

# Перспективная Единая технологическая радиосеть управления и обмена данными Федерального агентства лесного хозяйства как эффективный инструмент межведомственного взаимодействия при тушении лесных пожаров

ООО «НЦПР» (Технический бюллетень)

*Задача организации и обеспечения эффективного взаимодействия подразделений служб общественной безопасности (СОБ) различной ведомственной принадлежности при проведении совместных операций по ликвидации лесных пожаров до сих пор остается нерешенной. Значительная часть сложностей при ее выполнении лежит в организационной плоскости, однако, и техническая часть вносит свою лепту. В настоящей статье рассмотрены только некоторые аспекты, позволяющие повысить эффективность взаимодействия подразделений СОБ в полевых условиях за счет создания и развертывания перспективной Единой технологической радиосети управления и обмена данными Федерального агентства лесного хозяйства. Актуальность задачи не снижается, поскольку ущерб от лесных пожаров до сих пор остается весьма ощутимым.*

## 1. Межведомственное взаимодействие при авариях и катастрофах

Обычно термин «межведомственное взаимодействие» используется применительно к процессам предоставления информации различных ведомств по обращениям граждан и организаций по принципу «одного окна»<sup>1</sup>. И в России в этом плане, по крайней мере, в отдельных ее регионах достигнуты серьезные успехи, которые нужно всячески приветствовать и развивать.



Техногенная катастрофа в Казахстане: пожар длиною в 400 дней (<https://stanradar.com/news/full/33746-technogennaja-katastrofa-v-kazahstane-pozhar-dlinoju-v-400-dnej.html>)

Основой для формирования эффективной системы межведомственного взаимодействия при предоставлении услуг по принципу «одного окна» стали создание, развитие и адаптация средств связи и обмена данными, базирующихся на информационной системе «Интернет» и сетях связи общего пользования, как проводных, так и беспроводных.

Вместе с тем необходимость эффективного межведомственного взаимодействия возникает и в других областях, например при локализации аварий и катастроф, а также ликвидации их последствий силами подразделений служб общественной безопасности различной ведомственной принадлежности. Очень часто такие работы (операции) проводятся в районах, где инфраструктура связи отсутствует полностью или оказывается выведенной из строя. В большинстве случаев оснащение подразделений служб общественной безопасности, в том числе, средствами связи является вполне адекватным и позволяет им автономно выполнять поставленные задачи по предназначению. При этом привлекаемые к совместной работе аварийно-спасательные подразделения и подразделения пожарной охраны МЧС, полиции и национальной гвардии, медицинской службы и других ведомств широко применяют средства голосовой связи, работающие в диапазоне ультракоротких волн (УКВ). Однако, в большинстве случаев, эти средства несовместимы между собой, не могут быть оперативно настроены для работы в единой радиосети и обмена информацией между личным составом подразделений различной ведомственной принадлежности. Проблема эта неоднократно и бурно обсуждалась, но ее организационное решение до сих пор не найдено. При всей, на первый взгляд, простоте стоящей задачи, объективные и субъективные препятствия до сих пор не позволили ее решить.

Ниже рассмотрен один из возможных подходов к организации и обеспечению эффективного взаимодействия подразделений служб общественной безопасности за счет развертывания и использования Единой технологической радиосети управления и обмена данными Федерального агентства лесного хозяйства, который может быть трансформирован для решения задач взаимодействия при проведении подразделениями СОБ различной ведомственной принадлежности практически любых операций по локализации и ликвидации последствий крупных аварий и катастроф.

## **2. Единая технологическая радиосеть управления и обмена данными при тушении лесных пожаров**

Вышеуказанная радиосеть рассматривается как составная часть Единой системы связи лесного комплекса, создаваемой во исполнение Указа Президента Российской Федерации от 15.06.2022 № 382 «О мерах по сокращению площади лесных пожаров в Российской Федерации». Данным указом закреплены целевые показатели по сокращению площадей лесных пожаров и по ликвидации лесных пожаров в течение первых суток после их обнаружения. Ответственным за создание системы связи лесного комплекса определено ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ВНИИЛМ, [www.vniilm.ru](http://www.vniilm.ru)).

