**ИНЖЕНЕРНАЯ ВЫСТАВКА "ИЗОБРЕТАТЕЛЬ XXI ВЕКА"**

**РЕГИОНАЛЬНЫЙ ТУР**

***РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ РАДИОТЕЛЕЦЕНТРОВ***

Авторы:

Балицкий Павел Васильевич,

Бирюков Георгий Владимирович,

уч-ся 11 класса (III курса)

физико-математического

отделения лицея № 1,

г.Усолье-Сибирское.

Научные руководители:

 профессор ИрГТУ

Агарышев Анатолий Иванович,

 преподаватель физики

 Шулья Ирина Петровна,

 Лицей № 1.

г. Усолье-Сибирское

1999 г.

**СОДЕРЖАНИЕ**

1. Введение............................................................................................ ..………..2

2. Методы расчета напряженности.....................................................………… 3

3. Исходные данные

 3.1 для ИОРТПЦ……………………………………………………………..11

 3.2 для Усольского телецентра........ -

4. Расчет напряженности поля ИОРТПЦ............................................………..12

5. Расчет напряженности поля вблизи Усольского телецентра.........……… 13

1. Сравнение результатов измерения и расчетов в зоне обслуживания Усольского телецентра....................................................................…………15
2. Заключение.....................................................................................…………..16
3. Приложение

*5.1* программа расчета напряженности поля…........................…...........….17

*5.2* таблица измерения напряженности поля вблизи Усольского ретранслятора………………………………………………………………..23

1. Список литературы..........................................................................…………24

**ВВЕДЕНИЕ**

Для решения вопросов проектирования и эксплуатации радиотелепередающих цетров и других радиотехнических систем необходимо рассчитывать напряженности поля радиоволн УКВ диапазона. На основе этизх расчетов устанавливаются санитарно-защитные зоны (СЗЗ) радиотехнических объектов, зоны ограничения застройки, а также зоны обслуживания объектов.

Особый интерес вызывают вопросы электромагнитной экологии, что обусловлено резким увеличением числа передатчиков УКВ и СВЧ диапазонов, используемых в радио- и телевещании, для спутниковой, сотовой связи и т.д. источниками электромагнитных полей антропогенного происхождения являются также персональные компьютеры, бытовые приборы, такие как СВЧ-печи, телевизоры. В результате возросли фоновые уровни электромагнитных полей, а также количество зон повышенной опасности, в которых напряженности поля существенно выше фоновых.

Отрицательное влияние достаточно интенсивного электромагнитного поля на организмы людей в настоящее время доказано, на основе чего установлены санитарные нормы (предельно допустимые уровни электромагнитного поля - ПДУ).

В рамках нашей работы анализировались результаты измерений уровня электромагнитного поля окрестностях иркутского областного и усольского радиотелепередающих центров для того, чтобы выяснить, не превышают ли значения напряженности поля ПДУ. Также было разработано программное обеспечение для расчетов напряженности поля, позволяющее учитывать диаграммы направленности антенн различного назначения. С помощью соответствующих программ можно определить зону обслуживания радиотелепередающего центра для заданной чувствительности приемников, а также санитарно-защитную зону объекта.

**МЕТОДЫ РАСЧЕТА НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЛЯ УКВ.**

Предположим, что в свободном пространстве (т.е. в однородной непоглащающей среде, относительная диэлектрическая проницаемость которой равна единице) помещен изотропный излучатель - воображаемый точечный излучатель, равномерно излучающий радиоволны во всех направлениях.

Обозначая через Р1 излучаемую источником мощность, определим плотность потока энергии (вектор Пойнтинга) на расстоянии r от источника радио волн (рис.1), основываясь на том, что излучаемая энергия равномерно распределяется по поверхности сферы радиуса r. Выражая мощность излучателя в *Вт,* а линейные размеры - в *м*, получим для численного значения вектора Пойнтинга выражение

 *, Вт/м2*(1.1)

Рис.1. К определению напряженности поля волны, создаваемой изотропным излучателем

В принятой системе единиц среднее за период численное значение вектора Пойнтинга выражается формулой

 , *Вт/м2* (1.2)

где напряженности электрического и магнитного полей связаны между собой соотношением

 ,  *а/м.*  (1.3)



Здесь величина 120π представляет собой волновое сопротивление свободного пространства и выражается в омах.

Подставляя формулу (1.2) в (1.3), получаем

 ,  *Вт/м2.* (1.4)

Приравнивая выражения (1.1) и (1.4) и решая полученное уравнение относительно Ед, находим

 , *В/м.* (1.5)

Рис. 2. Диаграммы направленности антенн, направленной (А) и изотропной (В).

