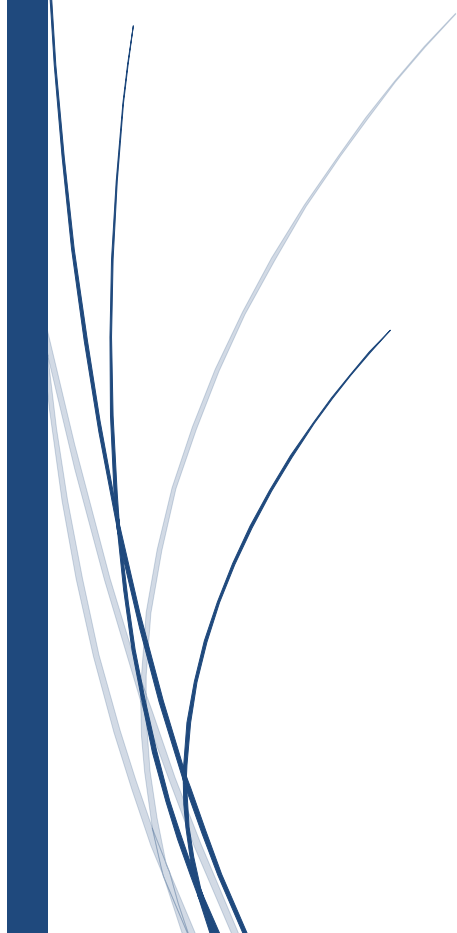


**Комплексное решение  
системы мониторинга  
температуры, давления  
Руководство по выбору варианта**



## Оглавление

1. Архитектура сети LoRa.....	3
2. Комплекс с использованием сети LoRaWAN и ABP активации. ....	3
3. Комплекс с использованием P2P режима работы LoRa. ....	5
4. Оконечные устройства (датчики). ....	7

## 1. Архитектура сети LoRa.

Технология LoRa предназначена для создания беспроводной сети с малым энергопотреблением, работающая в диапазоне низких частот (868 МГц в Европе). Затраты энергии на передачу данных в сети LoRa невысоки, так как они передаются на низких скоростях, а устройства (датчики) активируются только на время, необходимое для передачи сигнала. Поэтому заряд батареи расходуется минимально.

При разворачивании комплекса, включающего в себя оконечные устройства, размещённые удалённо от базовой(ых) станции, необходимо выполнить работы по радиопланированию с проведением натурных экспериментов с помощью тестера сети, который позволяет построить карту покрытия и принять решение о наилучшем размещении базовой(ых) станции и оконечных устройств относительно друг друга.

ООО «Поинт» предлагает 2 варианта комплексных решений систем мониторинга температуры, давления на базе технологии LoRa:

- комплекс в сети LoRaWAN с использованием ABP (Activation By Personalization) активации устройств в сети;
- комплекс с использованием P2P (Peer-to-Peer) режим работы чипов LoRa, работающий на физическом уровне и позволяющий устройствам обмениваться между собой напрямую (точка-точка) без использования сети LoRaWAN, шлюзов или централизованной инфраструктуры.

## 2. Комплекс с использованием сети LoRaWAN и ABP активации.

Типовая архитектура комплекса с использованием сети LoRaWAN и ABP активацией датчиков представлена на Рисунке 1.