По назначению Единая технологическая радиосеть Федерального агентства лесного хозяйства должна обеспечивать решение двух основных комплексов задач в ходе повседневной деятельности и при возникновении лесных пожаров:

- постоянный мониторинг состояния леса и генерацию сигналов тревог в случае обнаружения пожара;
- взаимодействие разнородных подразделений сил общественной безопасности в процессе локализации и ликвидации пожара.

Программно-технические средства, применяемые подразделениями служб общественной безопасности при решении вышеуказанных комплексов задач, предъявляют различные, а иногда и взаимоисключающие требования к радиосети. Тем не менее, общее техническое решение должно

предусматривать максимальную стандартизацию и унификацию средств обмена данными, а также возможность интеграции аппаратуры между собой.

## **2. Радиосеть обеспечения мониторинга лесных массивов**

Радиосеть обеспечения мониторинга леса является инструментом учреждений и организаций, относящихся к Федеральному агентству лесного хозяйства и отвечающих за его использование и развитие. Межведомственное взаимодействие в этой радиосети не предусмотрено, но оно может и должно осуществляться на верхних уровнях между информационными системами заинтересованных министерств и ведомств. Ресурсы и данные этой радиосети могут и должны использоваться при тушении лесных пожаров.

В настоящее время обнаружение лесных пожаров ведется с применением космических, воздушных и наземных средств мониторинга. Каждое из этих средств имеет свои преимущества и недостатки, основными из которых являются:

- средства космического базирования: имеют широкую зону охвата, но не обеспечивают постоянный контроль пожароопасной зоны, который реально производится 2-4 раза в сутки, если позволяет облачность, и, в связи с этим, имеют низкую оперативность и надёжность при обнаружении пожаров;
- воздушные средства: могут оперативно контролировать заданные районы с необходимой периодичностью, но имеют ограничения по зоне охвата — данные собираются только вдоль маршрута полета и только в период его выполнения;
- наземные средства: позволяют осуществлять постоянное наблюдение, но требуют развертывания наземной инфраструктуры на всей территории контролируемой зоны.

Следует отметить, что все вышеуказанные средства дополняют друг друга, но только наземные позволяют организовать непрерывное наблюдение и практически немедленное выявление факта пожара.

Наземная радиосеть мониторинга состояния леса, в свою очередь, может быть использована в интересах более эффективного применения космических и воздушных средств обнаружения пожаров.

## **3. Радиосеть обеспечения мониторинга лесных массивов воздушного базирования**

Мониторинг состояния леса производится подразделениями ФБУ «Авиалесоохрана» ([www.aviales.ru](http://www.aviales.ru)), имеющими на вооружении пилотируемые и беспилотные летательные аппараты (БЛА). Организация и техническое управление пилотируемыми средствами (когда, по какому маршруту, на какой высоте и скорости выполнять полет) осуществляет ФГУП «Государственная корпорация по организации воздушного движения в Российской Федерации» («ОрВД», [www.gkovd.ru](http://www.gkovd.ru)). Правила эксплуатации беспилотных воздушных средств в воздушном пространстве Российской Федерации пока только разрабатываются, но ответственность за организацию их полетов, вероятнее всего, будет возложена также на ФГУП «ОрВД». При этом техническое управление производится по каналам связи диапазона ультракоротких волн. А вот оперативное управление (какая задача и каким образом должна быть решена в ходе полета) остается за оператором/владельцем пилотируемого или беспилотного аппарата.

Обеспечивается такое управление по каналам радиосети, которую также целесообразно разворачивать в УКВ диапазоне. Примером использования авиации для мониторинга состояния леса может служить карта маршрутов авиационного патрулирования территории лесного фонда Мурманской области, представленная на Рис. 1.



1. Маршруты полетов вертолетов ГОБУ «Мурманская база авиационной охраны лесов» ([www.авиабаза51.рф](http://www.авиабаза51.рф)).

