

## Symmetron

МОСКВА  
Ленинградское шоссе, д. 69, к. 1  
Тел.: +7 495 961-20-20  
moscow@symmetron.ru

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ  
ул. Таллинская, д. 7  
Тел.: +7 812 449-40-00  
spb@symmetron.ru

НОВОСИБИРСК  
ул. Блюхера, д. 716  
Тел.: +7 383 361-34-24  
sibir@symmetron.ru

МИНСК  
ул. В. Хоружей, д. 1а, оф. 403  
Тел.: +375 17 336-06-06  
minsk@symmetron.ru

[www.symmetron.ru](http://www.symmetron.ru)





## Современные датчики для измерения показателей среды в помещениях

### Symmetron

Датчики Sensirion позволяют организовать эффективный мониторинг показателей среды в помещениях: определять температуру и влажность, концентрацию различных газов и твердых взвешенных частиц. В статье представлены датчики температуры и влажности серий STS3x и SH4x, датчики летучих органических соединений SGP, датчик твердых взвешенных частиц SPS30. Объяснены их принципы действия, перечислены преимущества.

ГК «Симметрон», г. Москва

Средства измерения для количественной оценки состояния окружающей человека среды несколько отличаются от приборов для мониторинга условий протекания технологических процессов как по точности и возможности сопоставления результатов, так и по составу контролируемых параметров. Внешние условия оказывают большое влияние на здоровье, комфорт и производительность труда людей. Именно этим объясняется успешное развитие швейцарской компании Sensirion («Сенсирион»), предлагающей специальные датчики для контроля и мониторинга состояния окружающей среды по нескольким параметрам. Кроме датчиков для оценки состояния окружающей среды компания Sensirion также разрабаты-

вает и производит микротермальные датчики измерения потока газов, жидкостей и разности давлений для промышленных, автомобильных и медицинских применений.

Для точного и надежного контроля ключевых параметров состояния окружающей среды в жилых и производственных помещениях компания Sensirion предлагает датчики измерения влажности, температуры, концентрации летучих органических соединений (ЛОВ, или VOC от volatile organic compounds – англ.), концентрации твердых частиц в воздухе размером от 1 до 10 мкм и углекислого газа (CO<sub>2</sub>). Комплект этих показателей открывает новые возможности для создания интеллектуальных устройств контроля, позволяющих повысить уровень ком-

форта и сформировать действительно здоровую среду обитания человека, причем с возможностью увеличения энергетической эффективности и автономности измерителей. Заметим, что компания Sensirion реализует весь цикл от исходной идеи до производства продукции, базируясь исключительно на собственных запатентованных разработках.

#### Температура и влажность

Согласно ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях», 80 % людей, находящихся в помещении, воспринимают как оптимальную, абсолютно комфортную для себя, температуру воздуха 20...22 °С. Допустимый диапазон чуть шире: от 18 до 24 °С. Оп-



Рис. 1. Оптимальная температура и влажность в помещении

Оптимальная относительная влажность находится в пределах 40–60% (рис. 1). При пониженной влажности может начаться кашель из-за пересыхания слизистых оболочек, при слишком высокой могут возникнуть ревматические синдромы, слабость, сердцебиение, потливость и т. д. Таким образом, для создания комфорта и нормального самочувствия, а значит, и для улучшения трудоспособности, и для сохранения здоровья людей, необходимо поддерживать температуру и влажность в указанных пределах. Выполнить эту задачу хорошо и гарантированно правильно можно только с помощью точных и достоверных измерений температуры и влажности.

Для этой цели служат цифровые датчики температуры и влажности Sensirion с лучшими в своем классе точностью измерений и надежностью, а также долгосрочной стабильностью измерений (отсутствие девиаций показаний, которые проявляются у датчиков дешевого сегмента). Высоких характеристик удалось достичь благодаря богатому 15-летнему производственному опыту компании и собственной технологии CMOSens®. Датчики выполнены в виде микросхем для поверхностного монтажа на печатную плату, причем модели SHT предназначены для измерения температуры и влажности, а модели STS — только для измерения температуры.

