

Выпуск 18

# развитие технологических радиосетей автоматизированных систем управления оросительными каналами на узкополосных радиомодемах

ООО «НЦПР» (Технический бюллетень)

*В настоящей статье представлена краткая информация о развитии технологических радиосетей управления и сбора данных на узкополосных радиомодемах диапазона ультракоротких волн (УКВ), используемых в интересах обеспечения функционирования автоматизированных систем управления (АСУ) системами орошения самотеком.*

*(Составлено по материалам канадской компании Dataradio, ныне Calamp [www.calamp.com](http://www.calamp.com)).*

## 1. Общая информация.

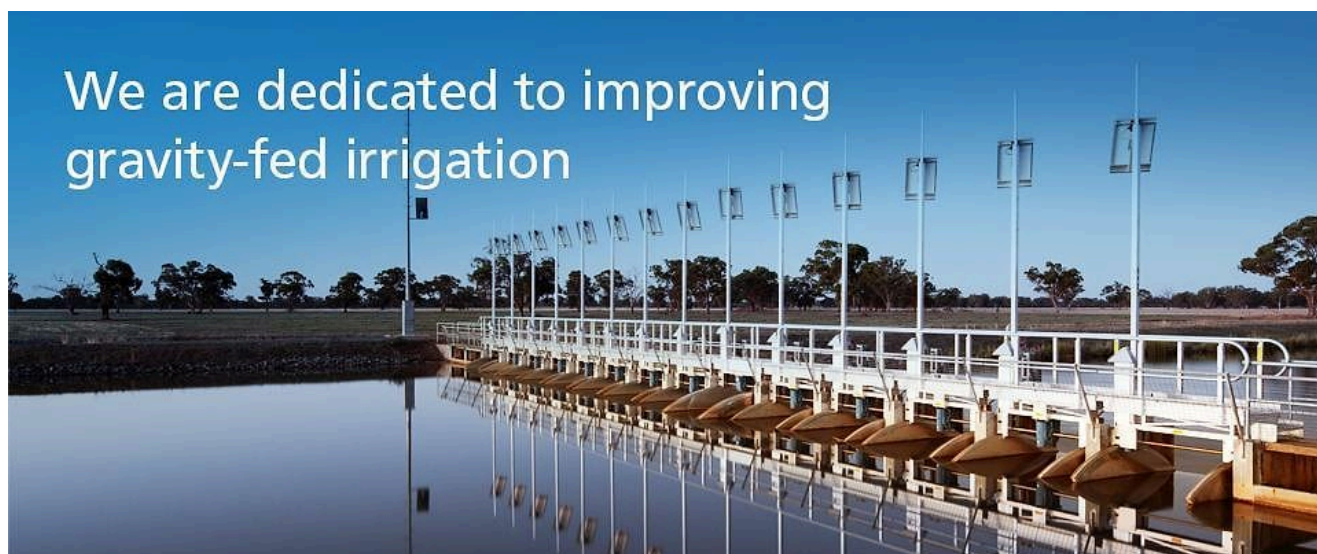
Самотечное орошение — система позволяющая забирать и распределять воду для орошения на основе использования сил гравитации, обеспечивающих подачу оросительной воды только на подконтрольные источнику и оросительному каналу земли (*Толковый словарь по почвоведению. - М.: Наука. Под редакцией А.А. Роде. 1975*).



Канал системы самотечного орошения (Фото: <https://www.btliners.com/irrigation-liners/>)

Автоматизированная система управления оросительными каналами может рассматриваться в качестве ключевого элемента при формировании системы орошаемого земледелия. Именно такая система позволяет эффективно распределять и использовать водные ресурсы на обширных территориях, исключая серьезные потери и обеспечивая регулярность водоснабжения.

Основными элементами АСУ являются удаленные программируемые контроллеры, связанные с датчиками и исполнительными устройствами (шлюзовыми воротами и насосами, в части, где полив производится с использованием дополнительных средств), а также специальное программное обеспечение, работающее на компьютерах единого пункта управления. Функционирование на обширных территориях с малой плотностью населения обуславливает сложности при объединении элементов такой АСУ в интегрированную систему.



