

«Обзор направлений развития и применения результатов научно-прикладных исследований и разработок в области нано-дисперсных углеродных материалов для транспорта и строительства в РФ»

Мамулат Станислав Леонидович

Председатель Комитета по вопросам устойчивого развития промышленности строительных материалов НОПСМ,
член Правления Международного транспортного альянса «Один пояс – один путь»,
Заместитель руководителя Исследовательского инновационного центра при Исполкоме КТС СНГ,
эксперт рабочей группы «Конструкционные материалы и технологии наноиндустрии» Минобрнауки России,
эксперт Общественных советов при Минтрансе и Минстрое России,
ведущий специалист РЭУ имени Г.В. Плеханова

Основные тезисы

Картирование рынка для высокотехнологичных материалов (графен и родственные структуры) необходимо осуществлять с учетом структуры и полного цикла формирования стоимости для потребителя а также конкурентного продуктового анализа.

Формирование новых рыночных сегментов (рынков для новых материалов) происходит с одновременным развитием исследований и разработок, производств и подготовки кадров.

Для успеха на рынке требуются существенные усилия и ресурсы для стандартизации и достижения необходимого уровня технологической готовности, который не стоит путать с уровнем общественного интереса, ожиданий и признания.

Успешное окончание стадии НИРиОКР с разработкой соответствующей конструкторской и технологической документации соответствует Уровню технологической готовности 4-5 из 9, что требует существенной «отраслевой адаптации инновационного материала и/или технологии».

Строительный и транспортный сегменты рынка являются наибольшими по применению конструкционных и функциональных материалов в силу их масштабов и разнообразия (минеральные и органические вяжущие и композиты, горюче-смазочные материалы, краски и покрытия, сорбенты и катализаторы, электролиты и др.

Вместе с этим, строительство и транспорт – секторы повышенной ответственности (опасности), что определяет их «консервативность» в вопросах стандартизации, подтверждения соответствия и бюджетирования закупок.

Совместное со стратегическими партнерами из целевых сегментов транспорта и строительства проведение разработки технологий ПРОИЗВОДСТВА и ПРИМЕНЕНИЯ позволяет ускорить вхождение в рынок и темпы его масштабирования.

В бюджетах большинства российских проектов высокотехнологичной сферы отсутствие разделов о СТАНДАРТИЗАЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ технологий и продуктов приводит к задержкам (или полной остановке) внедрения.

С фазы стандартизации начинается самая плотная конкурентная борьба.

Динамика объемов мирового производства УНТ

Динамика мирового рынка производства УНТ в 2011-2016 гг. приведен на рис.3 [10].

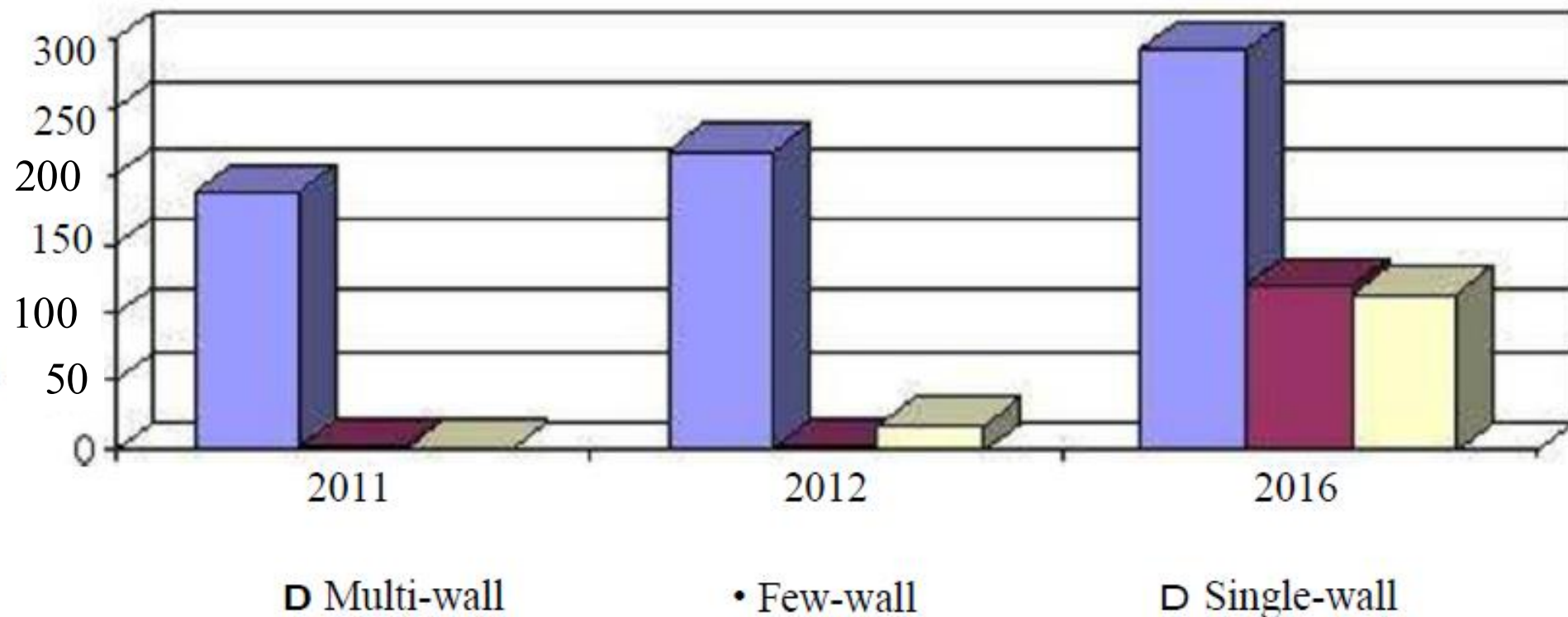


Рисунок. **Мировой рынок производства УНТ, 2011-2016 (миллионы USD)**

По оценкам американской исследовательской компании Markets and Markets, к концу 2014 года общий мировой рынок углеродных нанотрубок составлял около 20 000т.

