеновская дифракция (XRD) позволяет определить кристаллическую структуру компонентов смеси, а также выявить возможные фазовые изменения, которые могут происходить в процессе приготовления.

3. Механические свойства. В первую очередь, к механическим свойствам относятся прочность и жесткость, для оценки которых могут использоваться механические испытания на сжатие и растяжение. Оценка износостойкости проводится с помощью тестов на трение и абразивность.

4. Термическая стабильность. Термогравиметрический анализ (TGA) позволяет оценить термическую стабильность и состав многокомпонентных смесей, выявить температурные диапазоны, в которых компоненты начинают разлагаться или изменять свои свойства.

5. Химическая совместимость. Использование спектроскопических методов (ИК- и Раман-спектроскопии) позволяет оценить взаимодействия между компонентами смеси, что может быть критически важным для определения стабильности и качества конечного продукта.

6. Процесс приготовления. Методы смешивания (механическое, ультразвуковое, химическое) влияют на однородность и качество смеси, неправильные условия смешивания могут привести к неравномерному распределению компонентов и ухудшению свойств. Температура, давление и время обработки также влияют на свойства смеси. Оптимизация этих параметров может привести к улучшению качества конечного продукта.

Оценка качества приготовления многокомпонентных смесей дисперсных материалов требует комплексного подхода, включающего анализ структурных, механических и термических свойств, а также изучение взаимодействий между компонентами. Понимание этих аспектов позволяет оптимизировать процессы приготовления и улучшить эксплуатационные характеристики конечных продуктов, что имеет важное значение для различных промышленных и научных приложений.

Анализ концентрации и качества компактированных смесей наноразмерных материалов представляет собой важную область исследований, так как наноразмерные материалы обладают уникальными физико-химическими свойствами, которые значительно отличаются от свойств их макроскопических аналогов.

Концентрация наноразмерных материалов в смесях может влиять на их физические и химические свойства. Для достижения желаемых характеристик конечного продукта необходимо точно определять концентрацию компонентов.

Для анализа концентрации обычно применяют следующие методы:

- методы УФ-Vis, ИК-спектроскопии или Раман-спектроскопии могут использоваться для определения концентрации наноразмерных частиц в растворах или смесях;
- электронная микроскопия (СЭМ, ТЭМ) позволяет визуализировать и измерять размеры частиц, а также их распределение в смесях;
- динамическое светорассеяние (DLS) позволяет оценить размер частиц и их распределение в суспензиях.

Качество компактированных смесей наноразмерных материалов определяется их структурными, механическими и функциональными свойствами. Для оценки качества могут использоваться различные методы:

- рентгеновская дифракция (XRD), которая позволяет определить кристаллическую структуру и фазовый состав материалов;

- тесты на прочность (испытания на сжатие или растяжение) помогают оценить механическую прочность и устойчивость компактированных смесей;

- термогравиметрический анализ (TGA) используется для оценки термической стабильности и состава материалов;

- измерение твердости может дать представление о прочности и износостойкости компактированных смесей.

Факторы, влияющие на качество:

- методы синтеза. Способы получения наноразмерных материалов (химические, физические, биологические) могут существенно влиять на их свойства и, следовательно, на качество компактированных смесей;

- условия обработки. Температура, давление и время обработки при компактировании могут повлиять на структуру и свойства конечного продукта;

- добавки. Использование различных связующих или добавок может улучшить качество и стабильность компактированных смесей.

Анализ концентрации и качества компактированных смесей наноразмерных материалов является важной задачей, которая требует применения современных методов и технологий. Понимание влияния различных факторов на свойства наноразмерных материалов позволяет оптимизировать их использование в различных приложениях и улучшить качество конечных продуктов.

2. ПРОГРАММА АНАЛИЗА КОНЦЕНТРАЦИИ И КАЧЕСТВА КОМПАКТИРОВАННЫХ СМЕСЕЙ НАНОРАЗМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Программа анализа концентрации и качества компактированных смесей наноразмерных материалов написана на языке программирования Delphi и работает в среде Windows.

Алгоритм работы программы заключается в том, что на начальном этапе вводятся исходные данные как результат анализа изображений эталонных смесей различной концентрации. Исходные данные должны быть представлены в файле формата BMP, содержащем изображения всех эталонных смесей. Кроме этого, для анализа этих изображений создается текстовый файл с именем `analiz.ini`, в котором ставится в соответствие имя эталонной смеси и концентрация в ней ключевого компонента. Если имеется чистый ключевой компонент, абсолютно белого цвета, то для того чтобы исключить его обработку и анализ, необходимо после имени смеси поставить число более 100.

Пример файла `analiz.ini`:

```
Глина=0
20x80=20
30x70=30
50x50=50
70x30=70
80x20=80
Цеолит=1000
```

При анализе исходных данных эталонных смесей выдается информация, представленная на рис. 1 (из 24 бит на пиксель методом осреднения цвет каждой точки приводится к 8 битам на пиксель).