Патентованная технология CMOSens® компании Sensirion предполагает емкостный принцип измерения влажности. Измерительным элементом датчика является конденсатор, в котором диэлектриком служит открытый для внешней среды полимер, накапливающий или отдающий молекулы воды пропорционально относительной влажности. Поэтому емкость в этом слое меняется согласно влажности, позволяя точно измерить



Рис. 2. Датчики температуры и влажности Sensirion: а – STS3х; б – SH4х

относительную влажность по емкости в нескольких точках — на миниатюрных электродах. По сути, производится измерение емкости нескольких «конденсаторов», что позволяет существенно повысить достоверность полученного результата.

Интересной особенностью датчиков CMOSens® является возможность их работы в среде с конденсацией и даже при погружении в жидкость, то есть их верхняя граница влажности составляет 100%. Для измерения температуры используется встроенный кремниевый датчик на основе биполярного переходного транзистора. Оба датчика расположены очень близко друг к другу, поэтому обеспечено самое точное измерение точки росы, без градиента из-за измерения в двух точках. Более того, CMOSens-датчики Sensirion отличаются уникальной схемой совмещения двух датчиков

в едином усилительном блоке, наличием аналогово-цифрового преобразователя, памятью для хранения данных калибровки, а также цифровым шинным интерфейсом соединения. Отдельно подчеркнем, что преобразование в цифровую форму проводится практически в точке измерения, поэтому нет цепей передачи аналоговых сигналов и связанных с этим искажений. Кроме того, датчики этого типа обладают низким временем отклика, высокой точностью (от  $\pm 1,5$  до  $\pm 5\%$  в зависимости от модели) и крайне низким энергопотреблением (меньше 3 мкА в дежурном режиме). Цифровой двухпроводной интерфейс I2C позволяет подключить CMOSens-датчик Sensirion к любому микропроцессору. Кстати, наличие датчика температуры позволяет легко компенсировать температурный дрейф датчика влажности. В семействе SHT3х есть версии с по-

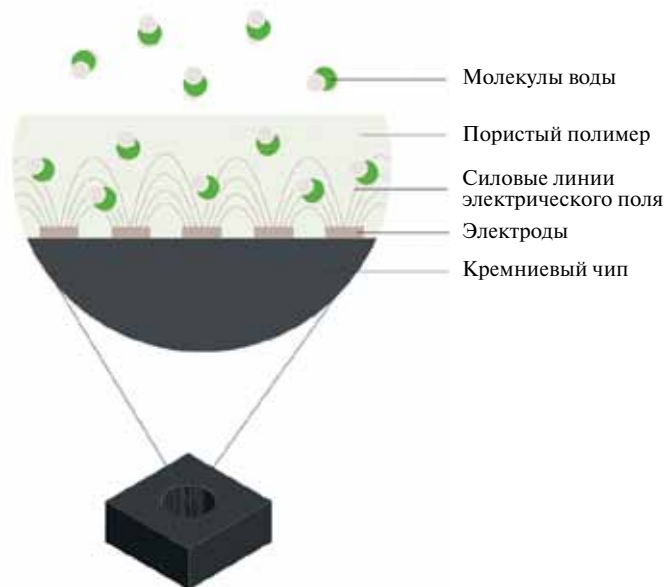


Рис. 3. Датчик с технологией CMOSens®: принцип действия

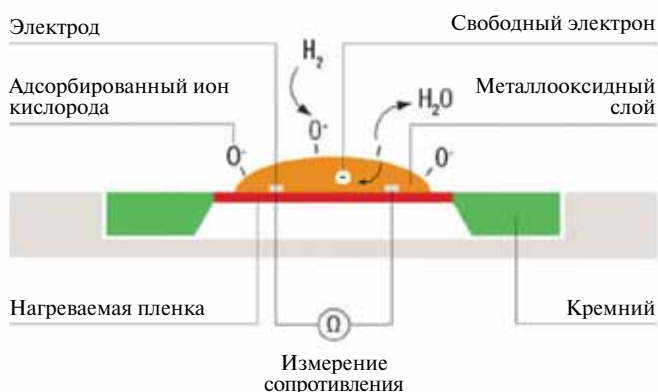


Рис. 4. Датчик семейства SGP: слева – внешний вид, справа – принцип действия

лиамидной мембраной для защиты от загрязнения в процессе всего периода эксплуатации, а также версии с удаляемой защитной пленкой, кратковременно используемой при изготовлении конечных устройств.