Эффективность оперативного управления может быть существенно повышена за счет использования, наряду с голосовой радиосвязью, технологической радиосети обмена данными — командно-управляющей радиосети, обеспечивающей:

- передачу на борт летательного аппарата сообщений и информации, корректирующих или уточняющих выполняемое задание;
- приём информации о текущем местоположении воздушного судна, характере производимых действий и промежуточных результатах выполнения задачи, техническом состоянии воздушного аппарата и бортовой полезной нагрузки;
- сбор телеметрической информации о состоянии собственно радиосети обмена данными и, при необходимости, подстройка ее рабочих параметров.

Следует отметить, что требования к аппаратуре обмена данными УКВ диапазона, предлагаемой для обеспечения оперативного управления БЛА, практически полностью совпадают с требованиями по техническому управлению полетом, поэтому они могут применяться для решения обеих вышеупомянутых задач, как силами и средствами ФГУП «ОрВД» (техническое управление), так и оператора БЛА (оперативное управление) с использованием различных номиналов радиочастот.

Обнаружение пожара в процессе полета может производиться визуально и/или инструментальными средствами. В обоих случаях возникает необходимость передачи с борта на землю подтверждающей или уточняющей информации, как правило, мультимедийной — результатов фото или видеосъемки. Передача таких данных может выполняться по каналам информационной радиосети, обладающей соответствующими техническими возможностями.

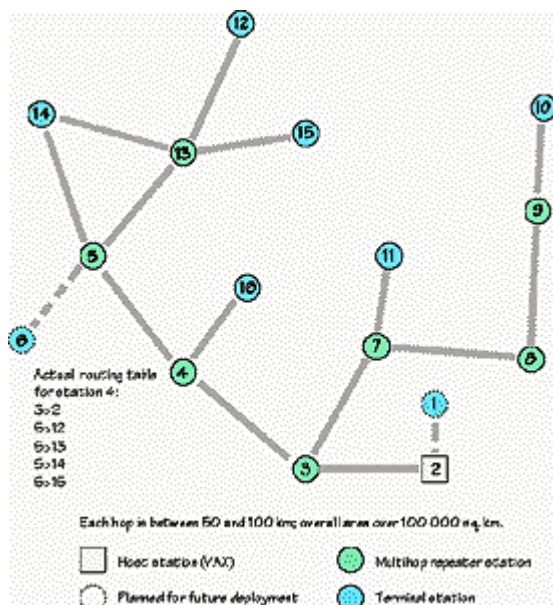
Технические требования к командно-управляющей и информационной радиосетям существенно отличаются: в первом случае необходимо обмениваться короткими сообщениями, в том числе, на значительном удалении. Основной объём данных передается в направлении «земля — борт». Во втором — транслировать с борта летательного аппарата большие объемы информации в виде файлов или потокового видео, как правило, на меньшую дальность. Основной объём данных передается в направлении «борт — земля». Эффективную передачу мультимедийной информации можно организовать только при использовании высокоскоростных широкополосных каналов обмена данными в диапазоне сверхвысоких частот (СВЧ). В связи с этим вышеуказанные радиосети должны строиться на различном оборудовании: командно-управляющая — на узкополосной аппаратуре УКВ диапазона, а информационная — на широкополосной аппаратуре СВЧ диапазона. При этом данные от обеих радиосетей должны обрабатываться и, при необходимости, комплексироваться на едином наземном пульте оператора, обеспечивающем дальнейшее распределение всей информации между заинтересованными пользователями. Такая реализация позволяет говорить о Единой технологической радиосети, имеющей в своем составе подсети УКВ и СВЧ диапазонов.

#### **4. Радиосеть обеспечения мониторинга лесных массивов наземного базирования**

Наземный мониторинг лесных массивов является сравнительно недорогим и эффективным инструментом, позволяющим осуществлять непрерывный контроль за лесными территориями и выявлять пожары на их ранней стадии. Такой метод может включать в себя автоматическое наблюдение со стационарных вышек с использованием различных инструментальных средств, а также наземное патрулирование. Первый из представленных способов начинает находить реальное применение, и технологическая радиосеть представляет собой инструмент, позволяющий расширить масштабы его использования.

