

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 13.08.2024 14:49:25

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5ff1c11eab0f73e943df6a48541f1b56d089

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе


« 15 » 2024


ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБОРУДОВАНИЯ СЕТИ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Методические указания
по выполнению практических работ
по курсу «Проектирование сетей сотовой связи»
для студентов направления подготовки 11.03.02

Курск 2021

УДК 621.3.095

Составитель А.Е.Севрюков

Рецензент

Доктор технических наук, профессор *В.Г. Андронов*

Определение параметров оборудования сети сотовой связи:
методические указания по выполнению практических работ по курсу
«Проектирование сетей сотовой связи» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.
А.Е.Севрюков. Курск, 2021. 14 с.

Содержат методические указания по выполнению практических работ «Определение параметров оборудования сети сотовой связи» по курсу «Проектирование сетей сотовой связи».

Методические указания соответствуют требованиям типовой программы, по направлению подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», рабочей программы дисциплины «Проектирование сетей сотовой связи».

Предназначены для студентов направления подготовки 11.03.02 заочной формы обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано печать *15.03* Формат 60x841/16.

Усл. печ. л. 0,81. Уч.-изд. л.0,74. Тираж 100 экз. Заказ *423*. Бесплатно

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Введение

Сотовые системы радиосвязи (ССР) в их современном виде начали активно развиваться как в мире, так и в нашей стране, начиная примерно с середины 80-х годов XX-го века, пройдя при этом относительно непродолжительный период, но при этом совершив достаточно динамичное становление. В настоящий момент ССР с точки зрения практических достижений находятся на этапе 3-4-го поколения и являются важной составляющей инфраструктуры связи национального, международного и глобального уровня. Роль ССР в создании так называемого инфокоммуникационного общества, главной сущностью которого является информационная глобальность, будет неуклонно расти.

Очевидно, что это обусловлено существенными достоинствами ССР, в числе которых одним из наиболее практически важных является обеспечение высоких потребительских свойств услуг связи, предоставляемых с помощью ССР абонентам. К числу таковых следует отнести высокие технические и технико-экономические показатели ССР, проявляющиеся в предоставлении широкого спектра услуг связи (голосовая связь, передача данных: короткие сообщения (SMS), мультимедийные сообщения (MMS), доступ в Интернет и т.д.) в сочетании с высоким качеством и надежностью связи при относительно невысоких тарифах.

Следует отметить некоторые особенности развития ССР, характерные в целом для систем связи, как в настоящий период, так и на длительную перспективу. Во-первых, принято все существующие ССР, как в прочем и все системы радиосвязи, разделять на две группы: подвижные и фиксированные [1]. При этом в качестве критерия классификации используется признак привязки средства радиосвязи к точке пространства (может перемещаться или нет). Поскольку уже в настоящее время этот признак стал практически мало значимым и в будущем главнейшим требованием абонента несомненно будет являться максимальная мобильность (как локальная, так и глобальная), то данное деление ССР вообще теряет смысл. Во-вторых, объективные процессы интеграции и конвергенции систем связи также указывают на то, что ССР становятся универсальными как по функциям (многофункциональными, интегрированными, мультисервисными), по практически унифицированным используемым методам передачи информации, так и по стандартизированной элементной базе.

Вместе с тем проектирование ССР, в которых используются современные и передовые технологии, при необходимых ограничениях, представляет актуальную и достаточно сложную техническую задачу, так как реализация потенциальных возможностей дорогостоящего оборудования ССР во многом зависит от конкретных условий ее применения.

В свою очередь, последние должны быть определены оптимальным образом, на основе научно обоснованной методики. Следует, однако, отметить, что в практике проектирования систем связи, вообще, и систем радиосвязи, в

частности, полностью оптимальное проектирование не применяется, что оправдывается существенным упрощением получения технологического процесса.

В данной и последующих методических рекомендациях предложена и приводится в практическом виде методика подоптимального проектирования, в основе которой заложен системный подход при расчете главнейших показателей функционирования ССР, таких как параметры частотно-территориального планирования всей структуры сотовой сети радиосвязи, то есть собственно сотовой инфраструктуры и сети соединительных линий между элементами этой структуры, и энергетические параметры радиооборудования, используемого для организации связи в рассматриваемой ССР.