После анализа всех исходных эталонных смесей из BMP-файла, создается файл с коэффициентами зависимости концентрации рабочей смеси от среднего цвета изображения рабочей смеси. В качестве зависимости, аппроксимирующей исходные данные, принята формула

$$y = \frac{A}{x} + B, \quad (1)$$

где y – искомая концентрация ключевого компонента в рабочей смеси (%); x – среднее арифметическое распределения цветов в рабочей смеси.

На этапе после получения коэффициентов аппроксимирующей зависимости можно проводить анализ концентрации и качества рабочих смесей, выбрав область изображения с рабочей смесью и дважды щелкнув мышью (рис. 2).

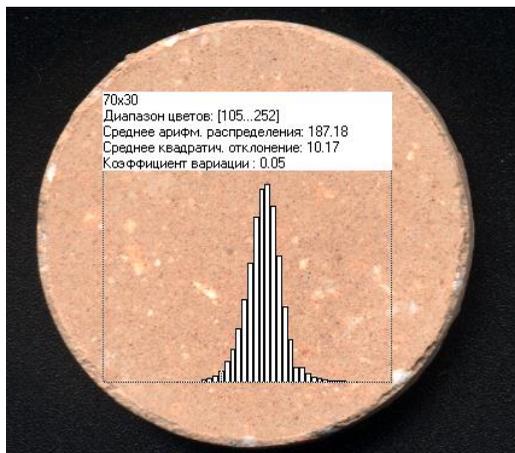


Рис. 1. Пример анализа исходных параметров анализируемой смеси



Рис. 2. Пример анализа исходных параметров анализируемой смеси

Исходный текст основных модулей программы приводится ниже. Необходимо заметить, что для успешной сборки и компиляции программы необходимо снять выравнивание полей записей в опциях проекта (Project-Options-Compiler-Aligned Record Fields) (см. ПРИЛОЖЕНИЕ).

3. ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА КОМПАКТИРОВАННЫХ СМЕСЕЙ НАНОРАЗМЕРНЫХ СОРБЕНТОВ

Для оценки качества двухкомпонентных смесей сыпучих материалов с отличными по цвету компонентами широко используется экспресс-анализ по яркости цифровых изображений, получаемых фотосъемкой, сканированием и др.

Как известно, яркость (Y) можно оценивать как преобразование к оттенкам серого компонент RGB изображения методом усреднения, или применять преобразование к особенностям человеческого зрения с учетом различного восприятия компонент красного, зеленого и синего цветов:

$$Y = 0,299R + 0,587G + 0,114B. \quad (2)$$

В то же время существует ряд промышленно важных смесей, в которых компоненты имеют близкий цвет и(или) яркость. Для таких смесей, даже при видимом отличии изображений, компьютерная обработка затруднена, поскольку цвет анализируемых пикселей, заданный в RGB -пространстве после преобразования к величине оттенка серого или яркости, имеет близкие значения. Таким образом, оценка содержания ключевого компонента и качества смеси с использованием яркости элементов изображения не допускает однозначного анализа. Все вышесказанное имеет прямое отношение к получению компактированных смесей наноразмерных сорбентов, в частности, цеолит-бентонит.

Тем не менее, экспресс-анализ по цифровым изображениям для таких смесей можно проводить, используя отличные от RGB цветовые модели и их компоненты. Нами предложено использовать оценку смесей цеолит (NaX)-бентонит в цветовой модели HSV (hue, saturation, value – тон, насыщенность, значение) по компоненте тона H .

Связь цветовой модели HSV с RGB описывается следующей системой преобразования цветовых компонентов:

$$H \in [0, 360); S, V, R, G, B \in [0, 1]; \quad (3)$$

$$H = \begin{cases} 0, \text{ если } \max = \min; \\ 60 \times \frac{G - B}{\max - \min}, \text{ если } \max = R \text{ и } G \geq B; \\ 60 \times \frac{G - B}{\max - \min} + 360, \text{ если } \max = R \text{ и } G < B; \\ 60 \times \frac{B - R}{\max - \min} + 120, \text{ если } \max = G; \\ 60 \times \frac{R - G}{\max - \min} + 240, \text{ если } \max = B; \end{cases} \quad (4)$$

$$S = \begin{cases} 0, \text{ если } \max = 0; \\ 1 - \frac{\min}{\max}, \text{ иначе;} \end{cases} \quad (5)$$

$$V = \max, \quad (6)$$

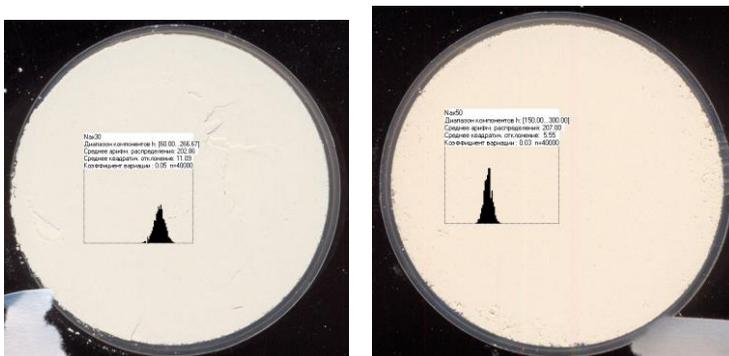
где \max – максимальное значение из R , G , B , а \min – минимальное из них.