В реальных условиях изотропные излучатели, конечно, не применяются, а используются антенны, обладающие направленным действием.

Предложим, что рядом расположены направленная А и изотропная В антенны. На рис. 2 схематически диаграммы направленности обеих антенн. Изотропная антенна, как и следовало ожидать, обладает круговой диаграммой направленности

 Если обе антенны излучают одинаковые мощности Р1, то ясно, что в пункте приема, который достаточно удален от антенн и на который ориентирована направленная антенна, большая напряженность поля создается от направленной антенны, так как она концентрирует излучаемую энергию в желаемом направлении. Будем постепенно увеличивать подводимую к изотропной антенне мощность до тех пор, пока она не создаст такое же поле, что и направленная антенна. Множитель D1, показывающий, во сколько раз следует увеличить мощность, подводимую к изотропной антенне, чтобы она создавала такую же напряженность поле, что и направленная, носит название коэффициента направленности или коэффициента усиления[[1]](#footnote-1).

Таким образом, направленная антенна по создаваемой ею в месте приема напряженности поля эквивалентна изотропной антенне, которая излучает в D1 раз большую мощность. Это позволяет представить формулу для напряженности поля, создаваемой в свободном пространстве направленной антенной, в следующем виде:

 *В/м*. (1.6)

Амплитудное значение напряженности поля выражается формулой

 , *В/м.* (1.7)

Выражение для мгновенного значения напряженности электрического поля радио волны можно записать в форме

 *В/м*, (1.8)

где - волновой множитель.

Единицы измерения величин, входящих в формулы (1.5) - (1.7), не очень удобны для практического применения, так как напряженность поля выражена в *В/м*, а расстояние - в *м*. Выражая мощность в *кВт,* расстояние - в *км*, а напряженность поля - в *мВ/м*, получаем

 , *мВ/м*; (1.9)

для действующего значения напряженности поля и

 , *мВ/м* (1.10)

для амплитудного.

В течение долгого времени условия распространения волн было принято оценивать напряженностью электрического поля, создаваемого передатчиком в месте приема. Такой критерий был более или менее оправдан в условиях, когда радиосвязь осуществлялась в диапазоне длинных, средних и, частично, коротких волн. Степень направленности антенны характеризуется ее коэффициентом направленности D (или усилением) по отношению к изотропному излучателю коротких волн. В связи с широким применением в последние годы диапазона УКВ более рационально характеризовать условия приема мощностью, создаваемой на входе приемного устройства, ибо чувствительность современных приемных устройств принято выражать мощностью на входе, требуемой для уверенного приема сигналов. Для этого необходимо знать направленной антенны D2. Однако это обстоятельство не ограничивает область применения такого метода, так как направленность передающей антенны D1 также должна быть известна. Наконец, чтобы исключить конкретные типы антенн, можно предположить, что обе антенны изотропны, т. е. D1= D2= 1.

 z

 θ

 P(r,θ,ϕ)

 y

 ϕ

 x

 Рис. 3. Сферические координаты точки наблюдения

Наглядное представление о распределении энергии волн дает амплитудная характеристика направленности, определяемая зависимостью амплитуды напряженности создаваемого антенной поля (или величины, ей пропорциональной) от направления в пространстве. Направление определяется азимутальным (ϕ) и меридиональным (θ) углами сферической системы координат, как это показано на рис. 3. При этом поле измеряется на одном и том же (достаточно большом) расстоянии *r* от антенны и предполагается, что потери в среде отсутствуют. Графическое изображение характеристики направленности называют “диаграммой направленности”.

Пространственная диаграмма направленности изображается в виде поверхности *f*(ϕ,θ). Построение такой диаграммы неудобно. Поэтому на практике обычно строят диаграммы направленности в какой-нибудь одной плоскости, в которой она изображается плоской кривой *f*(ϕ) или *f*(θ) в полярной или декартовой системе координат.

Пространственная диаграмма направленности, у которой максимальное значение равно единице, называется нормированной диаграммой и обозначается как *F*(ϕ,θ). Она легко получается из ненормированной диаграммы путем деления всех ее значений на максимальное:

 *F*(ϕ,θ) = *f*(ϕ,θ)/*fmax*(ϕ,θ). (1.12)

Простейший излучатель в виде элементарного диполя имеет тороидальную диаграмму направленности, показанную на рис. 4 в полярных координатах и выражаемую уравнением

 *Е = Е0* sin θ, (1.13)

где *Е0* − напряженность поля в направлении максимума (т.е. при θ = 90о); θ − угол, отсчитываемый от оси диполя.

