

УДК 66.047.75

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГЛЕРОДНЫХ  
НАНОМАТЕРИАЛОВ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ,  
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

**С.В. Мищенко<sup>1</sup>, С.В. Першина<sup>2</sup>, А.И. Шершукова<sup>2</sup>**

*Кафедры: «Автоматизированные системы и приборы» (1),  
«Прикладная механика и сопротивление материалов» (2), ГОУ ВПО «ТГТУ»*

*Реферат препринта № 23*

**Ключевые слова и фразы:** коэффициенты внешнего и внутреннего трения; технологические свойства; углы естественного откоса и обрушения; углы и коэффициенты трения покоя и движения; физико-механические свойства;

**Аннотация:** Рассмотрено современное состояние проблемы определения физико-механических и технологических свойств сыпучих материалов, и намечены пути дальнейшего совершенствования способов и средств их определения применительно к новому наноматериалу «Таунит».

---

Наноматериалы, в том числе углеродные (УНМ), все шире не только исследуются, но и используются в производстве как за рубежом, так и в России. В связи с тем, что введена в эксплуатацию установка синтеза углеродных наноматериалов, разработанная Тамбовским государственным техническим университетом совместно с ООО «Тамбовский инновационно-технологический центр машиностроения» и ОАО «Тамбовский завод «Комсомолец» им. Н.С. Артемова», возникла насущная необходимость определения физико-механических и технологических свойств выпускаемого на этой установке продукта «Таунит».

При использовании УНМ в промышленных масштабах предстоит решить проблемы транспортировки, классификации, дозирования и смешивания. С технологической точки зрения УНМ представляет собой сыпучий материал (СМ), то есть дисперсную систему, состоящую из частиц произвольной формы, находящихся в контакте. В ТГТУ накоплен большой опыт изучения и экспериментального определения физических и технологических свойств СМ, в частности, на кафедре «Автоматизированные системы и приборы» – теплофизических свойств, а на кафедре «Прикладной механики и сопротивления материалов» – механических. Этот опыт позволил выполнить анализ способов и средств определения ос-

новых свойств СМ, выявить проблемы и наметить пути дальнейшего совершенствования методов и приборов применительно к новому УНМ «Таунит».

Обычно свойствами называют способность материалов и, в частности, СМ определенным образом реагировать на воздействие отдельных или совокупных внешних или внутренних силовых, тепловых и других факторов. Чаще всего выделяют четыре группы свойств: механические, физические, химические, технологические. Иногда отдельно выделяют еще физико-химические, физико-механические и другие свойства. Фактические показатели этих свойств, выраженные в принятых числовых значениях, позволяют оценивать качество материалов. Их определение производится с помощью лабораторных методов и приборов.

В препринте проводится анализ свойств СМ, и выделяются наиболее значимые свойства с точки зрения промышленного использования УНМ «Таунит» в качестве модифицирующего компонента в подлежащих дальнейшей переработке смесях СМ.

Рассмотрение свойств начинается с так называемых первичных, то есть присущих отдельным частицам без учета их взаимодействия (форма, размер и гранулометрический состав); далее рассматриваются физические свойства (плотность, удельная поверхность), технологические свойства (насыпная плотность, коэффициент текучести, углы естественного откоса и обрушения, предельное сопротивление сдвигу, коэффициенты внешнего и внутреннего трения и т.д.).

Особое внимание при рассмотрении методик и приборов уделено анализу возможных погрешностей тех или иных параметров. В частности, детально рассмотрены причины снижения нормального давления в плоскости сдвига СМ в приборе Дженике за счет сил трения между СМ и внутренней поверхностью верхнего кольца сдвиговой ячейки, которые возникают из-за бокового давления. Численно показано, что погрешности до 10 %, имеющие место при тестировании одних и тех же СМ разными исследователями, носят не только субъективный характер, но и объективный, вызванный несовершенством конструкции прибора.

Анализируется положительный опыт, накопленный в ТГТУ, использования при расчетах машин для переработки СМ углов и коэффициентов трения покоя и движения. Рассмотрены варианты использования современных компьютерных технологий при проведении опытов и обработке их результатов, что позволяет свести к минимуму участие человека, а следовательно – и погрешности субъективного характера при определении указанных характеристик.

Результаты проведенных нами исследований по определению некоторых свойств УНМ «Таунит», а также порошкообразного катализатора, который используется при производстве этого материала, позволили выявить ряд проблем, касающихся непосредственно УНМ.

Прежде всего, возникли проблемы при определении формы и размера частиц, поскольку материал состоит как из индивидуальных частиц небольших размеров, так и из агломератов различных размеров и форм.

Общей проблемой, касающейся определения целого ряда свойств, является стабилизация и фиксация структуры упаковки частиц как УНМ «Таунит», так и катализатора. Проведенные нами предварительные экспериментальные исследования показали, что порошкообразный «Таунит» достаточно сильно реагирует на аэрацию и вибрацию, это необходимо учитывать не только на практике, но и при определении свойств.

По результатам анализа намечены пути дальнейшего совершенствования способов и средств определения физических и технологических характеристик применительно к новому УНМ «Таунит».

**Determination of Physical-Mechanical and  
Technological Properties of Carbon Nanomaterials.  
Present-Day State, Problems and Prospects**

S.V. Mishchenko<sup>1</sup>, S.V. Pershina<sup>1</sup>, A.I. Shershukova<sup>2</sup>

*Departments: «Automated Systems and Devices» (1),  
«Applied Mechanics and Strength of Materials» (2), TSTU*

**Key words and phrases:** angles and coefficients of friction of rest and movement; angles of natural slope and destruction; coefficients of external and internal friction; physical-mechanical properties; technological properties.

**Abstract:** Present-day state of the problem of determination of physical-mechanical and technological properties of grain materials is studied; ways of further improvement of the techniques and means of their determination concerning the new nanomaterial «Таунит» are outlined.

---

**Bestimmung der physikalisch-mechanischen und  
technologischen Eigenschaften der Kohlenstoffnanomaterialien.  
Gegenwärtigen Zustand, Probleme und Perspektive**

**Zusammenfassung:** Es ist der moderne Zustand des Problems der Bestimmung der physikalisch-mechanischen und technologischen Eigenschaften der Schüttstoffe untersucht und es sind die Wege der weiteren Vervollkommnung der Weisen und der Mittel ihrer Bestimmung in Bezug auf den neuen Nanostoff «Таунит» geplant.

---

**Définition des propriétés technologiques,  
physiques et mécaniques des nanomatériaux carboniques.  
Etat contemporain, problèmes et perspectives**

**Résumé:** Est examiné l'état contemporain du problème de la définition des propriétés technologiques, physiques et mécaniques des matériaux secs et sont indiquées les voies pour le perfectionnement ultérieur des modes et des moyens de leur définition envers un nouveau nanomatériel «Таунит».

---