

Устройство контроля инфузата в инфузионной магистрали

Сергей Шишкин (schischckin.sergei2014@yandex.ru)

В статье представлен демонстрационный образец устройства контроля инфузата в инфузионной магистрали на базе ультразвукового датчика жидких сред с описанием его конструкции, схемотехники и алгоритма работы.

Рассмотрим в общих чертах принцип действия медицинского оборудования, известного как капельница. Лекарственное средство (инфузат) из флакона (или из пакета) поступает в организм пациента через инфузионную магистраль. Внешне для обывателя инфузионная магистраль – это пластиковая трубка с резервуаром (ловушкой воздуха) для жидкости посередине и двумя иглами на концах. Ловушка воздуха с иглой может быть расположена на одном конце магистрали, а игла для ввода в вену – на другом. Перед инъекцией убеждаются в отсутствии пузырьков воздуха в инфузате, имеющиеся пузырьки удаляют из раствора. Через трубку врач или медсестра видит, с какой скоростью движется лекарство. Скорость падения капель меняют с помощью устройства, которое сдавливает снаружи верхнюю часть трубки. При внутривенном вливании особенно важно не допустить попадания пузырьков воздуха в организм. Флакон устанавливают на штанге на высоте, которая обеспечивает устойчивую работу капельницы. В процессе подготовки последней в нижней части ловушки воздуха обязательно создают определённый уровень жидкости, чтобы в нижнюю часть трубки, а по ней и в вену, не попал воздух. Понятно, что при случайном попадании воздуха во флакон с лекарственным средством уровень жидкости в ловушке воздуха инфузионной магистрали будет падать. В настоящее время на российском рынке представлен широкий спектр как отечественных, так и зарубежных одноразовых инфузионных магистралей. Ловушки воздуха в них могут отличаться друг от друга формой, длиной, внешним диаметром, толщиной стенок.

Представленное устройство позволяет контролировать уровень жидкости в ловушке воздуха и состоит из двух

частей: ультразвукового датчика жидких сред и блока питания. Датчик устанавливается на ту же штангу, что и флакон с лекарственным средством.

Сформируем основные технические требования к датчику как к функционально законченному узлу:

- возможность работы с инфузионными магистралями, внешний диаметр ловушки воздуха которых составляет 15...20 мм, а длина ловушки не менее 40 мм;
- контроль уровня жидкости (заданный уровень должен быть отмечен риской на корпусе датчика), контроль оптически непрозрачного раствора;
- изменение (инвертирование) выходного сигнала датчиком при снижении уровня жидкости более чем на 10 мм относительно заданного;
- отсутствие каких-либо регулировок, настроек при проверке и в период эксплуатации;
- высокая достоверность и надёжность работы;
- небольшое энергопотребление и минимум питающих напряжений;
- соответствие всем требованиям ГОСТ Р 50267.0 по электробезопасности и класс защиты I типа BF;
- защита от попадания воды сверху;
- время непрерывной работы не менее 12 ч;
- уровень ТТЛ: лог. 1 – жидкость, лог. 0 – воздух;
- дублирование работы датчика световой и звуковой сигнализацией: жидкость – индикатор включён, звуковая сигнализация выключена; воздух – индикатор выключён, звуковая сигнализация включена;
- поступление напряжения питания на плату управления через соединитель (вилка с фиксатором или защёлкой).

В основу работы датчика положен ультразвуковой метод контроля. В [1] дано достаточно полное обоснова-

ние этого метода. Принцип работы подобных сигнализаторов основывается на фиксации изменения энергии ультразвуковой волны, проходящей через жидкость или газ, вследствие резких различий значений акустических сопротивлений этих сред. Для измерения уровня жидкости в большинстве случаев используется принцип прохождения ультразвуковых колебаний между излучателем и приёмником акустического датчика. В качестве преобразователя электрических колебаний высокой частоты (порядка 1 МГц) в ультразвуковые, распространяющиеся в контролируемой среде между излучателем и приёмником, обычно используется пьезокерамика цирконата-титаната свинца в виде круглых пластин диаметром 6...30 мм, толщиной 1...2 мм с резонансной частотой 0,5...2 МГц. Возбуждение и приём колебаний производятся в непрерывном или импульсном режиме.