В техническом бюллетене ООО «НЦПР» Техническое извещение № 6 «Технологическая радиосеть обеспечения системы мониторинга грозовой активности в лесном хозяйстве на узкополосных радиомодемах»<sup>2</sup> представлена информация о варианте решения задачи раннего обнаружения лесных пожаров с помощью датчиков грозы. Близкая по назначению и реализации радиосеть была развернута в интересах мониторинга леса в провинции Квебек (Канада). Исполнителю удалось создать радиосеть с оперативной зоной более 100 тыс. км<sup>2</sup>, работающую в УКВ диапазоне. Оборудование данной радиосети

было развернуто на существовавших на момент начала работ наблюдательных вышках, а передача данных организована с многократной ретрансляцией. Общая схема данной радиосети представлена на Рис. 2.



## 2. Общая схема радиосети мониторинга леса, развернутой в провинции Квебек (Канада) (архив канадской компании Dataradio).

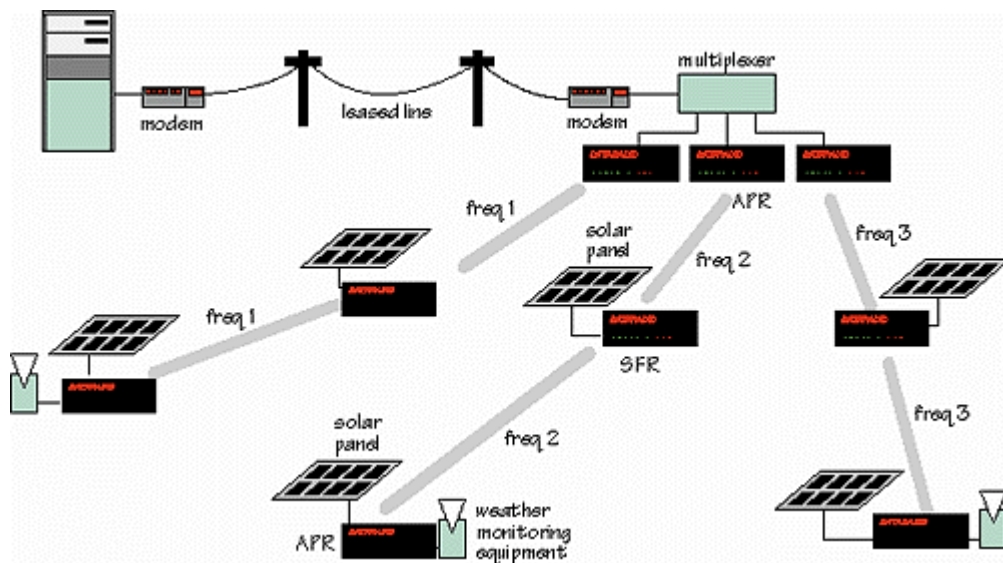
На схеме зеленым цветом выделены радио ретрансляторы, а синим — терминалы радиосети. Все объекты радиосети были оснащены внешними радиомодемами MDLC (Message Data Link Controller), подключенными к голосовым радиостанциям различных моделей и производителей: Midland, Standard и Motorola. Многократная ретрансляция обеспечила возможность надежной работы в обширной оперативной зоне со скоростью обмена данными 2400 бит/с на дальность от 50 до 100 км на отдельном интервале. Технические характеристики радиомодема MDLC представлены в Таблице 1.

### 1. Основные технические характеристики радиомодема MDLC.

Общие характеристики	Радиомодем MDLC
Рабочее напряжение, В	13,6 +/-15% при силе тока 250 мА
Рабочая температура, °С	от -30 до 60
Габаритные размеры, см	33,0 (Ш) x 28,6 (Г) x 5,1 (В)
Масса (в упаковке), кг	2,5
Рабочий режим	Симплекс
<b>Параметры работы в сети</b>	
Скорость передачи, бит/с	1200-4800
Тип передачи	Последовательная синхронная
Тип модуляции	1200/2400 FFSK, 2400 MSK, 4800 DGMSK или биполярная
Контроль ошибки	16 бит CRC