Технология оценки состава и качества смесей с использованием H -компоненты цветовой модели HSV заключается в следующем. В смесительном аппарате готовят тарировочные смеси с известным содержанием ключевого компонента (цеолит NaX), например 0, 20, 30, 50, 70, 80, 100%. Формируют тарировочные таблетки и получают цифровое RGB -изображение поверхности таблеток сканированием с разрешением 300 dpi (рис. 3, а).

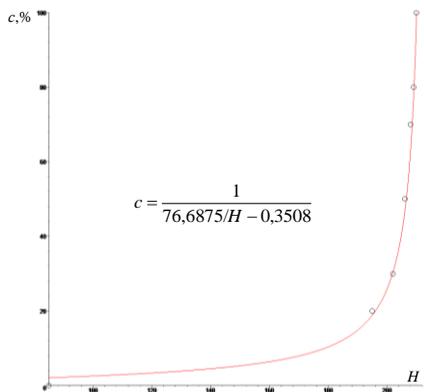
В изображениях поверхности таблеток выделяют квадратные области размером 240 на 240 пикселей, проводят их статистическую обработку с расчетом среднего значения компонента H и строят тарировочную зависимость концентрации ключевого компонента (цеолит) от среднего значения величины тона H в выделенном квадрате (рис. 3, б).

Полученная тарировочная зависимость является основой экспресс-анализа различных двухкомпонентных компактированных смесей наноразмерных сорбентов цеолит–бентонит.

Экспресс-анализ включает отбор проб из смесительного аппарата, формирование таблеток и их сканирование. В цифровом изображении анализируемых таблеток выделяются области размером 240×240 пикселей, которые разбиваются на подобласти размером 30×30 пикселей.



а)



б)

Рис. 3. Построение тарировочной зависимости:

а – расчет среднего значения H в таблетках с концентрацией 30 и 50% NaX;
 б – экспериментальные точки и аппроксимирующая зависимость

Таким образом, изображение делится на 64 ячейки. Затем в каждой ячейке определяется средняя величина H_i и рассчитывается среднее значение \bar{H} во всех ячейках и по тарировочной зависимости определяется концентрация ключевого компонента (см. рис. 2).

Коэффициент вариации (неоднородности) пробы смеси, характеризующий качество перемешивания, рассчитывают по формуле

$$K = \frac{1}{\bar{H}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2}, \quad (7)$$

где n – количество ячеек.

Для автоматизированной оценки состава и качества смесей по цветовой компоненте H разработана программа для ПК. Программа имеет два функциональных блока. Первый блок (исходные данные) предназначен для обработки тарировочных смесей и сформированных из них таблеток. В процессе работы пользователь указывает области изображений с известной концентрацией. Программа проводит попиксельную обработку областей с вычислением компонентов HSV для каждой точки и статистическую обработку выборок (рис. 3, *a*). В результате полной обработки тарировочных таблеток строится аппроксимирующая (тарировочная) зависимость, позволяющая рассчитать концентрацию ключевого компонента в смесях цеолит–бентонит произвольного процентного состава (рис. 3, *b*). В качестве зависимости, аппроксимирующей исходные данные, принята формула

$$y = \frac{1}{A/x + B}, \quad (8)$$

где y – искомая концентрация ключевого компонента в рабочей смеси (%), x – среднее арифметическое компоненты H цветовой схемы HSV в рабочей смеси.

Второй блок (анализ качества смеси) позволяет проводить экспресс-анализ компактированных смесей наноразмерных сорбентов цеолит–бентонит, полученных в процессе смешивания и формирования таблеток. Программа в данном блоке реализует механизм разделения изображения на множество ячеек, вычисление среднего H_i в каждой ячейке и во всей области \bar{H} , определение концентрации ключевого компонента в смеси по тарировочной зависимости и расчет коэффициента неоднородности смеси (рис. 4).

Программа расчета параметров качества компактированных смесей наноразмерных сорбентов написана на языке программирования Delphi и работает в среде Windows.

Алгоритм работы программы заключается в том, что на начальном этапе вводятся исходные данные как результат анализа изображений эталонных смесей различной концентрации. Исходные данные должны быть представлены в файле формата BMP, содержащем изображения всех эталонных смесей. Кроме этого, для анализа этих изображений создается текстовый файл с именем zeolite_bentonite.ini, в котором ставится в соответствие имя эталонной смеси и концентрация в ней ключевого компонента. Если имеется чистый ключевой компонент, абсолютно белого цвета, то для того чтобы исключить его обработку и анализ, необходимо после имени смеси поставить число более 100.

Пример файла zeolite_bentonite.ini:

Naх0=0

Naх20=20

Naх30=30

Naх50=50

Naх70=70

Naх80=80

Naх100=100

После анализа всех исходных эталонных смесей из BMP-файла, создается файл zeolite_bentonite.apr с коэффициентами A и B , однозначно определяющими параметры зависимости $y = \frac{1}{A/x + B}$ и соответственно концентрации ключевого компонента от средней величины компоненты H цветовой схемы HSV .