Конструктивно излучатель и приёмник абсолютно одинаковы.

Принципиальная схема устройства контроля жидкости приведена на рисунке 1.

В ультразвуковом датчике используется временная селекция сигналов по жидкости от возможных сигналов помехи по газу через рабочий зазор датчика и металлу корпуса датчика. Это разделение возможно из-за различных скоростей распространения звука в этих средах: в жидкости – 1500 м/с, в газе – 340 м/с, т.е. в 5 раз меньше; в металлах – 6000 м/с; т.е. в 4 раза больше. База прозвучивания – расстояние между излучателем и приёмником детектора – устанавливается равной 18 мм. Время распространения между излучателем и приёмником определяется базой детектора и средой, в которой сигнал распространяется. Скорость распространения звука в жидкости составляет $c=1500$ м/с. Если взять базу $b=20$ мм, то для воды время распространения колебаний между излучателем и приёмником в детекторе будет равно $t_b=b/c=0,02/1500=13$ мкс. Поскольку сигнал помехи по газу достигает приёмного преобразователя в 5 раз дольше, то его легко мож-

но разделить во времени с сигналом по жидкости.

В блок питания А1 входят следующие элементы: сетевой шнур (сетевая вилка X1 – принадлежность сетевого шнура); предохранители FU1, FU2; сетевая лампочка H1; модуль питания U1; конденсатор C1; пьезоизлучатель звука BA1. Модуль питания ингалятора U1 AC/DC типа NFS40-7908J “MEDICAL”. Данный модуль питания отвечает всем необходимым требованиям по электробезопасности (МЭК601-1) для изделий медицинской техники.

Конструктивно датчик А2 состоит из платы усилителя АВ1 и пьезоэлементов ВQ2, ВQ3. В таблице приведены основные технические характеристики датчика.

Осциллограммы, поясняющие работу устройства, представлены на рисунке 2.

Алгоритм работы устройства следующий. Микроконтроллер D1 с вывода 8 подаёт импульс лог. 1 длительностью 1 мкс (см. рис. 2.1) на вход усилителя, собранного на элементе D2.1. Импульс через конденсатор C7 и резистор R8 поступает на базу транзистора D2.1. Нагрузкой D2.1 служит пьезоэлемент ВQ2. Усиленный импульс возбуждает ВQ2 (см. рис. 2.2). Сигнал через время t_2 (отсчёт времени идёт по фронту запускающего импульса) поступает на пьезоэлемент ВQ3 (приёмник датчика) (см. рис. 2.3) и возбуждает его. Время t_2 (время распространения между излучателем и приёмником), как было вычислено ранее, составляет порядка 13 мкс. Экспери-

Технические характеристики ультразвукового датчика жидких сред

Параметр	Значение
Напряжение питания, В	+5, ±12
Допустимые отклонения питающего напряжения, %	±5
Габаритные размеры, мм, не более	110×94×55
Масса, г, не более	300
Выходной сигнал уровня ТТЛ: жидкость воздух	лог. 1 лог. 0
Нагрузочная способность выхода микроконтроллера AT89C4051, мА	до 20
Потребляемая мощность, В·А, не более	0,3
Допустимое отклонение жидкости от заданного уровня, мм, не более	10
Диапазон рабочих температур, °С	-10...+50
Частота запускающих импульсов, кГц	5
Время непрерывной работы детектора, ч, не менее	12
Внешний диаметр устанавливаемых ловушек воздуха, мм	15...20