На рис. 5, *а* показан пример игольчатой диаграммы. Основное излучение антенны с такой диаграммой направленности сконцентрировано в пределах небольшого телесного угла.

На рис. 5, *б* показан пример диаграммы направленности специальной формы, определяемой в вертикальной плоскости уравнением

 *Е = Е*0 cosec θ, (1.13)

где *Е*0 − коэффициент пропорциональности; θ − угол в вертикальной плоскости, отсчитываемый относительно горизонта. Такие диаграммы желательно иметь в некоторых типах радиолокационных станций, например в самолетных радиолокаторах наземных объектов. При отражении от таких объектов, находящихся от поверхности земли на различных расстояниях от самолета в пределах радиуса действия радиолокатора, уровень отраженного сигнала на входе приемника будет сохраняться неизменным.

Направленное действие антенны часто оценивают по углу раствора диаграммы направленности, который также называют шириной диаграммы. Под шириной 2θ0,5 диаграммы (главного лепестка) подразумевают угол между направлениями, вдоль которых напряженность поля уменьшается в раз, по сравнению с напряженностью поля в направлении максимума излучения, а поток мощности соответственно уменьшается вдвое. В некоторых случаях под шириной 2θ0 подразумевают угол между направлениями (ближайшими к направлению максимума), вдоль которых напряженность поля равна нулю.

Для сравнения между собой направленных антенн вводят параметр, называемый коэффициентом направленного действия (КНД). Коэффициент направленного действия – число, показывающее, во сколько раз пришлось бы увеличить мощность излучения антенны при переходе от направленной антенны к ненаправленной при условии сохранения одинаковой напряженности поля в месте приема (при прочих равных условиях):

 , (1.14)

где – мощность излучения ненаправленной антенны; – мощность излучения направленной антенны.

 90о

 θ

 180о  0о

Вибратор

Вибратор

 360о

 а б

Рис. 4. Диаграмма направленности элементарного диполя:

а − проекция в плоскости, перпендикулярной оси диполя; б − проекция в плоскости, проходящей через ось диполя.

 Боковые лепестки Главный лепесток

 Направление

 главного излучения

 Задний лепесток

 а

 θ

 б

 Рис. 5.

Коэффициент направленного действия в направлении максимального излучения для реальных антенн достигает значений от единиц до многих тысяч. Он показывает тот выигрыш в мощности, который можно получить за счет использования направленного действия антенны, но он не учитывает возможных потерь в направленной антенне.

Для суждения о выигрыше, даваемом антенной, при учете как ее направленного действия, так и потерь в ней служит параметр, называемый коэффициентом усиления антенны. Он равен произведению КНД на к.п.д.:

 . (1.15)

Учитывая (1.12), получаем

 . (1.16)

Таким образом, коэффициент усиления показывает, во сколько раз нужно уменьшить (или увеличить) мощность, подводимую к направленной антенне, по сравнению с мощностью, подводимой к идеальной ненаправленной антенне без потерь, для того чтобы получить одинаковую напряженность поля в рассматриваемом направлении. Если не делается специальных оговорок, то под коэффициентом усиления (так же, как и под коэффициентом направленного действия) подразумевается его максимальное значение, соответствующее направлению максимума диаграммы направленности.

 ДН антенны

 α

 H R

 H

 h

 r

 Рис. 6.

Расчеты действующих значений напряженности выполняются по методике [2] при задании излучаемых мощностей, КНД и нормированных ДН передающих антенн в вертикальной и азимутальной плоскостях. При этом учитываются уровни боковых лепестков ДН, а также рельеф местности и высоты зданий. Напряженность поля в нашей работе рассчитывалась по формуле (1.6), в которую были внесены выше сказанные поправки

 (1.17)

где Р – мощность, Вт; R – расстояние от фазового центра антенны до точки наблюдения с высотой h от основания опоры, м; F(α) – нормированная диаграмма направленности (ДН) в вертикальной плоскости, α = arctg[(H–h)/r] – угол места, r – расстояния от основания опоры до проекции точки наблюдения на уровень h, так что R = r/sin α; F(ϕ) = 1 – нормированная ДН в горизонтальной плоскости. (Рис. 6.)

