

УДК 623.1/7

К.Ж. Исабаев rtv_nk@mail.ruВоенно-инженерный институт радиоэлектроники и связи,
г. Алматы, Республика Казахстан

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРОПОСФЕРНОГО КАНАЛА РАДИОСВЯЗИ В МОБИЛЬНЫХ РАДИОЛОКАТОРАХ МЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ВОЛН ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОБНАРУЖЕННЫХ ЦЕЛЯХ

В данной статье рассматривается использование тропосферного канала радиосвязи в радиолокационной станции П-18М для передачи информации об обнаруженных целях. Описывается проблемный вопрос «мертвой» зоны между УКВ и КВ-каналами радиосвязи. Показаны результаты исследования приема сигнала между двумя пунктами. В результате исследования и расчетов предложена новая блок-схема для РЛС П-18М кругового обзора метрового диапазона с функцией передачи данных.

Ключевые слова: радиолокатор, радиолокационная станция П-18М, «мертвая» зона, УКВ радиосвязь, КВ радиосвязь, тропосферная радиосвязь, метровый диапазон, приемник, передатчик, антенна.

Введение

Опыт современных боевых действий показывает, что современные радиолокационные системы разведки должны постоянно менять свою дислокацию и работать на неподготовленных заранее позициях. Это создаёт проблемы организации связи между РЛС разведки и командным пунктом, необходимой для передачи оперативной информации об обнаруженных воздушных целях. Часто радиолокаторам приходится работать на таких удалениях, когда УКВ-связь не работает из-за отсутствия прямой видимости абонента, а КВ-связь не может работать, так как при малых расстояниях до абонента отражение радиоволн от ионосферы невозможно. Такие дистанции в радиосвязи называют «мертвой» зоной (рис. 1) [1]. В данной статье рассматривается возможность использования тропосферного канала радиосвязи в радиолокаторах П-18М для передачи информации об обнаруженных целях.

