

УДК 621.325:621.391

А.Г. Снисаренко¹, С.В. Малахов¹, Ю.С. Литвинов², Н.Ф. Линник²¹Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков²Факультет военной подготовки НТУ «ХПИ», Харьков

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ РАКЕТНЫХ КОМПЛЕКСОВ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК НА ОСНОВЕ УЧЕТА ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН КВ И УКВ ДИАПАЗОНОВ

Проведены расчеты дальностей радиосвязи при организации обмена информацией в интегрированных системах автоматизированного управления перспективных ракетных комплексов Сухопутных войск. Оценки выполнены для существующих типов радиосредств ультракоротковолнового (P-030) и коротковолнового (P-1150) диапазона.

Ключевые слова: прямая видимость, напряженность поля в точке приема, напряжение на входе приемника радиостанции, высота подъема антенн.

Введение

Высокая маневренность перспективных ракетных комплексов Сухопутных войск (РК СВ) обуславливает высокие требования к оперативности их развертывания при выполнении задач по назначению.

Не вызывает сомнения тот факт, что при оперативном развертывании РК СВ, наименьшее время на включение средств связи, обеспечивающих работу системы автоматизированного управления, имеют радиосредства.

Проведенный анализ средств радиосвязи пунктов управления (ПУ) различных уровней перспективных РК СВ показал, что в состав средств по обеспечению радиосвязи будут входить радиостанции коротковолнового (КВ) и ультракоротковолнового (УКВ) диапазонов волн.

Анализ литературы. Важно отметить, что в ходе создания мобильной компоненты перспективной системы связи и автоматизации тактического звена управления Вооруженных сил Украины с использованием опорной сети на радиорелейных станциях [1] и базовых станций радиодоступа подвижных пользователей [2] наряду с использованием радиорелейных станций и станций широкополосного беспроводного абонентского доступа планируется комплексное использование и традиционных линий прямой радиосвязи УКВ диапазона. Одним из основных отечественных разработчиков отдельных средств и комплексов средств связи, а также средств информатизации для создания системы связи и информатизации тактического звена управления СВ Вооруженных сил Украины является ООО „Телекарт-прибор“, г. Одесса [3]. Этим предприятием разработан принятый на вооружение парк радиостанций УКВ и КВ диапазонов, приоритетность ис-

пользования которых при разработке перспективных средств вооружения отмечена в [1].

Целью данной статьи является рассмотрение вопросов, связанных с:

1) практикой использования известных инженерных методов расчета напряженности поля в точке приема и напряжения на входе приемника для радиостанций УКВ и КВ диапазонов, размещенных в унифицированных командно-штабных машинах (КШМ);

2) оценкой достижимых дальностей радиосвязи стационарных абонентов РК СВ (мобильных элементов РК в местах их оперативного развертывания) с учетом обеспечения уверенного приема сигнала;

3) выработкой рекомендаций относительно взаимного расположения командных пунктов (КП) и ПУ перспективных РК СВ при выполнении ими задач по назначению.

Актуальность рассматриваемых вопросов обусловлена необходимостью выработки рекомендаций для проектирования подсистемы радиосвязи, обеспечивающей устойчивый обмен информацией в системах автоматизированного управления перспективных РК, с учетом специфики их применения [4, 5].

Основной материал

Важно отметить, что при организации радиоканалов связи, обеспечивающих обмен информацией в интегрированных системах управления ракетным оружием необходимо учитывать специфику распространения радиоволн КВ и УКВ диапазонов с учетом рельефа местности. С учетом того, что при оперативном развертывании для выполнения задач по назначению КП и ПУ перспективных РК СВ могут занимать участок местности сопоставимый или несколько превышающий участок местности, который характерен для участка занимаемого основной

боевой единицей в тактическом звене управления [1], следует полагать, что радиосвязь может быть организована с использованием земных волн УКВ и КВ диапазонов. При этом принципиальным моментом является то, что КП и ПУ ракетных формирований должны располагаться в пределах расстояний прямой видимости или близких к этому расстоянию.

Необходимо отметить, что отличительной особенностью радиосвязи в УКВ диапазоне является то, что устойчивая связь обеспечивается только в пределах прямой видимости $R_{пр}$. При этом принята следующая градация [6, 7]:

- зона видимости $\sim 0,7 \div 0,8 R_{пр}$;
- зона полутени $R_{пр}$.

