

ИСПЫТАНИЯ ПО НОВЫМ СТАНДАРТАМ – ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К КАЖДОЙ ДОРОГЕ

Комплекс лабораторных испытаний по новым ПНСТ является важной частью системы на основе методологии Supergrave, которая должна обеспечить подбор состава и проектирование асфальтобетонных покрытий с наилучшими характеристиками в каждом регионе эксплуатации.

дефекты покрытия	летний период	зимний период
колейность	остаточная деформация	шипованные шины
трещины	усталость (старение)	низкие температуры

В таблице схематично приведены основные дефекты, возникающие в процессе эксплуатации дорожного покрытия в результате воздействия движения транспорта и климатических условий. Задача проектирования по Supergrave – получить дорожное покрытие, устойчивое к возникновению дефектов и с оптимальным соотношением между стоимостью строительства и сроком службы. Качественно и не слишком дорого!

Учет транспортной нагрузки проектируемого участка и климатических условий региона обеспечивает индивидуальный подход к каждой дороге. Система Supergrave включает в себя:

- технические условия;
- методы проектирования смесей;
- методы лабораторных испытаний.

Выделяют три уровня системы Supergrave с учетом суммарного трафика при стандартной нагрузке 80 кН/ось (ЭООН):

- 1 уровень – до 3 млн;
 - 2 уровень – от 3 млн до 30 млн;
 - 3 уровень – свыше 30 млн
- (ЭООН – эквивалентная одноосная нагрузка см. ПНСТ 114-2016).

Вибропривод A059



На первом уровне Supergrave проводят оценку качества компонентов смеси:

- заполнителей с учетом ЭООН (ПНСТ 71 ÷ 78-2015; ПНСТ 121 ÷ 124-2016);
- битумного вяжущего согласно PG X-Y (ГОСТ 33137; 33140; 33141-2014; ПНСТ 79 ÷ 89-2016).

Лабораторные испытания характеристик заполнителей – основа для проектирования минерального остова – скелета покрытия. Критериями отбора заполнителя служат: прочность, устойчивость к истиранию (дробимости), воздействию климатических факторов – влажности и морозостойкости.

Далее нужно создать структуру – скелет покрытия. Размеры, форму зерен, гранулометрический состав минерального заполнителя подбирают в таких пропорциях, чтобы при уплотнении, за счет расклинивания, создавалась плотная, сдвигоустойчивая структура.

ПНСТ 75-2015. Метод определения зернового состава. Для решения этой задачи в лаборатории можно использовать надежный электромагнитный вибропривод Matest (Италия) в комплекте с легкими и прочными ситами из нержавеющей стали отечественного или импортного производства. Звукоизолирующий кожух делает работу еще более удобной.

Для оценки угловатости зерен и определения содержания пустот в образцах мелкозернистого минерального заполнителя по **ПНСТ 73-2015** подойдет устройство SG-40 американского производителя Gilson.



Устройство SG-40

Для определения истираемости по показателю микро-Деваль по **ГОСТ 33024-2014** лучшее соотношение «цена – качество» у установки A077 Matest.



Установка A077 Micro-Deval



Установка Nordic test

Для регионов с длительными зимними и переходными осенне-зимне-весенними периодами существенный вклад в проблему возникновения колеиности на асфальтобетонном покрытии вносят шипованные шины. На скорости многократные удары металлических шипов в воде выгрызают асфальт, как пираньи. За сезон износ покрытия может достигать 10 мм. Для имитации этого абразивного воздействия на щебень используется установка Nordic test по **EN 1097-9**. Звукопоглощающий кожух защищает от шума и несчастных случаев во время работы.



Печь RTFOT MO-36 Gilson

Если остов из минерального заполнителя сравнить со «скелетом» дорожного покрытия, то про битумное вяжущее можно сказать, что это «мышцы и сухожилия». Именно **качественные характеристики вяжущего** определяют устойчивость покрытия к:

- колееобразованию, возникающему из-за остаточной (пластичной) деформации в теплый период;
- трещинообразованию – усталостному и низкотемпературному растрескиванию, как следствию увеличения жесткости вяжущего.

Предстандарты, вступившие в действие с 01.06.2016, регламентируют:

- новую классификацию вяжущих;
- соответствующие методы испытаний;
- критерии выбора вяжущего при проектировании асфальтобетонной смеси.