Общие характеристики	Радиомодем MDLC
Коррекция ошибки	подтверждение с повтором
Вариант коррекции ошибки	коды Рида-Соломона, 36 бит в блоке
Количество адресов	255
Надёжность при соотношении сигнал/шум 12 дБ	не хуже $1 \times 10^{-5}$
Выходная мощность передатчика, Вт	2, непрерывный цикл
Вероятность необнаруженной ошибки	не хуже $1 \times 10^{-11}$ ошибок на бит
<b>Модем</b>	
Скорость, бит/с	все стандартные скорости от 50 до 9600
Длина слова, бит	5, 6, 7 или 8
Четность	Четный/нечетный/отсутствует
Стоп-биты	1; 1,5; 2
Квитирование процедуры связи	DTR/CTS или Xon/Xoff (по выбору)
Внешний радио интерфейс (Разъем DB-15F на задней панели)	передача/приём аудио сигнала; выход 12В, вход 12В (защита сети); отключение аудио выхода;  вход передатчика; заземление

Основной технической сложностью при проектировании технологических радиосетей управления и обмена данными на удаленных территориях представляется организация электропитания, однако и эта задача имеет свое решение, в том числе, за счет использования альтернативных источников энергии. Такие технические решения проверены на практике и уже доказали свою эффективность. Например, в восточной части Канады в интересах Национального управления океанических и атмосферных исследований (NOAA — National Oceanic and Atmospheric Administration) на территории крупного лесного массива была развернута технологическая радиосеть сбора данных о метеорологической обстановке. Радиосеть обеспечивала передачу информации об осадках, температуре, влажности, скорости ветра и молниевой активности, а электропитание оборудования производилось с подключением к солнечным батареям. Общая схема радиосети представлена на Рис. 3.



3. Общая схема технологическая радиосети сбора данных о метеорологической обстановке в лесном массиве с питанием от солнечных батарей (архив канадской компании Dataradio).

В данном случае был организован обмен данными в радиосети с топологией «звезда» с дальнейшей передачей данных для их обработки на верхнем уровне системы по магистральному проводному каналу связи. При этом на одном из интервалов использовалась ретрансляция данных. Радиосеть была реализована с применением радиомодема APR, основные технические характеристики которого представлены в Таблице 2.

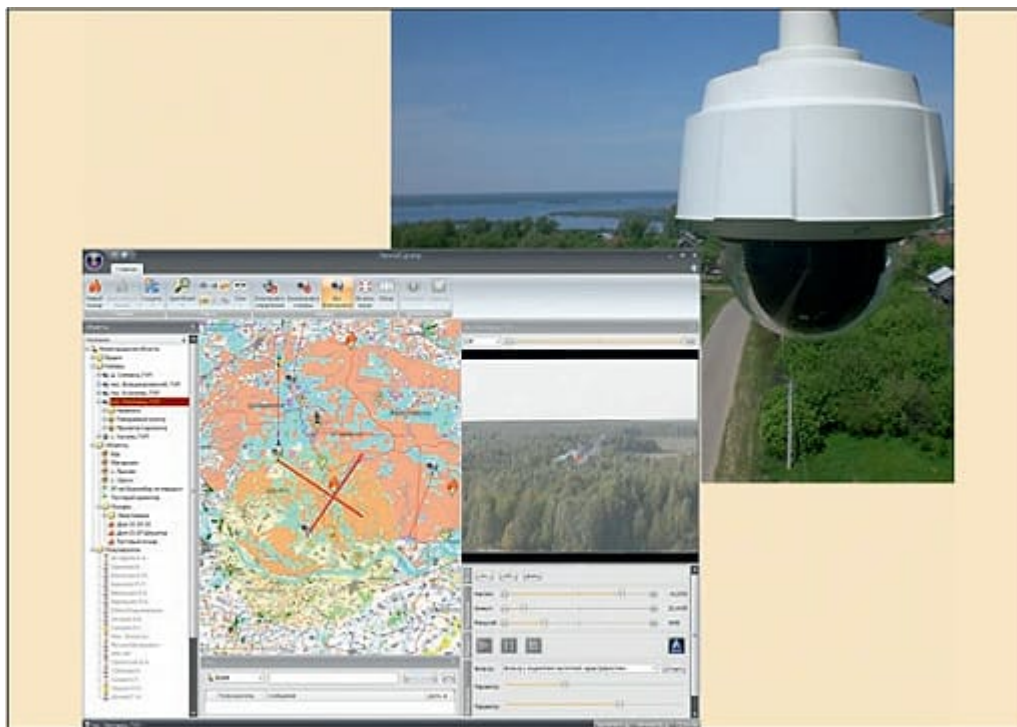
2. Основные технические характеристики радиомодема APR.