1. Принципы и методы организации сотовых систем радиосвязи (ССР)

Мобильная связь организуется с помощью систем сотовой радиосвязи (ССР). Современные ССР обеспечивают мобильность абонента практически по всему земному шару.

Структура современной ССР показана на рис.1.1. Ее основными элементами являются: территория обслуживания (ТО), соты, базовые станции (БС), центральной станции (ЦС), выполняющей функции центра коммутации и обслуживания, соединительные линии (СЛ), мобильные абонентские станции (АС).

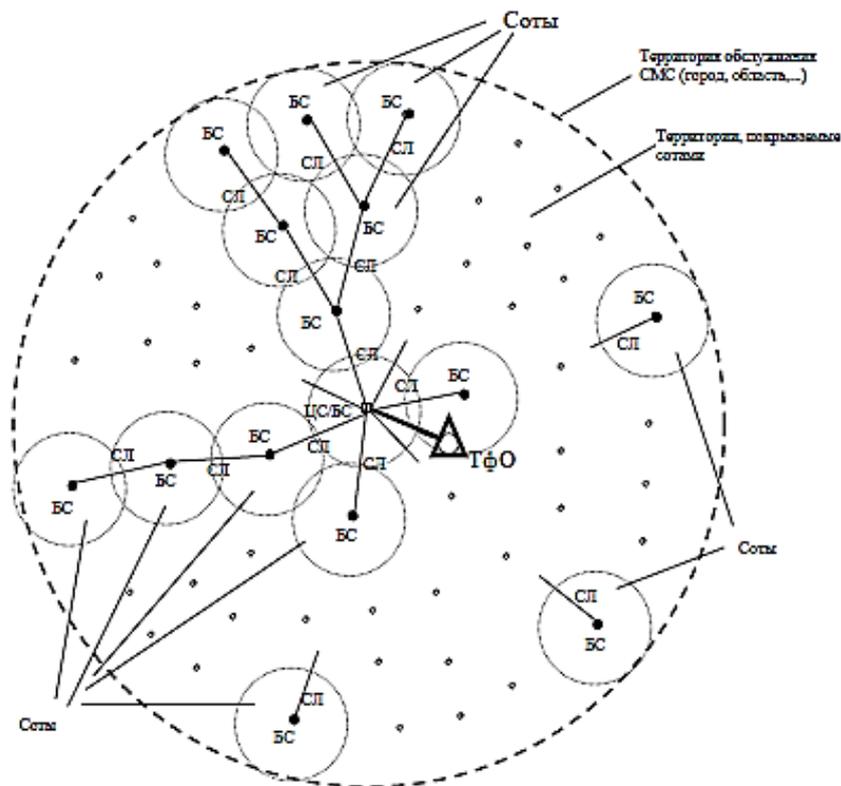


Рисунок 1 - Общая структура сотовой системы радиосвязи

Вся ТО покрывается отдельными сотами, представляющими локальные зоны обслуживания небольшой территории в пределах этой соты. Сота формируется радиопокрытием БС, приемопередающая антенна которой имеет круговую диаграмму направленности. БС всех сот соединяются посредством соединительных линий (СЛ) с ЦС, который, в свою очередь, подключается к телефонной сети общего пользования ТфОП, к другим ССР, к ЦСИО и другим сетям связи. Таким образом, весь объем информации (трафик) проходит через ЦС и там контролируется. Одной из основных функций ЦС является маршрутизация входящих и исходящих сообщений абонентов.

АС (точнее абонент) может свободно перемещаться из соты в соту, благодаря применению процедуры *хэндовера* (ведения абонента, эстафетной передачи абонента). Управляет этой процедурой также ЦС. Когда абонент с АС перемещается на территорию обслуживания другой ССР, ему также обеспечивается связь, благодаря применению в ССР процедуры *роуминга* - временную передачу зарегистрированного абонента под контроль посещаемой им ССР, в которой он автоматически регистрируется как визитер (гость, посетитель) в специальной базе данных (БД) - гостевом регистре местоположения. ЦС своей (домашней) ССР уведомляется о роуминге абонента для учета этого как дополнительной услуги. В домашней ССР абонент постоянно зарегистрирован в БД, называемой домашним регистром местоположения.