Печь RTFOT B066N Matest

Установленная в **ПНСТ 85-2016 марка вяжущего PG X-Y** содержит:

- PG = Performance Graded = классификация по эксплуатационным качествам – новая классификация вяжущих, характеризующая их поведение в дорожном покрытии,
- X-Y – расчетные значения максимальной X и минимальной Y температур эксплуатации – это привязка характеристик к климатической зоне эксплуатации.

Свойства вяжущего для дорожного покрытия подвергаются испытаниям, начиная с этапа приготовления асфальтобетонной смеси на заводе. В процессе технологической обработки под действием высокой температуры протекают реакции окисления и улетучиваются молекулы с короткими углеводородными цепочками. В результате вяжущее становится более жестким и хрупким – происходит процесс старения. Метод, моделирующий кратковременное технологическое старение **RTFOT**, определен в **ГОСТ 33140-2014**. В специальной печи на пробы исходного битума, помещенные в контейнеры с отверстием, одновременно воздействуют высокая температура (163°C) и поток воздуха.

Лучшая по качеству и удобству использования для **RTFOT** испытаний печь американского производителя Gilson имеет ряд важных преимуществ:

- лучший по сравнению с другими печами выход на режим после установки контейнеров: 5–8 минут, независимо от времени установки контейнеров;
- силиконовые кольца на металлическом барабане для установки стеклянных контейнеров;
- индивидуальный номер на каждом контейнере;
- съемное дно для легкой очистки от загрязнений и простого обслуживания нагревательных элементов.

Печь RTFOT модели B066N итальянского производителя Matest будет прекрасной и надежной альтернативой для бюджетной комплектации лаборатории.

Моделирование эффекта длительного старения вяжущего в дорожном покрытии в течение 5–10 лет эксплуатации выполняют в соответствии с **ПНСТ 84-2016**. «Метод старения под действием давления и температуры (PAV)». Для испытаний используют комплект приборов:

- камеру старения под давлением;
- вакуумную дегазационную печь.



Печь VDO-TOUCH ATS

Важным отличием моделей PAV3 и VDO-TOUCH разработки 2016 года американского производителя ATS, обеспечивающим максимальное удобство и простоту в управлении, являются сенсорные экраны приборов с возможностью выбора в меню русского языка. Автоматическое выполнение и предустановленные регламенты испытаний позволяют легко освоить работу на оборудовании персоналу без специальной подготовки.



Камера PAV3 ATS

Конечно, основным прибором в лаборатории контроля битумных вяжущих является реометр динамического сдвига DSR. Полная комплектация реометра на воздушном подшипнике Kinexus DSR+ английского производителя Malvern Instruments оправдывает ожидания даже самого требовательного и придирчивого сотрудника – не только испытателя, но и научного работника.



Реометр DSR+ Kinexus

Быстроразъемные измерительные геометрии, модульная конструкция, нагревательные элементы Пельтье и предустановленные программы позволяют выполнить простую и быструю перенастройку прибора для выполнения испытаний по:

- ПНСТ 87-2016 (DSR – тесты);
- ПНСТ 88-2016 (MSCR – тесты);
- ПНСТ 81-2016 (усталость);
- ПНСТ 89-2016 (низкотемпературные свойства);
- ГОСТ 33137-2014 (динамическая вязкость);
- вяжущие с резиновой крошкой.



Реометр DSR RN 5.3

Бюджетный вариант реометра DSR на механическом подшипнике модели RN 5.3 немецкого производителя Rheotest станет надежным помощником для рутинных измерений по стандартам ПНСТ 87, 88, 81-2016:

- автоматические испытания,

- предустановленные регламенты,
- отсутствие требований к чистоте воздуха в лаборатории,
- отсутствие механических помех от вибраций при измерениях,
- ПО, печать протоколов и графиков на русском языке.

Так же, как и у предыдущего реометра, быстроразъемная цилиндрическая насадка и термоячейка позволят выполнить испытания по ГОСТ 33137-2014, значительно сэкономив на приобретении отдельного ротационного вискозиметра.

Для определения жесткости и ползучести при низких температурах по ПНСТ 79-2016 на реометре, изгибающем балочку, мы рекомендуем мод. BBR3 американского производителя ATS.

Отличительные черты:

- встроенный ПК с сенсорным экраном,
- наклон экрана для удобного визуального контроля испытания,
- цифровое управление,
- нагрузка до 500 г,
- выбор в меню русского языка,
- программирование новых тестов,
- настройка отчетов.



