

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)24-23-55  
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

<https://tsi.nt-rt.ru> || [tfs@nt-rt.ru](mailto:tfs@nt-rt.ru)

# Терморазбавитель с ротационным диском мод. 379020А



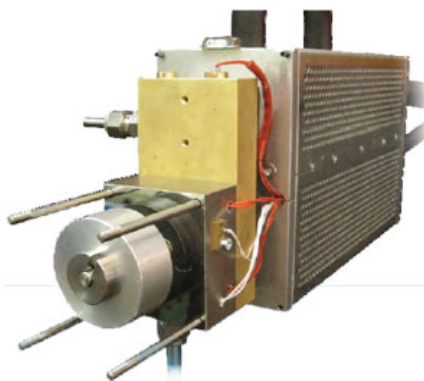
## Назначение

Вращающийся дисковый терморазбавитель компании TSI высоко ценится в области измерений выбросов частиц. Он особенно подходит для отбора проб, разбавления и кондиционирования частиц, выходящих из дизельных двигателей и двигателей с электрозажиганием, а также для изучения выбросов дымовых газов. Модель 379020А отличается тем, что в ней разбавитель имеет отдельно приёмник и узел управления, что способствует эффективному разбавлению пробы непосредственно в источнике её получения (выхлопная труба, смесительный канал, дымовая труба) для того, чтобы выполнить точное измерение.

Дополнительными свойствами вращающегося дискового разбавителя являются следующие:

- регулируемая степень разбавления, не требующая никаких специальных инструментов, ни повторной калибровки;
- разбавление с точностью до двух знаков десятичного разряда;
- встроенный нагреватель с избираемой температурой, чтобы избежать измерения конденсировавшихся летучих материалов;
- вращающийся диск, который легко чистить и обслуживать;
- прочное покрытие диска в целях снижения его износа и увеличения срока службы;
- наличие дисков на замену для дополнительного удобства и сокращения простоев в ходе обслуживания;
- улучшенная конструкция в целях упрощения эксплуатации и увеличения срока службы.

## Принцип действия



Модель 379020А компании TSI использует уникальный метод вращающегося диска для разбавления измеряемой пробы. Каждое устройство поставляется с двумя дисками: один с восемью полостями, а другой с десятью; что способствует выбору степени разбавления в пределах от 15:1 до 3000:1. Как показано на рис. 1, пробы сырых, неразбавленных выбросов отработанных газов отбираются с интенсивностью примерно 1.0 л/мин. Порция неочищенного отработанного газа улавливается каждой полостью вращающегося диска и перевозится в измерительный канал, где она смешивается с разбавляющим воздухом, прошедшим через высокоэффективный воздушный фильтр и свободным от частиц. Степень разбавления является линейной функцией калибровочного коэффициента диска (соответствующего объёму полости и числу полостей на диске), частоты вращения и расхода разбавляющего воздуха:

$$\text{Dilution Ratio (DR)} = \frac{\text{Disk Calibration Factor} \times \text{Disk Rotation Frequency}}{\text{Dilution Air Flow Rate}}$$

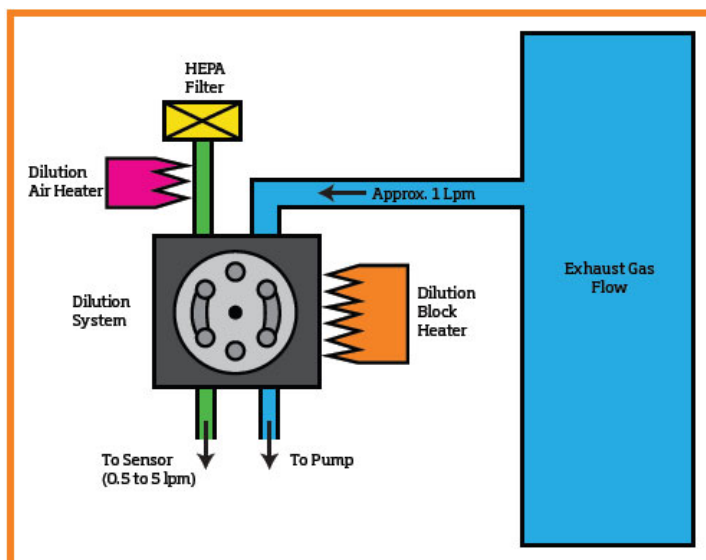
где Dilution Ratio (DR) - степень разбавления, Disk Calibration Factor - калибровочный коэффициент диска, Disk Rotation Frequency - частота вращения диска, Dilution Air Flow Rate - расход разбавляющего воздуха.