В оборудовании ЦС имеется автоматическая система тарификации (биллинговая система), которая производит непрерывной контроль соединений каждого абонента и начисляет каждому плату за предоставленные услуги связи.

Отличительной особенностью сотовых СМС является повторное использование рабочих частот, что позволяет существенно (теоретически - до бесконечности) повышать емкость системы при работе в фиксированной полосе радиочастот. При этом в соседних сотах используются разные частоты, а через несколько сот эти частоты могут использоваться повторно. Группа разных частот, используемых в смежных сотах, представляет собой частотный кластер, а число частот в такой группе называется размерностью кластера $N_{кл}$. Для получения однородного распределения рабочих частот в пределах ТО размерность кластера должна выбираться из определенного ряда (ромбические числа): $N_{кл} = 3; 7; 13; 21...$. При этом следует иметь в виду, что увеличение $N_{кл}$ уменьшает эффективность сотовой ССР и, поэтому, на практике ограничиваются обычно первыми тремя значениями. БС, на которых допускается повторное использование рабочих частот, должны быть удалены друг от друга на некоторое расстояние $R_{бс}$, которое определяется соотношением $R_{бс} = R_c \sqrt{3N_{кл}}$, где R_c - радиус соты.

Чем больше $R_{бс}$, тем меньше уровень соканальных помех, возникающих от передатчиков других сот работающих на совпадающих частотах. В однородной сотовой ССР при расчете показателей ее работы принимается, что максимальное число соканальных помех равно 6 (хотя реальное число их

больше, но все помехи кроме 6 наиболее близких имеют значительно меньшие уровни и их в общем случае не учитывают).

Эффективным способом снижения общего уровня помех, воздействующих на определенную БС, является секторирование сот за счет применения направленных секторных антенн вместо одной всенаправленной с круговой диаграммой направленности антенны (ДНА). Обычно используется секторирование на 3 или 6 секторов соответственно применением антенн с шириной ДНА 120° и 60° . При использовании 3-х секторных сот число мешающих сигналов уменьшается в 3 раза, а при 6-ти секторных - в 6 раз.

Практическое занятие №1

Определение параметров приемника базовой станции (БС) сотовой связи

Цель практических занятий:

Обучить студентов принципам расчета и построения систем сотовой связи GSM, подготовить их к выполнению расчетно-графических работ по данной дисциплине.

Таблица 1.1 - Исходные данные (последняя цифра зачетной книжки)

	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Средняя частота приема, МГц,	915	900	890	905	910	908	910	908	912	895
Волновое сопротивление антенно-фидерного тракта, $W_{пр}$ Ом	50	75	50	75	50	75	50	75	50	75
Чувствительность приемника, $\gamma_{пр}$ мкВ	0,35	0,30	0,25	0,40	0,40	0,38	0,25	0,45	0,35	0,35
Отношение сигнал/шум на выходе приемника, $(S/N)_{вых}$ дБ	12	10	11	13	14	15	16	10	11	13
Коэффициент усиления по мощности приемной антенны, $G_{прм}$ дБ	7,3	8,0	7,0	7,5	8,5	8,1	7,6	7,7	8,2	7,8
Затухание в кабеле, $(\alpha \cdot l)_{пр}$ дБ	3,4	3,5	4,0	2,8	2,9	3,6	3,3	4,1	3,8	2,9
Затухание в дуплексном фильтре $\alpha_{ду}$, дБ	0,80	0,90	1,00	0,65	0,70	0,92	0,75	0,85	0,95	1,1
Коэффициент усиления устройства разделения, $G_{ур}$ дБ	2,00	2,10	2,30	1,90	1,95	2,11	1,96	2,2	1,80	2,15
Уровень помех, рекомендуемый для расчета (показатель помеховой обстановки), мкВ/м	1,50	1,51	1,49	1,52	1,53	1,48	1,50	1,53	1,48	1,54
Коэффициент направленного действия антенны БС, дБ	3,4	3,2	3,1	3,5	4,0	3,8	3,7	3,3	3,6	4,1
Девияция частоты, кГц	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Задание: Определение параметров приемника базовой станции (БС) сотовой связи:

Рассчитать затухание сигнала на прием в антенно-фидерном тракте БС.