Реометр BBR3 ATS

Как бюджетный вариант прекрасно подойдет модель BBR, также с авто-

матическим выполнением всех испытаний в соответствии со стандартами и нагрузкой до 200 г.

В обеих моделях механизм нагружения – воздушный подшипник, калибруемый внешними гирями.



Реометр BBR ATS

После оценки свойств компонентов асфальтобетонной смеси приступают к проектированию состава по объемному содержанию. Метод распространяется на щебеночно-мастичные, плотные горячие асфальтобетонные смеси, а также смеси с открытым гранулометрическим составом.

В соответствии с ПНСТ 90 ÷ 95, 106 ÷ 115, 126, 127, 129, 134 – 2016 выполняют:

- подбор гранулометрических составов минеральных компонентов для создания оптимального остова асфальтобетонной смеси;
- расчет содержания битумного вяжущего и пробные замесы смесей;
- определение $N_{initial}$, N_{design} , N_{max} ; уплотнение образцов на гираторе;
- оптимизация содержания битумного вяжущего;
- испытания образцов на пластическое течение по Маршаллу, водостойкость и адгезионные свойства.

Уровень Superpave	Суммарный трафик при нагрузке 80 кН/ось, млн	Количество вращений, выбираемых на гираторе			Виды дорог
		$N_{нач.}$	$N_{проект.}$	$N_{макс.}$	
1	менее 0,3	6	50	75	Проселочные дороги, улицы без грузового транспорта, велодорожки и т. п.
	0,3 ÷ 3	7	75	115	Городские улицы средней загруженности, межрайонные и областные дороги
2	3 ÷ 30	8	100	160	Скоростные магистрали, двух- и более полосные дороги, городские проспекты
3	свыше 30	9	125	205	Федеральные трассы, пункты оплаты и весовые, подъемы дорог

Если в оценке свойств битумного вяжущего главным прибором можно назвать реометр DSR, то в методе объемного проектирования асфальтобетонной смеси то же место занимает гиратор (вращательный уплотнитель). За счет сочетания воздействия на смесь вращательно-сдвиговой и вертикальной нагрузки на этом уплотнителе получают образцы, по своим свойствам максимально приближенные к свойствам покрытия на дороге.

Полученные образцы – цилиндры диаметром 100 и 150 мм – затем используют для испытаний контроля качества свойств спроектированной асфальтобетонной смеси: пластического течения по Маршаллу, водостойкости, устойчивости к колебанию, модуля упругости, жесткости и др.

Режим уплотнения образцов выбирают в соответствии с ПНСТ 112-2016. Из таблицы видно, что он зависит от расчетного трафика проектируемой дороги. Так экспериментально решается задача: в лаборатории на образцах и с опытным количеством материалов подобрать (спроектировать) состав, максимально устойчивый к образованию дефектов именно на этой дороге или магистрали.



Гиратор B041 Matest

Лидером по соотношению качества и цены в настоящее время на рынке является гиратор B041 Matest. Встроенный блок управления с сенсор-

ным экраном, позволяющий задавать все параметры для автоматического уплотнения, обеспечивает автономную работу и не требует управления с ПК. При желании ПК можно подключить через сетевой интерфейс RJ45. В стандартной модели три режима уплотнения:

- по количеству гираций (вращений),
- по заданной плотности,
- по заданной высоте образца.

Последний цикл уплотнения выполняется с нулевым углом гирации для получения плоскопараллельных торцевых поверхностей.

Опционально могут быть установлены:

- встроенные весы,
- устройство для измерения усилия сдвига,
- устройство для измерения нагружения при уплотнении.

Можно запрограммировать различные режимы уплотнения по желанию пользователя, как например, задержка нагрузки после окончания цикла. Угол гирации, первоначально калибруемый при производстве $0,82^\circ$ или $1,16^\circ$, также может быть перенастроен и откалиброван в соответствии с ПНСТ 134-2016 с помощью измерителя GAM.

На первом уровне Superpave цилиндрические образцы подвергают двум видам испытаний:

■ **ПНСТ 109-2016.** Сопротивление пластическому течению по Маршаллу. Метод заключается в приложении нагружения на боковые поверхности цилиндрического образца асфальтобетона до момента его разрушения. В результате испытания определяют максимальную разрушающую нагрузку и предельная деформация образца. Выполняется на образцах диаметром 101,6 мм (4").