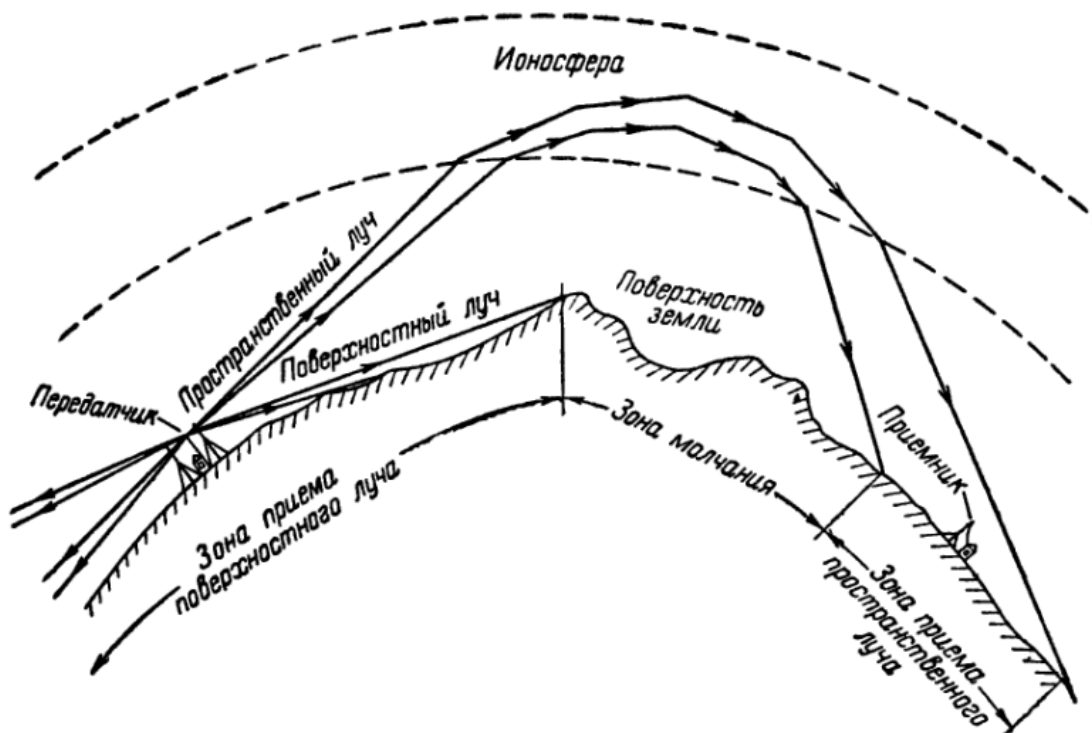


Рисунок 1 – «Мертвая» зона УКВ и КВ-каналов радиосвязи

Если рассчитать по формуле дальности прямой видимости радиолокатора [2]:

$$R_{max}[\text{км}] = 4,12(\sqrt{h_{\text{Пд}}[\text{М}]} + \sqrt{h_{\text{Пм}}[\text{М}]})0, \quad (1)$$

где R_{max} – дальность прямой видимости радиолокатора (км);

$\sqrt{h_{\text{Пд}}[\text{М}]}$ – высота антенны передатчика (м);

$\sqrt{h_{\text{Пм}}[\text{М}]}$ – высота антенны приёмника (м).

При высоте установки двух антенн 5 метров прямая видимость (начало «мёртвой» зоны) заканчивается при $R_{max} = 18$ км.

Методология исследования

С 2020 по 2022 год проведена научно-исследовательская работа по грантовому финансированию в Военно-инженерном институте радиоэлектроники и связи совместно с ТОО «Специальное конструкторско-технологическое бюро «Гранит» [3]. Исследование проводилось в учебном центре института на базе радиолокационной станции П-18М. При регистрации сигналов метрового диапазона радиоволн через тропосферу были обнаружены сигналы от других радиолокаторов, стоящих на боевом дежурстве, удаленных от нескольких десятков до сотен километров от места регистрации. Использование тропосферного канала радиосвязи для передачи оперативной информации может предоставить ряд преимуществ.

Результаты и обсуждение

Тропосферный канал радиосвязи – это канал связи, который образуется в тропосфере – нижнем слое атмосферы, расположенной от поверхности Земли до высоты около 10–15 километров. Является наиболее доступным и используемым каналом связи, который работает на частотах от 30 до 3000 МГц [4]. В этом канале связи сигналы можно передавать на расстояния до нескольких тысяч километров. Одним из преимуществ использования тропосферного канала радиосвязи для передачи информации об обнаруженных целях является возможность передачи на большие расстояния и благодаря своим свойствам может использоваться для передачи информации в условиях, когда другие каналы связи становятся непригодными. Также тропосферный канал радиосвязи надежен и обеспечивает высокую скорость передачи данных. Кроме того, использование тропосферного канала для передачи информации о целях может быть полезно в условиях плохой видимости или сильного электромагнитного шума, когда другие способы связи могут быть ненадежными или неэффективными. Тропосферный канал радиосвязи включает многие явления, связанные с изменением параметров атмосферы. Основными явлениями, влияющими на тропосферный канал радиосвязи, являются [5, 6]:

- ионосферные возмущения;
- околосферное электромагнитное излучение;
- изменение состояния атмосферы;
- рефракция в атмосфере земли.

В целом использование тропосферного канала радиосвязи может улучшить эффективность работы мобильных радиолокаторов и обеспечить более точную передачу информации.

Уверенный приём радиолокационных сигналов в процессе выполнения НИР свидетельствовал, что приём-передачу радиосигнала, возможно, осуществлять за горизонтом. Профиль местности между учебным центром и контрольным пунктом №1 показан на рисунке 2 (расстояние 41 км), а принимаемый радиосигнал – на рисунке 3. Профиль местности между учебным центром и контрольным пунктом №2 показан на рисунке 4, а принимаемый радиосигнал – на рисунке 5 (расстояние 264 км) [7].