В некоторых случаях связь в УКВ диапазоне возможна и за пределами зоны прямой видимости за счет дифракционных процессов на расстоянии $1,2 R_{пр}$, которое называют „зоной тени” или „зоной невидимости”.

Расстояние прямой видимости может быть определено согласно известному выражению [6, 7]:

$$R_{пр} = 3,57(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), \text{ км.} \quad (1)$$

Поскольку КШМ РК СВ по своей конструкции являются унифицированными, т.е. антенны на всех ПУ/КП располагаются на одинаковой высоте, то выражение (1) можно упростить:

$$R_{пр} = 7,14\sqrt{h}, \text{ км.} \quad (2)$$

График зависимости расстояния прямой видимости (где, 1 – $R_{пр}$; 2 – $0,8R_{пр}$; 3 – $1,2R_{пр}$) от высоты установки антенн на КШМ приведен на рис. 1.

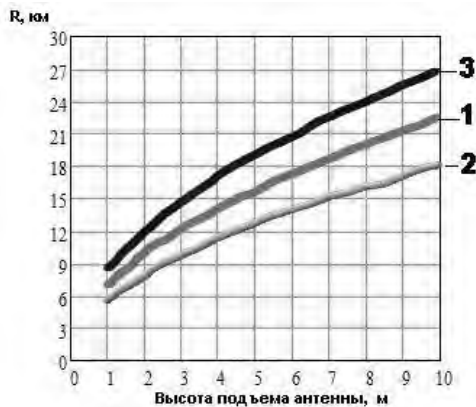


Рис. 1. Зависимость расстояния прямой видимости от высоты установки антенны

В случае плоской земли и нормальной атмосферной рефракции выражение (2) принимает вид:

$$R_{пр} = 8,28\sqrt{h}, \text{ км.} \quad (3)$$

В этом случае, зависимость расстояния прямой видимости от высоты подъема антенны примет вид представленный на рис. 2.

Из графиков на рис. 1, 2 легко определить расстояния прямой видимости, а также расстояние в „зоне тени” в зависимости от высоты подъема антенны по отношению к поверхности Земли.

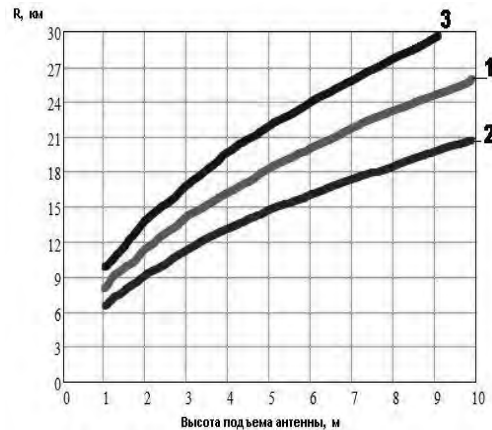


Рис. 2. Зависимость расстояния прямой видимости от высоты подъема антенны

Рассмотрим возможности использования известных математических методов расчета напряженности поля в точке приема и напряжения на входе приемника. Так одним из основных методов расчета напряженности поля в точке приема в диапазоне УКВ радиоволн, является расчет по формуле Введенского [6]:

$$E = \frac{2,18 \cdot \sqrt{P_1 \cdot D_1} \cdot h_1 \cdot h_2}{r^2 \cdot \lambda}, \text{ мкВ/м} \quad (4)$$

Проведем пересчет напряженности поля в точке приема E на значение напряжения на входе приемника радиостанции Р-030, используя соотношение (5):

$$U = E \cdot l, \text{ мкВ}, \quad (5)$$

где l – действующая длина приемной антенны, определяемая из соотношения (6):

$$l = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{\omega_2 \eta_2 G_2}{73,1}}, \text{ м}, \quad (6)$$

где λ – длина рабочей волны, м; ω_2 – волновое сопротивление фидера приемной антенны, Ом; η_2 – КПД фидера; G_2 – коэф. усиления приемной антенны.

Результаты расчета приведены на рис. 3.