Немецкий концерн Bayer в феврале запустил новый завод в Германии, доведя суммарную мощность производства до 3000 т в год. Американская компания CNano закончила строительство крупного завода в Китае, французская Arkema, японская Showa Denko и бельгийская Nanosyl также наращивают объемы.

Карта рыночных применений одностенных углеродных нанотрубок компании OCSiAl



О нас
Карьера

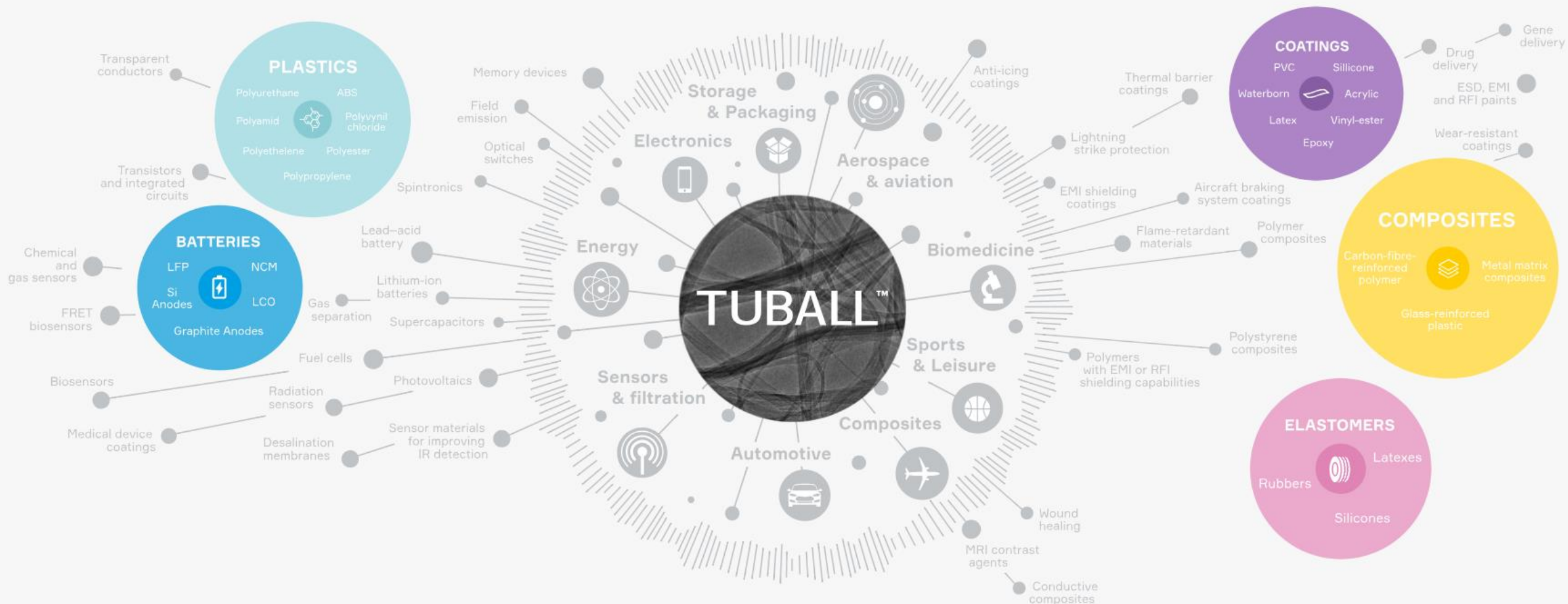
Графеновые нанотрубки
Контакты

ТЕХНОЛОГИЯ

ОТРАСЛИ

Исследования и разработки

АНГЛ



Уровни готовности инновационного продукта и «ожиданий» (хайп по Gartner)



Согласно теории советского экономиста Николая Кондратьева, средний цикл внедрения новых технологий в широкое производство составляет **от 45 до 60 лет**. vc.ru