На этапе после получения коэффициентов аппроксимирующей зависимости можно проводить анализ концентрации и качества рабочих смесей, выбрав область изображения с рабочей смесью и дважды щелкнув мышью (рис. 5).

Исходный текст основных модулей программы приводится в ПРИЛОЖЕНИИ. Необходимо заметить, что для успешной сборки и компиляции программы необходимо снять выравнивание полей записей в опциях проекта (Project-Options-Compiler-Aligned Record Fields).



Рис. 4. Определение состава и качества реальной смеси цеолит-бентонит

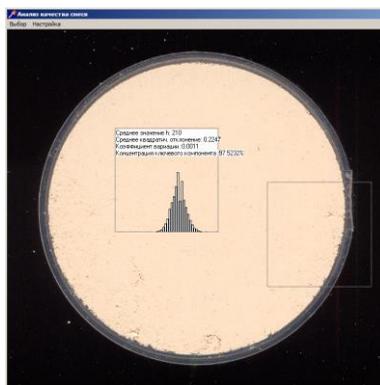


Рис. 5. Демонстрация работы программы в режиме анализа качества реальных смесей

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной целью процесса смешивания многокомпонентных дисперсных материалов является получение однородных смесей. Качество смешивания определяет степень однородности смеси. Негомогенные смеси могут привести к непредсказуемым результатам в конечном продукте, что может повлиять на его характеристики и производительность. Многие отрасли, такие как фармацевтика, пищевая промышленность и строительство, требуют строгого соблюдения стандартов качества. Оценка смешивания помогает гарантировать, что продукция соответствует установленным нормативам и требованиям. Качественное смешивание сыпучих материалов способствует более эффективному использованию ресурсов, поскольку позволяет снизить затраты на материалы и уменьшить количество отходов. Правильное смешивание влияет на физические и химические свойства конечного продукта, такие как прочность, текучесть и стабильность. Это важно для обеспечения его функциональности и долговечности.

Оценка качества смешивания позволяет выявлять и устранять проблемы на ранних стадиях, что помогает предотвратить дефекты в конечном продукте и снижает риск возвратов или рекламаций. Анализ качества смешивания может выявить неэффективности в производственном процессе, что позволяет оптимизировать его и повысить общую производительность.

В некоторых случаях неправильное смешивание может привести к образованию опасных или токсичных веществ. Оценка качества помогает обеспечить безопасность как для работников, так и для потребителей.

Высокое качество продукции также является важным фактором для поддержания конкурентоспособности на рынке. Оценка смешивания помогает компаниям предлагать продукцию, соответствующую ожиданиям клиентов.

Таким образом, оценка качества смешивания сыпучих материалов является ключевым аспектом для обеспечения надежности, безопасности и эффективности производственных процессов, а также для достижения высокого качества конечной продукции.

Автоматизация процесса оценки качества смеси материалов имеет несколько важных преимуществ. Автоматизированные системы обеспечивают более высокую точность измерений и анализа, миними-

зируя человеческие ошибки и вариации, связанные с ручным выполнением.

Автоматизация позволяет значительно сократить время, необходимое для проведения оценок, что ускоряет весь производственный цикл и позволяет быстрее выводить продукцию на рынок.

Автоматизированные системы могут обрабатывать большие объемы данных, что позволяет проводить более глубокий и комплексный анализ качества смесей. Автоматизация способствует стандартизации методов оценки, обеспечивая единые подходы и критерии в различных лабораториях и производственных условиях, а также приводит к снижению затрат на ресурсы и материалы, уменьшению количества отходов за счет более точного контроля процессов.

Автоматизированные процессы обеспечивают высокую воспроизводимость результатов, что особенно важно для соблюдения стандартов качества и сертификации продукции. Автоматизация позволяет осуществлять мониторинг параметров качества в реальном времени, следовательно, появляется возможность оперативно реагировать на отклонения и корректировать процессы.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Диагностика** физико-механических характеристик наноматериалов / А. Г. Ткачев, И. Н. Шубин, А. А. Пасько и др. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО ТГТУ, 2014. – Ч. 1. – 96 с.
2. **Диагностика** физико-механических характеристик наноматериалов [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. / И. Н. Шубин и др. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – Ч. 2.
3. **Анашина, О. Д.** Метрологическое обеспечение нанотехнологий и продукции nanoиндустрии / О. Д. Анашина. – М. : Логос, 2013. – 590 с.
4. **Технические измерения** : методические указания / сост. : Т. В. Пасько, И. Н. Шубин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 32 с.
5. **Шубин, И. Н.** Метрология, стандартизация и сертификация в вопросах и ответах : учебное пособие / И. Н. Шубин, Т. В. Пасько, Р. А. Столяров. – Тамбов : Изд-во ТОИПКРО, 2018. – 80 с.
6. **РМГ 29-2013.** Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. – М. : Стандартинформ, 2014. – 60 с.
7. **Об обеспечении единства** измерений (с изменениями и дополнениями) : федер. закон РФ № 102-ФЗ : [принят Государственной Думой 11 июня 2008 г. ; одобрен Советом Федерации 18 июня 2008 г.]. – Москва : Проспект ; Санкт-Петербург : Кодекс, 2008. – 22 с.
8. **О техническом регулировании** : федер. закон РФ № 184-ФЗ : [принят Государственной Думой 15 декабря 2002 г. ; одобрен Советом Федерации 18 декабря 2002 г.]. – Москва : Проспект ; Санкт-Петербург : Кодекс, 2002. – 52 с.
9. **ГОСТ 8.417–2024.** Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин. – М. : Российский институт стандартизации, 2024. – 24 с.
10. **Международная система** единиц (СИ) / Международное бюро мер и весов, Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) ; над переводом работали : Н. А. Александрова и др. – Изд. 9-е. – СПб. : [б. и.], 2019. – 96 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