Анализ полученных аналитических результатов показывает, что они противоречат практическим. Это объясняется тем, что расчеты по методу Введенского справедливы для случая высоко поднятых передающих и приемных антенн (порядка десятков и сотен метров). В нашем же случае высота подъема антенн практически соизмерима с половиной длины рабочей волны. Отсюда следует, что для практических расчетов при проектировании радиоканалов перспективных РК СВ использовать метод Введенского нецелесообразно. Поэтому воспользуемся методом расчета по упрощенной интерференционной формуле [6]:

$$E = \frac{173 \cdot \sqrt{P_1 \cdot D_1}}{r} \cdot F, \text{ мкВ/м}, \quad (7)$$

где F – затухание, определяемое выражением

$$F = \frac{4\pi \cdot \sqrt{h_1^2 + h_0^2} \cdot \sqrt{h_2^2 + h_0^2}}{\lambda \cdot r}, \quad (8)$$

где h_0 – приведенная высота в метрах.

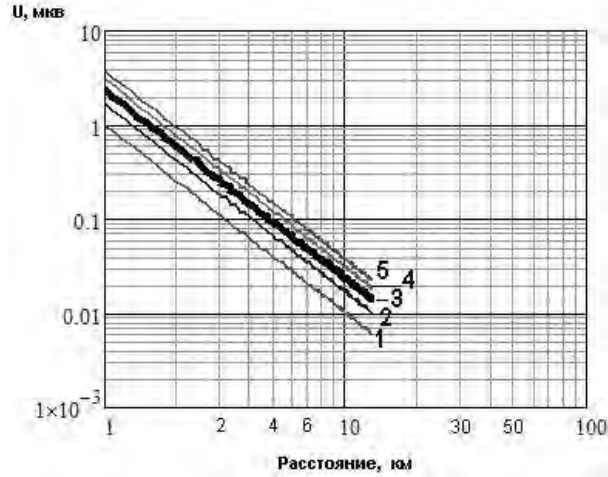


Рис. 3. Результаты расчета:
1 – 30 МГц; 2 – 50 МГц; 3 – 30 МГц;
4 – 90 МГц; 5 – 110 МГц

И, поскольку высоты подъема антенн в нашем случае равны (все КШМ унифицированные), то выражение (8) примет следующий вид:

$$F = \frac{8\pi \sqrt{h_{1,2}^2 + h_0^2}}{\lambda \cdot r}. \quad (9)$$

Результаты расчета напряжения на входе приемника для сухой почвы представлены на рис. 4, а для влажной на рис. 5.

Расчеты проводились для значения коэффициента направленного действия (КНД) антенны равного 3,2, т.е. для четвертьволнового ($\lambda/4$) вибратора на идеально проводящей земле.

Анализ результатов расчетов позволяет утверждать, что в пределах прямой видимости и „зоне тени” в не зависимости от типа почвы возможен устойчивый прием сигналов с соотношением сигнал/помеха ~ 10 (справедливо для случая равнинной местности).

При проведении дальнейших расчетов для „зоны тени” было установлено, что известный математический аппарат, а именно, дифракционная формула Фока [6], не позволяет осуществить расчеты. Этому факту есть следующие объяснения:

1 – известные методы расчета УКВ радиолоний в „зоне тени”, т.е. дифракционные методы (как графические, так и математические) применимы для случая высоко поднятых антеннах. В нашем же случае антенны высоко поднятыми считать нельзя;

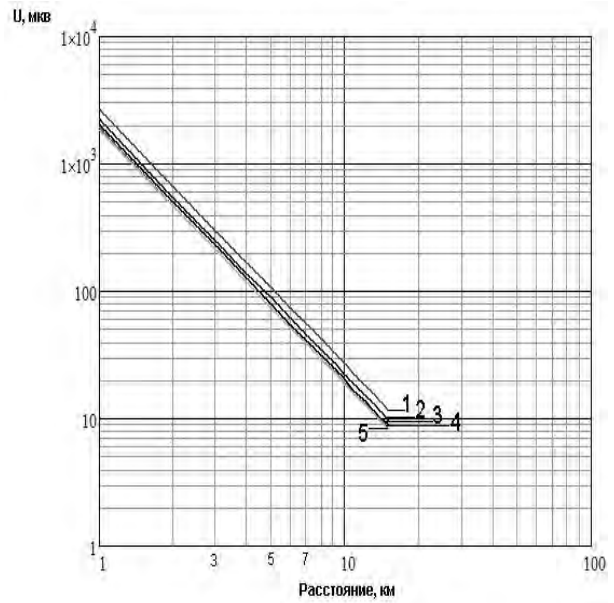


Рис. 4. Результаты расчета напряжения на входе приемника для сухой почвы:
1 – 30 МГц; 2 – 50 МГц; 3 – 30 МГц;
4 – 90 МГц; 5 – 110 МГц