Общие характеристики	Радиомодем APR
Диапазон частот, МГц	136-174, 450-470
Шаг сетки частот, кГц	25
Рабочее напряжение, В	110/220 (переменный) или 12 (постоянный)
Рабочая температура, °С	от -30 до 60
Влажность, %	96 (при температуре 40°С без образования конденсата)
Рабочий режим	симплекс, полудуплекс (дуплекс при использовании двух радиомодемов), может использоваться для ретрансляции
<b>Приемник</b>	
Чувствительность (соотношение сигнал/шум 12 дБ), мВ	0,40

Общие характеристики	Радиомодем APR
Стабильность частоты, ppm	±5
Избирательность, дБ	60
Интермодуляция, дБ	60
<b>Передачик</b>	
Выходная мощность, Вт	2
Импеданс, Ом	50
Цикл работы на передачу, %	100
Стабильность частоты, ppm	±5,0
Интерфейс	1, 3 или 5 RS-232 (DB9). До четырех пятипортовых устройств могут быть объединены в стек, чтобы получить до двадцати портов, подключенных к одному радио модулю.
Антенна	BNC (мама)
<b>Модем</b>	
Скорость, кбит/с	2,4; 4,8; 9,6
Индикация	Питание, приём/передача
Вид модуляции	DGMSK
Протокол обмена данными	CARMA (протокол множественного радиодоступа для предотвращения столкновений пакетов) с автоматическим обнаружением и коррекцией ошибок

Однако, с развитием технологий в области обработки видеосигналов, появились новые методы обнаружения и определения местоположения очага возгорания, в основе которых лежит использование в качестве инструментального средства автоматического обнаружения видеокамер, включая инфракрасные.

По субъективному мнению автора настоящей статьи, одной из наиболее удачных российских разработок в этой области является система раннего обнаружения лесных пожаров «Лесной Дозор», разработанная специалистами ООО «ДиСиКон» ([www.lesdozor.ru](http://www.lesdozor.ru)), информация о которой представлена на Рис. 4.



**Рис. 1. Дистанционно управляемая видеокамера и интерфейс программы мониторинга для обнаружения лесных пожаров**

#### 4. Дистанционно управляемая видеокамера и интерфейс программы мониторинга для обнаружения лесных пожаров ([www.lesdozor.ru](http://www.lesdozor.ru)).

Система позволяет на основе полученных от видеокамеры данных устанавливать факт возникновения пожара и определять его местоположение. Изначально предполагалось, что она должна использовать систему связи общего пользования и разворачиваться на вышках сотовой связи, что позволяет задействовать уже готовую выгодную позицию для наблюдения, имеющуюся систему электропитания и каналы сотовой связи для передачи данных. При серьезных выгодах такого подхода он имеет и ряд серьезных ограничений и недостатков, к основным из которых относятся следующие:

- система может разворачиваться только в тех районах, где имеется инфраструктура сотовой связи, а львиная доля территорий, занятых лесами и требующих контроля, такой инфраструктурой не обеспечена;
- трансляция видеоданных через радиосеть общего пользования, каковой является сеть сотовой связи, сопряжена с высокими финансовыми затратами.

Применение технологической радиосети обмена данными позволяет снять вышеуказанные ограничения и недостатки. При этом достижения в области обработки видеосигналов, в том числе, с применением технологии искусственного интеллекта, позволяют снизить нагрузку на технологическую радиосеть обмена данными и обеспечить эффективное использование ее ресурсов. На первый взгляд применение современных и пока дорогостоящих технологий может показаться неоправданным, но затраты на их внедрение в любом случае оказываются несоизмеримо ниже потерь в результате лесных пожаров, а также затрат на их локализацию и ликвидацию последствий, а собственно технологии по мере их «взросления» и расширения применения имеют свойство снижаться в цене. Использование