Данный метод выполняет разбавление выбросов с высокой точностью и стабильностью в диапазоне до двух знаков десятичного разряда. Разбавитель контролирует и регулирует потоки, он указывает на ненормальные режимы, посылая выходные аварийные сигналы.

Чтобы избежать измерения конденсировавшихся летучих материалов пользователи могут нагревать подпитывающий разбавляющий воздух и блок разбавления. Установки температур контролируются через блок управления. Более низкие температуры позволяют изучать фракции летучих.

Рис.1. Блок-схема приёмника разбавителя

HEPA Filter – высокоэффективный воздушный фильтр,



Dilution Air Heater – нагреватель разбавляющего воздуха,  
 Dilution System – система разбавления,  
 Approx. 1 Lpm – около 1 л/мин,  
 Dilution Block Heater – нагреватель блока разбавления,  
 To Sensor – на датчик (от 0.5 до 5 л/мин),  
 To Pump – на насос,  
 Exhaust Gas Flow – поток отходящего газа.

## Технические решения для измерения выбросов от современных двигателей

### Термокондиционеры

Выбросы горячих газов двигателей машин содержат как твёрдые частицы (например, углеродсодержащую сажу и золу), так и пары летучих веществ (таких как вода, сульфат и углеводороды). Когда для проверки выбросов используется стандартный смесительный канал, летучие вещества могут конденсироваться в нанокапли, которые распознаются как частицы вместе с нелетучими твёрдыми частицами. Для того чтобы измерить только фракцию твёрдых частиц необходимо кондиционировать пробу термически с тем, чтобы удалить летучую фракцию.

Компания TSI предлагает термокондиционер для проверки выбросов отходящих газов.

Модель 379030 использует нагретую испарительную камеру, способную нагреваться до 400°C, чтобы удалить нанокапли, которые могут образоваться в ходе процесса разбавления. Температура в испарительной камере может устанавливаться на более низкие значения в целях изучения влияния летучей фракции. Такой термокондиционер можно использовать в сочетании с вращающимся дисковым разбавителем компании TSI в целях понижения диапазона концентраций в допустимых пределах измерительных приборов и термического кондиционирования пробы. Сочетание вращающегося дискового терморазбавителя (модель 379020A), термокондиционера подаваемого воздуха (модель 379030 или 379020A-30) и счётчиком конденсированных частиц (модель 3790) обеспечивает измерение концентрации распределения частиц, предложенной в проекте директив GRPE/PMP, нормы R83 и R49. Дополнительными свойствами термокондиционера являются следующие:

- подавление образования летучих частиц для проведения измерений фракции твёрдых частиц;
- регулируемая температура нагревателя до 400°C;
- управление работой как в местном режиме, так и дистанционно;
- 19-дюймовый автономный блок можно устанавливать в одном шкафу с вращающимся дисковым терморазбавителем.

### Работа термокондиционера

Рис. 2 показывает, как соединения летучих образуют нанокапли в зависимости от способа отбора проб и метода разбавления, и как их можно убирать или подавлять их образование с помощью соответствующего разбавления и теплового кондиционирования. При измерении выбросов смесительной камеры  $x$  как концентрация, так и температура летучих соединений снижается (канал A-B). При разбавлении летучее соединение проходит свою температуру конденсации и собирается вокруг ядра в нанокаплях (кривая N). Дальнейшее повторное разбавление (канал B-D) снизит концентрацию плотности таких нанокапель, но оно не сумеет выпарить их из-за эффекта гистерезиса между образованием ядра и выпаркой. Единственным вариантом избежать образования нанокапель является отбор проб непосредственно из горячих отходящих газов, используя горячее разбавление (вращающийся дисковый разбавитель движется по каналу A-C). Принимая во внимание достаточный коэффициент разбавления, летучие соединения не будут образовывать ядра в ходе последующего охлаждения (канал C-D), даже если будет достигнуто то же окончательное состояние, что и при отборе проб в обычной смесительной камере с использованием дополнительного разбавителя по каналу A-B-D. Тем не менее, некоторые измерения выбросов требуют применения смесительной камеры, что делает невозможным непосредственный отбор проб и разбавление отходящих газов.