1. Файл `analiz.dpr`:

```
program analiz;

uses
  Forms,
  amain in 'amain.pas' {prog};

{$R *.RES}

begin
  Application.Initialize;
  Application.CreateForm(Tprog, prog);
  Application.Run;
end.
```

2. Файл `amain.dfm`:

```
object prog: Tprog
  Left = 0
  Top = 162
  Width = 800
  Height = 600
  Caption = 'prog'
  Font.Charset = DEFAULT_CHARSET
  Font.Color = clWindowText
  Font.Height = -11
  Font.Name = 'MS Sans Serif'
  Font.Style = []
  Menu = MainMenu1
  Scaled = False
  OnActivate = act
  OnCloseQuery = clos
  PixelsPerInch = 96
  TextHeight = 13
  object Image1: TImage
    Left = 0
    Top = 0
    Width = 785
    Height = 465
    AutoSize = True
    OnDblClick = odblc
```

```
    OnMouseMove = mmove
end
object Image2: TImage
    Left = 0
    Top = 0
    Width = 240
    Height = 240
    Visible = False
end
object Image3: TImage
    Left = 0
    Top = 0
    Width = 240
    Height = 240
    Transparent = True
    Visible = False
end
object Panel1: TPanel
    Left = 304
    Top = 32
    Width = 273
    Height = 73
    TabOrder = 0
    Visible = False
    object Label1: TLabel
        Left = 8
        Top = 8
        Width = 92
        Height = 13
        Caption = 'Что за таблетка ?'
    end
    object Button1: TButton
        Left = 192
        Top = 8
        Width = 65
        Height = 25
        Caption = 'Ok'
        TabOrder = 1
        OnClick = oCli
    end
    object ComboBox1: TComboBox
```

```

Left = 8
Top = 32
Width = 153
Height = 21
Style = csDropDownList
ItemHeight = 13
TabOrder = 0
Visible = False
OnKeyPress = okeypr
end
end
object OpenDialog1: TOpenDialog
DefaultExt = 'bmp'
Filter = 'bmp|*.bmp;*.tif'
Title = 'Выберите файл с исходными данными (разрешение 300 dpi)'
Left = 56
Top = 32
end
object MainMenu1: TMainMenu
Left = 264
Top = 144
object N1: TMenuItem
Caption = 'Выбор'
object N2: TMenuItem
Caption = 'Исходные данные для партии'
OnClick = dodia
end
object N3: TMenuItem
Caption = 'Анализ качества смеси'
OnClick = analiz
end
end
end
end
end
end

```

3. Файл amain.pas:

```

unit amain;

interface

uses

```

Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs,
ExtCtrls, StdCtrls, Menus;

type

```
Tprog = class(TForm)
  OpenFileDialog: TOpenDialog;
  Image1: TImage;
  Image2: TImage;
  Panel1: TPanel;
  Button1: TButton;
  ComboBox1: TComboBox;
  Label1: TLabel;
  MainMenu1: TMainMenu;
  N1: TMenuItem;
  N2: TMenuItem;
  N3: TMenuItem;
  Image3: TImage;
  procedure mmove(Sender: TObject; Shift: TShiftState; X, Y: Integer);
  procedure odblc(Sender: TObject);
  procedure oCli(Sender: TObject);
  procedure okeypr(Sender: TObject; var Key: Char);
  procedure dodia(Sender: TObject);
  procedure act(Sender: TObject);
  procedure clos(Sender: TObject; var CanClose: Boolean);
  procedure analiz(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
```

var

```
prog: Tprog;
r: TRect;
edt: string;
anal:boolean;
win: integer; {Размер рамки для выбора}
```

```
const xo:integer=0; yo:integer=0;
beg:boolean=false;
```

```
var tab:string="";
var count: byte=0;
```

implementation

```
{ $R *.DFM }
```

Type THeader=Record

```
  ID   : Word;    { 'BM' признак формата BMP }
  FSize : LongInt; { Размер файла }
  Ver   : LongInt; { Версия формата }
  Image : LongInt; { Смещение начала граф. данных в файле }
  Misc  : LongInt; { 40 для всех файлов }
  Width : LongInt; { Ширина изображения }
  Height: LongInt; { Высота изображения }
  Num   : Word;    { Количество изображений или планов }
  Bits  : Word;    { Количество бит на пиксель }
  Comp  : LongInt; { Тип сжатия, 0 для несжатых, 1,2 для RLE
сжатия }
  ISize : LongInt; { Размер изображения в байтах }
  XRes  : LongInt; { Количество точек на метр по горизонтали }
  YRes  : LongInt; { Количество точек на метр по вертикали }
  PSize : LongInt; { Размер палитры (количество цветов), 0,
если не используется }
  res1  : word;    { Резерв, не используется }
  res2  : word;    { Резерв, не используется }
  End;   { 54 байта }
```