Рассчитать КПД антенно-фидерного тракта приемной антенны БС

Определить действующую длину приемной антенны БС

Рассчитать отношение сигнал/шум на входе приемника, соответствующее заданному отношению на выходе

Определить уровень собственных шумов, приведенных к входу приемника

Рассчитать уровень собственных шумов приемника, приведенных к точке приема

Определить уровень внешних шумов в точке приема

Определить уровень суммарного шума в точке приема

Методические указания для выполнений задания

1.1. Рассчитаем затухание сигнала на прием в антенно-фидерном тракте БС по формуле

$$\alpha_{\text{АФТ}} = \alpha_{\text{ДУ}} + (\alpha \cdot l)_{\text{ПР}} - G_{\text{УР}}, \text{ дБ}, \quad (1.1)$$

где $\alpha_{\text{ДУ}}$ – затухание в дуплексном фильтре, дБ;

$(\alpha \cdot l)_{\text{ПР}}$ – затухание в кабеле, дБ;

$G_{\text{УР}}$ – коэффициент усиления устройства разделения, дБ.

1.2. Произведем расчет КПД антенно-фидерного тракта приемной антенны БС по формуле

$$\eta_{\text{АФТ}} = 10^{-0,1 \cdot \alpha_{\text{АФТ}}}, \quad (1.2)$$

1.3. Действующая длина приемной антенны БС рассчитывается по формуле:

$$l_{\text{Д}} = \frac{\lambda_{\text{АС-БС}}}{2\pi} \sqrt{\frac{1,64 \cdot G_{\text{ПР}} \cdot W_{\text{ПР}} \cdot \eta_{\text{АФТ}}}{120}}, \text{ м} \quad (1.3)$$

где $\lambda_{\text{АС-БС}} = \frac{c}{f}$ – длина волны на прием БС, м;

$G_{\text{ПР}} = 10^{0,1 \cdot G_{\text{ПР}}[\text{дБ}]}$ – коэффициент усиления по мощности приемной антенны БС, отн. ед;

$W_{\text{ПР}}$ – волновое сопротивление антенно-фидерного тракта БС, Ом.

1.4. Отношение сигнал/шум на входе приемника, соответствующее заданному отношению на выходе определяется формулой

$$(S/N)_{\text{ВХ}} = \frac{(S/N)_{\text{ВЫХ}} \cdot F_{\text{МАХ}}}{\Delta f \cdot \sqrt{3}}, \text{ отн. ед.} \quad (1.4)$$

где $(S/N)_{\text{ВЫХ}} = 10^{0,05 \cdot (S/N)_{\text{ВЫХ}}[\text{дБ}]}$ – отношение сигнал/шум на выходе приемника, отн. ед.;

$F_{\text{МАХ}} = 3,4$ – максимальная звуковая частота модуляции, кГц;

Δf – девиация частоты, кГц.

В связи с тем, что нужно учитывать запас на ретрансляцию, величину $(S/N)_{ВХ}$ [дБ] нельзя принимать менее 8 дБ (2,51 отн. ед.)

1.5. Уровень собственных шумов, приведенных к входу приемника рассчитаем по формуле

$$U_{Ш_{пр}} = \frac{\gamma_{пр}}{(S/N)_{ВХ}}, B \quad (1.5)$$

где $\gamma_{пр}$ – чувствительность приемника, мкВ;

$(S/N)_{ВХ}$ – отношение сигнал/шум на входе приемника, отн. ед.

1.6. Уровень собственных шумов приемника, приведенных к точке приема определяется формулой:

$$N_{СОБ_{пр}} = \frac{U_{Ш_{пр}}}{l_d}, \text{ мкВ/м} \quad (1.6)$$

1.7. Определим уровень внешних шумов в точке приема

$$N_{ВНЕШ_{пр}} = \frac{E_{ПОМ}}{\sqrt{D_{пр}}}, \text{ мкВ/м} \quad (1.7)$$

где $E_{ПОМ}$ – уровень помех, рекомендуемый для расчета (показатель помеховой обстановки), мкВ/м;

$D_{пр} = 10^{0,1 \cdot D_{пр}[дБ]}$ – коэффициент направленного действия антенной системы БС, отн. ед.