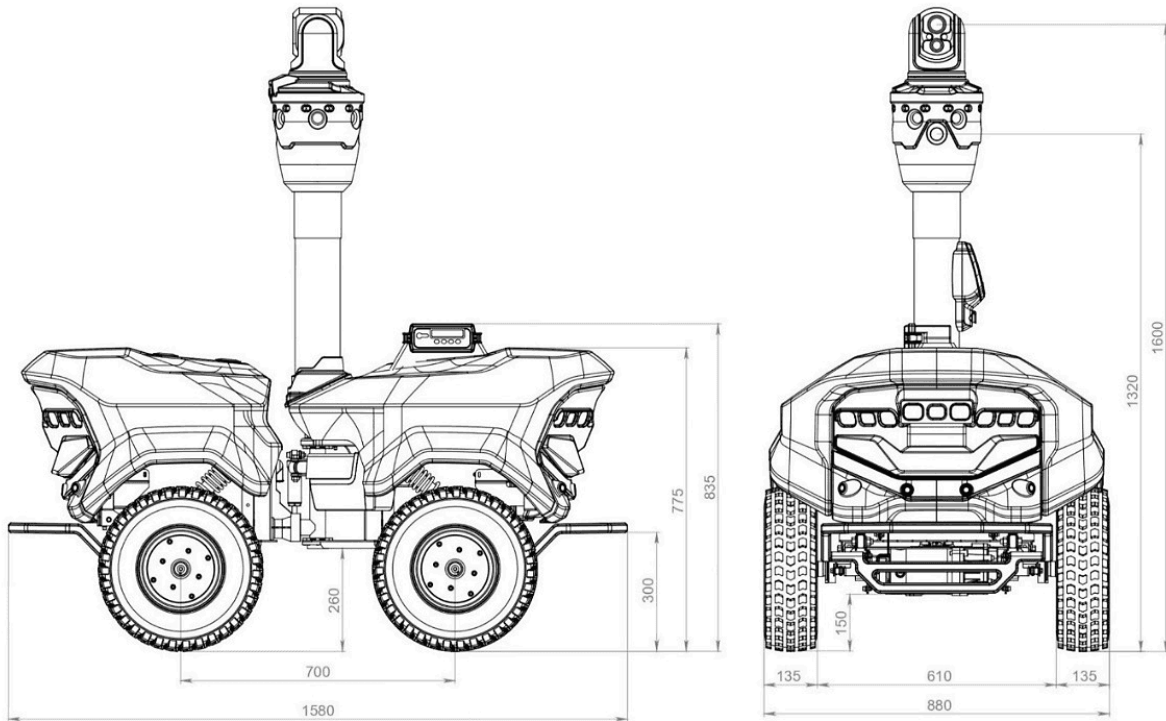
технологической радиосети обмена данными может существенно расширить зону применения системы раннего обнаружения лесных пожаров «Лесной Дозор» и сократить эксплуатационные затраты, связанные с ее эксплуатацией.

При этом, в зависимости от условий и требований к применению на конкретном объекте, для обеспечения работы системы может задействоваться единая технологическая радиосеть управления и обмена данными, использующая аппаратуру, работающую в УКВ и СВЧ диапазонах радиоволн, либо один из сегментов такой радиосети. Работа данной радиосети может быть организована в непрерывном режиме или сеансами, с переводом в «спящий» режим в осенне-зимний период, когда опасность возникновения пожаров становится минимальной.

В настоящее время в интересах наземного патрулирования применяются различные транспортные средства, а в процессе тушения лесных пожаров — тяжелая наземная специальная техника, операторы которой используют средства голосовой связи УКВ диапазона. Вместе с тем, не за горами применение с этой целью и наземных робототехнических комплексов, которые могут использоваться в повседневной обстановке для охраны и мониторинга в интересах предотвращения лесных пожаров, а в случае возникновения последних — для ведения разведки в наиболее опасных зонах в интересах их ликвидации.