#### Летучие органические соединения

Загрязнение воздуха летучими органическими соединениями – одна из самых острых проблем общества победившей индустриализации. Так, даже в жилых домах воздух может быть загрязнен из-за современных моющих средств, мебели, строительных материалов и т. д. А уж в производственных помещениях риск для здоровья гораздо выше. Летучие органические соединения, выделяющиеся во время технологических процессов, образуют с воздухом газо- и паровоздушные смеси, а твердые частицы – аэрозоли. Повышенная концентрация таких веществ может вызвать и мгновенное острое состояние (раздражение глаз, головную боль, головокружение, кашель и т. д.), и иметь отложенный эффект, то есть сказаться на здоровье много лет спустя, вызывать профессиональные заболевания или даже отразиться на здоровье последующих поколений.

К сожалению, избавиться от вредных веществ полностью невозможно. Но можно и совершенно необходимо контролировать их количество. К настоящему времени выпущено (и продолжает выпускаться) огромное число различных нормативных документов, устанавливающих предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в воздухе. Например, гигиенические нормативы ГН 2.1.6.695-98 выделяют свыше 600 веществ, способных причинить вред здоровью человека, и указывают их предельно допусти-

мую концентрацию в воздухе. Газовые датчики компании Sensirion помогут выявить такие загрязнения воздуха.

Многopиксельные газовые датчики семейства SGP (рис. 4) выпускаются в виде микросхем в корпусе DFN (от англ. Dual Flat No Leads – «два ряда планарных контактов без выступающих ножек») с цифровым интерфейсом I2C. Работа датчиков основана на запатентованной компанией Sensirion технологии MOXSens®, придающей изделиям весьма высокую стойкость к силиконовым загрязнениям (кремнийорганические соединения и их производные, присутствующие в современных товарах – косметике, бытовой химии, отделочных материалах и т. д.). Этим объясняется длительный срок службы и точность датчиков SGP. Один пиксель такого датчика составляет металлооксидный измерительный элемент, нанесенный на нагреваемую «горячую» пленку. При нагревании адсорбированный в измерительном элементе ион кислорода взаимодействует с контролируемым газом (по большей части с водородом с образованием молекулы воды), причем освобождаются электроны. Электрическая проводимость металлооксидного слоя меняется, поэтому его сопротивление напрямую зависит от химического состава контролируемой газовой среды.

В датчике SGP используются четыре идентичных измерительных элемента (пикселя), нагреваемая пленка с контролем температуры, предварительная обработка результата измерений и встроенная калибровка, что позволяет получить готовый сигнал качества воздуха в помещении по загрязнению газообразными органическими веществами и водородом. Датчики

семейства SGP находят применение в очистителях воздуха, кухонных вытяжках, автоматических системах вентиляции, термостатах, системах мониторинга качества воздуха и т. д.

Кстати, в группу датчиков VOC компания Sensirion поместила комбинированный модуль (плату) SVM40, совмещающую датчик температуры/влажности SHTC1 и мультигазовый датчик SGP40. Навесная плата (модуль) SVM40 выдает общий сигнал концентрации VOC (tVOC) и эквивалентный сигнал концентрации CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub> eq). Диапазон измерения относительной влажности – от 0 до 100 % с типовой точностью ±5 %, при диапазоне измерения температуры –20...85 °C – с точностью ±1 °C.

#### Твердые взвешенные частицы

Упомянутые выше гигиенические правила ГН 2.1.6.695-98 в качестве одного из пунктов указывают взвешенные вещества – недифференцированную по составу пыль (аэрозоль), содержащуюся в воздухе. Мгновенный показатель ПДК взвешенных веществ не должен превышать 0,5 мг/м<sup>3</sup>, среднесуточный – 0,15 мг/м<sup>3</sup>.