1.8. Уровень суммарного шума в точке приема определяется по формуле:

$$N_{\Sigma Ш} = 10 \lg(N_{СОБ_{пр}}^2 + N_{ВНЕШ_{пр}}^2), \text{ дБ} \quad (1.8)$$

Форма отчетности по практической работе

По результатам выполнения практической работы в отчете нужно представить:

– ФИО студента и номер зачетной книжки

– данные для расчета, взятые из таблицы исходных данных по форме, представленной ниже:

Средняя частота приема, МГц,	.....
Волновое сопротивление антенно-фидерного тракта, $W_{пр}$ Ом	.....
Чувствительность приемника, $\gamma_{пр}$ мкВ	.....
Отношение сигнал/шум на выходе приемника, $(S/N)_{ВЫХ}$ дБ	.....
Коэффициент усиления по мощности приемной антенны, $G_{прм}$ дБ	.....
Затухание в кабеле, $(\alpha \cdot l)_{пр}$ дБ	.....

Затухание в дуплексном фильтре $\alpha_{ду}$, дБ	.....
Коэффициент усиления устройства разделения, $G_{ур}$ дБ	.....
Уровень помех, рекомендуемый для расчета (показатель помеховой обстановки), мкВ/м	.....
Коэффициент направленного действия антенны БС, дБ	.....
Девияция частоты, кГц	.....

а) Ход проведения расчетов.

б) Результаты выполнения практической работы занесенные в таблицу расчетных данных, форма которой приведена ниже:

Затухание сигнала на прием в антенно-фидерном тракте БС	.....
КПД антенно-фидерного тракта приемной антенны БС	.....
Действующая длина приемной антенны БС	.....
Отношение сигнал/шум на входе приемника	.....
Уровень собственных шумов	.....
Уровень собственных шумов приемника	.....
Уровень внешних шумов в точке приема	.....
Уровень суммарного шума в точке приема.....	.....

Практическое занятие №2

Расчёт необходимого уровня напряженности полезного сигнала и дальности связи между АС и БС мобильной связи

Цель практических занятий:

Обучить студентов принципам расчета параметров сети сотовой связи стандарта GSM.

Провести расчёт необходимого уровня напряженности полезного сигнала и дальности связи между АС и БС мобильной связи

Таблица 1 - Исходные данные

Параметры	№ Варианта (сумма двух последних цифр зачетной книжки)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
Затухание в резонаторных, мостовых фильтрах, антенных разделителях и др., α_{Φ} дБ	0,20	0,22	0,19	0,23	0,18	0,24	0,25	0,21	0,19	0,23	
Затухание в неоднородностях антенно-фидерного тракта передачи, $\alpha_{\text{Н}}$ дБ	0,25	0,24	0,18	0,23	0,19	0,22	0,20	0,25	0,24	0,18	
Затухание в фидере передающей антенны, $(\alpha \cdot l)_{\text{ПЕР}}$ дБ	0,60	0,50	0,55	0,62	0,57	0,63	0,65	0,75	0,7	0,6	
Неравномерность диаграммы направленности передающей антенны в горизонтальной плоскости, $\sigma_{\text{АС}}$, $\sigma_{\text{БС}}$ дБ	АС	0	0	0	0,05	0,01	0,08	0	0,01	0,08	0
	БС	1,00	1,10	1,05	0,95	0,98	1,15	0,99	1,00	0,95	1,15
Коэффициент усиления передающей антенны АС, $G_{\text{АС}}$ дБ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Мощность передатчика, Вт	4,0	2,0	3,5	2,5	3,9	2,9	4,2	3,5	3,8	2,7	
Уровень суммарного шума приемника БС, $N_{\text{Ш БС}}$ дБ	4,0	3,5	2,5	3,9	5,0	5,1	4,7	5,0	5,1	4,7	
Среднее колебание местности, м	50	60	70	100	90	110	120	80	70	100	
Высота подвеса антенны БС→АС, м	100	120	90	150	130	170	150	110	90	150	

Отношение сигнал/шум на входе приемника (S/N) _{ВХ БС} дБ	8	9	12	11	13	10	9,5	10	11	13
---	---	---	----	----	----	----	-----	----	----	----

Примечание. Вариант выбирается по последней цифре суммы двух последних цифр номера зачетной книжки. Например № 15-06 322285, значит $8+5=13$, вариант 3

Методические указания к выполнению задания 2

1. Общее затухание в антенно-фидерном тракте передачи АС определяется формулой:

$$\alpha_{АФТ} = \alpha_{\Phi} + \alpha_{Н} + (\alpha \cdot l)_{ПЕР}, \text{ дБ} \quad (2.1)$$

где α_{Φ} – затухание в фильтрах, антенных разделителях, дБ;
 $\alpha_{Н}$ – затухание в неоднородностях АФТ передачи, дБ;
 $(\alpha \cdot l)_{ПЕР}$ – затухание в фидере передающей антенны, дБ.