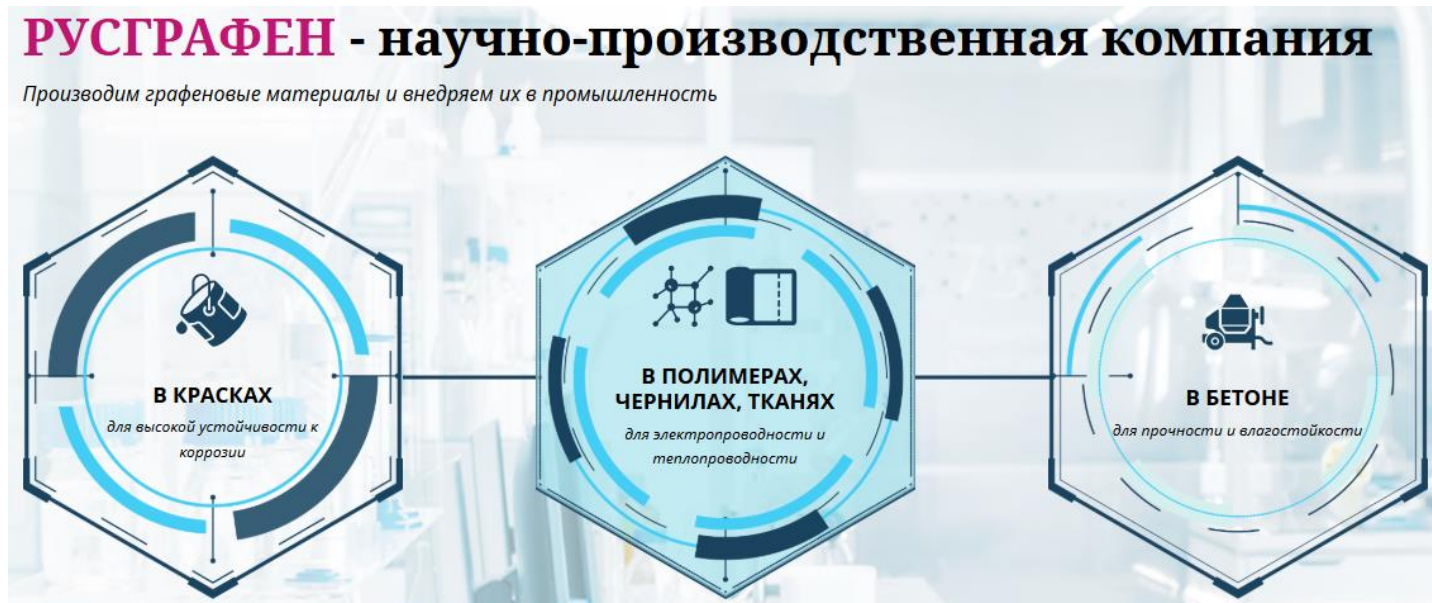
Однако в настоящее время, по мнению учёных, скорость изменений нарастает, и **циклы могут сжиматься до 20–30 лет**.

Уровни готовности продукта/технологии по основным составляющим проекта: технологическая готовность, производственная готовность и готовность к выходу на рынок.

Уровень готовности	Технологическая готовность (TRL)	Производственная готовность (MRL)	Рыночная готовность (CRL)
1	Сформулирована идея продукта, подготовлено обоснование его полезности.	Сделаны выводы относительно основных требований к производству	Проведена оценка полезности продукта
2	Концепция технологии/продукта и/или их применения сформулированы. Подготовлено предварительное техническое задание	Определена и подтверждена концепция производства	Разработано ценностное предложение продукта
3	Изготовлен макетный образец и продемонстрированы его ключевые характеристики.	Оценка доступности материалов и процессов Выбор производить/заказывать	Проведен конкурентный анализ
4	Изготовлен лабораторный образец, подготовлен лабораторный стенд, проведены испытания базовых функций в связи с другими элементами системы	Достигнута возможность изготовления технических средств в лабораторных условиях	Определены поставщики и партнеры, сформирована ценовая политика
5	Изготовлен экспериментальный образец в реальном масштабе по полупромышленной технологии и испытан, проведена эмуляция основных внешних условий.	Достигнута возможность изготовления прототипов компонентов систем в реальных производственных условиях	Разработана бизнес-модель
6	Изготовлен полнофункциональный образец на пилотной производственной линии, подтверждены рабочие характеристики в условиях, приближенных к реальности	Достигнута возможность изготовления прототипа продукта с использованием готовых элементов основного производства (промышленное оборудование, квалифицированные кадры, инструментальная или технологическая оснастка, методы обработки, материалы и пр.)	Получена точная спецификация продукта, уточнена бизнес-модель
7	Прототип продукта продемонстрирован в составе системы в реальных условиях эксплуатации	Достигнута возможность изготовления продукта или его компонентов в условиях, близких к реальным, и при завершенных конструкторских расчетах	Произведен предварительный вывод продукта на рынок
8	Полнофункциональный образец (реальная функционирующая система) изготовлен на производственной линии.	Внедрена и испытана пилотная производственная линия, достигнута готовность к началу мелкосерийного производства	Проанализированы результаты предварительного выхода на рынок, проработаны замечания клиентов.
9	Фактическое/реальное применение продукта в его окончательном виде и в условиях выполнения реальных заданий, соответствующих эксплуатационным тестам и оценке.	Начато мелкосерийное производство, подготовлена база для полномасштабного производства	Осуществлен вывод продукта на рынок

«Русграфен» – первая российская компания по производству CVD-графена

– высококачественной графеновой пленки толщиной в один атом углерода, получаемого методом химического газофазного осаждения (от англ. CVD - chemical vapor deposition). Именно такой чистый монослойный графен применяют для создания нового поколения электронных и биомедицинских устройств: транзисторов, аккумуляторов, фотодетекторов, гибких дисплеев, био- и газосенсоров и т.д. Специалистами Русграфена разработана [уникальная технология](#) экспресс-синтеза CVD-графена без использования взрывоопасных газов, ставшая основой для создания компактной, безопасной и энергоэффективной установки по производству графена [Graphene Submarine 2.0](#). Компания «Русграфен» также производит графеновые микрочастицы в виде порошка и суспензии, которые активно применяются для улучшения свойств композитных материалов, функциональных покрытий, технических масел, пластмасс, красок, тканей, бетона и т.д. В научно-производственном фокусе внимания компании находятся и другие перспективные двумерные материалы, способные, наряду с графеном, совершить революционные изменения в промышленности.



Дмитрий Мариничев,
 коммерческий директор,
Русграфен «Создание
 антистатических эпоксидных и
 полиуретановых покрытий с
 помощью графеновых
 нанопластин»

02-03 ОКТЯБРЯ | отель GRAND KARAT SOCHI,
 г. Сочи ЕВРАЗИЙСКИЙ ФОРУМ
ЛАКОКРАСОЧНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

<https://www.rusgraphene.ru/istoriya-kompanii>

Транспорт, инфраструктура и строительство – крупнейшие потребители материалов в пересчете на физические объемы и стоимость



Транспорт*, помимо потребления материалов, является еще и потребителем топлива и горюче-смазочных материалов.