Var

```
header: THeader;
s_conc: array[0..20] of real; { Массив с концентрациями }
s_mean: array[0..20] of real; { Массив со средним значением }
ceol: boolean;
```

```
function stm1(I: real): string; { Преобразование вещественного
в строку }
```

```
var
  S: string[11];
begin
  Str(I:5:2, S);
  stm1:= S;
end;
```

```

function stm2(I: integer): string; {Преобразование целого в строку}
var
  S: string[11];
begin
  Str(I, S);
  stm2:= S;
end;

{Аппроксимация исходных данных зависимостью
y=A/x+B, где x – средний цвет таблетки, y – концентрация
ключевого компонента}
procedure approx(num: integer);
var s1,s2,s3,s4,a1,a2,a,b:real;
    i:integer;
    f2: system.text;
begin
  s1:=0;s2:=0;s3:=0;s4:=0;
  AssignFile(f2,'analiz.apr');
  rewrite(f2);
  for i:=0 to num-1 do begin
    s1:=s1+1/sqr(s_mean[i]);
    s2:=s2+1/s_mean[i];
    s3:=s3+s_conc[i]/s_mean[i];
    s4:=s4+s_conc[i];
  end;
  {Вывод в файл исходных данных и результатов аппроксимации}
  a1:=s3-s4*s2/num;
  a2:=s1-sqr(s2)/num;
  a:=a1/a2;
  writeln(f2,a);
  b:=s4/num-a*s2/num;
  writeln(f2,b);
  write(f2,chr(26));
  writeln(f2);
  writeln(f2,'Здесь первое число – значение коэффициента A
в аппроксимирующей формуле');
  writeln(f2,'y=A/x+B, второе – значение коэффициента B. ');
  writeln(f2,'B качестве аргумента следует подставлять среднее значение
цвета. ');

```

```
writeln(f2,'В результате расчета по зависимости получим примерную
концентрацию. ');
for i:=0 to num-1 do begin
  writeln(f2,s_mean[i],' ',s_conc[i]);
end;
closefile(f2);
end;
```

{Анализ файла изображения с исходными данными}

```
procedure bmp(fn:string; key: integer);
var f: file;
    i,j,n: longint;
    ost,gr_b : byte;
    p1,p11:^byte;
    p2: array [1..500000] of byte;
    rez1: longint;
    bi1,bi2,bi3:byte;
    p_col:longint;
    mean:real;
    sum:longint;
    sum2,sign,vari:real;
    min,max: longint;
    step,mx,my,x:real;
    rect:Trect;
    ax,ay: integer;

begin
  sum:=0; sum2:=0; min:=255; max:=0;
  AssignFile(f,fn);
  Reset(f,1);
  BlockRead(f,header,54);
  If header.ID=$4D42 Then Begin
    If header.Comp<>0 Then ShowMessage('Неверный формат');
    ost:=header.Width mod 4;
    seek(f,header.Image);
    getmem(p1,header.ISize);
    p11:=p1;
    blockread(f,p1^,header.ISize,rez1);
    closefile(f);
```

```

n:=0;
for i:=1 to header.Height do begin
  for j:=1 to header.Width do begin
    bi1:=p1^; inc(p1);
    bi2:=p1^; inc(p1);
    bi3:=p1^; inc(p1);
    gr_b:=(bi1+bi2+bi3) div 3;
    inc(sum,gr_b);
    if gr_b<min then min:=gr_b;
    if gr_b>max then max:=gr_b;
    inc(n);
    p2[n]:=gr_b;
  end;
  inc(p1,ost);
end;
dec(i); dec(j);
n:=i*j;
p1:=p11;
FreeMem(p1,header.ISize);
mean:=sum*1.0/n;
s_mean[key]:=mean;
for i:=1 to n do sum2:=sum2+sqr(p2[i]-mean);
sigm:=sqrt(sum2/(n-1));
vari:=sqrt(sum2/(n-1))/mean;
step:=(max-min)/50;
mx:=win/(max-min); my:=0.02;
x:=min;
ax:=Prog.Panel1.Left+prog.HorzScrollBar.Position;
ay:=prog.Panel1.Top+prog.VertScrollBar.Position;
while x<=(max-step) do begin
  j:=0;
  for i:=1 to n do
    if (p2[i]>x) and (p2[i]<x+step) then inc(j);
    prog.Image1.Canvas.Rectangle(ax+round((x-
min)*mx),ay+win,ax+round((x+step-min)*mx),ay+win-round(j*my));
    x:=x+step;
  end;
  {Вывод на экран результатов анализа исходных данных}
  Rect.Left:=ax; Rect.Top:=ay; Rect.Right:=ax+win; Rect.Bottom:=ay+win;