Частицы твердого вещества, или PM (от англ. particulate matter – «взвешенные частицы»), диаметром в среднем 2,5 мкм (PM2.5) считаются одним из самых опасных загрязнений воздуха. Из-за своего малого размера они легко проникают в легкие, а потом и в кровеносную систему, вызывая различные заболевания, в том числе приступы астмы и сердечно-сосудистые заболевания. Датчик твердых частиц SPS30 (рис. 5) компании Sensirion способен обнаруживать в атмосфере частицы размером от 1 до 10 мкм, что является новым стандартом в обла-

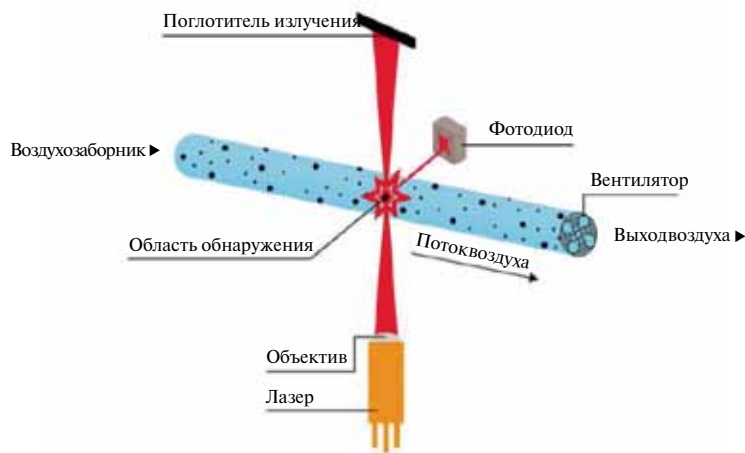
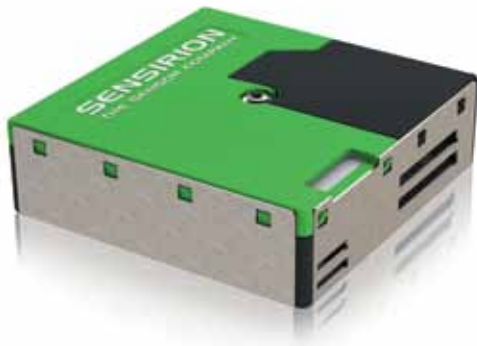


Рис. 5. Датчик SPS30: слева – внешний вид; справа – принцип действия

ти мониторинга загрязнения воздуха. Измерения датчиком SPS30 основаны на принципе лазерного рассеивания, который благодаря защите от загрязнений гарантирует высокую точность измерений на протяжении десяти лет.

Фокусированный лазерный луч направляется через поток загрязненного воздуха и в области фокусировки рассеивается на твердых частицах. Отраженное (рассеиваемое в перпендикулярном направлении) излучение регистрируется фотодиодом, сигнал которого позволяет количественно оценить загрязнение воздуха. Датчик SPS30 обеспечивает обнаружение частиц: по массе – для диаметров PM1.0, PM2.5, PM4 и PM10, по количеству – для диаметров PM0.5, PM1.0, PM2.5, PM4 и PM10. Нижняя граница обнаружения – частицы диаметром 0,3 мкм. Общий диапазон измерений – от 1 до 1000 мкг/м<sup>3</sup>, при этом точность составляет ±10 мкг/м<sup>3</sup> в диапазоне от 0 до 100 мкг/м<sup>3</sup> и ±10% в диапазоне от 100 до 1000 мкг/м<sup>3</sup>. Минимальный интервал измерений – 1 с (непрерывный режим).

Датчик SPS30 стал первым массовым серийным средством измерения взвешенных частиц в воздухе, сертифици-

рованным британским агентством по защите окружающей среды MCERTS, а также по европейскому стандарту измерения качества воздуха DIN EN 15267.

#### Углекислый газ в малых и больших концентрациях

Современные здания и сооружения обеспечивают хорошую изолированность внутренних помещений от окружающей среды, но это вызывает быстрое снижение качества воздуха в закрытых помещениях из-за накопления углекислого газа – продукта дыхания людей. Для комфортной и здоровой среды необходима хорошая вентиляция, которая может стать эффективной только при точном и достоверном измерении концентрации CO<sub>2</sub> в воздухе. Измерения малых концентраций углекислого газа и больших концентраций, опасных для жизни человека, несколько различаются (рис. 6).

Для точного измерения малой концентрации CO<sub>2</sub> в воздухе (до 1%) рекомендованы датчики SCD30 и SCD40. Для быстрой и надежной регистрации высоких уровней концентрации CO<sub>2</sub> служит датчик STC31.