2. Поправка, учитывающая фактическую мощность передатчика АС рассчитывается по формуле:

$$B_{P_{НОМ АС}} = 10 \lg \left(\frac{10^3}{P_{НОМ АС}} \right), \text{ дБ} \quad (2.2)$$

3. Поправка, учитывающая отличие эквивалентной мощности передатчика АС от 1 кВт

$$B_{P_{ЭКВ АС}} = B_{P_{НОМ АС}} + \alpha_{АФТ} - \sigma_{АС} - G_{АС}, \text{ дБ} \quad (2.3)$$

где $\sigma_{АС}$ – неравномерность диаграммы направленности приемной антенны АС в горизонтальной плоскости;

$G_{АС}$ – коэффициент усиления передающей антенны АС, дБ.

4. Поправка, учитывающая отличие высоты антенны АС от высоты 10 м

$$B_{h_{АС}} = 10 \lg \left(\frac{10}{h_{АС}} \right), \text{ дБ} \quad (2.4)$$

5. Поправка, учитывающая отличие реального рельефа от принятого МККР

$$B_{РЕЛЬЕФ} = -4, \text{ дБ}.$$

6. Необходимый уровень напряженности полезного сигнала в точке приема БС

$$E_{НЕОБХ} = N_{Ш БС} + (S/N)_{ВХ БС} + B_{P_{ЭКВ АС}} + B_{h_{АС}} + B_{РЕЛЬЕФ} + B_{\% МЕСТ} + B_{ЗАМ} - \sigma_{БС}, \text{ дБ}, \quad (2.5)$$

где $N_{Ш БС}$ – уровень суммарных шумов приемника БС, дБ;

$(S/N)_{ВХ БС}$ – отношение сигнал/шум на входе приемника БС, дБ;

$V_{\% \text{МЕСТ}}$ – поправка, вносимая при необходимости обеспечения связи для процента пункта приема, отличающегося от 50%. Для обеспечения связи в 90% пунктов приема $V_{\% \text{МЕСТ}} = -11$, дБ;

$V_{\text{ЗАМ}}$ – поправка на быстрые замирания для 90% времени, примем $V_{\text{ЗАМ}} = 3,5$, дБ;

$\sigma_{\text{БС}}$ – неравномерность диаграммы направленности приемной антенны БС в горизонтальной плоскости.

7. По графику зависимости напряженности поля от расстояния определяем дальность связи R

