

# ПОВЕРХНОСТНОЕ И МЕЖФАЗНОЕ НАТЯЖЕНИЕ КРАЕВОЙ УГОЛ СМАЧИВАНИЯ



Архангельск (8182)63-90-72  
Астана (7172)727-132  
Астрахань (8512)99-46-04  
Барнаул (3852)73-04-60  
Белгород (4722)40-23-64  
Брянск (4832)59-03-52  
Владивосток (423)249-28-31  
Волгоград (844)278-03-48  
Вологда (8172)26-41-59  
Воронеж (473)204-51-73  
Екатеринбург (343)384-55-89  
Иваново (4932)77-34-06

Ижевск (3412)26-03-58  
Иркутск (395)279-98-46  
Казань (843)206-01-48  
Калининград (4012)72-03-81  
Калуга (4842)92-23-67  
Кемерово (3842)65-04-62  
Киров (8332)68-02-04  
Краснодар (861)203-40-90  
Красноярск (391)204-63-61  
Курск (4712)77-13-04  
Липецк (4742)52-20-81  
Киргизия (996)312-96-26-47

Магнитогорск (3519)55-03-13  
Москва (495)268-04-70  
Мурманск (8152)59-64-93  
Набережные Челны (8552)20-53-41  
Нижний Новгород (831)429-08-12  
Новокузнецк (3843)20-46-81  
Новосибирск (383)227-86-73  
Омск (3812)21-46-40  
Орел (4862)44-53-42  
Оренбург (3532)37-68-04  
Пенза (8412)22-31-16  
Казахстан (772)734-952-31

Пермь (342)205-81-47  
Ростов-на-Дону (863)308-18-15  
Рязань (4912)46-61-64  
Самара (846)206-03-16  
Санкт-Петербург (812)309-46-40  
Саратов (845)249-38-78  
Севастополь (8692)22-31-93  
Симферополь (3652)67-13-56  
Смоленск (4812)29-41-54  
Сочи (862)225-72-31  
Ставрополь (8652)20-65-13  
Таджикистан (992)427-82-92-69

Сургут (3462)77-98-35  
Тверь (4822)63-31-35  
Томск (3822)98-41-53  
Тула (4872)74-02-29  
Тюмень (3452)66-21-18  
Ульяновск (8422)24-23-59  
Уфа (347)229-48-12  
Хабаровск (4212)92-98-04  
Челябинск (351)202-03-61  
Череповец (8202)49-02-64  
Ярославль (4852)69-52-93

Компания KRUSS (Германия) является пионером в области исследования поверхностных явлений. История компании началась в 1796 году с оптических приборов для астрономии. Первый тензиометр был разработан в 1952 г., а в 1976 г. был выпущен первый цифровой тензиометр (K10), что положило начало новым стандартам в области измерения поверхностных свойств. Компания стремится модернизировать оборудование согласно требованиям времени, устанавливая новые стандарты.

Разработки фирмы KRUSS – это воплощение теории в практике: измерения, основанные на фундаментальной науке, дают возможность пользователям проникнуть в суть решаемой проблемы. На базе собственной лаборатории проводится большое количество исследований в самых разных отраслях, выходят научные статьи и обзоры, формируется база для новых приборов.

Ювелирная точность измерений с помощью приборов KRUSS увеличивается с годами и воплощается в приборах нового поколения. Компания следит за тенденциями времени: каждую весну в Гамбурге проходит тренинг с пользователями, на котором последних не столько знакомят с новым оборудованием, сколько пытаются найти новые решения их проблем. Благодаря двустороннему контакту оборудование KRUSS не теряет актуальности.

Список задач велик, но ответ, как правило, находится благодаря изучению и последующему анализу поверхностных свойств:

- поверхностного и межфазного натяжение жидкостей;
- контура капель и пузырьков на разных поверхностях;
- адсорбции, смачиваемости волокон и порошков.

Сегодня благодаря новейшим технологиям и тесному взаимодействию с пользователями фирма KRUSS добилась ведущих позиций на мировом рынке.

## Содержание

Тензиометр процессорный K100.....	4
Тензиометр автоматический K11.....	5
Тензиометр аналоговый K6.....	5
Тензиометр цифровой K9 .....	6
Тензиометр цифровой K20 (EasyDyne) .....	6
Тензиометр BP2 .....	7
Тензиометр BP2100 (PocketDyne).....	7
Тензиометр DVT30 .....	8
Тензиометр SITE100 .....	8
Прибор для измерения контактного угла EasyDrop .....	9
Прибор для измерения контактного угла DSA100 .....	10
Прибор контроля качества поверхностей MobileDrop.....	12
Универсальный анализатор поверхности GH100 .....	12
Методы измерения поверхностного и межфазного натяжения.....	13
Методы измерения контактного угла.....	14
Методы оценки формы лежащей капли.....	14
Методы расчета свободной энергии поверхности .....	15
Международные нормы и стандарты.....	15



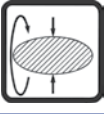







Взаимодействие между молекулами жидкости и газа, твердого тела или нерастворимой в ней другой жидкости приводит к образованию поверхности раздела фаз (межфазной поверхности). Капля жидкости на столе имеет три поверхности раздела: жидкость – газ, жидкость – поверхность, газ – поверхность; форма капли зависит от свойств всех трех фаз. Когда речь идет о системах жидкость – газ и жидкость – жидкость, то пользуются терминами «поверхностное натяжение» (ПН) и «межфазное натяжение» (МН).

Сила поверхностного/межфазного натяжения действует по касательной к участку поверхности и пропорциональна длине контура этого участка (Н/м). Но правильнее говорить об энергии, которую необходимо затратить, чтобы разорвать единицу поверхности (Дж/м<sup>2</sup>), когда мы имеем дело с системами твердое тело – жидкость (газ), то мы используем термин «свободная энергия поверхности» (СЭП).

Измерение поверхностного и межфазного натяжения осуществляется с помощью тензиометров, свободная энергия поверхности рассчитывается по данным контактного угла смачивания поверхности. Немецкая компания KRUSS GmbH выпускает современное оборудование для быстрого и качественного исследования материалов как в научных целях, так и для контроля качества в процессе производства.

Методы определения поверхностного натяжения делят на статические (находящиеся в термодинамическом равновесии) и динамические (связанные с разрушением/образованием поверхностного слоя). В ряде случаев равновесие достигается в течение нескольких часов, до установления равновесия поверхностное натяжение будет динамическим.