Функция F(α) для типовой передающей антенны ("антенная решетка") задается формулой

 (1.18)

В этой формуле коэффициент *b* принимает значения 2π для антенной решетки всех радиотелепередающих центров до модернизации в 1998 г., и 1,3π – после модернизации согласно [3].

Для антенн типа "полуволновой вибратор" функция F(α) задается иначе

 (1.19)

или, если угол отсчитывается от оси диполя (рис. 7.),

 (1.20)

При проектировании и эксплуатации современных радиотехнических объектов важно учитывать ПДУ воздействия электро-магнитных полей (ЭМП) на здоровье людей. В таблице приведены значения ПДУ для некоторых частот.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Частота МГц | 48,4 | 88,4 | 192  | 300 |
| ПДУ, в/м | 5,0 | 4,0 | 3,0  | 2,5 |

В соответствии с официально утвержденной методикой [2] рассчитывались значения нормированной суммарной напряженности поля S в зависимости от расстояний от опоры:

 (1.21)

где индекс суммирования k соответствует номеру передатчика и меняется от 1 до 7, а санитарные нормы не нарушаются при S<1.

 θ Направление

 излучения

 α

Полуволновой вибратор

 Рис. 7.

Изложенные в этом разделе методы расчета напряженности поля использовались для расчетов напряженности поля в ряде конкретных ситуаций.

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

***1. Для ИОРТПЦ***

Обозначим действующие передатчики типов АРТС и Дождь- 2 номерами 1- 4. Эти передатчики имеют следующие параметры излучения:

1. мощности Р 1 = Р 2 = 5 кВт и Р 3 =Р 4 = 3 кВт;
2. рабочие частоты f 1 = 80 МГц, f 2 = 96 МГц, f 3 ≈ f4 ≈ 70 МГц;
3. коэффициент усиления передающих антенн D 1 = D 2 = 6.56,

 D 3 = D 4 = 9.84;

 высоты фазовых центров антенн от основания опоры Н1= Н2= 161 м,

Н3 = Н4 = 155 м;

Для планируемых к размещению передатчиков с номерами 5 - 7:

1. мощности Р 5 = Р 6 = Р 7 = 1 кВт;
2. рабочие частоты f 5 ≈ 474 МГц, f 6 ≈ 506 МГц, f 7 ≈ 570 МГц;
3. коэффициент усиления передающих антенн D5 = 4, D6 = D7 = 3.2;
4. высоты фазовых центров антенн от основания опоры

Н 5 = Н 6 = Н 7 = 180 м.

Согласно СанПин 2.2.4 / 2.1.8.056 - 96 примем следующие предельно допустимые уровни (ПДУ) напряженности поля Е: для f1 и f2 ПДУ1 = ПДУ2 = 4 в/м, для f3 иf4 ПДУ3 = ПДУ4 = 5 в/м, для f5 - f7 ПДУ5 = ПДУ6 = ПДУ7 = 6 в/м.

 ***2. Для Усольского телепередающего центра***

Обозначим действующий передатчик номером 1. Этот передатчик имеет следующие параметры излучения:

1. мощность Р = 0.1 кВт;
2. рабочая частота f = 66 МГц;
3. коэффициент усиления передающей антенны D = 8 дБ;
4. высота фазового центра антенны от основания опоры Н = 127 м;

Согласно СанПин 2.2.4 / 2.1.8.056 - 96 примем следующий предельно допустимый уровень (ПДУ) напряженности поля Е: ПДУ = 4.5 в/м.

**Расчет напряженности поля в окрестностях ИОРТПЦ**

Напряженность поля для каждого из передатчиков ИОРТПЦ, всего их семь, рассчитывает компьютерная программа, которую мы написали в результате нашей научной работы на языке TURBO PASCAL 7.0. Программа разработана таким образом, что в нее входит четыре типа антенн: первый тип – антенная решетка с коэффициентом b, равным 2π; второй тип – антенная решетка с коэффициентом b, равным 1.3π; третий тип антенны – это полуволновой вибратор; четвертый тип определяет сам пользователь – вводит формулу функции F(α) для конкретной антенны. В программу вводятся исходные данные: мощность P в кВт; коэффициент усиления передающей антенны D; высота фазового центра от основания опоры Н в м; R- расстояние от фазового центра опоры до точки наблюдения с высотой h от основания опоры, в м и количество точек, где были проведены измерения напряженности поля. Затем программа производит расчет и выводит на экран систему координат, где строится график зависимости напряженности поля, в мкВ/м, от расстояния, в км. Мы видим, что с увеличением расстояния от ретранслятора график убывает, а также на графике могут быть видны незначительные скачки излучения напряженности поля, это зависит от рельефа рассматриваемой местности. На некоторой высоте, где установлен передатчик, находится щит, который снижает излучение передатчика до некоторого расстояния r < 300 м. Так как в этом радиусе расположен пункт слежения за радио и телевещанием.