Длина интервала, км: 41.02
 Потери в свободном пространстве, дБ: 108.22
Внимание: полузакрытый интервал.

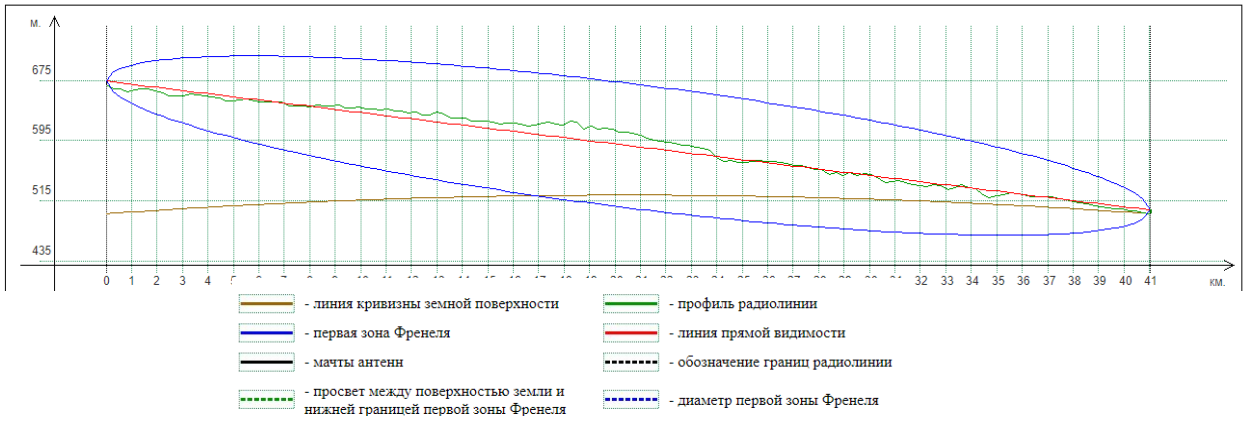


Рисунок 2– Профиль радиолинии между РЛС П-18М учебного центра и контрольным пунктом №1