■ **ПНСТ 113-2016.** Водостойкость и адгезионные свойства. Метод заключается в испытании двух групп образцов. Одну группу выдерживают на воздухе при температуре $(22 \pm 3)^\circ\text{C}$ в течение (24 ± 3) часов, а другую подвергают неполному водонасыщению и циклу «замораживание-оттаивание». Для образцов каждой группы определяют пределы прочности при непрямом растяжении, а затем рассчитывают их отношение.



Пресс S205N Unitronic с принадлежностями по Маршаллу и на растяжение при расколе

После определения предела прочности на растяжение по поверхности разлома визуально определяют степень адгезии битумного вяжущего с минеральным наполнителем.

Оба испытания можно выполнить на универсальном электромеханическом прессе UNITRONIC S205N Matest с помощью двух комплектов приспособлений. Для выдержки образцов в воде при определении водостойкости можно использовать, например, циркуляционный термостат LOIP LT-124b. Термостат может не только поддерживать заданную температуру в ванне, но и термостатировать жидкость во внешней емкости.

Уплотнение образцов-плит для испытаний асфальтобетона **на втором и третьем уровнях Superpave** выполняют вальцовым уплотнителем по ПНСТ 185-2016. Уплотнение осуществляется гладким вальцовым сектором, имитирующим воздействие на асфальтобетонную смесь дорожного катка.

Электромеханическая машина B039 Matest не требует источников сжатого воздуха (компрессора) или гидравлического давления. Циклы уплотнения программируются:

- по заданной величине нагружения;
- по высоте образца.

Важным дополнением являются опции подогрева стола, на который



Вальцовый уплотнитель
B039 Matest

устанавливается форма с горячей асфальтобетонной смесью, и уплотнительных вальцов. Параметры автоматического уплотнения задаются на встроенном блоке управления с сенсорным экраном на основе ОС Windows, который работает как стандартный ПК. Можно изготавливать образцы – плиты до 500×400 мм и высотой до 180 мм. Полученные образцы – плиты и вырезанные из них балочки и цилиндры – используют для испытаний на:

- устойчивость к образованию колеи;
- 4-точечные тесты на усталость при многократном изгибе;
- статическую и динамическую ползучесть;
- низкотемпературное растрескивание и др.

Устойчивость дорожного покрытия к колееобразованию – пожалуй, наиболее актуальная проблема содержания и эксплуатации дорог. Выделяют два основных фактора образования колеи в зависимости от сезона эксплуатации:

- в летний период – пластичная колея как следствие остаточной деформации от многократных нагрузок;
- в зимний период – износ покрытия при истирании шипованными шинами.

Метод испытаний по **ПНСТ 181-2016** состоит в прокатывании нагруженного колеса по испытуемому образцу асфальтовой смеси при температуре $(60 \pm 1)^\circ\text{C}$. Глубину колеи определяют после 10 тыс. циклов нагрузки (20 тыс. прокатываний) или по достижении заданного предельного значения.

Установка B038A SmarTracker производства Matest не только полностью

соответствует требованиям, установленным в ПНСТ, но и позволяет оценить влияние воды на процесс образования колеи. Удобно в работе на этой установке:

- автоматические циклы испытаний, задаваемые пользователем;
- блок управления с сенсорным экраном на основе ОС Windows;
- простое определение точки перехода от пластической деформации к разрушению асфальта;
- две независимые системы с нагружаемыми колесами и собственными датчиками для измерения глубины колеи;
- одновременные и независимые испытания на воздухе и в воде;
- скользящая, без подъема руками, установка и выемка тяжелой формы с образцом;
- легкая очистка ванны из нержавеющей стали после испытания в воде;
- прочная конструкция, разработанная для большого количества испытаний;
- компактная машина для лаборатории в небольшом помещении.



Установка B038A SmarTracker

Вторая причина образования колеи, на долю которой для Санкт-Петербурга приходится 20%, – истираемость асфальтобетонного покрытия шипованными шинами.