## Методы измерений

Жидкости			
<i>Статические методы</i>			
	Метод отрыва кольца (метод дью Нуи)	Классический метод измерения ПН и МН. Результаты почти не зависят от смачивающих характеристик поверхности. В методе измеряется величина максимального усилия, прикладываемого для отрыва кольца	K6, K9 K20 K11 K100
	Метод пластинки (статический метод Вильгельми)	Универсальный метод, особенно подходит для измерения ПН в течение длительного промежутка времени. Измеряется усилие, возникающее в процессе смачивания пластины, подвешенной в вертикальном положении	K9 K20 K11 K100
	Метод вращающейся капли	Метод особенно подходит для измерения малых или сверхнизких значений межфазного натяжения. Измеряется диаметр капли жидкости, вращающейся в более тяжелой жидкости	SITE100
	Метод падающей капли	Измеряется возможность проводить измерения при повышенной температуре и давлении. Оптическими методами исследуют геометрию капли	DSA15 DSA20 DSA100 GH100
<i>Динамические методы</i>			
	Метод максимального давления в пузырьке (метод Ребиндера)	Оптимально подходит для измерения величины поверхностного натяжения в зависимости от возраста поверхности. Измеряется максимальное давление в пузырьке	BP2 BP2100
	Метод объема капли	Лучший метод для динамического измерения межфазного натяжения. Измеряют количество пузырьков, на которые разделяется жидкость, имеющая заранее определенный объем	DVT30
Твердые тела			
	Метод лежащей капли	Оптическое определение краевого угла с целью установления характеристик смачивания на локальном участке поверхности твердого тела	DSA15 DSA20 DSA100 GH100
	Динамический метод Вильгельми	Для определения краевого угла натекания / стекания на твердых телах, имеющих определенную геометрическую форму	K100
	Метод Вильгельми с единичным волокном	Служит для измерения краевого угла натекания / стекания на отдельных волокнах	K100
	Метод определения краевого угла смачивания порошков	Позволяет измерять краевой угол и скорость поглощения жидкостей порошками и пористыми материалами. Измеряется величина привеса порошка как функция времени	K100

## Тензиометр процессорный K100

С помощью тензиометров серии K100 KRUSS установлен новые стандарты исследования поверхностного и межфазного натяжения жидкостей и свободной энергии поверхности тел. Процессорные тензиометры K100MK2 и K100C, так же, как и тензиометр для исследования одиночного волокна K100SF воплощают в себе последние научные разработки. Тензиометры серии K100 были специально спроектированы для многосторонних потребностей: от научных исследований и разработок до контроля качества материалов.

- Процесс измерения полностью контролируется ПО
- Высокая точность измерений
- Исследование как жидкостей, так и твердых поверхностей
- Размещение образца за счет сервопривода
- Изоляция внутреннего пространства и подсветка образца
- Возможность исследования в среде инертного газа
- Термостатируемая рубашка со встроенной магнитной мешалкой
- Контроль температуры измерения
- Встроенный ионизатор для исключения электростатического заряда
- Программное обеспечение с базой данных по свойствам веществ
- Измерения соответствуют международным стандартам: ASTM D0971, D1331, D1417, D1590; ISO 1409, 6295, 6889



Технические характеристики	K100C	K100MK2	K100SF
Поверхностное и межфазное натяжение Диапазон Разрешение	1...1000 мН/м 0,01 мН/м	1...1000 мН/м 0,001 мН/м	1...1000 мН/м 0,0001 мН/м
Определение веса образца (макс.вес) Диапазон Разрешение Калибровка	120 г 100 мкг ручная	210 г 10 мкг автоматическая	3 г + 3 г 1 мкг автоматическая
Контроль температуры	-10...130°C	-10...130°C	-10...90°C
Размещение образца Расстояние Разрешение Скорость	>110 мм 20 мкм 0,09...500 мм/ МИН	>110 мм 0,1 мкм 0,09...500 мм/ МИН	>110 мм 0,1 мкм 0,09...500 мм/ МИН
Ионизатор	-	+	+
Интерфейс	RS232 (USB по запросу)	RS232 (USB по запросу)	RS232 (USB по запросу)
Внешние параметры Габариты (Д x Ш x В) Вес	390 x 300 x 585 мм 21 кг	390 x 300 x 585 мм 24 кг	390 x 300 x 585 мм 24 кг
<b>Методы измерения</b>			
• ККМ (одиночное дозирование)	+	+	+
• ККМ (двойная система дозирования)	+	+	+
• Модифицированный метод Вашбума	+	+	+
• Смачиваемость одиночного волокна	-	-	+
• Динамический метод Вильгельми	+	+	+
• Метод пластины Вильгельми	+	+	+
• Метод кольца Дью Нуи	+	+	+
• Метод рамки Ленарда	+	+	-
• Метод кольца (малый образец)	+	+	+
• Метод пластины (малый образец)	+	+	+
• Метод Рода	-	+	-
• Плотность	+	+	+
• Сорбция	+	+	+
• Седиментация и устойчивость	+	+	-

### Программное обеспечение LabDesk™

- Одно ПО может контролировать сразу несколько тензиометров KRUSS
- Составление собственной программы исследований
- Программы измерений хранятся в памяти по отдельности, что облегчает однотипную работу
- Встроенные программы расчета ККМ, СЭП, полярных и дисперсных составляющих
- Построение графиков и диаграмм
- Составление протоколов испытаний

## Тензиометр автоматический K11

Тензиометр K11 сочетает в себе высокую точность и полную автоматизацию измерений при простом управлении: тензиометр имеет выносную клавиатуру с ЖК-дисплеем, работа прибора также может контролироваться компьютером.

- Полностью автоматизированное определение ПН и МН
- Высокая эффективность измерений
- Размещение образца за счет сервопривода
- Пространство для образца изолировано
- Подсветка образца
- Термостатируемая рубашка со встроенной магнитной мешалкой
- Контроль температуры измерения
- Внешняя панель управления с ЖК-экраном
- Эргономичный дизайн и легкость в управлении
- Сохранение всех результатов измерения
- Использование пароля для защиты данных
- Вывод данных на компьютер и принтер
- Программное обеспечение с обширной базой данных
- Измерения соответствуют международным стандартам



Для получения измерений высокой точности разработана специальная модель K11HRX с механизмом балансировки высокого разрешения.