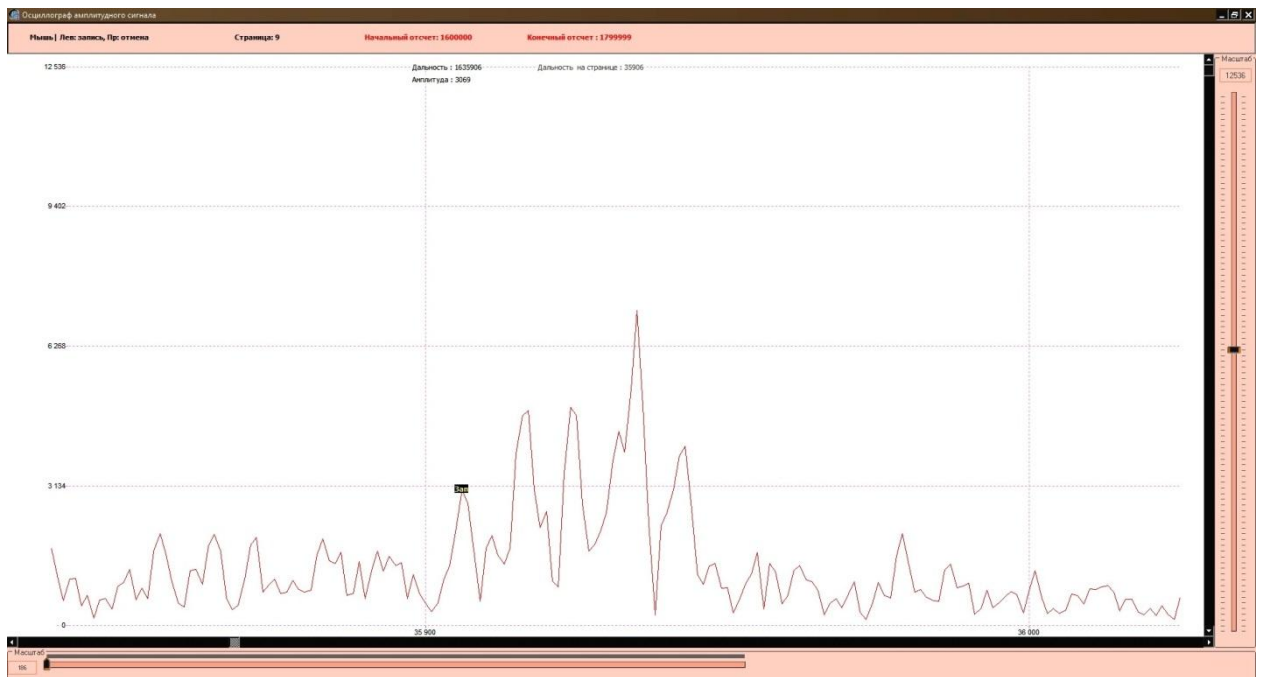


Рисунок 3 – Принятый сигнал РЛС П-18М учебного центра от РЛС П-18М контрольного пункта №1

Длина интервала, км: 264.53
 Потери в свободном пространстве, дБ: 124.41
Внимание: закрытый интервал.

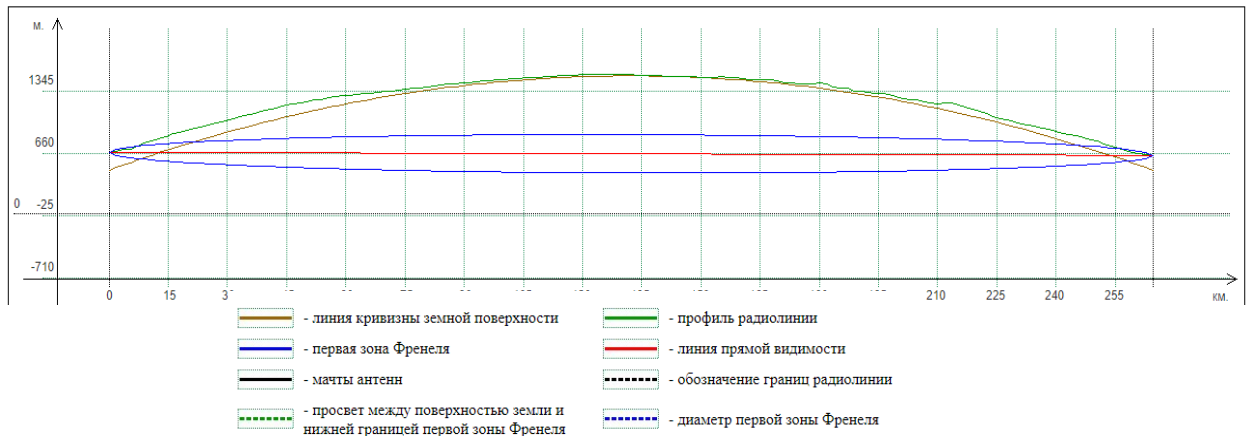


Рисунок 4— Профиль радиолитии между РЛС П-18М учебного центра и контрольным пунктом №2