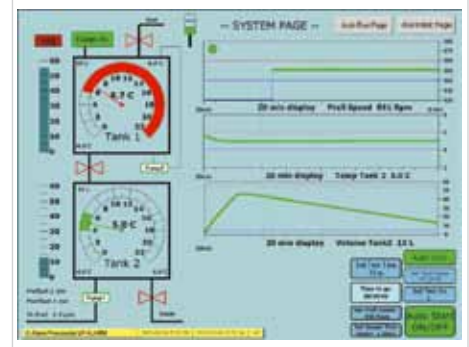
ПНСТ 180-2016. Метод определения истираемости. Более короткое название метода, перешедшее к нам из EN 12697-16 – Пралль-тест (Prall test). Истирание – один из видов износа дорожного покрытия вследствие

его постепенного разрушения под воздействием трения и контактных напряжений от колес движущихся транспортных средств. Образец асфальта, помещенный в камеру вибропривода, обрабатывается стальными шариками при постоянном орошении водой, охлажденной до $(5 \pm 1)^\circ\text{C}$. Устойчивость к истиранию оценивается по уменьшению объема образца. Испытываются цилиндрические образцы, приготовленные в лаборатории или отобранные из дорожного покрытия диаметром $100,0 \pm 1,0$ мм, высотой 30 ± 1 мм.

Автоматическая установка Prall test разработана шведским институтом VTI – ведущим автодорожным институтом по странам Скандинавии.



Установка
Prall test VTI



Особенностью установки является наличие двух резервуаров для охлаждения воды. В подготовительном резервуаре вода охлаждается от температуры системы водоснабжения до $(+5 \pm 1,5)^\circ\text{C}$ за 15–20 минут и переливается во второй рабочий резервуар. После чего автоматически запускается цикл испытания. Первый резервуар вновь заполняется водой, которая охлаждается для использования в следующем цикле испытания, и т. д. При работе по такой схеме не требуется длительное время на ожидание охлаждения большого объема воды между циклами испытаний образцов. Время испытания образца по стандарту составляет (15 ± 1) мин. Расход воды $(2,0 \pm 0,2)$ л/мин. За одно испытание расходуется ~35 л воды. Время ожидания охлаждения воды между циклами испытаний на других установках составит более 1,5 часов. На автоматической установке Prall test поочередное испытание образцов можно проводить непрерывно круглосуточно. ПО автоматически контролирует весь цикл испытания.

Динамические испытания образцов асфальтобетона на втором и третьем уровне системы Supergrave.

Установки для таких испытаний имитируют воздействие на дорожное покрытие динамических нагрузок от колес транспортных средств. Аббревиатура названий:

- DTS – Dynamic Testing System / Динамические испытательные системы;
- UTM – Universal Testing Machine / Универсальные испытательные машины.

Очевидно следующее: чем более интенсивный дорожный трафик мы хотим смоделировать в лаборатории, тем выше должно быть значение установленной при испытании динамической нагрузки. Высокоточные импульсы приложения нагрузки на испытуемые образцы создает сервоуправляемый привод. Для дорог, на которых суммарный трафик при нагрузке 80 кН/ось составляет более 3 млн, испытания асфальтобетона выполняют на сервогидравлических машинах с нагрузкой от 25 кН. Для

сервопневматических машин максимальная нагрузка составляет 16 кН.

Необходимой частью системы DTS являются:

- температурная камера для моделирования условий зима-лето;
- контроллер высокого разрешения для приема ответных импульсов после нагружения, сбора большого количества данных, их обработки с высокой скоростью и передачи на ПК.

Серия универсальных динамических систем **PAVETEST** представлена тремя типами машин с нагрузками до 16, 30 и 130 кН.

Сервопневматические машины B220 на 16 кН, для работы которых требуются источник сжатого воздуха, комплектуются температурной камерой $(-20+180)^\circ\text{C}$.



Динамическая система B230 на 30 кН Matest

Сервогидравлические машины B230 на 30 кН и B240 на 130 кН имеют привод, встроенный в жесткую нагружающую раму, и комплектуются термокамерами $(-20+180)^\circ\text{C}$ или $(-40+180)^\circ\text{C}$. В сервоприводе используются подшипники с лабиринтным уплотнением, которые надежно работают на высоких скоростях при низких температурах, имеют длительный срок службы.

Наличие частотно-управляемого инверторного привода гидравлической станции снижает уровень шума, выделение тепла и обеспечивает независимость от частоты питающей сети.

Все испытания выполняются автоматически в соответствии с программами по стандартным методам или созданными самим пользователем.

Динамическим испытаниям подвергаются образцы как созданные в лаборатории, так и отобранные из дорожных покрытий. Результаты используют для контроля свойств асфальтобетонной смеси при проектировании и прогнозировании жизненного цикла покрытия. С помощью комплектов приспособлений на универсальных машинах выполняют различные типы испытаний.