Измерительный модуль SCD30 (рис. 7а) компании Sensirion для регистрации малых концентраций CO<sub>2</sub> в воздухе использует NDIR-технологии спектроскопического инфракрасного обнаружения с автоматической компенсацией отклонения (патентованная технология PASens®). NDIR-технология основана на эффекте поглощения волн определенной длины в инфракрасном спектре. Такой датчик оснащен инфракрасным источником излучения, измерительной камерой, оптическим фильтром, пропускающим только волны определенной длины, и детектором. Попадая в измерительную камеру датчика, газ является электрооптическим путем. NDIR-датчики наиболее часто применяются для обнаружения CO<sub>2</sub>, поскольку они показывают наибольшую надежность и точность при работе именно с углекислым газом. Тем не менее разработчики компании Sensirion, чтобы еще больше снизить погрешность прибора, встроили в измерительный модуль SCD30 датчик температуры/влажности SHT31 для компенсации отклонения результатов измерения.

Для измерения смертельно опасных для человека концентраций CO<sub>2</sub>

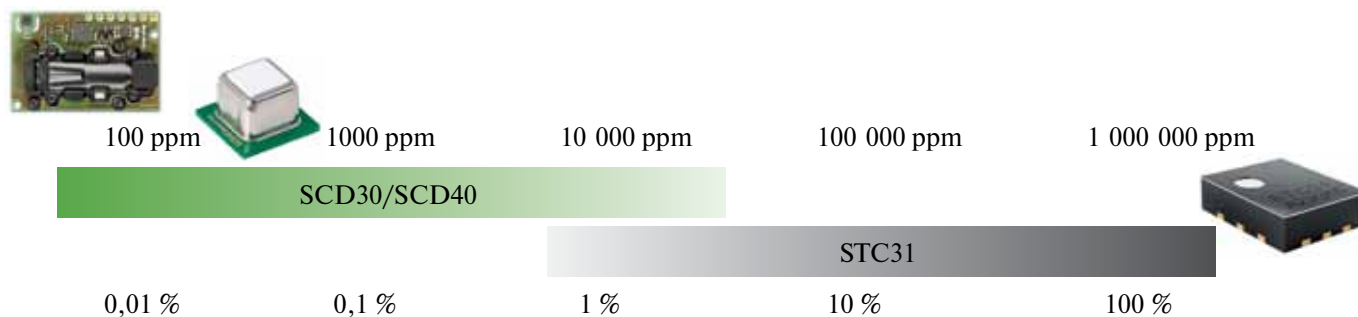


Рис. 6. Сравнение STC31 с датчиками Sensirion SCD30 и SCD40 по ширине рабочего диапазона измерения CO<sub>2</sub>

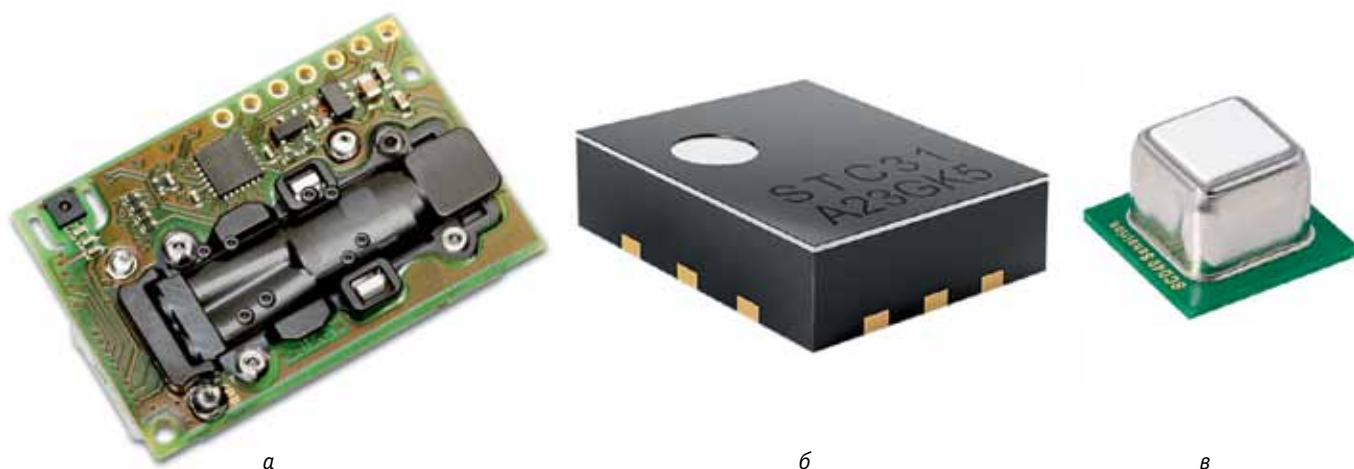


Рис. 7. Измерительный модуль SCD30 (а); чиповый датчик STC31 (б); миниатюрный датчик SCD40 (в)