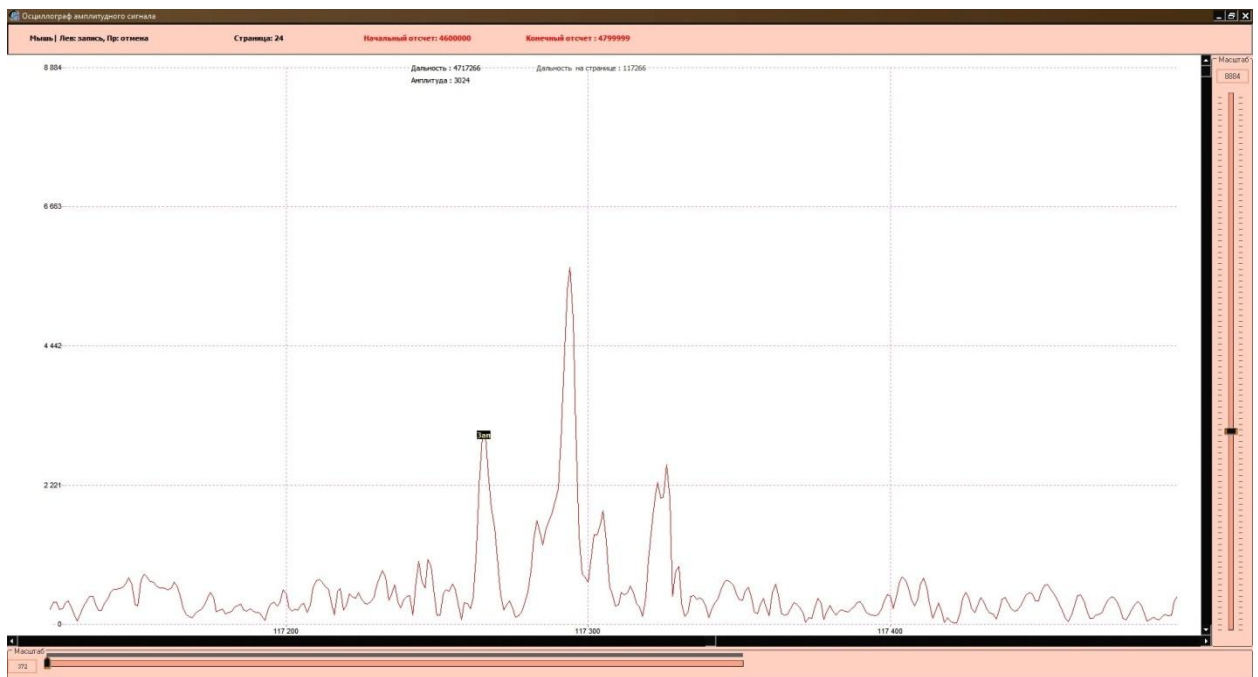
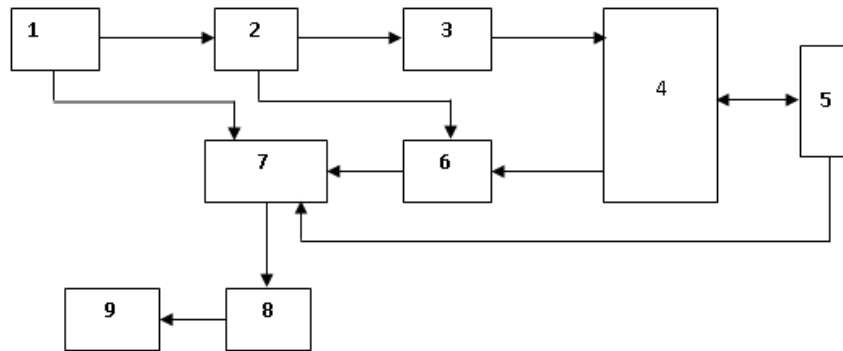


Рисунок 5 – Принятый сигнал РЛС П-18М учебного центра от РЛС П-18М контрольного пункта №2