### Технические характеристики:

- Поверхностное и межфазное натяжение
  - диапазон: 1 – 999 мН/м
  - разрешение: 0,1 мН/м (0,01 мН/м)\*
- Плотность
  - плотность: 1 – 2200 кг/м<sup>3</sup>
  - разрешение: 1 кг/м<sup>3</sup>
- Скорость измерения 10 считыв./сек
- Макс. вес образца: 50 г
- Макс. ширина образца: 150 мм
- Температура измерений: -20 ... 150°C
- Интерфейс RS232
- Габаритные размеры 300 x 540 x 370 мм

### Методы измерения:

- Метод обрыва кольца (Дю Нуи)
- Коррекция метода обрыва кольца:
  - Зайдерман и Уотерс
  - Харкинс и Джордан
- Метод пластины (Вильгельми)
- Определение плотности

### Нормы и стандарты:

- ASTM D0971, D1331, D1417, D1590
- ISO 304, 1409, 6889

\* Модель высокой точности - K11HRX

## Тензиометр аналоговый K6

Измерение поверхностного натяжения с помощью тензиометра K6 основано на методе отрыва кольца (метод дю Нуи). Преимущества этого метода – в малом времени измерения и в небольшом количестве образца для анализа.

Тензиометр K6 – аналоговый прибор, все процедуры осуществляются вручную. Столик с образцом поднимается до уровня кольца, кольцо смачивается жидкостью и затем столик медленно опускают, до тех пор, пока не образуется тонкая пленка. Результаты измерения поверхностного натяжения считываются со шкалы прибора.

### Технические характеристики:

- Диапазон измерения ПН: 0 ... 90 мН/м
- Разрешение ПН: 1,0 мН/м



## Тензиометр цифровой K9



Цифровой тензиометр K9 имеет очень простое управление, надежен и гибок в применении: кнопки управления находятся на передней панели прибора. Полученные данные можно сохранять в компьютере или выводить на принтер.

- Два вида столиков: плоский и с терморубашкой
- ЖК-дисплей
- Цифровой выход на компьютер или принтер
- Защитный экран от колебаний воздуха
- Подсветка образца

Образец помещается на столик, который вручную поднимается до уровня кольца/пластины, результаты измерений отображаются на ЖК-дисплее.

### Технические характеристики:

- Измерение поверхностного натяжения
  - диапазон измерения 1 – 999 мН/м
  - разрешение 0,1 мН/м
- Измерение плотности
  - диапазон измерения 1 – 2200 кг/м<sup>3</sup>
  - разрешение 1 кг/м<sup>3</sup>
- Температура образца
  - диапазон измерения -10 – +100°C
  - разрешение ± 0,1°C
- Интерфейс RS232
- Габаритные размеры 260 x 400 x 190 мм
- Вес 6,8 кг
- Мощность 10 Вт

### Методы измерения:

- Метод обрыва кольца (метод Дью Нуи)
- Метод пластины (метод Вильгельми)
- Определение плотности

## Тензиометр цифровой K20 (EasyDyne)

Измерения на приборе полностью автоматизированы и контролируются встроенным микропроцессором. Расширенная база данных позволяет вводить поправки в метод Дью Нуи. Результаты измерений считываются с дисплея, сохраняются в компьютере или выводятся на печать.

- Автоматизированное измерение ПН и МН
- Автоматическая калибровка при включении прибора
- Два вида столиков: плоский и с терморубашкой
- Вес образца до 50 г
- ЖК-дисплей
- Цифровой выход на компьютер или принтер
- Защитный экран от колебаний воздуха
- Подсветка образца



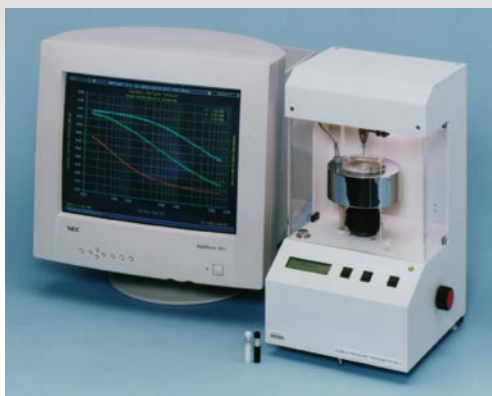
### Технические характеристики:

- Измерение поверхностного натяжения
  - диапазон измерения 1 – 999 мН/м
  - разрешение 0,1 мН/м
- Измерение плотности
  - диапазон измерения 1 – 2200 кг/м<sup>3</sup>
  - разрешение 1 кг/м<sup>3</sup>
- Температура образца
  - диапазон измерения -10 – +100°C
  - разрешение ± 0,1°C
- Расположение образца
  - скорость перемещения 0,15...1,5 мм/с
  - расстояние 75 мм
- Интерфейс RS232 (USB опционально)
- ЖК дисплей 320 x 240 пкс
- Габаритные размеры 270 x 420 x 350 мм
- Вес 11 кг
- Мощность 10 Вт

### Методы измерения:

- Метод обрыва кольца (метод Дью Нуи)
- Коррекция метода обрыва кольца:
  - Зайдерман и Уотерс
  - Харкинс и Джордан
- Метод пластины (метод Вильгельми)
- Определение плотности

## Тензиометр BP2



Многие химические и физические процессы, имеющие в своем составе поверхностно-активные компоненты, очень скоротечны. Распыление, печать и смачивание – это динамические процессы; в процессе измерения поверхностное натяжение может значительно меняться за десятые доли секунды.

Поверхностно-активные молекулы с разной скоростью перемещаются к поверхности и образуют новую поверхность раздела. В зависимости от типа молекул и окружающей среды поверхностное натяжение снижается с различной скоростью. При разработке новых ПАВ одной из главных задач является получение молекул, которые будут максимально быстро снижать поверхностное натяжение. В этих случаях используют динамические методы исследования - метод максимального давления в пузырьке.

### Технические характеристики:

- Измерение поверхностного натяжения
  - диапазон измерения 10 – 100 мН/м
  - разрешение 0,1 мН/м
- Диапазон возраста поверхности 5 мсек – 50 сек\*
- Частота образования пузырька 0,05 – 30 Гц\*
- Температура образца
  - диапазон измерения -10 – +100°C
  - разрешение ± 0,1°C
- Интерфейс RS232
- Габаритные размеры 250 x 450 x 300 мм
- Вес 12,8 кг
- Мощность 60 Вт

### Методы измерения:

- Метод максимального давления в пузырьке
- Расчет возраста поверхности

### Графическая интерпретация данных:

- ПН как функция возраста поверхности
- ПН как функция частоты образования пузырька
- Возраст поверхности как функция частоты образования пузырька
- Макс.давление как функция частоты образования пузырька

\* в зависимости от жидкости и диаметра капилляра

## Тензиометр BP2100 (PocketDyne)

Отличительной особенностью новых тензиометров PocketDyne является их мобильность в применении: возможность измерения поверхностного натяжения как в стакане, так и в танкере. Прибор устроен так, что данные измерения не зависят от глубины погружения капилляра.