ПНСТ 133-2016. Определение динамического модуля упругости, который характеризует эксплуатационные свойства асфальтобетонной смеси и применяется для определения ее способности сопротивляться воздействию динамических нагрузок.



Комплект для ПНСТ 133-2016

ПНСТ 135-2016. Определение усталостной прочности при многократном изгибе. К балочке прямоугольного сечения прикладывается многократная синусоидальная нагрузка с постоянной деформацией (многократный изгиб) до момента разрушения. Моментом разрушения считают цикл нагрузки, при котором начальная жесткость испытуемого образца снижается на 50%. Метод характеризует усталостную трещиностойкость асфальта.

ПНСТ 136-2016. Определение прочности на растяжение и жесткости. Жесткость при растяжении определяют путем приложения постоянной статической нагрузки по вертикаль-



Комплект для ПНСТ 135-2016

ной диаметральной оси образца. Нагрузки выбирают таким образом, чтобы горизонтальные деформации в ходе испытаний выдерживались в диапазоне линейных вязкостно-упругих величин.



Комплект для ПНСТ 136-2016

AASHTO TP10, EN 12697-46 TSRST-метод. На приспособлении по этому методу выполняют испытания для определения устойчивости асфальтобетона к низкотемпературному растрескиванию. Зафиксированную на концах балочку прямоугольного сечения или цилиндр охлаждают в температурной камере до момента разрушения за счет термического сжатия. Два преобразователя перемещения регистрируют изменение длины образца, силоизмеритель фиксирует изменение усилия.



Комплект для TSRST-метода

Есть еще множество других приспособлений для испытаний свойств и оценки характеристик образцов асфальтобетона на динамических системах. В этом и заключается универсальность таких систем: на одной машине, компактной, простой в обращении и легкой в обслуживании, можно получить исчерпывающую информацию о том, как поведет себя покрытие при эксплуатации именно этого участка дороги, с учетом как климатических условий, так и дорожного трафика.

ПНСТ 128-2016. Определение динамического модуля упругости и числа текучести на установке АМРТ/СРТ. Многофункциональная сервогидравлическая система В200 Pavetest разработана для проведения трехосных испытаний образцов асфальта диаметром $100 \times h 150$ мм при разных температурах для определения:

- динамического модуля;
- числа текучести и времени текучести горячих асфальтобетонных смесей.

Число текучести – это свойство асфальтобетона, которое показывает степень сопротивления асфальтобетона остаточной деформации.

Сущность метода заключается в приложении к образцу асфальтобетона синусоидального осевого сжимающего напряжения при заданной температуре и заданных частотах нагружения. В ходе испытания считывается напряжение, приложенное к образцу, и результирующая осевая деформация образца. На основе полученных данных производится расчет динамического модуля упругости асфальтобетона и фазового угла.

Число текучести асфальтобетона определяют как количество циклов нагружения, соответствующих минимальной скорости изменения остаточной осевой деформации. Результирующие остаточные осевые деформации измеряют как функцию циклов нагружения и численно дифференцируют для расчета числа текучести.

Объемное проектирование смеси для дорожного покрытия с наилучшими



Установка АМРТ/СРТ В200 Matest

характеристиками с учетом индивидуальных требований – далеко не простая задача, требующая от дорожных лабораторий, кроме современного оборудования, еще и времени, кропотливого труда и анализа большого количества результатов.

Задача нашей компании – предоставить точную и объективную техническую информацию в помощь при выборе оборудования. Опыт работы с 2002 года и наработки в обслуживании и ремонте позволяют давать рекомендации по надежности моделей и оптимальности инженерных решений. Из полного спектра оборудования и приборов по ГОСТ, ПНСТ, АASHTO, ASTM, EN под задачи лабораторий мы помогаем подобрать модели с лучшим соотношением «цена – качество» и поставкой в разумные сроки.

Для сложного оборудования выполняем ввод в эксплуатацию и обучение специалистов. Наиболее популярные модели приборов, расходные материалы для лабораторий в наличии на складе в Санкт-Петербурге.

Желаем нашим дорожникам только качественных испытаний и эффективной работы!

Е.В. Мотина,
генеральный директор
ООО «ПТФ «ЕВРОТЕСТ»
тел. +7 (812) 327-84-51