```

```

prog.Image1.Canvas.DrawFocusRect(Rect);
Rect.Bottom:=ay+65;
prog.Image1.Canvas.FillRect(Rect);
prog.Image1.Canvas.TextOut(ax,ay,fn);
prog.Image1.Canvas.TextOut(ax,ay+13,'Диапазон цветов:
['+stm2(min)+'...' +stm2(max)+'']);
prog.Image1.Canvas.TextOut(ax,ay+26,'Среднее арифм. распределения:
'+stm1(mean)+' ');
prog.Image1.Canvas.TextOut(ax,ay+39,'Среднее квадратич.
отклонение: '+stm1(sigm));
prog.Image1.Canvas.TextOut(ax,ay+52,'Коэффициент вариации
:' +stm1(vari));
End;
end;

```

{Анализ качества рабочей смеси по изображению,
с использованием квартования}

```

procedure bmp2(fn:string; key: byte);

```

```

var f: file;

```

```

f2: system.text;

```

```

i,j,k,l,n: longint;

```

```

ost,gr_b : byte;

```

```

p1,p11:^byte;

```

```

p3: array [1..400,1..400] of byte;

```

```

p4: array [1..40,1..40] of byte;

```

```

ci: array [1..8, 1..8] of real;

```

```

rez1: longint;

```

```

bi1,bi2,bi3:byte;

```

```

mean:real;

```

```

sum:longint;

```

```

sum2,sgm,vari:real;

```

```

min,max: longint;

```

```

min_r,max_r:real;

```

```

step,mx,my,x:real;

```

```

rect:Trect;

```

```

ax,ay: integer;

```

```

n1,n2:longint;

```

```

a,b:real;

```

```

p_col:longint;

```

```

begin
sum:=0; sum2:=0; min:=255; max:=0;
fillchar(ci,sizeof(ci),0);
AssignFile(f,fn);
Reset(f,1);
BlockRead(f,header,54);
If header.ID=$4D42 Then Begin
If header.Comp<>0 Then ShowMessage('Неверный формат');
ost:=header.Width mod 4;
seek(f,header.Image);
getmem(p1,header.ISize);
p11:=p1;
blockread(f,p1^,header.ISize,rez1);
closefile(f);
n:=0;
for i:=1 to header.Height do begin
for j:=1 to header.Width do begin
bi1:=p1^; inc(p1);
bi2:=p1^; inc(p1);
bi3:=p1^; inc(p1);
gr_b:=(bi1+bi2+bi3) div 3;
inc(sum,gr_b);
if gr_b<min then min:=gr_b;
if gr_b>max then max:=gr_b;
inc(n);
p3[i,j]:=gr_b;
end;
inc(p1,ost);
end;
dec(i); n1:=i; dec(j); n2:=j;
n:=i*j;
p1:=p11;
FreeMem(p1,header.ISize);
mean:=sum*1.0/n;
for i:=1 to n1 do
for j:=1 to n2 do sum2:=sum2+sqrt(p3[i,j]-mean);
sigm:=sqrt(sum2/(n-1));
vari:=sqrt(sum2/(n-1))/mean;

```

```

AssignFile(f2,'analiz.apr');
reset(f2);
readln(f2,a);
readln(f2,b);
close(f2);
for k:=1 to 8 do begin
  for l:=1 to 8 do begin
    for i:=1 to 30 do begin
      for j:=1 to 30 do begin
        ci[k,l]:=ci[k,l]+(p3[(k-1)*30+i,(l-1)*30+j])/900;
      end; {end j}
    end; {end i}
  end;
end; {end k}
sum2:=0; sigm:=0;
n:=(k-1)*(l-1);
for i:=1 to 8 do
  for j:=1 to 8 do sum2:=sum2+sqr(ci[i,j]-mean);
sigm:=sqrt(sum2/(n-1));
vari:=sqrt(sum2/(n-1))/mean;
ShowMessage('Концентрация :
'+stm1(a/mean+b)+#10#13'Среднеквадратическое
отклонение:'+stm1(sigm)+#10#13'Коэффициент вариации:'+stm1(vari));
End;
end;

```

{Обработчик движения мыши}

```

procedure Tprog.mmove(Sender: TObject; Shift: TShiftState; X, Y:
Integer);
begin
  if beg then begin
    image1.canvas.DrawFocusRect(r);
    r.left:=x; r.top:=y; r.Right:=x+win+2; r.Bottom:=y+win+2;
    xo:=x; yo:=y;
    image1.canvas.DrawFocusRect(r);
  end;
end;

```

```

{Обработчик двойного клика при выборе таблетки}
procedure Tprog.odblc(Sender: TObject);
var x1,y1: integer;
rd,rs:TRect;
begin
  x1:=xo; y1:=yo;
  rd.Left:=0; rd.Top:=0; rd.Right:=win; rd.Bottom:=win;
  rs.Left:=x1+1; rs.Top:=y1+1; rs.Right:=x1+win+2-1;
  rs.Bottom:=y1+win+2-1;
  Image2.Canvas.CopyRect(rd,Image1.Canvas,rs);
  if not anal then begin
    Panel1.Left:=x1-prog.HorzScrollBar.Position;
panel1.Top:=y1-prog.VertScrollBar.Position;
    Panel1.Visible:=true;
    ComboBox1.Visible:=true;
    ComboBox1.SetFocus;
  end else begin
    Image2.Picture.SaveToFile('shubin.tmp');
    bmp2('shubin.tmp',1);
  end;
end;