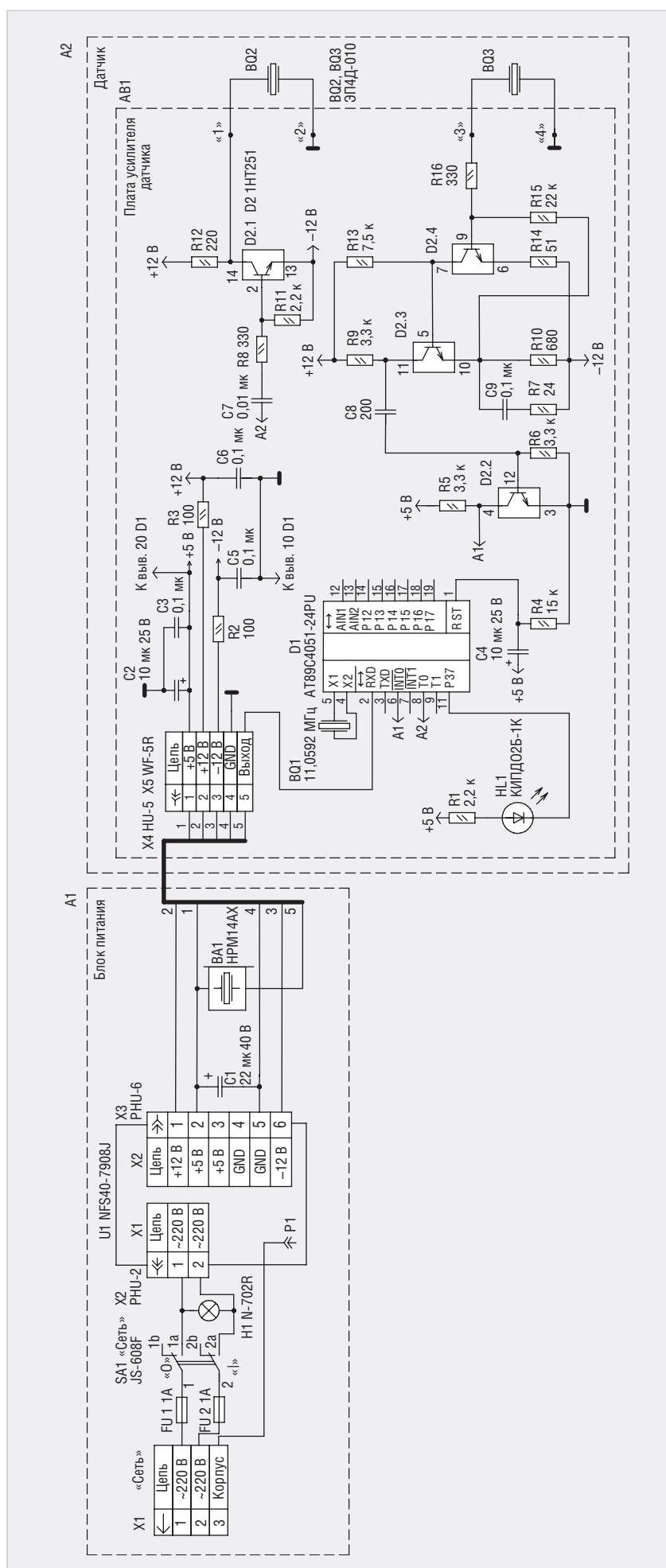


Рис. 1. Принципиальная схема устройства контроля жидкости

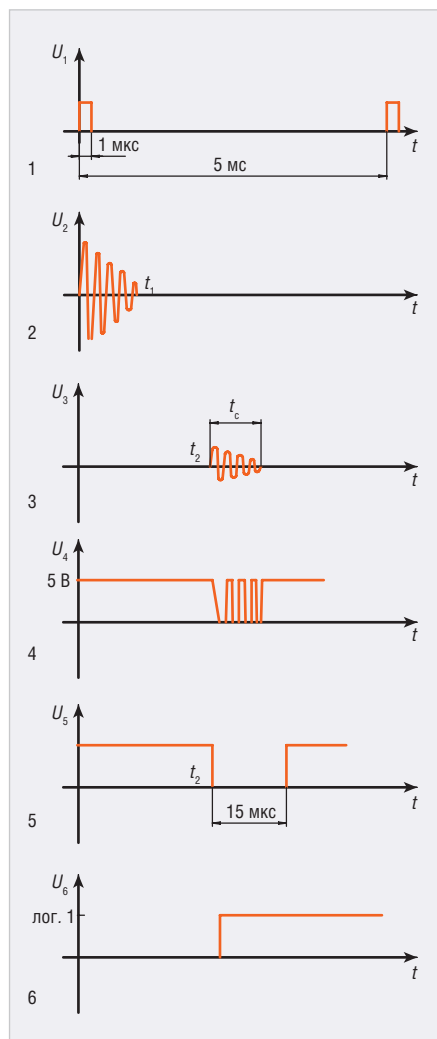


Рис. 2. Осциллограммы, поясняющие работу устройства

ментально установлено, что, например, при комнатной температуре для воды $t_2 \approx 15 \dots 17$ мкс. С пьезоэлемента ВQ3 сигнал поступает на вход двухтактного усилителя, собранного на D2.3 и D2.4. Положительные полуволны сигнала, усиленные двухтактным усилителем, через фильтр C8, R6 поступают на базу элемента D2.2 и с коллектора D2.2 на вывод 6 микроконтроллера D1 (см. рис. 2.4). В микроконтроллере временной селектор организован следующим образом. В момент времени t_2 микроконтроллер начинает анализировать состояние вывода 6 и при наличии уровня лог. 0 устанавливает на выводе 2 сигнал уровня лог. 1. Время $t_2 = 20$ мкс задаётся программно. Отсчёт времени (начало каждого цикла) идёт по фронту запускающего импульса с вывода 8 микроконтроллера D1. С момента времени t_2 микроконтроллер анализирует состояние вывода 6 (ждёт лог. 0) только в течение 15 мкс, т.е. можно сказать, открывает временные «ворота».