На рисунке 8 построен примерный график, который может изобразить нам компьютерная программа.

 **Расчет напряженности поля в близи зоны Усольского радиотелецентра**

Напряженность поля в близи Усольского района рассчитывает компьютерная программа, написанная на языке TURBO PASCAL 7.0. В программу входит четыре типа антенн: первый тип - антенная решетка с коэффициентом b, равным 2π; второй тип - антенная решетка с коэффициентом b, равным 1.3π; третий тип - это полуволновой вибратор; четвертый тип определяет сам пользователь - вводит функцию F(α) для конкретной антенны. В данном случае используется антенна типа 3-х элементный волновой канал с круговой поляризацией, направленная на город.

П. БЕЛОРЕЧЕНСКИЙ ЬЕЛОРЕЧЕНБЕЛОРЕЧЕНСКИЙ

ТАЙТУРКА

ЗЕЛЕНЫЙ ГОРОДОК

г. УСОЛЬЕ -СИБИРСКОЕ СИБИРСКОЕ

МАЛЬТА

СРЕДНИЙ

ТЕЛЬМА

РЕТРАНСЛЯТОР

ЗОНА УВЕРЕННОГО ПРИЕМА



 Рис..9

На рис.9 представлена примерная карта города Усолья - Сибирского трансляции телепередач на город. Данные измерения напряженности поля указаны в таблице. График зависимости напряженности поля Ед, мВ/м от расстояния R, км, построен на рис. 10. Как мы видим, с увеличением расстояния от ретранслятора напряженность поля убывает. На графике максимальное расстояние 18 км.

Рис.10

 **Сравнение результатов измерения и расчетов Усольского радиотелецентра.**

Таблица № 1.

|  |  |
| --- | --- |
| Расстояние от ретранслятора, км  | Напряженность поля, мкВ/м |
|  | Расчетные данные | Экспериментальные данные |
| 2 | 4741,5 | 4466 |
| 2,4 | 3209,2 | 19952 |
| 2,5 | 2992 | 12590 |
| 4 | 1237,1 | 12045 |
| 5 | 767,9 | 3183 |
| 5,5 | 648 | 3980 |
| 6 | 537,8 | 2089 |
| 7 | 397,5 | 1351 |
| 8 | 305,6 | 1995 |
| 9 | 242,2 | 2339 |
| 11 | 162,9 | 229,5 |
| 15 | 93,6 | 890 |

В таблице указаны расчетные данные, которые рассчитала компьютерная программа и экспериментальные, которые были измерены специальным прибором. Если сравнить данные полученные в результате расчета и экспериментальные, то они несколько отличаются друг от друга. Экспериментальные данные больше, чем расчетные, это может зависеть от рельефа рассматриваемой местности. Также оказало влияние то, что в расчетах не учитывалась ДН передающей антенны в азимутальной плоскости.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

При выполнении данной работы были получены следующие результаты:

1. были изучены методы расчета напряженности поля;
2. была разработана программа, рассчитывающая напряженность электромагнитных волн, излучаемых телерадиопередатчиками, в зависимости от расстояния до опоры передающей антенны;
3. были рассчитаны значения напряженности поля вблизи ИОРТПЦ, также были рассчитаны значения нормированной суммарной напряженности, где санитарные нормы не нарушаются;
4. были рассчитаны значения напряженности поля вблизи Усольского телерадиопередающего центра и сделаны сравнения с экспериментальными данными.

ПРИЛОЖЕНИЕ

*Приложение 1 – программа расчета напряженности поля.*

uses crt,graph,omenu;

const f\_fi= 1;

 NBg = {blue}1;

 NFg = {white}15;

 HBg = {white}15;

 HFg = {black}0;

 BC = {black}0;

 SC = {lightcyan}11;

 col = 200;

 delta\_rm =90;

var

vf :text;

VMenu :OVMenu;

HMenu :OHMenu;

HVMenu :OHVMenu;

p,d,hb,em :real;

i,j,choice,errc,

a,x,Hmenu\_choice,len :integer;

rm :longint;

ord :array[1..col] of real;

del :array[1..10] of real;

delstr,si,AStr,vstr :string;

ch,rk :char;

input\_is :boolean;