*Трубопроводы – тоже транспорт



**Example. The development of induction-healing materials.
Report at the World Transport Convention 2017, Beijing, 06.06.2017**

**Induction-healing asphalts, modified by nano-
and micro dispersive additives – the New/Green
Era for road's maintenance and international
technological cooperation**

Stanislav L. Mamulat

The Head of the Center for industrial cooperation
of National University of Science and Technology “MISiS
”

Moscow, Russia



Рассмотрение целесообразности выполнения
Целевых инновационных проектов

ЦИП *«Разработка рецептур и технологий
получения антидетонационных присадок,
модифицированных углеродными
наноструктурами»*



Антидетонационные присадки

Подтверждение эффективности работы нанодобавок в многокомпонентных присадках

Протокол №29/14-3-141 от 13.03.2013 испытания образцов эталонной топливной смеси в Испытательном центре «Нефтепродукты» ОАО ВНИИНП
(под контролем специалистов ОАО «Роснефть»)

Полученные результаты

Образец № 86 – Смесь «70»

+0,75%масс. АДА

+5,0% масс. МТБЭ - **ОЧ 76,3**

Образец №87 – Смесь «70»

+0,75%масс. АДА+

+5%масс МТБЭ +

0,00008%масс.ТАГ-СДС(1) - **ОЧ 78,4**

Образец № 6 – Смесь «70»

+ 0,77%масс. АДА

+ 4,39%масс МТБЭ - **ОЧ 76,5**

Образец № 2 – Смесь «70»

+ 0,77%масс. АДА

+ 4,39%масс МТБЭ

+ 0,00008%масс.ТАГ-СДС(1) - **ОЧ 78,0**

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР «НЕФТЕПРОДУКТЫ» ВНИИ НП
ОТКРЫТОГО АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТИ»

Аттестат аккредитации
№ РОСС RU.0001.2290X23
от « 10 » сентября 2009 г.

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР «НЕФТЕПРОДУКТЫ» ВНИИ НП
111116, г. Москва, ул. Академическая, д.8, тел./факс (495) 787-44-87 доб.15-74

ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

Контрольный
Объем количества листов – 2
№ 29/14-3-141
от « 13 » « 03 » 2013 г.

1. Продукт Смесь 70 с детонирующими добавками

2. Организация-заказчик на проведение испытаний продукции
ОАО «Титмент»

3. Дата получения образца 04.03.2013г.

4. Основания для проведения испытаний договор № 178/2693/0971

5. Дата испытаний 05.03.2013г.

6. Дата отбора проб, шифр образцов

Образец № 86: смесь «70» + 0,75 % масс. АДА + 5,0 % масс. МТБЭ;
Образец № 87: смесь «70» + 0,75 % масс. АДА + 5,0 % масс. МТБЭ + 0,8 × 10⁻⁴ % масс. модификатор ТАГ-СДС (1);
Образец № 2: смесь «70» + 0,77 % масс. АДА + 4,39 % масс. МТБЭ + 1,0 × 10⁻⁴ % масс. модификатор ТАГ-СДС (1);
Образец № 6: смесь «70» + 0,77 % масс. АДА + 4,39 % масс. МТБЭ

7. Участие субподрядчиков не участвовали

8. Результаты испытаний приведены в таблице (прилагается) на 1-м листе

1	2	3	4	5	6	7
1	Относительное число окт. инт.	окт. инт.	ГОСТ 8226	УИТ-45	Образец № 86	76,3
					Образец № 87	76,4
					Образец № 2	78,0
					Образец № 6	76,5

Примечание – Полученные результаты распространяются только на испытанные образцы. Переносить результаты испытаний запрещается без письменного согласия ИЦ.

Руководитель испытательного центра

И.В. Булатович

Испытательный центр «Нефтепродукты»
Результаты испытаний
Утверждено
09.03.2013
Руководитель испытательного центра
Иванов И.В.

Сегмент модификация ГСМ

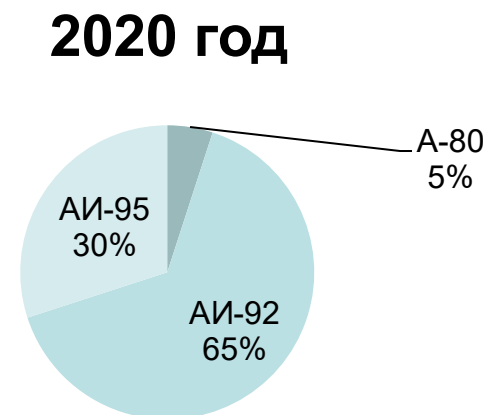
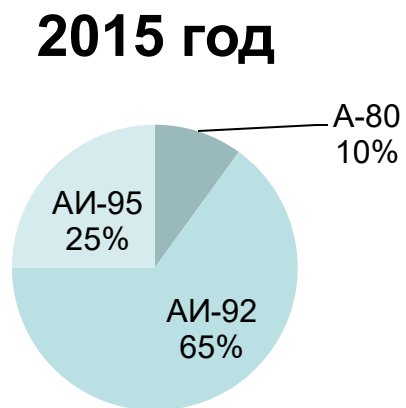
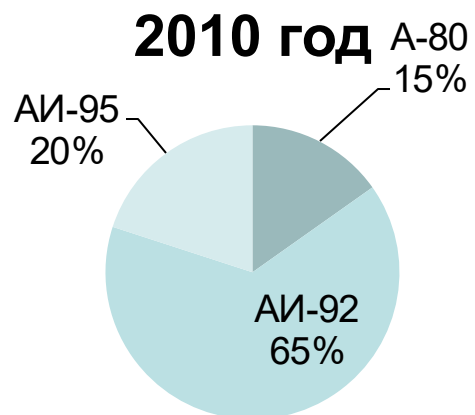
Антидетонационные присадки

Стратегический контекст и обзор рынка

Учреждение Российской академии наук
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН

Прогноз производства, потребления и экспорта автомобильных топлив на период до 2020 г.