Все данные измерений автоматически сохраняются, гибкая карта памяти позволяет сохранять данные даже при выключении прибора. Кроме того, результаты можно перенести на компьютер (USB-порт). Программное обеспечение LabDesk позволяет автоматизировать процесс измерения, а также строить кривые в реальном времени.

При работе никаких подготовительных операций не требуется, можно сразу же измерять поверхностное натяжение жидкости.

Очень точные одноразовые капилляры из инертных полимеров минимизируют необходимость в калибровке прибора и гарантируют высокую точность измерения. Глубина погружения капилляра не оказывает сильного воздействия на результаты измерения благодаря использованию новейших технологий.



### Технические характеристики:

- Измерение поверхностного натяжения
    - диапазон измерения 10 – 99 мН/м
    - разрешение 0,1 мН/м
  - Диапазон возраста поверхности 15 – 1500 мсек
  - Интерфейс RS232 (USB - опционально)
  - Дисплей графический 64 x 132 пкс
  - Габаритные размеры 62 x 260 x 35 мм
  - Вес 330 г
  - Мощность 0,3 Вт
- (заряд батареи на 12 ч работы)

### Методы измерения:

- Метод максимального давления в пузырьке

## Тензиометр DVT30



Тензиометр, работающий на основе метода счета капель. Дает детальную информацию об образовании межфазных сил в системах жидкость-жидкость, таких, как водные растворы ПАВ или полимеров.

- Автоматическое измерение динамического МН
- Широкий диапазон измерения
- Высокая точность с использованием только одного капилляра
- Цикл автоматической очистки
- Регулирование скорости образования капель
- Программное обеспечение

Любая легкая жидкость может быть прокачана через тяжелую при постоянной скорости, или наоборот. Оператор сам выбирает необходимую скорость образования капель, а также диапазон работы. Подсчет капель и расчет поверхностного натяжения производятся автоматически с помощью программного обеспечения.

### Технические характеристики:

• Диапазон измерения МН	0,05 – 100 мН/м
• Диапазон возраста поверхности	0,1 – 10 000 сек
• Температурный диапазон	-10 – 90°C
• Габаритные размеры	32 x 43 x 43 мм
• Вес	30,6 г
• Мощность	до 100 Вт

### Методы измерения:

- Метод счета капель
  - падающие капли
  - поднимающиеся капли

## Тензиометр SITE100

Процесс удаления смазок с твердых поверхностей с помощью домашних моющих средств или нефти с горных пород зависит от снижения поверхностного натяжения между маслом и водой, содержащей ПАВ: чем ниже межфазное натяжение, тем выше эффективность очистки.

- Измерение очень низкого межфазного натяжения
- Встроенная видеочкамаера быстро и точно снимает данные
- Проверенная временем технология измерения
- Эргономичный дизайн

Прибор состоит из двух частей: механической части с капилляром и электродвигателя с камерой. Включает в себя источник питания, систему контроля и температурный дисплей. Подсоединение к компьютеру осуществляется через RS232 и видео интерфейс.



### Технические характеристики:

• Диапазон измерения	
- поверхностное натяжение	10 <sup>-6</sup> ... 50 мН/м
- температура	0 ... +100°C
• Скорость вращения:	до 15 000 об/мин
	(опционально до 20 000 об/мин)*
• Диаметр капилляра	3,5 мм
• Измерительные оси:	2
• Увеличение оптическое:	2
• Интерфейс	RS232
• Габаритные размеры	30 x 45 x 30 см
• Вес	15 кг

### Методы измерения:

- Метод вращающейся капли

### Программное обеспечение:

- Контроль скорости вращения капилляра
- Определение диаметра капли
- Установка времени измерения
- Создание отчетов, хранение данных
- Численное и графическое отображение результатов измерения

\* в зависимости от жидкости и диаметра капилляра



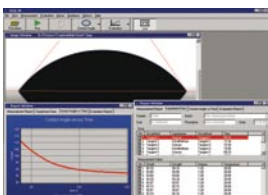
## Прибор для измерения контактного угла EasyDrop



Эта малобюджетная модель отлично себя зарекомендовала как в лабораторных исследованиях, так и для контроля качества «на месте». Программное обеспечение позволяет контролировать процесс измерения контактного угла (КУ), рассчитывать свободную энергию поверхности (СЭП) твердых тел, поверхностное и межфазное натяжение жидкостей по методу висящей капли.

Имеется две разновидности EasyDrop: стандартная (для работы с ПК) и USB-модель (для работы с ноутбуком).

- Быстрое и точное измерение контактного угла
- Точная система дозирования (автоматическая или ручная)
- Фото и видео съемка объекта
- Несколько методов измерения для больших и малых углов
- Расчет свободной энергии поверхности всеми доступными методами
- Измерение поверхностного натяжения методом висящей капли
- Регулируемая подсветка и резкость изображения
- Простое в управлении программное обеспечение



Камера записывает процесс формирования капли на поверхности и передает изображение на компьютер, программа автоматически определяет базовую линию. Для расчета краевого угла используются несколько методов. Программное обеспечение DSA идеально подходит для качественного контроля, но в то же время это отличный инструмент для исследований, т.к. расчет производится по различным методам.

Программа функционирует как библиотека и как архив данных.

	DSA15B DSA20B	DSA15S DSA20S	DSA15E DSA20E	DSA16
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Решаемые задачи:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- дозирующая система, контролируемая ПО</li> <li>- измерение угла контакта</li> <li>- определение СЭП поверхностей</li> <li>- поверхностное и межфазное натяжение жидкостей</li> </ul> </li> </ul>	+	+	+	+
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Технические характеристики                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- диапазон измерения</li> <li>- разрешение дисплея</li> <li>- интерфейс</li> <li>- габаритные размеры</li> <li>- вес</li> <li>- питание</li> </ul> </li> </ul>	1 - 180° ± 0,1° RS232 520 x 160 x 530 10 кг 220 В / 50 Гц			
• Базовый прибор	базовый прибор со встроенной подсветкой интенсивность света контролируется ПО			
• Столик под образцы	размер столика (Ш x Д): 100 x 100 мм макс.размер образца: 300 x x 50 мм размещение образца: ручное (по осям X и Y)			
• Объектив	6-и кратное увеличение			
• Камера	камера T1C, 25 кадр/сек, 752 x 582 пкс граббер (для вычленения кадров)			25 кадр/сек 752 x 582 пкс граббер
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Дозирующая система DSA15</li> <li>• Дозирующая система DSA20</li> </ul>	дозирование одной жидкости, ручное управление в комплект входят стеклянный шприц (2 мл) и иглы			двойное дозирование, ручное
	дозирование одной жидкости контролируется ПО в комплект входят стеклянный шприц (2 мл) и иглы			2 шприца (1 мл) иглы
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Программное обеспечение                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- SW4001 определение контактного угла</li> <li>- SW4002 расчет СЭП</li> <li>- SW4003 определение ПН</li> </ul> </li> </ul>	+	+	+	SW23

## Прибор для измерения контактного угла DSA100

Благодаря своей модульной конструкции, прибор для измерения контактного угла смачивания DSA100 подходит для решения любых задач. Система установки модулей позволяет использовать порядка 30 000 вариантов, подходящих для образцов различных размеров и разных методов измерения.