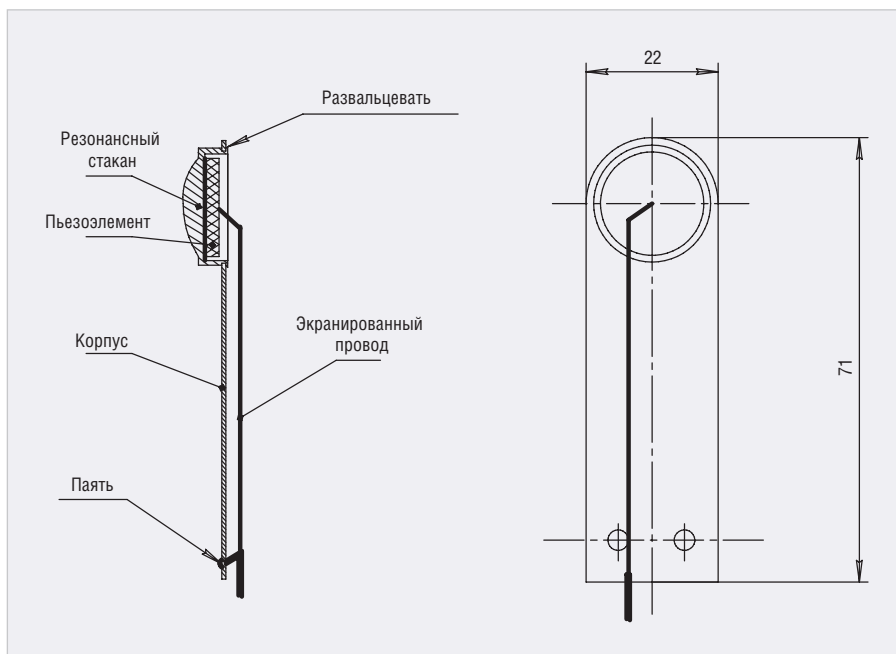


Рис. 3. Внешний вид излучателя (приёмника)

Задержка, равная 20 мкс (см. рис. 2.5), подобрана экспериментально, учитывая среды, с которыми будет работать датчик (раствор глюкозы, физиологический раствор и т.д.). Длительность «ворот» определяется длительностью принимаемого сигнала, приходящего с излучателя через рабочую среду на приёмник. Длительность принимаемого сигнала t_c (см. рис. 2.3) может составлять от 10 до 60 мкс и определяется рядом факторов: пьезоэлементами ВQ2 и ВQ3, качеством их склейки в стаканах приёмника и излучателя, центровкой, коэффициентом усиления транзисторов в транзисторной матрице, акустическим контактом стакана с корпусом ловушки воздуха и т.д. В момент времени t_2 , перед тем как открыть «ворота», микроконтроллер устанавливает вывод 2 в лог. 0.