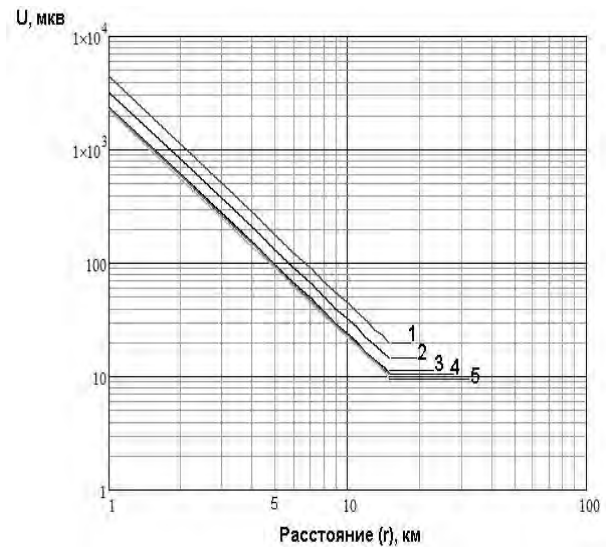


Рис. 5. Результаты расчета напряжения на входе приемника для влажной почвы:
1 – 30 МГц; 2 – 50 МГц; 3 – 30 МГц;
4 – 90 МГц; 5 – 110 МГц

2 – использование дифракционных методов для оценки дальности связи (в „зоне полутени” и „зоне тени”) при малых высотах подъема антенн не позволяют сделать корректные вычисления, поскольку использование дифракционных методов базируется на использовании терминов „масштаба расстояний” и „масштаба высот” [6], а они (и их изменение), в рассматриваемом случае, настолько малы, что не позволяют использовать известный математический аппарат;

3 – при небольших удалениях от передатчика дифракционные формулы вырождаются в интерференционные.

Рассмотрим результаты расчета КВ радиолнии проведенные с использованием формулы Шулейкина-ван-дер-Поля [6].

Результаты расчета напряжения на входе приемника в диапазоне дневных волн (10 – 25 м) для сухой почвы представлены на рис. 6.

Для влажной почвы – соответственно на рис. 7.

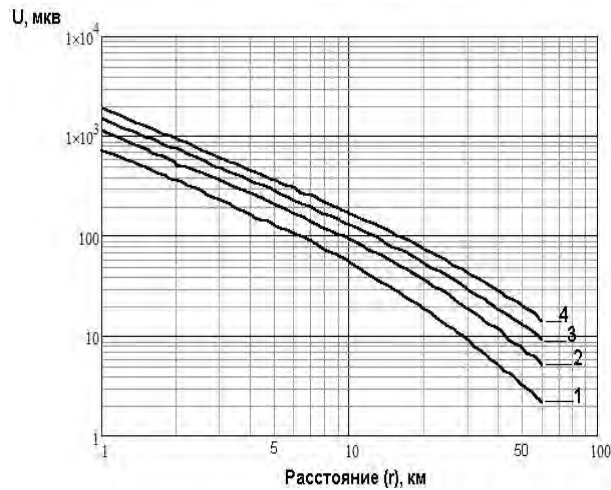


Рис. 6. Результаты расчета напряжения на входе приемника в диапазоне дневных волн (10 – 25 м) для сухой почвы: 1 – 10 м; 2 – 15 м; 3 – 20 м; 4 – 25 м