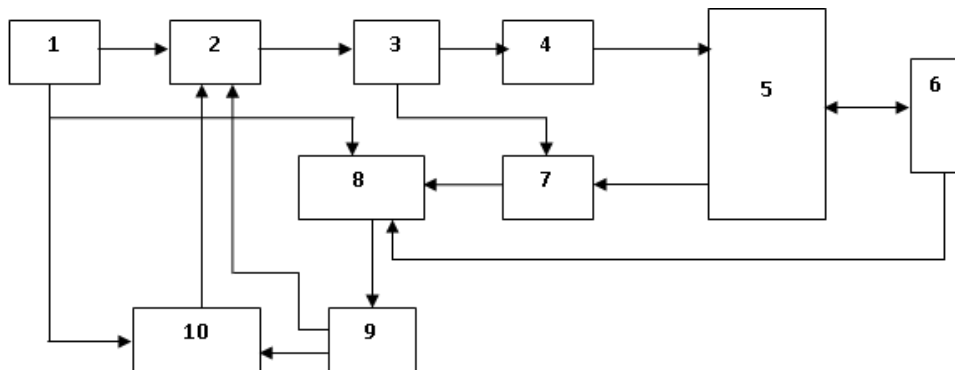
Как следует из приведённых диаграмм, РЛС учебного центра принимало не одиночные импульсы, излучаемые радиолокаторами, а серию импульсов разной амплитуды, что свидетельствует о многопутном прохождении радиоволн в тропосфере [8, 9]. Такое многопутное распространение радиоволн затрудняет надёжную передачу информации через тропосферный канал связи из-за возможной межимпульсной интерференции[10]. Поэтому скорость передачи информации должна быть ограничена таким образом, чтобы передаваемые в канале связи импульсы не накладывались друг на друга в точке приёма.

Заключение

В ходе многомесячных наблюдений в разные сезоны и время суток и при разных погодных условиях было выявлено, что при приёме сигналов из различных контрольных пунктов между первым и последним импульсом максимальная временная задержка равна 120 мкс. Таким образом, за один период зондирования 6 мс можно передать 50 бит информации. Для передачи информации об одной цели нужно 22 бита (11 бит на азимут и 11 бит на дальность). Это означает, что за один такт работы РЛС можно передать информацию о двух целях. Появилась возможность передавать информацию вместо зондирующего сигнала в те моменты времени, когда антенна РЛС разведки направляется в сторону командного пункта. Рассмотрев структурную схему РЛС П-18М (рис. 6,а), было предложено модернизировать этот радиолокатор, дополнив его функцией передачи информации (рис. 6,б). На это техническое решение был получен патент на полезную модель [11].



а. 1 – субблок синхронизации (СБХ), 2 – субблок синтезатора (СБС), 3 – усилитель мощности (УМ), 4 – блок защиты – антенный коммутатор (БЗАК), 5 – антенно-мачтовое устройство (АМУ), 6 – приёмное устройство (ПРМ), 7 – аппаратура предварительной обработки информации (АПОРЛИ), 8 – автоматизированное рабочее место (АРМ), 9 – автоматизированные системы управления (АСУ);



б. 1 – субблок синхронизации (СБХ), 2 – переключатель, 3 – субблок синтезатора (СБС), 4 – усилитель мощности (УМ), 5 – блок защиты – антенный коммутатор (БЗАК), 6 – антенно-мачтовое устройство (АМУ), 7 – приёмное устройство (ПРМ), 8 – аппаратура предварительной обработки информации (АПОРЛИ), 9 – автоматизированное рабочее место (АРМ), 10 – кодер

Рисунок 6 – Блок-схема РЛС П-18М кругового обзора метрового диапазона (а–без функций передачи данных, б – с функцией передачи данных)

На территории постсоветских республик находятся радиолокационные станции П-18 «Терек» (1РЛ131) (рис. 7), которая была создана в начале 1970-х годов и является одной из самых дешевых и массовых станций метрового диапазона. Эти радиолокаторы были модернизированы и переименованы в различных странах по-разному. Но даже до модернизации эти радиолокационные станции могли обнаружить цель и уничтожить, как, например, 27 марта в 1999 году в Югославии РЛС П-18 была сбита американским самолетом F-117 Stealth[12].



Рисунок 7 – РЛС П-18 «Терек»

В Казахстане модернизацией занимается алматинское «СКТБ «Гранит» (филиал головного производственно-технического предприятия «Гранит» в Москве) производит техобслуживание, ремонт и усовершенствование РЛС П-18 по проекту П-18М по заказу противовоздушной обороны Казахстана[12].