Узел современной системы орошения самотеком (Фото: [www.rubiconwater.com](http://www.rubiconwater.com))

Технологическая радиосеть управления и сбора данных УКВ диапазона представляется идеальным инструментом для организации обмена данными в интересах функционирования АСУ оросительными каналами ввиду следующих оперативно-технических возможностей:

- рабочая зона, полностью перекрывающая район использования подключенных к радиосети оконечных устройств. Радиосеть может разворачиваться в любом районе или климатической зоне и обслуживать систему практически любого масштаба;
- полная автономность и отсутствие необходимости сложного технического обслуживания и настройки в процессе эксплуатации;
- гарантированная надежность<sup>1</sup> работы (радиосеть создается и управляется ее владельцем с учетом его персональных требований к надёжности функционирования);
- высокая живучесть<sup>2</sup> радиосети в различной обстановке (требование к живучести закладывается на этапе проектирования радиосети ее владельцем, и, как правило, оказывается выше, чем в радиосетях общего пользования);
- применение детерминированных протоколов обмена данными, поддерживающих работу в реальном режиме времени и обеспечивающих гарантированную доставку данных в установленные регламентом работы радиосети сроки;

- относительно небольшое время доступа к каналу передачи данных, обеспечивающее незначительные и полностью приемлемые для любой автоматизированной системы управления оросительными каналами задержки в доставке данных;
- высокая безопасность данных, функционирующих в технологической радиосети (применяемые технологии обеспечивают защиту от подавления, перехвата или несанкционированного доступа к работе в составе технологической радиосети);
- относительно низкая стоимость эксплуатации;
- независимость от «чужой» инфраструктуры связи и возможность развивать ее исходя из реальных требований (радиосеть принадлежит эксплуатирующей ее организации, параметры ее работы и оперативная зона могут изменяться ею самостоятельно);
- совместимость с разнородными исполнительными устройствами и оборудованием сбора и обработки данных по широко применяемым и детально отработанным интерфейсам;
- простота перемещения и оперативность развертывания в новом районе;
- возможность эксплуатации в жестких условиях окружающей среды.

Основными элементами технологической радиосети (представлены на Рис. 1) являются радиомодемы, устанавливаемые на удаленных объектах, к которым подключаются программируемые контроллеры, и базовые станции радиосети, обеспечивающие связь с удаленными радиомодемами на заданной территории. Часто в составе радиосети применяются ретрансляторы, обеспечивающие расширение оперативной зоны.





Рис. 1. Элементы технологической радиосети автоматизированной системы управления оросительными каналами: радиомачта с антенной, блок-бокс с электронным оборудованием и аккумуляторами, солнечные батареи. (Фото: [www.rubiconwater.com](http://www.rubiconwater.com), [www.campbellsci.com/south-dakota-irrigation](http://www.campbellsci.com/south-dakota-irrigation))

Технические характеристики оборудования обеспечивают возможность работы радиосети на обширных территориях. Наиболее крупная из таких радиосетей, развернутая в лесном хозяйстве (близкая по техническим требованиям прикладная задача), охватывает сплошным покрытием площадь более миллиона квадратных километров, что превосходит потребности практически любой существующей или перспективной системы орошения.

## 2. Первая радиосеть обеспечения работы АСУ оросительными каналами.

Первая технологическая радиосеть управления оросительными каналами была развернута в штате Калифорния (США) в начале 90-х годов прошлого столетия.

На момент развертывания АСУ оросительными каналами значительная часть сельских районов штата уже обслуживалась мощной ирригационной системой, состоящей из крупных акведуков и отводных каналов, питающих отдельные фермерские хозяйства. Помимо обеспечения водой, каналы также использовались для периодической доставки на поля пестицидов и химических удобрений. Каналы были снабжены шлюзовыми воротами на каждой подключенной к системе орошения ферме, позволявшими регулировать доставку воды в ручном режиме. Разработанный график подачи воды позволял доставлять химикаты на выбранные или все фермы. Это достигалось путем растворения химикатов в воде в начале канала и своевременного открытия соответствующих задвижек на конкретных фермах. Выходные задвижки в конце канала предотвращали попадание химикатов в акведук. Общая схема системы орошения представлена на рис. 2.