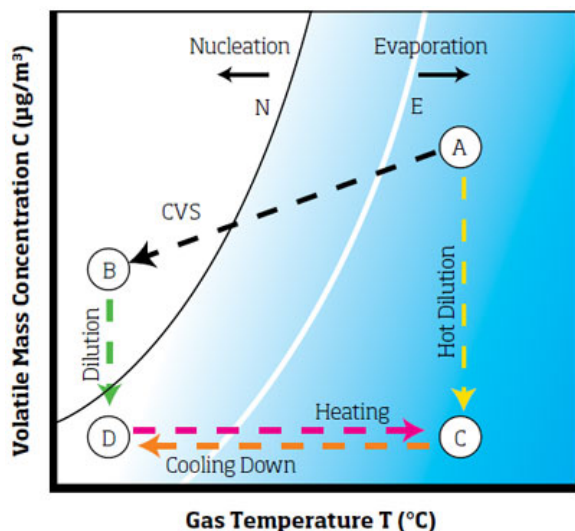


Рис.2. Принцип терморазбавления

Концентрация летучих ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Dilution – разбавление,

Nucleation – образование ядра,

Evaporation – выпарка,

Hot Dilution – горячее разбавление,

Heating – нагрев,

Cooling Down - охлаждение.

Для исключения или подавления образования нанокაпель во время измерения выбросов в смесительной камере пробу следует разбавлять и термически кондиционировать до проведения измерений. С помощью вращающегося дискового терморазбавителя проба сначала разбавляется в канале A-B-D. Затем она нагревается до температуры, превышающей температуру испарения летучего соединения (канал D-C, пересечение кривой E) с помощью термокондиционера.

Что касается горячего разбавления, то летучее соединение остаётся в парообразной фазе до последующего охлаждения (канал C-D), но никогда не пересечёт кривую ядрообразования, чтобы вновь образовать нанокაпли. Таким образом, при измерении выбросов из смесительной камеры нанокაпли можно удалить или подавить их образование, используя комбинацию вращающегося дискового терморазбавителя и термокондиционера, как показано в канале A-B-D-C-D.



Рис.3. Комбинированное устройство 379020A-30

## Область применения

Вращающийся дисковый терморазбавитель модели 379020A и термокондиционер модели 379030 (379020A-30) можно использовать вместе с широким ассортиментом измерителей и счётчиков частиц компании TSI для определения характеристик выбросов частиц. Они обычно применяются для измерения выбросов в следующих случаях:

- изучение выхлопов дизельных и бензиновых двигателей;
- калибровка дизельных и бензиновых двигателей;
- определение характеристик устойчивых и неустоявшихся выбросов из двигателей;
- контроль над количеством капельной фракции и уменьшение количества твёрдых частиц;
- изучение регенерации капельных фракции и их оптимизация;
- определение эффективности ловушек для частиц;
- изучение специфики выбросов различного топлива, смазочных материалов и добавок;
- измерение выбросов частиц у дизельных автомобилей-вездеходов, судов и локомотивов;
- изучение выбросов дымовых газов от различного топлива, например, дерева, нефти, природного газа, пропана и угля;
- определение выбросов частиц после сжигания биомассы, мусора, сельскохозяйственного пала и стационарных тепловых генераторов;
- измерение концентрации плотности частиц в соответствии с предлагаемым в директивах GRPE/PMP, нормы R83 и R491.

## Технические характеристики

Условия на входе пробы	Скорость потока на входе примерно 2.0 л/мин
Перепад давления	от -100 до +100 мбар (без влияния на поток пробы скоростью до 5 л/мин). Может использоваться с избыточным давлением до 300 мбар при сниженном расходе
Разбавитель	Отдельная головка для измерения отходящих газов с вращающимся дисковым разбавителем Да; нагреваемый разбавитель
Установки температуры	Выкл, 80, 120, или 150°C
Номинальные диапазоны разбавления	Диск с 10 полостями: от 15:1 до 300:1 Диск с 8 полостями: от 150:1 до 3000:1
Скорость потока в измерительном канале (в прибор)	от 0.5 до 5.0 л/мин
Установки диапазона разбавления	регулируются 10-оборотным потенциометром на лицевой панели или через аналоговый вход (от 0 до 10 В)
Точность разбавления	±10% в пределах диапазона, указанного на рис. 4 с использованием калибровочных коэффициентов, поставляемых с каждым диском. Терморазбавитель может работать корректно и при более низкой скорости потока в измерительном канале и с меньшей степенью разбавления, но без гарантии соответствия спецификациям.
Допустимые газы	Терморазбавитель выполнен из нержавеющей стали, некорродирующего пластика Erta Peek, латунной арматуры, трубок из ПВХ и/или силикона. По запросу могут предоставляться материалы, устойчивые к коррозии, вызываемой химическими веществами.
Диапазон температур сырых газов	0 - 200°C, неконденсирующаяся газовая среда
Блок управления	Требования к питанию 100 - 240 В переменного тока, 50/60 Гц, 140 Вт максимум Конструкция с 19-дюймовым автономным блоком (ЗНУ/42ТЕ) в лабораторном футляре с ручкой для переноски
Габариты (В × Ш × Диам.)	(148 × 258 × 312) мм