В Беларуси в 2008 году на предприятии «Тетраэдр» прошли работы по модернизации РЛС П-18 до уровня П-18БМ (рис. 8)[12].



Рисунок 8 – РЛС П-18БМ

В России в ОАО «НИТЕЛ» и ОАО «НПО «ЛЭМЗ» была создана модернизированная РЛС П18-2 (рис. 9), в которой задействована цифровая обработка данных[12].



Рисунок 9 – РЛС П18-2

В 2002 году по заказу Минобороны Украины корпорация «Укрспецтехника» выполнила в этом же году научно-исследовательскую работу по совершенствованию П-18 как базовой перспективной РЛС, имеющей многоканальную цифровую пространственно-временную обработку сигналов. В результате холдинговая компания создала рабочий макет модернизированной станции П-18 (с твердотельным передатчиком и цифровой антенной-решеткой). В будущем было создано несколько вариантов модернизации П-18 – это П-18МА (киевское научно-производственное предприятие НПП «Аэротехника-МЛТ»), П-18МУ, П-18 «Малахит», П-18ОУ «Оксамит» (ОАО холдинговая компания «Укрспецтехника»)[12].

По имеющимся данным, можно сделать вывод, что все перечисленные радиолокаторы метрового диапазона волн могут через тропосферный канал радиосвязи осуществлять передачу информации об обнаруженных целях.

Список литературы

1. Основы любительской радиосвязи./ Справочное пособие для начинающих радиолюбителей. – 8-е изд., перераб. и доп. –Комсомольск-на-Амуре, СамИздат, 2019. – 400 с.
2. Еременко В.Т. и др. Антенны и распространение радиоволн. – Орел: ОГУ имени Тургенева И.С., 2017. – 329 с.
3. Конкурсная документация на грантовое финансирование по научным и (или) научно-техническим проектам на 2020–2022 годы. Утверждена приказом председателя Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан от 30 апреля 2020 года № 63-нж.
4. Черный Ф.Б. Распространение радиоволн./ Изд. 2-е, доп. и переработ. – М.: «Сов. радио», 1972. – 464 с.
5. Давыденко Ю.И. Дальняя тропосферная связь. – М.: Военное изд-во, 1968. – 212 с.
6. Калинин А.И. Расчет трасс радиорелейных линий. – М.: Связь, 1964.
7. АО «НПФ «Микран». Построение профиля радиолинии // URL: <https://www.micran.ru/tools/profile/>(дата обращения: 20.04.2023).

8. Васильев И.В. Обнаружение неоднородностей в стратосфере радиолокаторами метрового диапазона волн / Б.Т.Жумабаев, А.Д.Мустабеков, В.Г.Петровский, К.Ж.Исабаев // Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей». – 2022. – №3. – С. 32– 40. <https://doi.org/10.38013/2542-0542-2022-3-32-40>
9. Жумабаев Б.Т.Новый полигон для радиофизических исследований в Казахстане / И.В.Васильев, В.Г.Петровский, К.Ж.Исабаев // Известия НАН РК. Серия физико-математическая. – 2021. – №6. – С. 6–14. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-1726.96>
10. Кузьмин Л.В.Способ слепого обнаружения сверхширокополосных хаотических радиоимпульсов на фоне межимпульсной интерференции / А.В.Гриневиц // Журнал технической физики. – 2019. – № 45(16):33 – С. 33–36.<https://doi.org/10.21883/PJTF.2019.16.48154.17840>
11. Васильев И.В., Жумабаев Б.Т., Исабаев К.Ж., Мустабеков А.Д., Петровский В.Г. Радиолокационная станция кругового обзора метрового диапазона волн с функцией передачи данных // Патент на полезную модель Республики Казахстан № 7426. 2022. Бюл. № 36.
12. <https://avia.pro/blog/rls-p-18-terek> (дата обращения: 18.09.2023).