Таким образом, временные «ворота» настроены только на полезный сигнал по жидкости: если между излучателем и приёмником (в рабочем зазоре) есть жидкость, то в интервале времени $t_2 \dots t_3$ на входе запроса прерывания INT0 (вывод 6 микроконтроллера) будет присутствовать уровень лог. 0; тогда на выводе 2 микроконтроллера будет лог. 1 (см. рис. 2.6), индикатор HL1 датчика будет включён, а пьезоизлучатель звука ВА1 – выключен. Если жидкости нет (воздух), то на выводе 2 микроконтроллера будет лог. 0, индикатор HL1 детектора будет выключен, а пьезоизлучатель звука ВА1 – включён. Время каждого цикла $T_{ц}$ составляет порядка

35 мкс. Период следования запускающих импульсов (время между циклами) – 5 мс. Сигнал по металлу не попадает во временные «ворота». Временной селектор реализован программно. Данная схема управления с описанным алгоритмом работает очень устойчиво и достоверно. Элементы С4 и R4 при подаче напряжения питания +5 В осуществляют системный аппаратный сброс микроконтроллера (сброс происходит при подаче лог. 1 на вход 1 (RST) микроконтроллера). Питающие напряжения поступают на плату усилителя через соединитель X5. Потребление тока по каждому каналу составляет:

- для +5 В не более 20 мА;
- для +12 В не более 10 мА;
- для –12 В не более 10 мА.

С контакта 2 соединителя X1 напряжение +12 В поступает на фильтр из элементов R3, С6. С контакта 3 напряжение –12 В поступает на фильтр из элементов R2, С5. Схема разведена на двусторонней печатной плате размерами 40×70 мм.

В устройстве использованы резисторы типа С2-33Н, подойдут любые другие с погрешностью $\pm 5\%$. Конденсаторы C1, C2, C4 – К50-35 УСЛ; C3, C5...C7, C9 – К10-176-Н90; C8 – К10-17а-М47. Кварцевый резонатор ВQ1 11,0592 Мгц, тип корпуса НС-49S. Индикатор HL1 КИПД02Б-1К красного цвета. Микроконтроллер типа АТ89С4051-24PU.

Пьезоэлемент ВQ2 является составной частью излучателя датчика. Как уже говорилось ранее, конструктивно излу-

чателю и приёмнику абсолютно одинаковы. Внешний вид излучателя (приёмника) показан на рисунке 3.

В принципиальной схеме (см. рис. 1) передатчик (пьезоэлемент ВQ2) и приёмник (пьезоэлемент ВQ3) взаимозаменяемы. В приёмнике пьезоэлемент (см. рис. 3) приклеивается к резонансным стаканам клеем. Тип пьезоэлемента – ЭПЧД-010. Пьезоэлемент с обеих сторон имеет металлизированное напыление. При склейке необходимо выдержать особый технологический режим, т.к. от этого зависит получение идентичных акустических параметров как приёмника, так и излучателя. В [1] приведены конструкции сигнализаторов, в которых крепление пьезопластин (пьезоэлементов) осуществляется с помощью цилиндрических и тарельчатых пружин: пружины поджимаются гайкой либо стопорным кольцом. Независимо от способа крепления, необходимо обеспечить хороший акустический контакт между пьезоэлементом и внутренней поверхностью доньшка стакана (см. рис. 3). В передатчике центральная жила экранированно-

го провода (см. рис. 3) припаивается к пьезоэлементу и к клемме 1 на плате усилителя (см. рис. 1), а наружная оплётка провода (экран) – к корпусу и к клемме 2 на плате усилителя. Соответственно, в приёмнике центральная жила экранированного провода (см. рис. 3) припаивается к пьезоэлементу и к клемме 3 на плате усилителя (см. рис. 1), а наружная оплётка провода (экран) – к корпусу и к клемме 4 на плате усилителя. Тип провода – МГТФэ-1×0,12. При пайке центральной жилы экранированного провода к пьезоэлементу необходимо выдержать особый температурный режим, чтобы металлизированное напыление не отделилось от корпуса пьезоэлемента. После выдержки место пайки заливается клеем.

Ловушка воздуха инфузионной магистрали вставляется в держатель ловушки воздуха датчика. Внешний вид датчика с ловушкой воздуха инфузионной магистрали фирмы KDM внешним диаметром $d=15$ мм представлен на рисунке 4.

Описанный вариант устройства контроля является недорогим, достаточно прост в эксплуатации, надёжен, обла-



Рис. 4. Внешний вид датчика с ловушкой воздуха инфузионной магистрали фирмы KDM

дает небольшим энергопотреблением и отвечает всем требованиям, предъявляемым к медицинской технике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабилов О.И. Ультразвуковые приборы контроля. – Л.: Машиностроение, 1985. – 117 с.