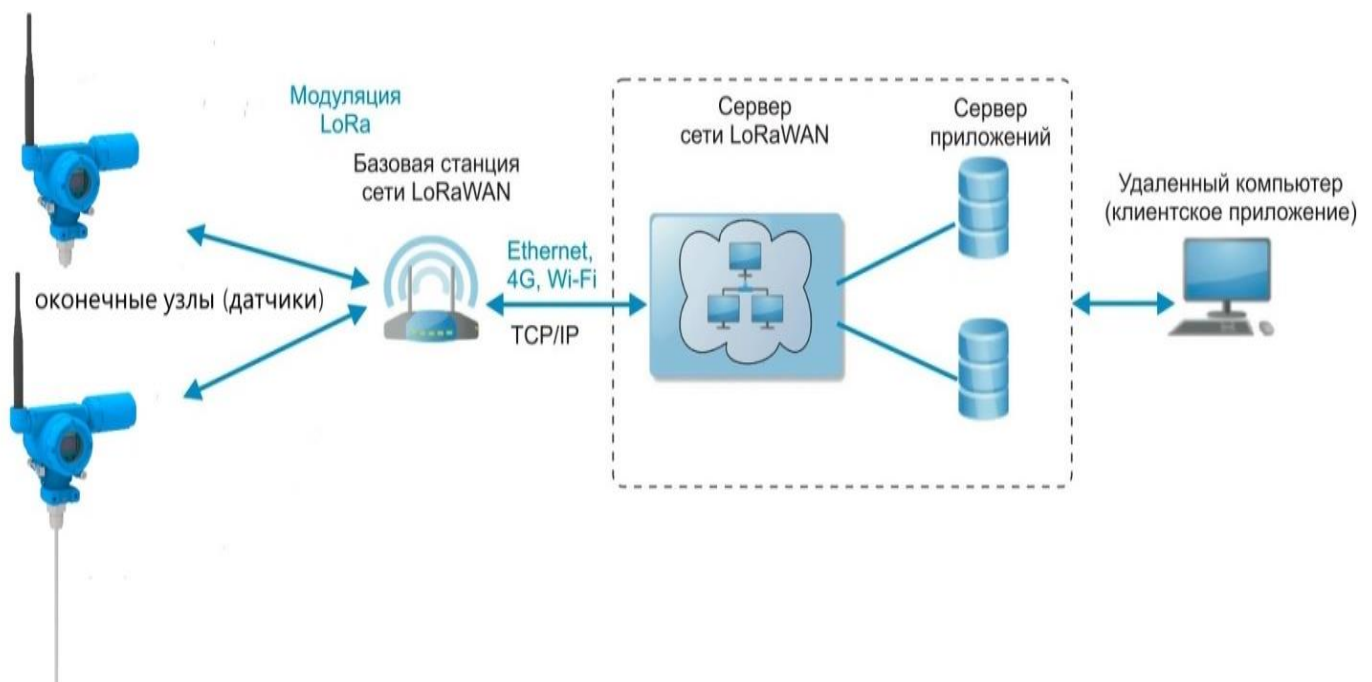


Рисунок 1 Типовая архитектура комплекса с использованием сети LoRaWAN и ABP активацией датчиков.

Как работает:

Датчики предварительно программируют тремя ключами и регистрируют на сервере:

- DevAddr (Device Address) - уникальный сетевой адрес;
- NwkSKey (Network Session Key) - ключ для проверки целостности сообщений и сетевой аутентификации;
- AppSKey (Application Session Key) - ключ для шифрования/дешифрования данных приложения.

При включении датчик начинает передавать данные в сеть LoRaWAN, используя эти ключи по радиointерфейсу LoRa. Данные принимаются базовой станцией (шлюзом). Базовая станция комплектуется одной либо двумя антеннами (могут иметь выносное исполнение) мощностью 8 dBi, что позволяет одновременно работать по 8/16 каналам с обеспечением дальности радиосвязи до 15 км (на открытой местности при прямой видимости и условии отсутствия радиопомех). Базовая станция передаёт данные (по сети Ethernet, 4G либо Wi-Fi) на облачный сетевой сервер. Сетевой сервер отвечает за управление всеми базовыми станциями, он решает через какую базовую станцию общаться с датчиком (если сигнал датчика доступен на нескольких базовых станциях) и выбирает базовую станцию с лучшим соотношением сигнал/шум (RSSI/SNR). На сервере приложений происходит обработка и визуализация данных от датчиков, и они передаются на удалённое рабочее место.