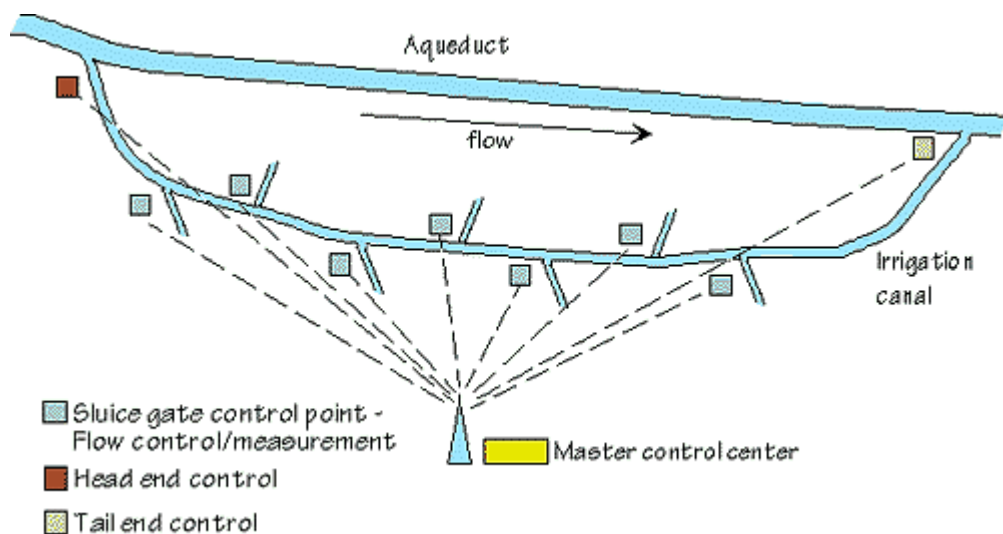




Рис. 2. Общая схема системы орошения: Aqueduct — акведук, flow — направление движения воды, sluice gate control point (flow control/measurement) — шлюзовые ворота (управление напором и измерения расхода воды), head end control — верхние ворота, tail end control — нижние ворота, master control center — основной центр управления. (Из архива компании Dataradio)

На момент развертывания АСУ управление оросительными каналами выполнялось в ручном режиме. Измерения объёмов поступающей воды производилось помещением в воду поплавка и измерением скорости его движения. Открывание и закрывание ворот и задвижек осуществлялось в ручном режиме.

Технологическая радиосеть обеспечения АСУ оросительными каналами была реализована на радиомодемах APR. Технические характеристики радиомодема представлены в Таблице 1.

<b>Общие характеристики</b>	
Диапазон частот, МГц	151-174
Шаг сетки частот, кГц	25
Рабочее напряжение, В	12 (постоянный ток), 110-220 (переменный ток)
Рабочая температура, °С	от -30 до 60
Масса (в упаковке), кг	6
Рабочий режим	Симплекс, полудуплекс, дуплекс
<b>Приемник</b>	
Достоверность передаваемых данных (вероятность возникновения ошибки)	$1 \times 10^{-11}$ BER
<b>Передатчик</b>	
Полоса пропускания без подстройки, МГц	23

<b>Общие характеристики</b>	
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	2 или 5
Импеданс, Ом	50
Цикл работы на передачу, %	100
Стабильность частоты, ppm	1,0
Интерфейсы	1, 3 или 5 RS-232 (DB9)
Антенный порт	N-типа
<b>Модем</b>	
Скорость, кбит/с	2,4; 4,8 или 9,6
Индикация	Питание, состояние, приём/передача
Встроенный протокол	CARMA (Collision Avoidance Radio Multiple Access)

В общей сложности в составе радиосети было использовано 15 таких устройств, работающих на скорости 4,8 кбит/с, электропитание которых было организовано от аккумуляторов и солнечных батарей. Собственно АСУ была построена на программируемых логических контроллерах (ПЛК) Modicon (в настоящее время Schneider electric, [www.se.com/ru](http://www.se.com/ru)). Каждые шлюзовые ворота дополнительно были оборудованы уровнемерами.

В составе АСУ использовался протокол опроса (Modbus). Базовая станция передавала данные последовательно на каждый удаленный объект в заданном порядке. После получения сообщения удаленный ПЛК отправлял ответ в адрес базовой станции. Таким образом, базовая станция полностью контролировала работу радиосети и исключала возможность возникновения коллизий при обмене. Поскольку протокол Modbus использует собственную схему адресации, радиомодем APR использовался в режиме широкополосной передачи с отключенной встроенной адресацией. Передача подтверждения средствами радиомодема также была отключена, поскольку эта функция выполнялась каждым ПЛК.

Экономическая эффективность применения АСУ оросительными каналами оказалось настолько велика, что в отрасли появились крупные инновационные компании, специализацией которых стало развитие таких систем.

### **3. Современная технологическая радиосеть обеспечения работы АСУ оросительными каналами.**

Одна из наиболее современных технологических радиосетей обеспечения работы АСУ оросительными каналами развернута в настоящее время в центральной части штата Калифорния в районе Сан Хоакин Вэлли (San Joaquin Valley) в составе одной из крупнейших систем орошения самотеком, возраст


которой насчитывает более 100 лет. Данная система оросительных каналов функционирует на площади в 29 000 гектар и снабжает водой около 2800 фермерских и 700 домовых хозяйств.




Рис. 3. Ворота шлюзов до и после модернизации системы орошения и внедрения АСУ.