Показатели	Ед. изм.	2010 г	2015 г	2020 г
Производство автобензинов	млн.т.	36,1	41,4	47,6
Потребление автобензинов	млн.т.	33,1	40,6	49,9
Экспорт автобензинов	млн.т.	3,0	0,8	-2,3



Сегмент модификация ГСМ. Конкуренция.

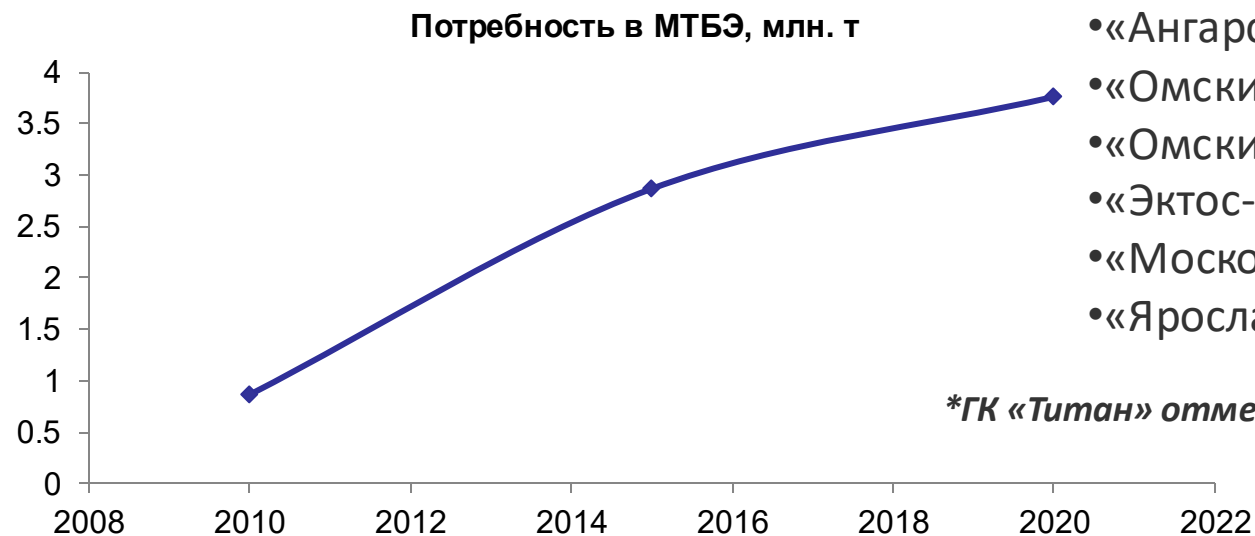
Антидетонационные присадки

Стратегический и конкурентный контекст

Возможные потребители – крупнейшие компании по производству автомобильного топлива (суммарная доля рынка – более 80%)

- ОАО НК «Роснефть»
- ЛУКОЙЛ
- АФК «Система»
- «Газпром-нефть»
- «Сургутнефтегаз»
- «Славнефть»

Прогноз потребления антидетонаторов на основе МТБЭ



**ГК «Титан» отмечает 30 лет с начала выпуска МТБЭ*

Некоторые производители метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ) в России по данным на 12 сентября 2025 года:

- «ЗапСибНефтехим»;
- «Нижекамскнефтехим»;
- «Сибур-Химпром»;
- «Стерлитамакский НХЗ»;
- «Тольяттикаучук»;
- «Уралоргсинтез»;
- «Уфимский НПЗ»;
- «Ангарская НХК»;
- «Омский каучук»*;
- «Омский НПЗ»;
- «Эктос-Волга»;
- «Московский НПЗ»;
- «Ярославнефтеоргсинтез».

Виды антидетонационных добавок на рынке

- Монометиланилин (N-метиланилин, ММА)
- Катализатор горения «DROP»
- МТБЭ (метил-трет-бутиловый эфир)
- Октаноповышающая присадка Aplidium
- ММТ (Трикарбонил марганца)
- Ферроцен
- Тетраэтилсвинец (ТЭС)

Принцип СВЧ-индуцированного самозалечивания микродефектов и восстановления слоя износа дорожного полотна для создания технологии производства и применения композитных индукционно-восстанавливаемых материалов для деформационных швов, а в последствии - мостовых и дорожных покрытий.