Основные преимущества комплекса с использованием сети LoRaWAN и ABP активацией датчиков:

- **Масштабируемость:** Хорошо масштабируется на большое количество устройств. Имеет функцию управления сетью.
- **Дальность связи:** Дальность связи до 15 км, наличие функции адаптации скорости передачи ADR под условия использования.
- **Наличие встроенного механизма предотвращения коллизий:** Не требует повторных передач, перед передачей производится опрос занятости канала.
- **Безопасность:** Наличие ключей шифрования данных в передаваемом пакете.
- **Базовая станция имеет степень защиты IP67:** Конструктив базовой станции предусматривает уличное исполнение и условия эксплуатации с повышенной влажностью воздуха.

Основные недостатки комплекса с использованием сети LoRaWAN и ABP активацией датчиков:

- **Высокая стоимость:** Требуется дорогостоящего сетевого и серверного оборудования, необходимость в настройке и сопровождении сложного программного обеспечения, наличие абонентской платы за сеть передачи данных Internet.
- **Несовместимость:** Устройства с LoRa P2P не могут общаться с устройствами LoRaWAN и наоборот.

- **Отсутствие в базовой станции аналоговых выходов:** Отсутствие аналоговых выходов затрудняет интеграцию комплекса в существующую инфраструктуру предприятия.
- **Отсутствие в базовой станции релейного выхода:** Не позволит управлять исполнительным устройством на предприятии при получении от конечных устройств настраиваемых критических сообщений, что важно при возникновении внештатной ситуации.
- **Отсутствие архива:** Конструктивом базовой станции не предусмотрено наличие встроенного энергонезависимого модуля памяти для хранения архива. Может быть реализовано с помощью программно-аппаратного комплекса на клиентском рабочем месте.

**Итог:** комплекс на базе сети LoRaWAN является дорогим, но масштабируемым решением для реализации мониторинга температуры, давления большого количества датчиков на больших расстояниях. Данный комплекс подходит для сложных систем мониторинга.

### 3. Комплекс с использованием P2P режима работы LoRa.

Типовая архитектура комплекса с использованием P2P режим работы чипов LoRa представлена на Рисунке 2.