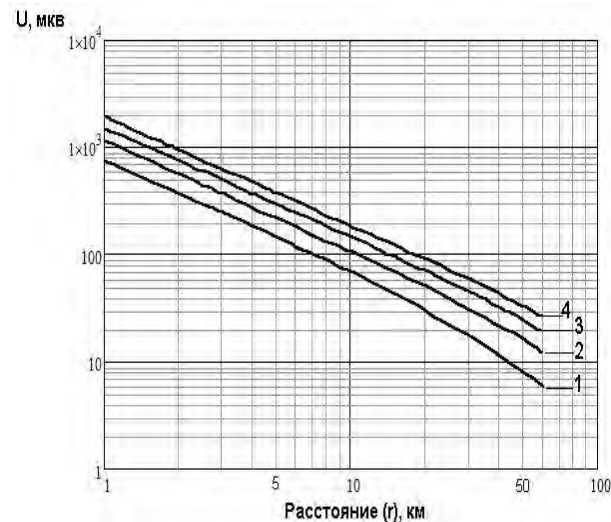


Рис. 7. Результаты расчета напряжения на входе приемника в диапазоне дневных волн (10 – 25 м) для влажной почвы: 1 – 10 м; 2 – 15 м; 3 – 20 м; 4 – 25 м

На рис. 8 представлены результаты расчета напряжения на входе приемника в диапазоне ночных длин волн (35 – 100 м) для сухой почвы, а на рис. 9 –

для влажной почвы.

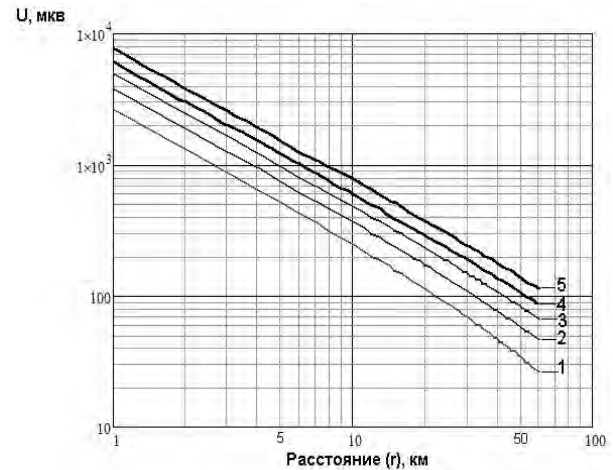


Рис. 8. Результаты расчета напряжения на входе приемника в диапазоне ночных длин волн (35 – 100 м) для сухой почвы: 1 – 10 м; 2 – 15 м; 3 – 20 м; 4 – 25 м

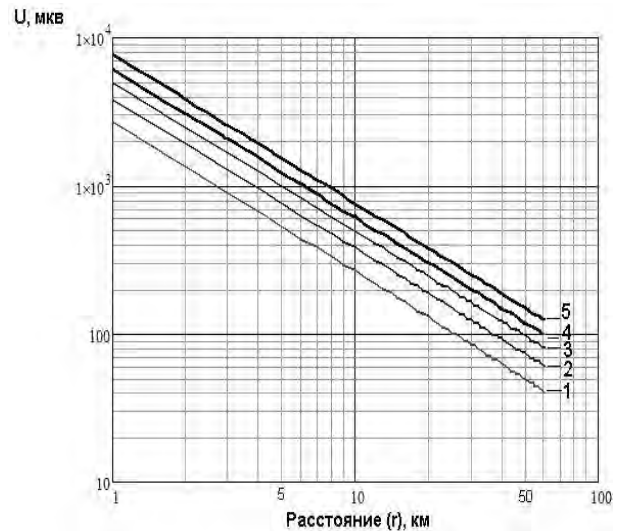


Рис. 9. Результаты расчета напряжения на входе приемника в диапазоне ночных длин волн (35 – 100 м) для влажной почвы: 1 – 10 м; 2 – 15 м; 3 – 20 м; 4 – 25 м

Анализ представленных результатов расчетов для КВ диапазона показывает, что в не зависимости от использования дневных или ночных частот, а также типа почвы, посредством земной волны обеспечивается устойчивый прием сигналов с соотношением сигнал/помеха не менее 10.

Выводы

1. Использование в интегрированных системах автоматизированного управления и связи перспективных РК СВ коротковолновых и ультракоротковолновых радиостанций существующих типов (Р-1150 и Р-030) удовлетворяет требованиям сохра-

нення високої мобільності ракетних формувань і забезпечує підтримку устійчивого обміну інформацією при їх оперативному розвертванні.