- Оптимальная подсветка при низком тепловом излучении
- Капля находится всегда в центре изображения
- Ручное или автоматическое дозирование от одной до 8 жидкостей
- Ручное или автоматическое расположение образцов
- Изучение как мини-объектов, так и длинных образцов
- Широкий спектр дополнительных аксессуаров
- Защита от вибрации
- EDM/ODM модуль для изучения реологии
- Новейшее программное обеспечение



### Технические характеристики:

- Измерение контактного угла
  - диапазон измерения 0 – 180°
  - разрешение  $\pm 0,1^\circ$
- Измерение поверхностного натяжения
  - диапазон измерения 0,01 – 100 мН/м
  - разрешение 0,01 мН/м
- Температура измерения -60 – +400°C
- Объектив 7-и кратное увеличение
- Макс.размер образца 300 x  $\infty$  x 150 мм
- Программное обеспечение DSA3
- Интерфейс RS232 (USB опционально)
- Габаритные размеры 380 x 620 x 610 мм
- Вес 25 ... 45 кг

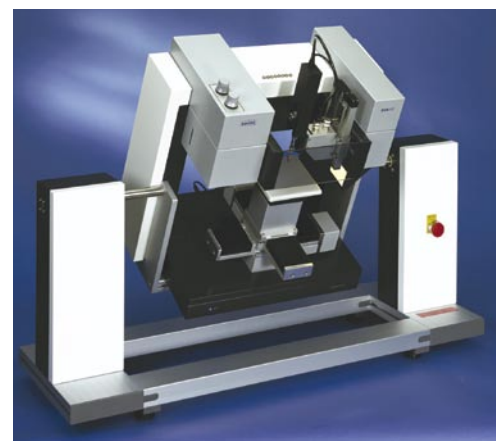
### Методы измерения:

- Измерение контактного угла по методу:
  - лежащей капли
  - нарастающей капли
  - убывающей капли
  - «плененного пузырька»
  - на наклонной поверхности
- Расчет СЭП
- Построение карты поверхности
- Метод висящей капли для изучения ПН

## Дополнительные принадлежности

### Опорные конструкции

**Наклонный столик.** С помощью наклонного столика можно производить исследования поверхностей с помощью метода лежащей капли, расположенной под углом (до 90°). Такие исследования дают максимальную информацию о смачиваемости поверхности при увеличении угла наклона; видео камера наклоняется вместе с образцом. В сочетании с современными камерами можно получать порядка 1000 изображений в секунду о состоянии формы капли. Даже при больших углах наклона столик обеспечивает оптимальные условия для измерения динамического угла контакта.

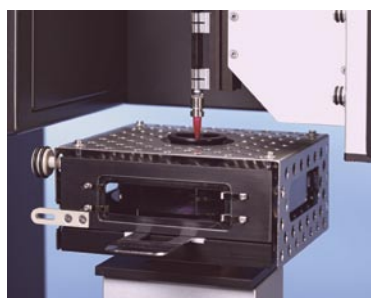
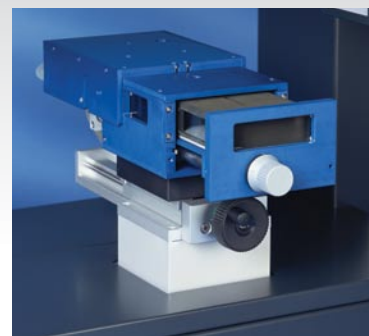


**Удлиненная рама.** Стандартная рама прибора позволяет измерять образцы длиной до 30 см, для более широких предметов (внутренняя поверхность обода колеса, бамперы или ЖК-дисплеи) разработана специальная большая рама.

## Камеры для создания особых условий измерения

Температурная *камера Пельтье TC40* специально разработана для измерения контактного угла при пониженных или повышенных температурах. Ее основные преимущества: равномерный нагрев в камере и возможность быстрой смены образца. В диапазоне от  $-30$  до  $+160^{\circ}\text{C}$  элементы Пельтье быстро доводят образец до заданной температуры. Благодаря продувке камеры инертным газом и двойным стеклам конденсат не образуется даже при низких температурах.

Температурная *камера TC3010* была специально разработана для измерения контактного угла и поверхностного натяжения в различных климатических условиях. С помощью термостата можно контролировать температуру в широком диапазоне:  $-10 \dots +120^{\circ}\text{C}$ . Измерения могут проходить в атмосфере инертного газа или при высоком содержании водяных паров.



Температурная *камера для больших образцов TC11*, таких как плитка, черепица: обеспечивает проведение измерения в диапазоне  $-10 \dots 120^{\circ}\text{C}$ .

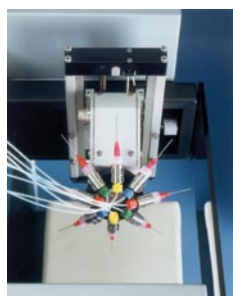
*Высокотемпературная камера TC21* разработана для исследования высокотемпературных липких материалов, сплавов металлов с низкой температурой плавления и полимеров. В комбинации с высокотемпературной дозирующей системой DO3241 измерения контактного угла и поверхностного натяжения методом падающей капли можно проводить при температурах до  $400^{\circ}\text{C}$ .

*Камера высокого давления* обеспечивает измерение поверхностных свойств на границе газ-жидкость и жидкость-жидкость в экстремальных условиях. Максимальное давление: 69 МПа, максимальная температура:  $250^{\circ}\text{C}$ .

*Прибор для контроля влажности HC10* в сочетании с температурной камерой обеспечивает измерение контактного угла в зависимости от влажности, а также стабильность влажности при изменении температуры. Прибор позволяет независимо контролировать влажности и температуру. Кроме того, возможно наблюдение поверхностных явлений, таких как фазовые переходы и набухание.



## Дозирующие модули



*Система ручного струйного дозирования DS3202* отличается скоростью, точностью дозирования объема капли, воспроизводимостью результатов.

*Дозирующая система с программным обеспечением DS3210*, работает со стеклянными или одноразовыми пластиковыми шприцами, которые опускаются непосредственно в жидкость. Подходит для очень чистых процессов, в частности для трудоемких исследований красок, чернил, липких жидкостей и др.