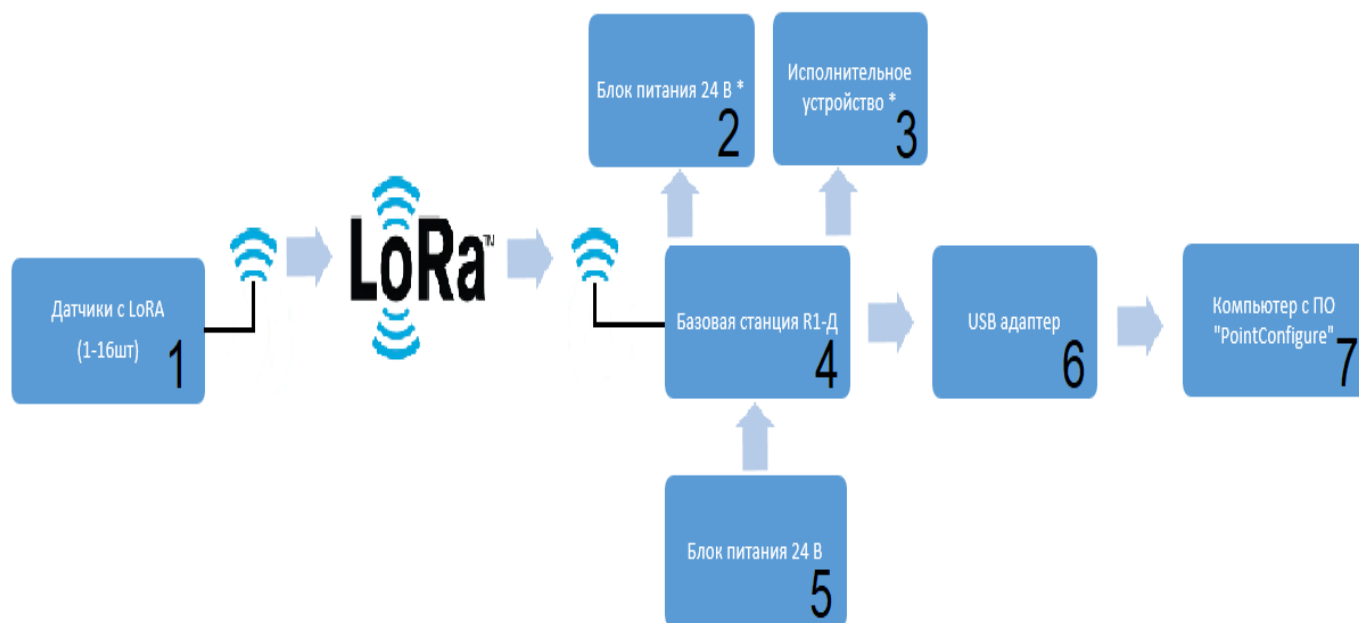


Рисунок 2 Типовая архитектура сети LoRa с использованием P2P режим работы.

- 1 - датчики давления/температуры с радиомодулем LoRa (1-16 шт);
- 2\*- блок 24 В для питания аналогового выхода (1-4 канала);
- 3\*- исполнительное устройство, подключаемое к релейному выходу;
- 4 - базовая станция R1-Д с радиомодулем LoRa;
- 5 – основной блок питания 24 В для базовой станции;
- 6 - USB адаптер;
- 7 - клиентское рабочее место;
- \* - опционально, в зависимости от модификации базовой станции R1-Д.

Как работает:

Датчики и базовую станцию предварительно конфигурируют (частота, скорость передачи, размер пакета, мощность передачи), конфигурация на устройствах должна совпадать. Датчик передаёт в эфир данные для базовой станции типа R1-Д по интерфейсу LoRa напрямую (точка-точка) без использования сети LoRaWAN, шлюзов или централизованной инфраструктуры. В предлагаемом исполнении базовая станция имеет 16 каналов для работы с датчиками (аппаратное ограничение), причём каждый канал строго привязан к датчику, сконфигурированному при настройке комплекса. Базовая станция имеет встроенную антенну мощностью 3 dBi, и позволяет одновременно работать по одному каналу с обеспечением дальности радиосвязи до 1 км (на открытой местности при прямой видимости и условии отсутствия радиопомех).

Конструктив базовой станции типа R1-Д в зависимости от выбранной конфигурации может иметь ряд полезных для потребителя функций:

- наличие до четырёх аналоговых выхода 4-20 мА, настраиваемых программно для любых 16 датчиков позволит легко интегрировать комплекс в АСУ ТП (Автоматизированная Система Управления Технологическими Процессами);
- архивирование (до 131072 записей);
- программируемый по выбранным триггерам и измеренным датчиками параметрам релейный выход, позволяющий управлять исполнительным устройством (насосом, двигателем вентилятора, сигнальной лампой и т.д.) на предприятии при возникновении внештатной аварийной ситуации.

Основные преимущества комплекса на базе LoRa P2P с использованием базовой станции типа R1-Д:

- **Простота:** Легко реализовать для базовой связи между небольшим количеством устройств.
- **Низкая стоимость:** Не требует дорогостоящего сетевого и серверного оборудования, отсутствует необходимость в настройке и сопровождении сложного программного обеспечения, отсутствие абонентской платы за сеть передачи данных.
- **Полный контроль:** Разработчик комплекса сам управляет всеми аспектами связи и форматом данных.
- **Наличие в базовой станции аналоговых выходов:** Базовая станция конвертирует цифровое значение (например, 0–100°C) в аналоговый сигнал 4-20 мА пропорционально диапазону датчика, что позволяет интегрировать комплекс в существующую инфраструктуру предприятия.
- **Наличие в базовой станции релейного выхода:** Позволяет управлять исполнительным устройством на предприятии при получении от конечных устройств настраиваемых критических сообщений, что важно при возникновении внештатной ситуации.
- **Наличие архива:** Встроенный энергонезависимый модуль памяти базовой станции хранит 131072 записи.