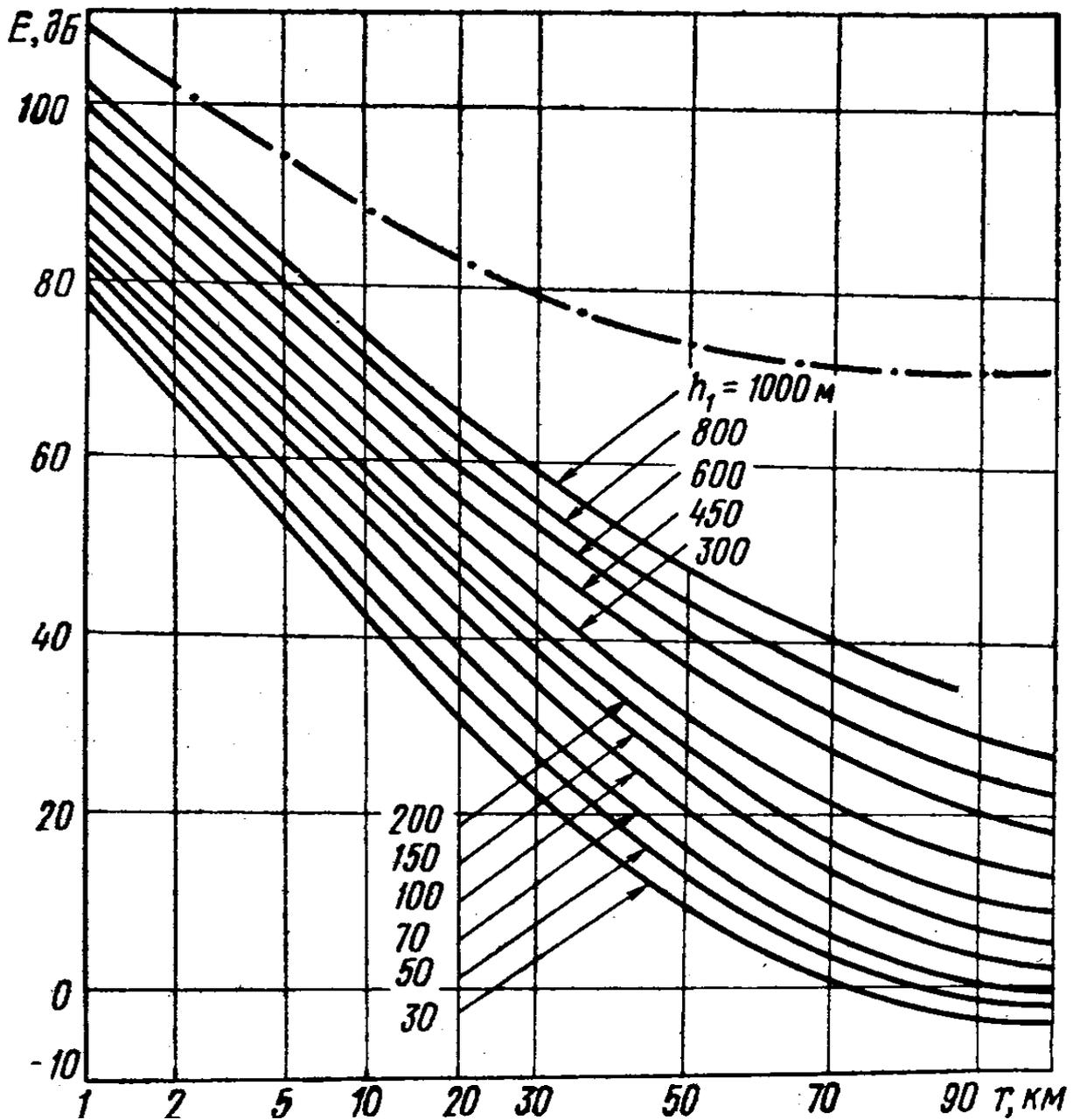


Рисунок 2.1 - График зависимости напряженности поля от расстоя-

ния

Делаем соответствующий вывод о проведенном расчете

Форма отчетности по практической работе

По результатам выполнения практической работы в отчете нужно представить:

– ФИО студента и номер зачетной книжки

– данные для расчета, взятые из таблицы исходных данных по форме, представленной ниже:

Затухание в резонаторных, мостовых фильтрах, антенных разделителях и др., α_{Φ} дБ	.....
Затухание в неоднородностях антенно-фидерного тракта передачи, $\alpha_{\text{Н}}$ дБ	.....
Затухание в фидере передающей антенны, $(\alpha \cdot l)_{\text{ПЕР}}$ дБ	.....
Неравномерность диаграммы направленности передающей антенны в горизонтальной плоскости, $\sigma_{\text{АС}}$ дБ	.....
Неравномерность диаграммы направленности передающей антенны в горизонтальной плоскости $\sigma_{\text{БС}}$ дБ	.....
Коэффициент усиления передающей антенны АС, $G_{\text{АС}}$ дБ	.....
Мощность передатчика, Вт	.....
Уровень суммарного шума приемника БС, $N_{\text{Ш БС}}$ дБ	.....
Среднее колебание местности, м	.....
Высота подвеса антенны БС→АС, м	.....
Отношение сигнал/шум на входе приемника БС, $(S/N)_{\text{ВХ БС}}$ дБ	.....

в) Ход проведения расчетов.

г) Результаты выполнения практической работы, занесенные в таблицу расчетных данных, форма которой приведена ниже:

Необходимый уровень напряженности полезного сигнала в точке приема БС	.....
Дальность связи R	.....