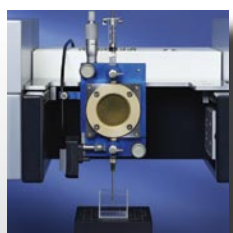
*Система дозирования нескольких жидкостей DS3228* с программным обеспечением позволяет проводить измерения до 8 жидкостей.

*Система дозирования при высоких температурах DO3241* позволяет определять поверхностное натяжение вязких жидкостей и расплавов при температуре до  $400^{\circ}\text{C}$ . В комбинации с высокотемпературной камерой данная система позволяет измерять угол контакта при повышенных температурах.

*Дозирующая система Picoliter* позволяет проводить измерения угла контакта на волосах, электронных компонентах или печатающих головках, объем капли составит всего 50 пиколитров. Высокая скорость записи изображения с 50-и кратным увеличением и специальной подсветкой гарантирует отличное качество изображения капли на очень малой поверхности.



## Система для изучения поверхностной реологии



Модули EDM/ODM (Метод расширяющейся капли/Метод колеблющейся капли) позволяют изучать реологические свойства ПАВ, а именно:

- адсорбционные и релаксационные свойства ПАВ
- расширение вязкости и эластичности поверхности
- капиллярное давление и анализ висящей капли
- анализ жидкостей с одинаковыми плотностями при высокой вязкости

## Прибор для контроля качества поверхностей MobileDrop



MobileDrop – новое достижение в технологии измерения краевого угла; этот прибор позволяет определять смачиваемость поверхности и рассчитывать свободную энергию поверхности (СЭП). Идеально подходит для контроля качества поверхностей.

Измеряющее устройство весит всего 500 г и легко управляется одной рукой. В нем компактно уместятся оптическая призма, камера и быстро заменяемый дозирующий элемент. Управление осуществляется с помощью ноутбука.

Измеряющее устройство помещается на образец любого размера. Дозирующий рычаг опускает иглу и захватывает жидкость (объем капли около 2 мкл). Призма передает данные о капле на встроенную камеру, подсоединенную к ноутбуку.

### Технические характеристики:

• Измерение контактного угла	
- диапазон измерения	5 – 175°
- разрешение	± 0,1°
• Тип сенсора	CMOS
• Разрешение сенсора	752 x 480 пкс
• Объем капли	2 мкл
• Питание	через USB-порт
• Требования к компьютеру	Windows 2000/XP, USB 2.0

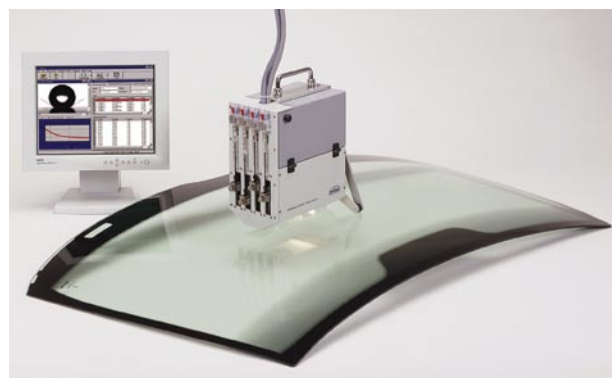
### Методы измерения:

- Метод лежащей капли для изучения КУ
- Расчет СЭП по методам:
  - Зисмана
  - Фоумана
  - Ву
  - Шульца
  - Ван Оусса и Гуда

## Универсальный анализатор поверхностей GH100

Прибор GH100 для измерения смачиваемости больших поверхностей. В базовой комплектации можно использовать, как портативный прибор для анализа «на месте» поверхностей печатных валов, покрытий автомобилей и кораблей. В лаборатории данный прибор может быть установлен на специальную платформу. Также возможна полная автоматизация работы прибора для контроля качества продукции в процессе производства при использовании специальной рамы-робота (разработано для корейских автомобильных заводов).

- Автоматическое дозирование нескольких жидкостей
- Измерение динамических и статических КУ
- Автоматическое размещение образца для процессов контроля качества
- Увеличение и фокусировка изображения контролируется компьютером



### Технические характеристики:

• Измерение контактного угла	
- диапазон измерения	5 – 175°
- разрешение	± 0,1°
• Измерение поверхностного натяжения	
- диапазон измерения	0 – 100 мН/м
- разрешение	0,01 мН/м
• Макс.размер образца	∞ x ∞ x ∞ мм
• Макс.толщина образца	∞ мм
• Объектив	6-и кратное увеличение
• Мин.размер изображения	1 мм
• Габаритные размеры	270 x 270 x 150 мм
• Вес	7,2 кг
• Макс.расстояние до ПК	3 м (опционально 10 м)

### Методы измерения:

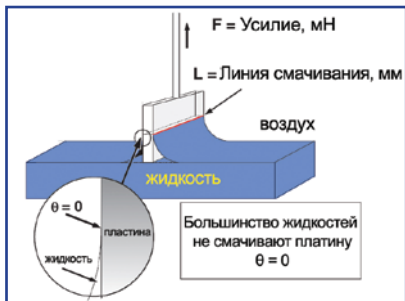
- Измерение КУ по методу лежащей капли
- Метод висящей капли для изучения ПН
- Расчет СЭП
  - Зисмана
  - Фоумана
  - ОВРК
  - Ву
  - Шульца
  - Ван Оусса и Гуда

# Методы измерения поверхностного и межфазного натяжения

## Метод кольца (метод Дью Нуи)

Кольцо удаляют из жидкости до образования тонкого слоя. По мере прикладывания силы для удаления кольца из жидкости, пленка растягивается, что может фиксироваться в ходе эксперимента. При максимальной нагрузке краевой угол смачивания равен  $0^\circ$ .

$$\sigma = \frac{F_{\max} - F_V}{L \cdot \cos \theta}$$



## Метод пластины (метод Вильгельми)

В этом методе пластину поднимают из жидкости до тех пор, пока жидкость прилипает к пластине (устанавливают динамическое равновесие): в этот момент происходит максимальное натяжение поверхности жидкости. Пластина изготавливается из хорошо смачиваемого материала (Pt), чтобы угол смачивания был равен  $0^\circ$ .