Примером такого робототехнического комплекса может быть разработка российской компании «СМП-сервис» ([www.tral.ru](http://www.tral.ru)), технические характеристики которого позволяют использовать его, как минимум, для решения задач патрулирования и разведки. Робот приспособлен для передвижения по пересеченной местности и может использоваться на не подготовленных маршрутах. Дальность хода этого изделия без подзарядки составляет не менее 20 км и может быть увеличена за счет установки дополнительных батарей.

Собственно подзарядка может выполняться роботом самостоятельно в автоматическом режиме, что позволяет существенно расширить возможности по его самостоятельному наземному патрулированию.



Автономный наземный подвижный робот ООО «СМП Роботикс».

В середине 2023 года экспортный вариант данного робототехнического комплекса, предназначенный для эксплуатации на территории США, был адаптирован к использованию технологической радиосети обмена данными на радиомодеме Guardian-400 американского производства, технические характеристики которого представлены в Таблице 3.

### 3. Основные технические характеристики радиомодема Guardian-400.

Общие характеристики	Радиомодем Guardian

Диапазон частот, МГц	406-470, 450-512
Шаг сетки частот, кГц	25 или 12,5 (настраивается программно)
Тип излучения	9K55F1D, 9K35F1D, 11K6F1D, 14K6F1D, 16K4F1D
Потребляемый ток:	
- приём, мА	360 (10 В); 200 (20 В); 150 (30 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)
Номинальная задержка при холодном старте, с	20
Рабочее напряжение, В	10-30, постоянный ток
Рабочая температура, °С	от -30 до 60
Температура хранения, °С	от -45 до 85
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, дуплекс
<b>Приемник</b>	
Чувствительность (вероятность ошибки $1 \times 10^{-6}$ ), дБм:	
- 25 кГц	-100 (19,2 кбит/с), -107 (9,6 кбит/с), -110 (4,8 кбит/с)
- 12,5 кГц	-107 (9,6 кбит/с), -110 (4,8 кбит/с)
Подавление помех по соседнему каналу, дБ	60/12,5 кГц; 70/25 кГц
Интермодуляция, дБ	>75
Избирательность, дБ	>70/25 кГц; >60/12,5 кГц
<b>Передатчик</b>	
Полоса пропускания без подстройки, МГц	64 (406,1-470), 62 (450-512)
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	RS-232 (DB9)

Антенна	TNC (мама) – приём/передача, SMA (мама) – приём (для дуплексных моделей)
<b>Модем</b>	
Скорость, кбит/с	4,8; 9,6; 19,2
Индикация	Питание, состояние, подключение к ЛВС, работа ЛВС, приём/передача
Вид модуляции	2FSK

Следует отметить, что развертывание единой технологической радиосети обмена данными в интересах мониторинга леса и обнаружения лесных пожаров позволяет решать комплекс сопутствующих задач, связанных с лесопользованием, например, вести учёт вырубки непосредственно на делянках с представлением данных в Единую государственную автоматизированную информационную систему учёта древесины и сделок с ней<sup>3</sup> практически в реальном масштабе времени, а также существенно расширить возможности Информационной системы дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз)<sup>4</sup>, дополнив ее объективными данными от инструментальных наземных средств мониторинга.

Рассматриваемая радиосеть может стать средством получения доступа к объективной информации о состоянии леса от инструментальных средств воздушного и наземного базирования в реальном масштабе времени, а в случае подключения к ней пользователей подразделений служб общественной безопасности различной ведомственной принадлежности она также сможет обеспечить эффективное информационное сопровождение их совместной работы при локализации и ликвидации лесных пожаров.

(Продолжение следует)

---

## Сноски

1. **Одно окно** – это термин, обозначающий технологию предоставления услуг для граждан и бизнеса. Технология «одно окно» имеет целью снизить время вынужденного общения граждан и бизнеса и характеризуется тем, что оказание любых услуг концентрируется в одном месте, начиная от подачи заявления, до выдачи результатов решения исполнительного или иного органа. ↩
2. <https://flexlab.ru/technical-bulletin/130-izveshchenie-06-tekhnologicheskaya-radioset-dlya-monitoringa-grozovoj-aktivnosti-v-lesnom-khozyajstve/file> ↩
3. <https://lesegais.ru> ↩
4. <https://aviales.ru/default.aspx?textpage=117> ↩