Развернутая АСУ обеспечивает управление работой двух оросительных каналов протяженностью 10 и 17 км, 30 водосборных бассейнов и 94 индивидуальных водоотводов. Радиосеть построена на радиомодемах Viper-SC+ 100, технические характеристики которых представлены в Таблице 2.

Таблица 2. Технические характеристики радиомодема Viper-SC+ 100.

<p><b>Общие характеристики</b></p>	
<p>Диапазон частот, МГц</p>	<p>136-174</p>
<p>Шаг сетки частот, кГц (настраивается программно)</p>	<p>25</p>
<p>Тип излучения</p>	<p>16K5F1D; 17K8F1D</p>
<p>Потребляемый ток:</p>	
<p>- приём, мА</p>	<p>450 (10 В); 240 (20 В); 170 (30 В)</p>

<b>Общие характеристики</b>	
В режиме энергосбережения, мА	98 (13,8 В)
- передача 40 дБм (10 Вт), А	4,6 (10 В); 2,04 (20 В); 1,37 (30 В)
- передача 30 дБм (1 Вт), А	1,2-3,6 (10 В); 0,6-1,8 (20 В); 0,4-1,2 (30 В)
Рабочее напряжение, В	10-30 (постоянный ток)
Температура по спецификации, град. С	от -30 до +60
Рабочая температура, град. С	от-40 до +70
Температура хранения, град. С	от-45 до +85, без образования конденсата
Влажность, %	5-95, без образования конденсата
Габаритные размеры, см	13,97 (Ш) x 10,80 (Г) x 5,40 (В)
Масса (в упаковке), кг	1,1
Рабочий режим	симплекс/полудуплекс
<b>Передатчик</b>	
Выходная мощность при напряжении 13,6 В, Вт	1-10
Время атаки, мс	<1
Время переключения между каналами, мс	<15
Импеданс, Ом	50
Цикл работы на передачу, %	100
Стабильность частоты, ppm	1,0
Интерфейсы	2 x RS-232 (DE-9F), 10Base-T RJ-45
Антенна	TNC (мама) - приём/передача; SMA (мама) - приём (для двухпортовых устройств)
<b>Приемник</b>	
Чувствительность (вероятность ошибки $1 \times 10^{-6}$ ):	
- 25 кГц, дБм	-114 (16 кбит/с); -106 (32 кбит/с); -100 (48 кбит/с); -92 (64 кбит/с)

<b>Общие характеристики</b>	
Подавление помех по соседнему каналу, дБ	70
Интермодуляция, дБ	>75
Избирательность, дБ	>70
<b>Модем</b>	
Скорость, кбит/с	4; 8; 12; 16; 24; 32; 48; 64
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, приём/передача
Вид модуляции	2FSK, 4 FSK, 8FSK, 16FSK
Адресация	IP

Технические характеристики современных радиомодемов позволяют существенно расширить функциональные возможности АСУ оросительными каналами за счет применения IP-протокола, позволяющего дистанционно управлять работой радиосети и производить настройку оборудования. Система мониторинга технического состояния оборудования радиосети обеспечивает повышение ее надёжности за счет своевременного выявления предпосылок к сбоям в работе и контроля текущего технического состояния радиотехнической аппаратуры в реальном масштабе времени.

В радиомодеме (начиная с версии встраиваемого программного обеспечения v3.4) реализован эффективный режим энергосбережения. Данный режим работы позволяет снизить энергопотребление в 3,5 раза — с 350 до 98 мА — при питании от источника постоянного тока номинальным напряжением 13,8 В. Встроенная программа позволяет выполнить переход в режим работы с пониженным энергопотреблением с задержкой не более 0,5 с и выйти из него с номинальной задержкой 2 с.

Такие характеристики позволяют эффективно использовать радиомодем в составе АСУ оросительными каналами, где электропитание оборудования от солнечных батарей и аккумуляторов является стандартом де-факто, совместно в любыми программируемыми контроллерами, имеющими номинальное потребление не менее 130 мА и пусковой ток не менее 700 мА. В настоящее время вышеуказанные радиомодемы являются штатным компонентом серийно выпускаемого оборудования для орошения и современных АСУ оросительными каналами.

## Сноски

1. **Надёжность** (англ. *reliability*) – [свойство системы](#) сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях

применения, технического обслуживания и транспортирования [ГОСТ 27.002-89 «Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения»]. ↩

2. **Живучесть** ([англ. \*survivability\*](#)) – свойство системы, характеризующее способность выполнять установленный объём функций в условиях воздействий внешней среды и отказов компонентов системы в заданных пределах [ГОСТ 34.003-90 «Автоматизированные системы. Термины и определения»]. ↩