```

```

{Обработчик клика на кнопку Ok после выбора имени таблетки}
procedure Tprog.oCli(Sender: TObject);
var po:integer;
begin
  edt:=ComboBox1.text;
  po:=ComboBox1.ItemIndex;
  Panel1.Visible:=false;
  if edt<>" then begin
    if pos(edt,vartab)=0 then begin
      vartab:=vartab+edt;
      Image2.Picture.SaveToFile(edt);
      bmp(edt,po);
      inc(varcount);
      if varcount=Combobox1.Items.Count then begin
        if ceol then inc(varcount);
        approx(varcount);
      end;
    end;
  end;
end;

```

```

    ShowMessage('Исходные данные успешно обработаны
и по ним'#10#13'получена аппроксимирующая зависимость
с=f(ср. цвет)'#10#13'см. файл analiz.apr.'#10#13'Теперь можно
производить анализ концентрации и качества'#10#13'рабочих смесей.');
```

N2.Enabled:=false;
 N3.Enabled:=true;
end;
end else ShowMessage('Таблетка с таким именем уже обработана');
end;
end;

```

{Отмена выбора имени таблетки клавишей ESC}
procedure Tprog.okeyupr(Sender: TObject; var Key: Char);
begin
    if Key = #27 then begin
        edt:= "";
        Key:=#0;
        Panel1.Visible:=false;
    end;
end;
```

```

{Обработка пункта "Исходные данные партии" из меню}
procedure Tprog.dodia(Sender: TObject);
var f2: system.text;
begin
    anal:=false;
    if fileexists('shubin.apr') then begin
        if MessageDlg('Исходные данные для партии уже
имеются.'#10#13'Вводить новые?', mtConfirmation,
        [mbOk, mbCancel], 0) = mrOk then begin
            AssignFile(f2,' analiz.apr');
            Reset(f2);
            CloseFile(f2);
            Erase(f2);
        end else exit;
    end;
    opendialog1.Execute;
    if opendialog1.FileName="" then prog.Close
```

```

else image1.Picture.LoadFromFile(opendialog1.FileName);
r.left:=xo; r.top:=yo; r.Right:=xo+win+2; r.Bottom:=yo+win+2;
image1.canvas.DrawFocusRect(r);
beg:=true;
N3.Enabled:=false;
end;

```

```

{Обработка пункта "Анализ качества" из меню}
procedure Tprog.analiz(Sender: TObject);
begin
anal:=true;
opendialog1.Execute;
if opendialog1.FileName="" then prog.Close
else image1.Picture.LoadFromFile(opendialog1.FileName);
r.left:=xo; r.top:=yo; r.Right:=xo+win+2; r.Bottom:=yo+win+2;
image1.canvas.DrawFocusRect(r);
beg:=true;
N2.Enabled:=false;
end;

```

```

{Инициализация программы при старте}
procedure Tprog.act(Sender: TObject);
var f1: system.text;
s,s1,s2:string;
ii,code:integer;
co:real;
begin
win:=240;
ceol:=false;
prog.Height:=600; prog.Width:=800; prog.Left:=0; prog.top:=0;
prog.Image2.Height:=win; prog.Image2.Width:=win;
AssignFile(f1,'analiz.ini');
reset(f1);
ii:=0;
while not eof(f1) do begin
readln(f1,s);
s1:=copy(s,1,pos('= ',s)-1);
s2:=copy(s,pos('= ',s)+1,length(s))+ ' ';
val(s2,co,code);
if co>100 then begin
s_conc[ii]:=100.0;

```

```

s_mean[ii]:=255.0;
ceol:=true;
end
else begin
s_conc[ii]:=co;
ComboBox1.Items.add(s1);
inc(ii);
end;
end;
closefile(f1);
end;

{ Обработчик закрытия окна }
procedure Tprog.clos(Sender: TObject; var CanClose: Boolean);
begin
if not beg then exit;
if not anal then begin
if varcount<Combobox1.Items.Count then begin
if MessageDlg('Не обработано '+stm2(Combobox1.Items.
Count-varcount)+' таблет. Завершить работу?', mtConfirmation,
[mbOk, mbCancel], 0) = mrCancel then CanClose := False else begin
end;
end;
end;
end;
end.

```

Учебное электронное издание

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СМЕШИВАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания

Составители:

ПАСЬКО Татьяна Владимировна

ШУБИН Игорь Николаевич

Редактирование И. В. Калистратовой

Графический и мультимедийный дизайнер Т. Ю. Зотова

Обложка, упаковка, тиражирование И. В. Калистратовой

Подписано к использованию 27.02.2025.

Тираж 50 шт. Заказ № 37

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»

392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, к. 14.

Тел./факс (4752) 63-81-08.

E-mail: izdatelstvo@tstu.ru