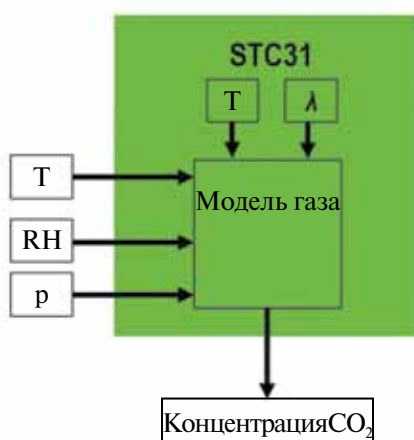


Рис. 8. Датчик STC31: принцип действия

в воздухе предлагается датчик STC31 в виде микросхемы (рис. 7б), построенный с применением патентованной технологии CMOSens®. Сигнал выдается датчиком на основе измерения теплопроводности воздуха, с использованием фирменной бинарной модели газа, что обеспечивает превосходную повторяемость и долговременную стабильность. В вычислениях концентрации CO<sub>2</sub> на основе теплопроводности в качестве референсных значений используются величины температуры, влажности и давления воздуха (рис. 8).

Наблюдающаяся тенденция к уменьшению размеров оборудова-

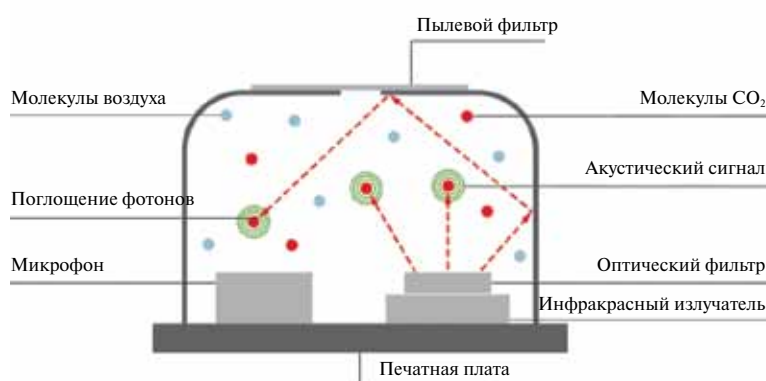


Рис. 9. Датчик Sensirion SCD40: принцип действия

ния поддерживается и разработчиками Sensirion. Компания анонсировала скорый запуск в серийное производство миниатюрного датчика SCD40 для измерения CO<sub>2</sub> и RH/T размером чуть больше одного кубического сантиметра (рис. 7в). Напряжение питания датчика – от 2,4 В до 5,5 В, при этом у него полностью откалиброванный цифровой интерфейс I2C и точность ±(30 ppm + 3% MV). Датчик SCD40 в пять раз меньше, чем модель SCD30, его габаритные размеры составляют всего 10,1 × 10,1 × 6,5 мм. В основу датчика положен фотоакустический эффект, а его оптический резонатор значительно уменьшен в размерах без ущерба для производительности при-

борными сенсорами влажности и температуры, для которых предназначены два дополнительных выхода датчика. Миниатюрный датчик CO<sub>2</sub> Sensirion SCD40 идеально подходит для применения в таких областях, как IoT, автомобилестроение, системы вентиляции и кондиционирования, бытовая техника и потребительские товары.

На территории России продукцию компании Sensirion представляет группа компаний «Симметрон», официальный дистрибьютор швейцарского производителя.

ГК «Симметрон», г. Москва,  
тел.: +7 (495) 961-2020,  
e-mail: [sensirion@symmetron.ru](mailto:sensirion@symmetron.ru),  
сайт: [www.symmetron.ru](http://www.symmetron.ru)



[vk.com/journal\\_isup](http://vk.com/journal_isup)  
ВКонтакте



[facebook.com/isup.ru](https://facebook.com/isup.ru)  
Фейсбук



[zen.yandex.ru/isup](https://zen.yandex.ru/isup)  
Яндекс.Дзен

Все статьи в свободном доступе