Komponenta[®]

АО «Компонента» - официальный дистрибьютор Weipu в России



ВОДОНЕПРОНИЦАЕМЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ЗАЩИЩЕННЫЕ РАЗЪЕМЫ WEIPU

СЕРИЯ SF



Тип соединения: push-pull
 Материал оболочки: Хромированная латунь
 Материал внутри: PPS
 Материал контактов: Позолоченная латунь
 Степень защиты: IP67
 Температурный диапазон: -40 °C +85 °C
 Количество контактов: от 2 до 12
 Изоляционное сопротивление: 2000 MΩ
 Цена: от \$7 за комплект

АО «Компонента»
 +7 (495) 150-2-150

www.komponenta.ru
 info@komponenta.ru

На правах рекламы.

НОВОСТИ МИРА

АФК «СИСТЕМА» И «РОСТЕХ» ОБЪЯВИЛИ О СЛИЯНИИ АКТИВОВ В МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ

«Ростех» и АФК «Система» договорились о создании совместного предприятия в области микроэлектроники. АФК доплатит «Ростеху» 1,35 млрд руб., получит контрольный пакет в совместной компании и назначит своего главу.

Стороны внесут в объединённую компанию совокупно контрольные доли в 19 предприятиях в области разработки, производства и дизайн-центров микроэлектроники. Сделка должна завершиться до конца первого квартала 2019 года. Однако её закрытие будет зависеть от выполнения ряда отлагательных условий, в том числе согласования регулируемыми органами.

«РТИ-Микроэлектроника» получит 50% плюс одну акцию объединённой компании, 50% минус одна акция будут принадлежать «Ростеху» и «Росэлектронике» (доли владения компании не уточнили).

В течение 18 месяцев с момента закрытия сделки АФК выплатит «Ростеху» 1,35 млрд руб. Учитывая разницу в стоимости вносимых активов, АФК «Система» выкупит у «Ростеха» долю до контрольной

за 1,35 млрд руб. Расчёты должны произойти в течение полутора лет, на период рассрочки начисляются проценты в размере ставки ЦБ.

По словам источника, близкого к «Системе», объединённую компанию возглавит один из топ-менеджеров «Системы». Однако его имя собеседник РБК не назвал. Информацию о том, что СП возглавит представитель АФК, представитель «Ростеха» комментировать не стал.

О том, что «Ростех» и АФК «Система» обсуждают слияние активов в микроэлектронике и производстве электронного оборудования, впервые стало известно в ноябре 2016 года. Тогда речь шла о слиянии Объединённой приборостроительной корпорации (ОПК) и «Росэлектроники» со стороны «Ростеха» с принадлежащими «Системе» концерном РТИ и «Микроном». Спустя полгода, в июне 2017 года, стороны официально заключили соглашение о намерении создать объединённую компанию, но позже сделка была заморожена на фоне судебных разбирательств «Системы» и «Роснефти», которая требовала компенсировать ущерб, который нанесла АФК компании «Башнефть», когда являлась её владельцем.



В мае 2018 года источники, близкие к «Системе» и «Ростеху», рассказывали РБК, что сделку всё-таки собираются закрыть, а СП в итоге объединит 20 предприятий в области микроэлектроники. В качестве срока завершения сделки указывался конец мая – начало июня. Оба источника утверждали, что контроль в совместном предприятии получит АФК, при этом корпорация помимо своих активов придётся внести в него ещё 1,5 млрд руб.

Позже стороны сделки называли новые сроки создания СП, но они постоянно переносились.

Как рассказал недавно основной владелец «Системы» Владимир Евтушенков, впоследствии к СП также могут присоединить ещё одного производителя микроэлектроники – «Ангстрем».