В случае необходимости ремонта (колеи, трещин или наплывов), материал без замены повторно разогревается и уплотняется на месте с остановкой движения лишь на считанные минуты

Самоходный СВЧ-генератор для разогрева дорожного полотна



Экспериментальный прототип

Дорожный каток



Восстановленное дорожное покрытие

СВЧ-разогретое дорожное покрытие (частичное восстановление микродефектов)

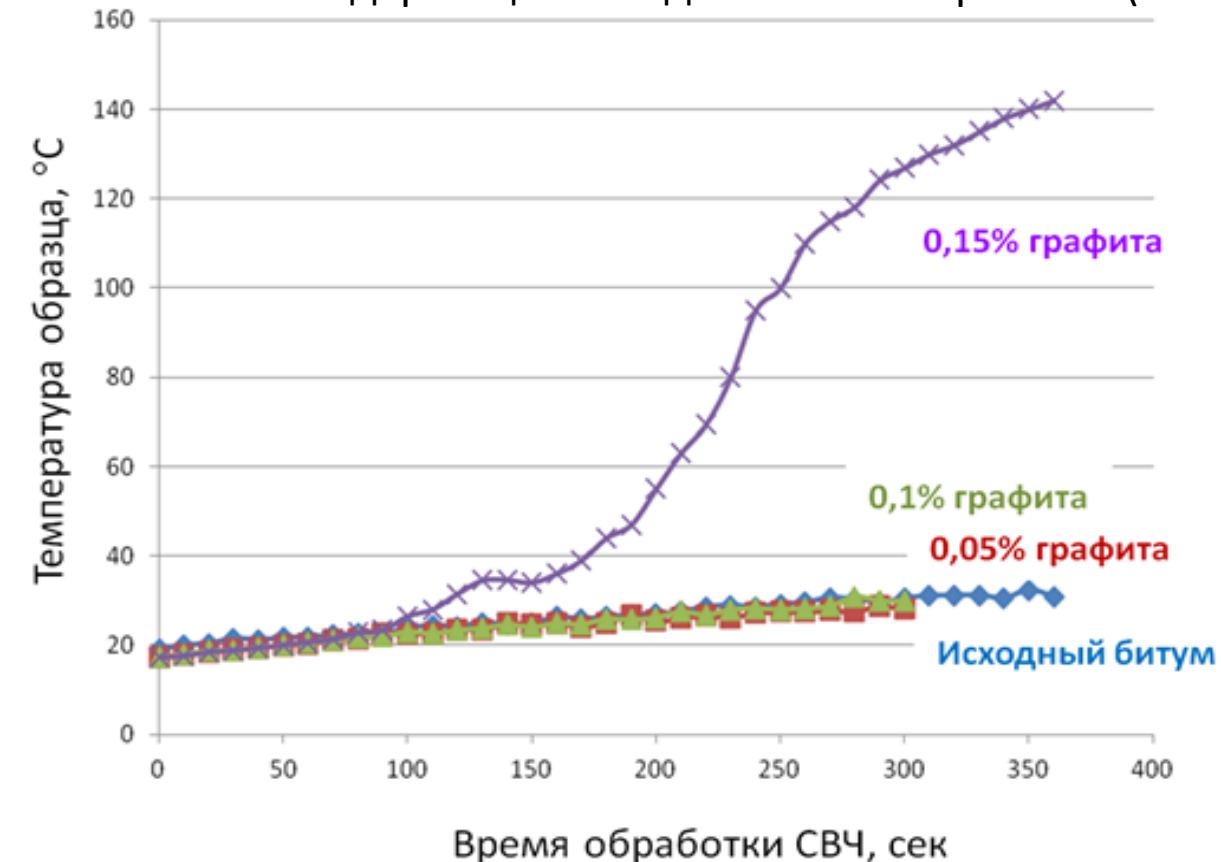
Покрывтие с микродефектами, колеиностью и т.п.

Материалы для дорожного строительства и ремонта с технологией СВЧ-индуцируемого самозалечивания дефектов