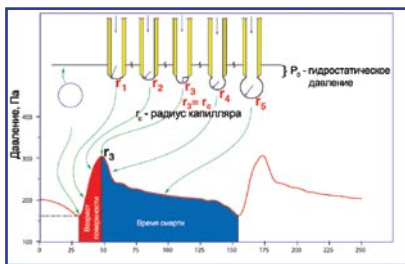
$$\sigma = \frac{F}{L \cdot \cos \theta}$$

### Преимущества метода кольца

- Много литературных данных
- Нагрузка на кольцо выше, значит, выше точность
- Некоторые вещества, например катионные ПАВ, показывают низкую смачиваемость пластины

### Преимущества метода пластинки

- Не требует введения поправок
- Не надо знать плотности жидкости
- Измерение поверхностного натяжения производится только за счет касания, без давления и перемешивания фаз



## Метод максимального давления в пузырьке

Оптимально подходит для измерения поверхностного натяжения в пузырьке в зависимости от возраста поверхности. Это один из самых простых в применении методов для определения динамического поверхностного натяжения.

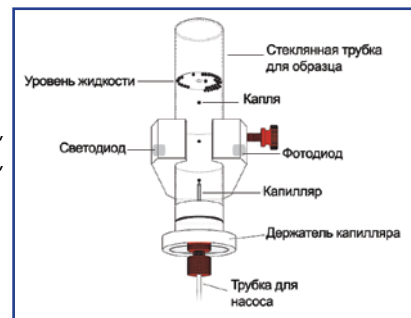
Газовый пузырек вводят в жидкость через капилляр известного радиуса, в течение всего процесса формирования капли прикладываемое давление фиксируется специальным прибором. Кривая давления проходит через максимум, в этой точке радиус пузырька равен радиусу капилляра.

$$\sigma = \frac{(P_{\max} - P_0)r}{2}$$

## Метод счета капель

Лучший метод для измерения динамического межфазного натяжения, основан на измерении количества пузырьков, на которое разделяется жидкость, имеющая заранее определенный объем.

$$\sigma_i = \frac{V_{\text{кап}} (\rho_H - \rho_L) g}{\pi \cdot d}$$



## Метод вращающейся капли

Этот метод был разработан для измерения очень малого межфазного натяжения (до  $0,000001$  мН/м). Гравитационное воздействие на шарообразную каплю, вращающуюся с определенной скоростью вокруг своей продольной оси, минимально.

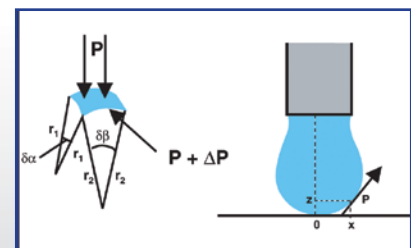
Капля, помещенная вдоль осей вращающегося капилляра, опущенного в более плотную жидкость, будет иметь вытянутую цилиндрическую форму. При определенном объеме капли и скорости вращения диаметр капли зависит только от межфазного натяжения. Капля стабилизируется вдоль осей вращения.

$$\sigma_i = kr^3 \omega^2 (\rho_H - \rho_L)$$

## Метод висящей капли

В методе висящей капли с помощью оптических методов анализируется геометрия капли, а затем проводится расчет. Этот метод позволяет проводить измерения в специальных камерах при повышенных температурах и давлении.

$$\sigma = \frac{\Delta P}{1/r_1 - 1/r_2}$$



## Методы измерения контактного угла



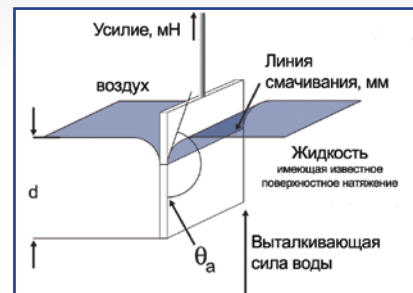
### Метод лежащей капли

Самый известный метод определения контактного угла: измеряется угол между твердой поверхностью и жидкостью в точке контакта трех фаз. Метод «плененного пузырька» является частным случаем: контактный угол измеряется под поверхностью, погруженную в жидкость.

$$\cos \theta = \frac{\sigma_s - \sigma_{LS}}{\sigma_L}$$

### Метод пластины Вильгельми

Принцип применения пластины для измерения поверхностного натяжения жидкостей также применим для определения контактного угла между жидкостью и пластиной. Образцы поверхности крепятся на зажиме и опускаются в жидкость с известным поверхностным натяжением.



$$\cos \theta = \frac{F}{L \cdot \sigma}$$



### Метод одиночного волокна

Принцип измерения смачиваемости одиночного волокна основан на методе пластины Вильгельми, только используется специальный держатель для волокон.

$$\cos \theta = \frac{F}{L \cdot \sigma}$$

### Метод Вашбурна

Определение свободной поверхностной энергии порошков основано на определении сорбционных свойств порошков. Навеска порошка помещается в стеклянный цилиндр с фильтром на основании. Жидкость за счет капиллярного явления поднимается по порошку и смачивает его.

$$\cos \theta = \frac{m^2}{t} \cdot \frac{\eta}{\rho^2 \sigma_L c}$$



## Методы оценки формы лежащей капли

### Метод Юнга-Лапласа

Наиболее трудоемкий, но и наиболее точный метод расчета контактного угла. В этом методе при построении контура капли учитываются поправки на то, что не только межфазные взаимодействия разрушают форму капли, но и собственный вес жидкости.

Эта модель предполагает, что форма капли симметрична, поэтому она не может использоваться для динамических контактных углов. Для нарастающей капли контактный угол также может быть определен только до 30°.

### Метод ширины-высоты

В этом методе оценивается длина растекания капли и ее высота. Контур, являющийся частью окружности, вписывают в прямоугольник и рассчитывают контактный угол из соотношения ширины и высоты. Данный метод более точен для мелких капель, формы которых ближе к сфере.

Не подходит для динамического контактного угла, т.к. игла остается в капле и нельзя точно определить высоту капли.

### Метод круга

В этом методе капля представляется как часть круга, как и в методе ширины-высоты, однако контактный угол рассчитывается не с помощью прямоугольника, а с помощью сегмента окружности. Но в отличие от метода ширины-высоты игла, оставшаяся в капле, меньше влияет на результаты измерения.

### Тангенциальный метод 1

Полный контур лежащей капли подгоняется к уравнению конического сегмента. Производная этого уравнения в точке пересечения контура и базовой линии дает угол наклона в точке контакта, т.е. контактный угол. Этот метод может использоваться совместно с динамическими методами оценки контактного угла в том случае, если капля не сильно разрушается иглой.

### Тангенциальный метод 2

Часть контура лежащей капли, расположенной рядом с базовой линией, адаптирована к функции полинома типа  $y = a + bx + cx^{0.5} + d/\ln x + e/x^2$ . Эта функция получилась в результате многочисленных теоретических моделирований.

Метод считается точным, но чувствительным к загрязнениям и посторонним веществам в жидкости. Подходит для определения динамических контактных углов, но он требует четкого построения изображений, особенно в точке контакта фаз.