РБК

innodisk

ДЕЙСТВУЙ НА ОПЕРЕЖЕНИЕ

Компактные твердотельные накопители с интерфейсом SATA III, характеризующиеся более высокой скоростью передачи данных

PROSOFT®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RUWWW.PROSOFT.RU

Реклама



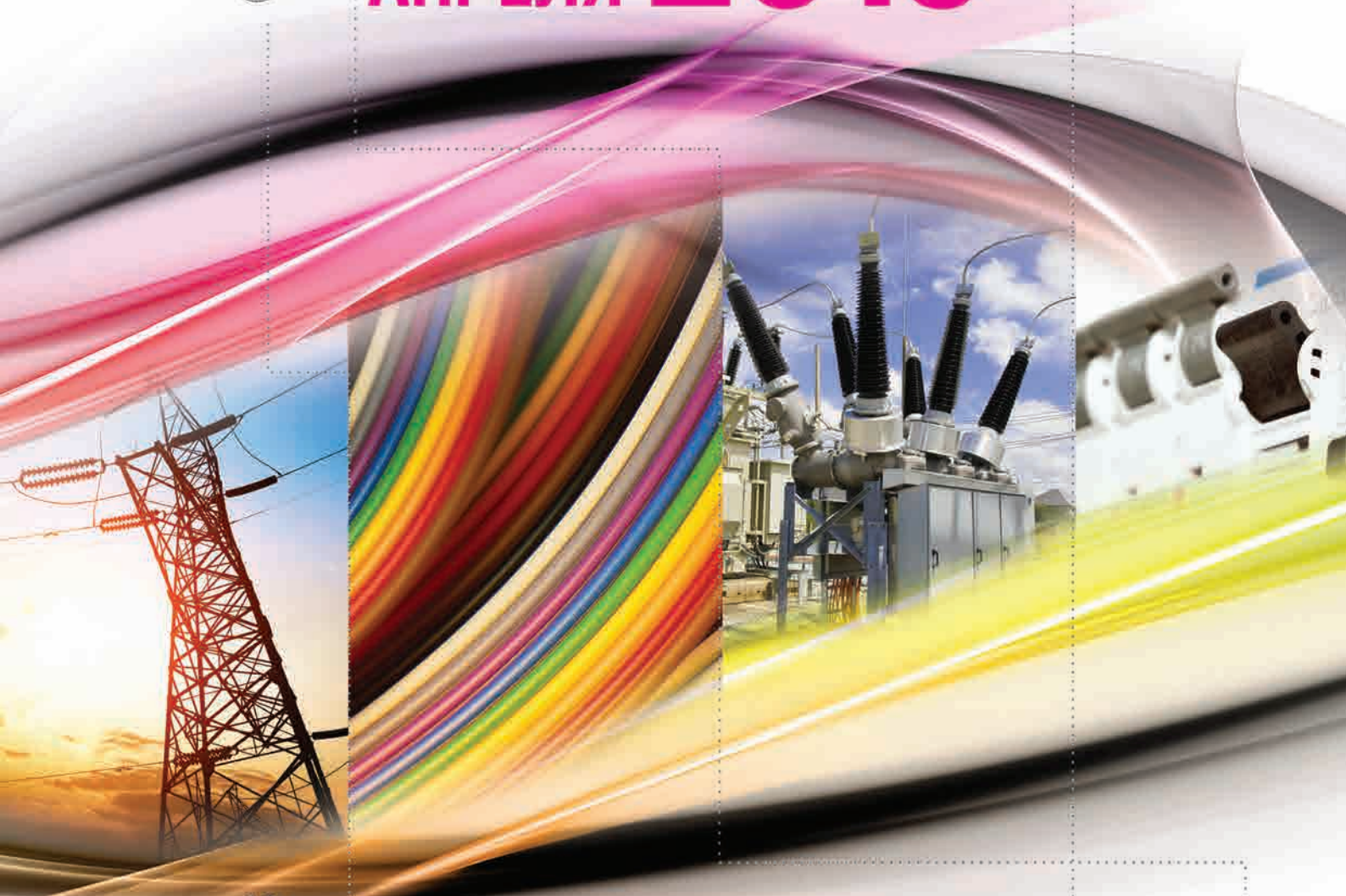
ЭЛЕКТРО



28-я международная выставка
«Электрооборудование. Светотехника.
Автоматизация зданий и сооружений»

www.elektro-expo.ru

15–18
АПРЕЛЯ 2019



Реклама 12+



60*
Организатор:
ЭКСПОЦЕНТР

При поддержке Министерства
промышленности и торговли РФ

Под патронатом ТПП РФ