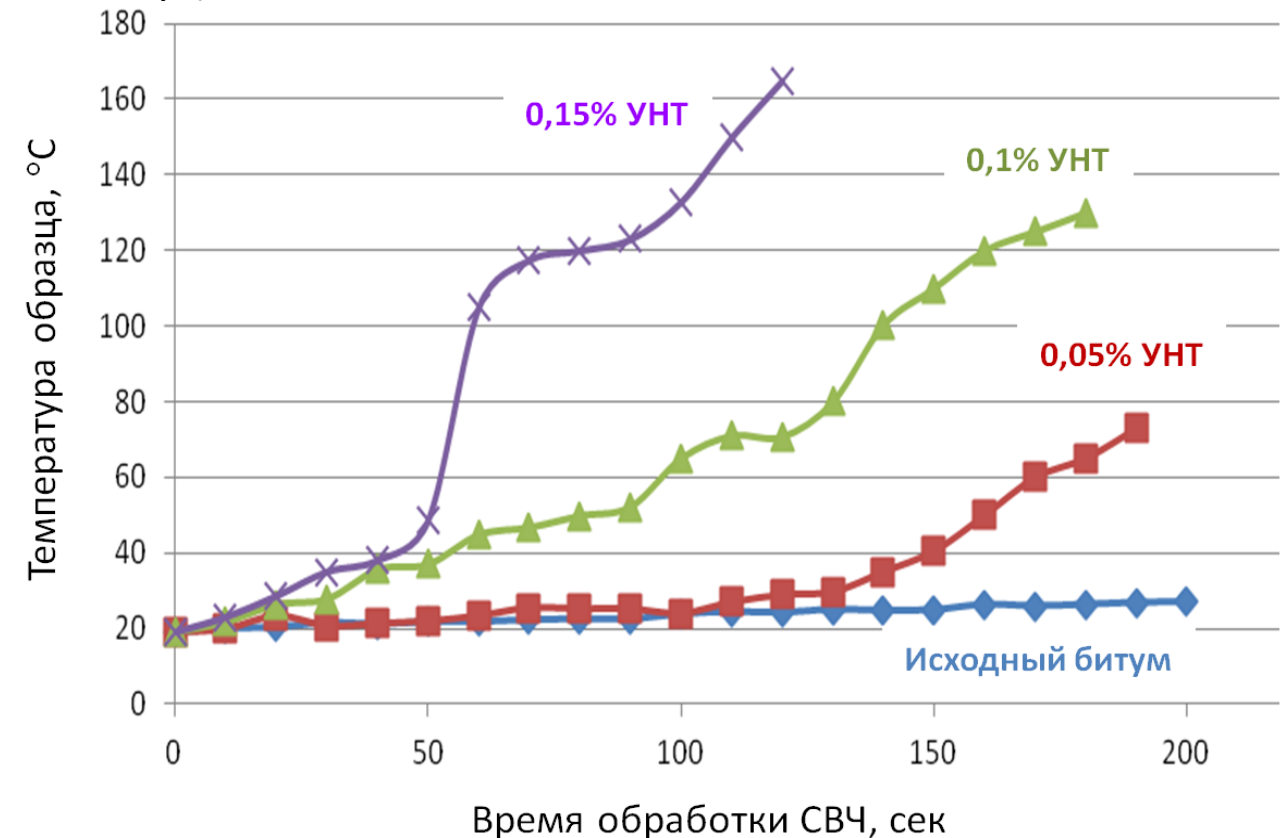


Использование в составе смесей углеродных материалов повысило их восприимчивость к СВЧ-индукции

- Битум марки 70/110;
- Многостенные углеродные нанотрубки (МУНТ) и графитовые порошки марки «Таунит», производимые ООО «НаноТехЦентр» (Тамбов, Россия);
- Резиновая крошка от девулказированных шин большегрузных самосвалов;
- Железосодержащие отходы ПАО «Северсталь» (окалина и др.).



Зависимость температуры разогрева битума, модифицированного различным содержанием графита



Зависимость температуры разогрева битумных вяжущих, модифицированных различным содержанием МУНТ

Первые успехи и оценки проекта

Статья о проекте вышла в сборнике материалов Всемирного форума Международной Дорожной Федерации 2021 года, опубликованном в издательстве Springer Nature.

Mamulat, S., Burmistrov, I., Mamulat, Y., Metlenkin, D., Shekhovtsova, S. (2022). The Introduction of Micro - & Nanodispersed Fillers into the Bitumen Binders for the Effective Microwave Absorption (for the Road, Airfield & Bridge Pavements). In: , et al. Advances in Road Infrastructure and Mobility. IRF 2021. Sustainable Civil Infrastructures. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-79801-7_75

Русскоязычная статья о проекте опубликована в ведущем российском дорожном журнале – «мир дорог».

С.Л. Мамулат, Ю.С. Мамулат, И.Н. Бурмистров, Д.А. Метленкин, С.Ю. Шеховцова «НОВЫЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА АСФАЛЬТОБЕТОНА. ВВЕДЕНИЕ МИКРО- И НАНОДИСПЕРСНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ В СОСТАВ БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ СВЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ»// «Мир дорог», №148, сентябрь 2022, стр. 74-78 URL:

[https://www.researchgate.net/publication/364180487_NOVYJ_PODHOD_K_OPTIMIZACII_ZIZNENNOGO_CIKLA_ASFALTOBETONA_VVEDENIE_MIKRO-I_NANODISPERSNYH_NAPOLNITELEJ_V_SOSTAV_BITUMNYH_VAZUSIH_DLA_OBESPECHENIA_EFFEKTIVNOGO_POGLOSENIA_SVC_ELEKTROMAGNITNOGO_IZLUCENIA]

Проект получил приз на всероссийском конкурсе инновационных проектов IN'HUB в сентябре 2022г. в Новосибирске и премию финалиста конкурса «Новатор Москвы» в августе 2023г.

Вместе с тем, до сих пор проект ожидает своего инвестора..!



Пример из сегмента ЛКМ.

Наномодифицированный полиуретан для горизонтальной дорожной разметки*

С.А. Рябов, М.Б. Киселев, С.А. Булгакова, С.Д. Зайцев

Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2013, № 6 (1), с. 101–106

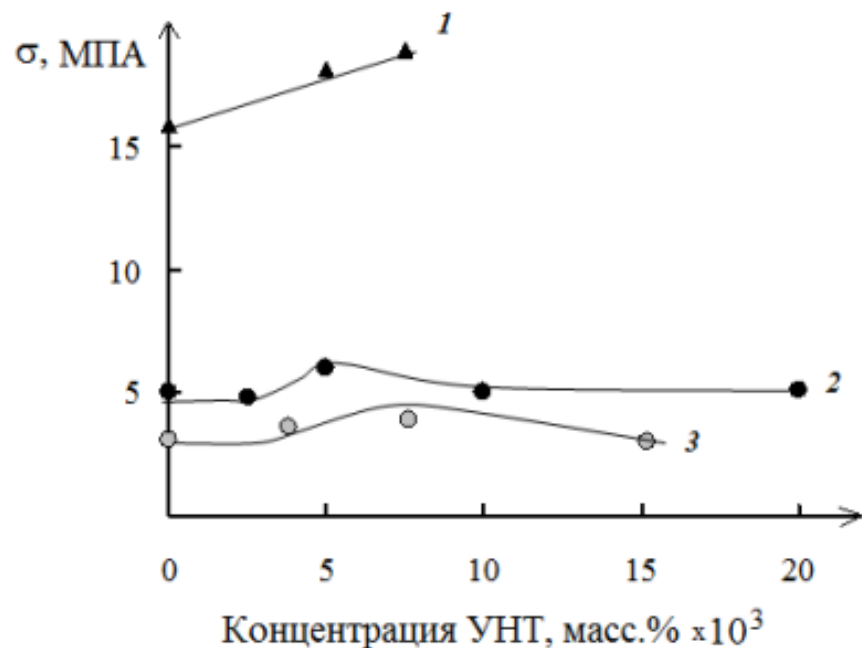


Рис. 1. Влияние концентрации УНТ на прочность полиуретанового материала дорожной разметки, полученного из композиций: 1 – Н2 + ПИЦ = 100 : 57 м.ч. + 1% ДАБКО; 2 – Н2 + ТДИ = 100 : 37 м.ч. + 1% ДАБКО; 3 – 2В + ПИЦ = 100 : 30 м.ч.