## Методы расчета свободной энергии поверхности

### Метод Зисмана

Для использования метода Зисмана на практике строят график в координатах  $\cos \theta - \sigma$  (мН/м) для различных жидкостей и далее экстраполируют усредненную кривую до  $\cos \theta = 1$ , полученное значение  $\sigma$  и является критическим напряжением сдвига.

$$W_{SL} = \sigma_L (\cos \theta + 1)$$

### Метод Фоукса

С помощью метода Фоукса можно получить полярную и дисперсную составляющие свободной поверхностной энергии. На первом этапе определяется дисперсная составляющая СЭП с помощью неполярной жидкости, на втором – полярная составляющая.

$$\sigma_{SL} = \sigma_S + \sigma_L - 2 \left( \sqrt{\sigma_S^D \cdot \sigma_L^D} + \sqrt{\sigma_S^P \cdot \sigma_L^P} \right)$$

### Метод ОВРК (метод Оунса, Вендта, Рабеля и Кьельбле)

Оунс, Вендт, Рабель и Кьельбле также рассматривали поверхностное натяжение с точки зрения полярной и дисперсной составляющих, но в отличие от Фоукса рассчитывали свободную энергию поверхности за один шаг.

$$\sigma_{SL} = \sigma_S + \sigma_L - 2 \left( \sqrt{\sigma_S^D \cdot \sigma_L^D} + \sqrt{\sigma_S^P \cdot \sigma_L^P} \right)$$

### Метод Ву

Ву также рассчитывал полярные и дисперсные составляющие свободной поверхностной энергии, но на основе средне гармонических значений, а не среде геометрических. В данном методе получаются более точные значения, особенно для систем с высокой СЭП.

$$\sigma_{SL} = \sigma_S + \sigma_L - 4 \left( \frac{\sigma_S^D \cdot \sigma_L^D}{\sigma_S^D + \sigma_L^D} + \frac{\sigma_S^P \cdot \sigma_L^P}{\sigma_S^P + \sigma_L^P} \right)$$

### Метод Шельца

Данный метод используется только для поверхностей с высокой свободной энергией, такие поверхности хорошо смачиваются любыми жидкостями. Для исследований таких поверхностей измерения проводят не на воздухе, а в жидкости.

$$\sigma_{L(кан)} - \sigma_{L(ср)} + \gamma_{LL(кан/ср)} \cos \theta = 2\sqrt{\sigma_S^D} \left( \sqrt{\sigma_{L(кан)}^D} - \sqrt{\sigma_{L(ср)}^D} \right) + W_{SLKЛ}^P - W_{SLcL}^P$$

### Метод Оусса и Гуда

Оусс и Гуд также различают дисперсную и полярную составляющие свободной энергии поверхности, но полярный компонент описывается с помощью льюисовых кислот и оснований. Для измерений необходимы как минимум 3 жидкости, при чем у двух должны быть известны кислотная и основная составляющие.

$$\sigma_{SL} = \sigma_S + \sigma_L - 2 \left( \sqrt{\sigma_S^D \cdot \sigma_L^D} + \sqrt{\sigma_S^+ \cdot \sigma_L^-} + \sqrt{\sigma_S^- \cdot \sigma_L^+} \right)$$

## Международные нормы и стандарты

ASTM D971	Стандартный метод определения межфазного натяжения между маслом и водой с помощью кольца
ASTM D1331	Стандартный метод определения поверхностного и межфазного натяжения ПАВ
ASTM D1417	Стандартный метод тестирования синтетических каучуков (латексов)
ASTM D1590	Стандартный метод определения поверхностного натяжения воды
ISO 1409	Пластики/ резина. Полимерные дисперсии и латексы (природные и синтетические). Определение поверхностного натяжения по методу кольца
ISO 304	ПАВ. Определение поверхностного натяжения с помощью образования пленок жидкости
ISO 6295	Определение межфазного натяжения масло - вода
ISO 6889	ПАВ. Определение межфазного натяжения с помощью плёнок жидкостей

**Архангельск** (8182)63-90-72  
**Астана** (7172)727-132  
**Астрахань** (8512)99-46-04  
**Барнаул** (3852)73-04-60  
**Белгород** (4722)40-23-64  
**Брянск** (4832)59-03-52  
**Владивосток** (423)249-28-31  
**Волгоград** (844)278-03-48  
**Вологда** (8172)26-41-59  
**Воронеж** (473)204-51-73  
**Екатеринбург** (343)384-55-89  
**Иваново** (4932)77-34-06

**Ижевск** (3412)26-03-58  
**Иркутск** (395)279-98-46  
**Казань** (843)206-01-48  
**Калининград** (4012)72-03-81  
**Калуга** (4842)92-23-67  
**Кемерово** (3842)65-04-62  
**Киров** (8332)68-02-04  
**Краснодар** (861)203-40-90  
**Красноярск** (391)204-63-61  
**Курск** (4712)77-13-04  
**Липецк** (4742)52-20-81  
**Киргизия** (996)312-96-26-47

**Магнитогорск** (3519)55-03-13  
**Москва** (495)268-04-70  
**Мурманск** (8152)59-64-93  
**Набережные Челны** (8552)20-53-41  
**Нижний Новгород** (831)429-08-12  
**Новокузнецк** (3843)20-46-81  
**Новосибирск** (383)227-86-73  
**Омск** (3812)21-46-40  
**Орел** (4862)44-53-42  
**Оренбург** (3532)37-68-04  
**Пенза** (8412)22-31-16  
**Казахстан** (772)734-952-31

**Пермь** (342)205-81-47  
**Ростов-на-Дону** (863)308-18-15  
**Рязань** (4912)46-61-64  
**Самара** (846)206-03-16  
**Санкт-Петербург** (812)309-46-40  
**Саратов** (845)249-38-78  
**Севастополь** (8692)22-31-93  
**Симферополь** (3652)67-13-56  
**Смоленск** (4812)29-41-54  
**Сочи** (862)225-72-31  
**Ставрополь** (8652)20-65-13  
**Таджикистан** (992)427-82-92-69

**Сургут** (3462)77-98-35  
**Тверь** (4822)63-31-35  
**Томск** (3822)98-41-53  
**Тула** (4872)74-02-29  
**Тюмень** (3452)66-21-18  
**Ульяновск** (8422)24-23-59  
**Уфа** (347)229-48-12  
**Хабаровск** (4212)92-98-04  
**Челябинск** (351)202-03-61  
**Череповец** (8202)49-02-64  
**Ярославль** (4852)69-52-93

<http://kruss.nt-rt.ru> || [kss@nt-rt.ru](mailto:kss@nt-rt.ru)