Основные недостатки комплекса на базе LoRa P2P с использованием базовой станции типа R1-Д:

- **Масштабируемость:** Плохо масштабируется на большое количество устройств из-за проблем, возникающих при "столкновении" и потери пакетов при одновременной передаче с нескольких устройств (коллизии). Отсутствие управления сетью.
- **Отсутствие встроенного механизма предотвращения коллизий:** Требуется в Для снижения коллизий рекомендуется задать разные интервалы между повторами передач для датчиков.
- **Дальность связи:** Дальность связи до 1 км из-за слабой антенны (3dBi) и отсутствия функции адаптации скорости передачи ADR под условия использования.
- **Отсутствие безопасности:** Нет встроенного шифрования и аутентификации, данные передаются в открытом виде. Реализуется на уровне приложения.
- **Несовместимость:** Устройства с LoRa P2P не могут общаться с устройствами LoRaWAN и наоборот.
- **Базовая станция имеет степень защиты IP20:** Конструктив базовой станции не предусматривает уличного исполнения и условий эксплуатации с повышенной влажностью воздуха, Может быть предусмотрена выносная антенна (опционально), что решит проблему IP20 для уличного монтажа.

**Итог:** комплекс на базе LoRa P2P с использованием базовой станции типа R1-Д является недорогим решением для реализации мониторинга температуры, давления небольшого количества датчиков на небольших расстояниях и без возможности масштабирования. Данный комплекс подходит для простых задач там, где комплекс с использованием сети LoRaWAN избыточен.

#### 4. Оконечные устройства (датчики).

Датчики беспроводного исполнения предназначены для измерения и преобразования величины измеряемого параметра – давления либо температуры в цифровой выходной сигнал с радиоинтерфейсом по протоколу LoRa P2P. Обмен данными между платой датчика и платой радиопередачи осуществляется не по токовой петле (4-20 мА), а по протоколу HART, что позволяет значительно повысить энергоэффективность работы датчика. Встроенная антенна имеет мощность 3 dBi и позволяет осуществлять передачу данных на расстояние до 1км в условиях отсутствия помех. Конструкция датчика предусматривает поворотный узел крепления антенны в месте кабельного ввода. Эта регулировка позволяет гарантировать вертикальное положение антенны независимо от угла установки корпуса датчика в технологическом процессе. Датчики имеют степень защиты IP68.

После монтажа датчика и соединения разъёма питания, выполняется операция активации и производится запуск устройства с передачей текущих измеренных значений среды с периодичностью, заданной в параметрах устройства. Запуск процедуры измерения и передачи может выполняться принудительно при помощи магнитного брелока, в определенной точке корпуса (указано символом «магнит»), либо с помощью кнопки, расположенной на плате под задней крышкой корпуса. Отсчёт заданных в настройках периодических измерений будет изменён и начинаться от времени последней принудительной передачи.

Для настройки параметров работы датчика в сети LoRa и считывания текущих показаний используется программа PointConfigure, доступная для скачивания в разделе «Программное обеспечение» по адресу: <https://www.pointltd.by/documents>.

В датчиках применяется встроенная литий-тионилхлоридная (Li-SOCl<sub>2</sub>) батарея в форм-факторе 34615 с номинальным напряжением 3,6 В и емкостью элемента 14000 мАч. Данная батарея имеет ток саморазряда менее 1% в год и может работать при температурах окружающей среды от минус 40 до плюс 85 °С. Срок службы батареи ограничен количеством измерений показаний датчиком и количеством передач в сеть LoRa, конструкцией датчика предусмотрена возможность её замены.

При настроенных (по умолчанию) параметрах датчика:

- 1 - нормальные условия температуры окружающей среды;
- 2 - скорость передачи данных - DR5;
- 3 - мощность передатчика – 9;
- 4 - интервал измерения и передачи - 5 минут;
- 5 - интервал обхода с магнитом - 2 часа;
- 6 - количество попыток отправки сообщений – 3;
- 7 - ожидание подтверждения приема сообщения от базовой станции.

Расчётное срок службы батареи составит: 417 дней или 1,1 года.

При изменении интервала измерения и передачи на значение 15 минут срок службы батареи увеличится до 1083 дня или 2.9 года.

Изменение параметра на: НЕ ОЖИДАТЬ подтверждения приема сообщения от базовой станции позволит увеличить срок службы батареи до 1209 дней или 3.3 года.