2. При організації обміну інформацією в УКВ діапазоні необхідно учити відстань прямої видимості між взаємодіючими абонентами радіосети ракетного формування. Проведені розрахунки показують, що при використанні вищезгаданих радіостанцій, в зоні оперативного розвертвання РК СВ (позиційному районі) забезпечується устійчива радіосвязь. В ряді випадків связь можлива і в зоні радіотіні.

3. При організації обміну інформацією в КВ діапазоні забезпечується устійчива связь земною хвилею в межах позиційного району займаемого ракетним формуванням.

4. Розташування ПУ/КП мобільних РК СВ на місцевості при їх оперативному розвертванні необхідно здійснювати з урахування рельєфу місцевості і відстаней прямої видимості між взаємодіючими елементами комплексу.

5. Низькі висоти підйому штатних штыре-вих антен, існуючих на всіх подвижних елементах РК СВ (КШМ і пускові установки), не дозволяють використовувати відомі математичні методи розрахунку напруженості поля в точці прийому в зонах „полутіні” і „тіні”.

Список літератури

1. Малаярчук М.В. Архітектура мобільного компоненту перспективної системи зв'язку автоматизації тактичної ланки управління Збройних Сил України з використанням опорної мережі на радіорелейних станціях /

М.В. Малаярчук, С.П. Колачов, А.А. Швець // 36. наук. пр. ВІТІ НТТУ „КПІ”. – 2009. – № 3. – С. 45-50.

2. Харбін О.В. Структурна схема мобільної базової станції радіодоступу рухомих користувачів системи зв'язку та інформатизації тактичної ланки Збройних Сил України / О.В. Харбін, О.Ю. Сирюк // Системи озброєння і військова техніка. – X.: ХУПС, 2010. – № 1(21). – С. 94-99.

3. Варианты развертывания системы связи тактического звена [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.telecard.odessa.ua/production/armyproductions/additional/vaiants>.

4. Гурский Б.Г. Основы теории систем управления высокоточных ракетных комплексов Сухопутных войск / Б.Г. Гурский, М.А. Люцанов, Э.П. Спирин; под ред. В.Л. Солунина. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 328 с.

5. Димидюк Н. Автоматизация управления ракетной бригадой, вооруженной комплексом Р-17Э / Н. Димидюк, В. Иванов // Военный парад. – 2005. – № 2(68). – С. 30-33.

6. Долуханов М.П. Распространение радиоволн / М.П. Долуханов. – М. Связь, 1972. – 336 с.

7. Калинин А.И. Распространение радиоволн и работа радиолиний / А.И. Калинин, Е.Л. Черенкова. – М. Связь, 1971. – 439 с.

Поступила в редколлегию 11.06.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Фоменко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБМІНУ ІНФОРМАЦІЄЮ В ІНТЕГРОВАНІХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ СУХОПУТНИХ ВІЙСЬК З УРАХУВАННЯМ ОСОБЛИВОСТЕЙ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ РАДІОХВИЛЬ КХ І УКХ ДІАПАЗОНІВ

А.Г. Снісаренко, С.В. Малахов, Ю.С. Литвинов, М.Ф. Линник

Проведені розрахунки дальностей радіозв'язку при організації обміну інформацією в інтегрованих системах автоматизованого управління перспективних ракетних комплексів Сухопутних військ. Оцінки виконані для існуючих типів радіозасобів УКВ (Р-030) і КВ (Р-1150) діапазону.

Ключові слова: пряма видимість, напруженість поля в точці прийому, напруга на вході приймача радіостанції, висота підйому антен.

REASONING OF POSSIBILITIES OF SUPPLYING WITH THE EXCHANGE OF INFORMATION IN THE INTEGRATED SYSTEM AUTOMATED CONTROL OF MISSILE COMPLEXES OF OVERLAND ARMIES ON BASES TAKING INTO ACCOUNT ESPECIALLY SPREADING OF RADIO WAVES OF SW AND VHF BANDS

A.G. Snisarenko, S.V. Malakhov, Y.S. Litvinov, N.F. Linnik

Conducted deductions of distances of radio contact during organization of exchange of information in integrated system of automated control of perspective missile complexes of overland armies. Reasonings executed for the type of radiosredstv UKV (R-030) and KV (R-1150) of range is present.

Key words: straight kind, tension of the field in the points of reception, tension on an entrance receiver the wireless station, sublimity of getting up of aerials.