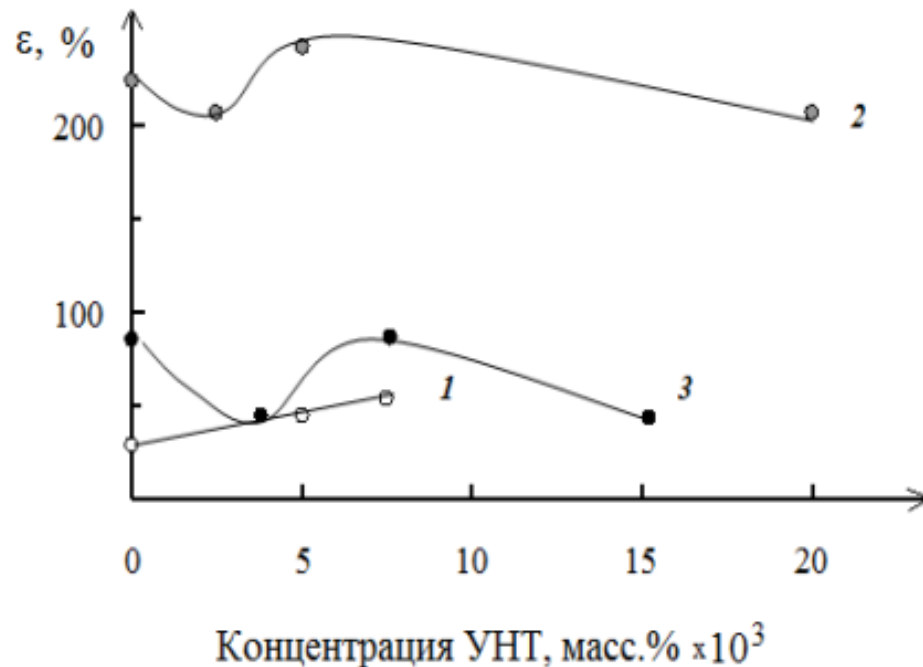


Рис. 2. Влияние концентрации УНТ на эластичность полиуретанового материала дорожной разметки, полученного из композиций: 1 – Н2 + ПИЦ = 100 : 57 м.ч. + 1% ДАБКО; 2 – Н2 + ТДИ = 100 : 37 м.ч. + 1% ДАБКО; 3 – 2В + ПИЦ = 100 : 30 м.ч.

В работе использовались углеродные нанотрубки (УНТ) марки «Таунит-М» (ТУ 2166-001-02069289-2006, ООО «НаноТехЦентр», г. Тамбов). Для модификации УНТ использовали серную, азотную и соляную кислоты марок «х. ч.».

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, государственный контракт № 14.513.11.0109, шифр 2013-1.3-14-513-0049- 026 и ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» на 2007–2013 годы.

Эксплуатационные свойства наноструктурированных ПУ- материалов дорожной разметки и коммерческих МДР

Состав материала	Истираемость г/см ²	Прочность на разрыв σ , МПа	Относительное удлинение%	Адгезия к асфальту (отрыв), на «Адгезиметр ОР» кгс/см ²	Адгезия к асфальту, на Zwick/Roell 2005 (сдвиг), МПа	Образование трещин при -40°C
Н1 + 5×10 ⁻³ % УНТ +6%TiO ₂	0.08	5.7 (160%)	170	9.2	7.9 (16%) *	Не образует
Н2 +5×10 ⁻³ %УНТ +6%TiO ₂	0.10 (20%)*	14.8	13.0 (120%) *	9.2	9.2	Не образует
Пластик «ДХП «Автограф»	0.35 (100%) *	1.8 (700%)	7.0 (230%) *	6.0 (53%) *	менее 0.1 (9100%) *	Хрупкий (>100%)
Краска АК-595	2.69 (97%) *	5.5 (170%)	1.5 (1100%) *	3.2 (180%) *	0.6 (1400%) *	Хрупкий (>100%)

*** Удельная разница параметров с наилучшим образцом**

Источник: «НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫЙ ПОЛИУРЕТАН ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ДОРОЖНОЙ РАЗМЕТКИ»

С.А. Рябов, М.Б. Киселев, С.А. Булгакова, С.Д. Зайцев, Вестник ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2013, № 6 (1), с. 101–106



НАЦИОНАЛЬНОЕ
ОБЪЕДИНЕНИЕ
ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ
СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ
И СТРОИТЕЛЬНОЙ
ИНДУСТРИИ

02-03 ОКТЯБРЯ | отель GRAND KARAT SOCHI,
г. Сочи ЕВРАЗИЙСКИЙ ФОРУМ
ЛАКОКРАСОЧНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ



РЭУ.РФ
РОССИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Г.В. ПЛЕХАНОВА

Станислав Мамулат, председатель Комитета по вопросам устойчивого развития промышленности строительных материалов и строительства **НОПСМ**, заместитель руководителя исследовательского инновационного центра при Исполкоме **КТС СНГ**, эксперт Общественных советов **Минтранса России** и **Минстроя России**

Доклад «Обзор применений лакокрасочных материалов в сфере обеспечения безопасности дорожного строительства»

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

slmamulat@mail.ru



Executive Committee of the
coordinating transport meeting
of the CIS