Вес	около 8 кг
Функции входа/выхода	могут контролироваться аналоговыми сигналами (0 - 10 В) через 25-контактный миниатюрный D-разъём («мама») на задней панели
Подключение к прибору	Модель 379020А: патрубки Swagelok для трубок наружного диаметра 6 мм
<b>Приемник разбавителя (поступает вместе с 379020А)</b>	
Трубка для отбора проб	Трубка из нержавеющей стали, подсоединённая к блоку разбавления через патрубок Swagelok (наружный диаметр 8 мм); измерительный зонд может подключаться непосредственно к выхлопной трубе, смесительной камере или к дымовой трубе.
Соединение с блоком управления	пневматическая гибкая вставка, металлическая защитная труба, содержащая три силиконовых и одну проводящую пластиковую трубку (длина 3 м) Электрический многополюсный кабель, заключённый в гибкую металлическую защитную трубу (длина 3 м)
Габариты (В × Ш × Диам.)	(180 × 280 × 90) мм
Вес	около 2.5 кг

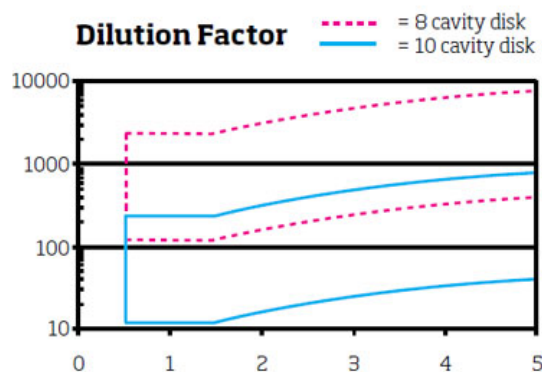
<sup>2</sup>Между каналом сырого газа и условиями окружающей среды

<sup>3</sup>Степень разбавления обеспечивается расходом в пределах от 0.5 до 1.5 л/мин в измерительном канале; относительно номинального диапазона разбавления см. рисунок.

**Рис.4. Диапазон разбавления как функция измерительного канала, расхода и числа полостей на диске**

Dilution Factor – коэффициент разбавления,

8 Cavity Disk – диск с 8 полостями.



## Термокондиционер

### Испарительная камера

Диапазон температур	от температуры окружающей среды до 400°C (избираемая)
Измерение температуры	±2°C
Контроль над температурой	±3°C

### Дополнительный разбавитель

Диапазон разбавления	от 1:1 до 11:1
Поток подаваемого воздуха	0 - 15 л/мин с точностью 3% от установленного значения +0.1 л/мин
Установки диапазона разбавления	регулируются 10-оборотным потенциометром на лицевой панели или через аналоговый вход (0 - 10 В)
Скорость потока в измерительном канале (в прибор)	до 16.5 л/мин; избыточный воздух покидает дополнительный разбавитель через соответствующий канал избыточного воздуха, который включает в себя фильтр и массовый расходомер

Интерфейс программирования

Функции контролируются цифровыми (5 В) и аналоговыми (0-10 В) сигналами через 25-контактный миниатюрный D-разъём («мама») на задней панели

#### Блок управления

Габариты (В × Ш × Диам)

(146 × 485 × 530) мм; блок управления занимает ½ футляра. При заказе 379020А учтите, что его блок управления занимает другую половину

Вес

около 13.5 кг без 379020А; 17.5 кг в комбинации с 379020А

Потребность в питании

100 - 240 В переменного тока, 50/60 Гц, 350 Вт (без 379020); 460 Вт в комплексе с 379020)



Совместимый с:

- сканирующими спектрометрами, определяющими размер частиц с высокой мобильностью (SMPS™);
- спектрометром, определяющими размер частиц в выхлопных газах двигателя (EEPS™);
- счётчиками конденсированных частиц (CPC);
- электрическими детекторами аэрозоль (EAD);
- мониторами площадей поверхности наночастиц (NSAM).

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