{Процедуры ввода данных}

procedure input\_value(xi,yi:integer; var zn:real);

begin

 vstr:='';

 while rk<>#13 DO begin

 rk:=readkey;

 if (((rk>#47)and(rk<#58))or(rk=#46))and(len<10) then begin

 vstr:=vstr+rk;

 len:=length(vstr);

 gwritexy(xi+len,yi+1,rk,3,2);

 end;

 end;

 val(vstr,zn,errc);

end;

procedure input;

begin

 gwritexy(1,5,'Мощность: ',3,2); input\_value(11,4,p); readln;

 gwritexy(1,6,'К. у. антенны: ',3,2); input\_value(1,6,d); readln;

 gwritexy(1,7,'Высота передающей антенны: ',3,2); input\_value(1,7,hb); readln;

end;

{Функция выводит осн. меню на экран и возвращает номер выбранного пункта меню}

Function ddt:integer;

begin

 HVMenu.init;

 gwritexy(0,1,'',0,0);

 HVMenu.SetHorItems(00,00,80,01,NBg, NFg,HBg,HFg,BC,SC,1,1,BorderOn,ShadowOff,' File | Антенна ');

 HVMenu.SetVerItems(01,00,01,10,03,NBg,NFg,HBg,HFg,BC,SC,4,1,BorderOn,ShadowOff,' Данные | Выход ');

 HVMenu.SetVerItems(2,6,01,29,04,NBg,NFg,HBg,HFg,BC,Sc,

 4,1,BorderOn,ShadowOff,

 ' Ант. решетка №1 - 1,3 | Ант. решетка №2 - 2 | Диполь ');

 HMenu.EraseOK:=False;

 X:=HVMenu.MenuResult(false,true);

 ddt:=x;

end;

{Функции расчета напряженности}

function f\_alfa:real;

begin

 case choice of

 1: f\_alfa:=(1+2\*cos(1.3\*pi\*sin(arctan((hb)/rm))))/3;

 2: f\_alfa:=(1+2\*cos(2\*pi\*sin(arctan((hb)/rm))))/3;

 3: f\_alfa:=(cos(pi/2\*sin(arctan((hb)/rm)))/cos(arctan((hb)/rm)));

 end;

end;

function Rb:real;

begin

 rb:=rm/sin(arctan(hb/rm));

end;

function E2:real;

begin

 E2:=30\*p\*d\*sqr(f\_alfa)\*sqr(f\_fi)/sqr(Rb);

end;

{Заполнение массива ординат}

procedure ordinates;

begin

 rm:=1;

 for i:=1 to col do

 begin

 rm:=rm+delta\_rm;

 ord[i]:=1000\*SQRT(E2); {х1000, т.к. ед. изм. - мВ/м}

 end;

end;

{Максимальное значение напряженности}

procedure E\_maximum;

var i:integer;

max:real;

begin

 Max:=ord[1];

 if col>1 then

 for i:=2 to col do

 if ord[i]>Max then Max:=ord[i];

 if max=0 then max:=1;

 Em:=max;

end;

{Сохранение результатов расчета в файл "results.txt"}

procedure ToFile;

begin

 assign(vf,'results.txt');

 rewrite(vf);

 rm:=0;

 for i:=1 to col do begin

 rm:=rm+delta\_rm;

 writeln(vf,rm,' m',' - ',ord[i]:0:5,' mV/m');

 end;

end;

{Инициализация графики}

procedure grinit;

var

 grDriver: Integer;

 grMode: Integer;

 ErrCode: Integer;

begin

 grDriver := Detect;

 InitGraph(grDriver, grMode,'c:\bp\bgi');

 ErrCode := GraphResult;

 if ErrCode <> 0 then

 Writeln('Graphics error:', GraphErrorMsg(ErrCode));

end;

procedure drawcoords; {Оси координат}

begin

 setcolor(darkgray);

 {Oy} line(100,445,100,30); line(99,445,99,30);

 line(99,30,96,35); line(100,30,103,35);

 outtextxy(25,23,' Е, мВ/м');

 {Ox} line(95,440,515,440); line(95,441,515,441);

 line(515,440,510,437);line(515,441,510,444);

 outtextxy(525,445,'R, м');

end;

procedure drawgrid;{Сетка}

begin

 setcolor(lightgray);

 {Горизонтальная}

 j:=40;

 for i:=1 to 10 do

 begin

 line(100,440-j,500,440-j);

 j:=j+40

 end;

 {Вертикальная}

 j:=round(80/ln(1.91));

 for i:=1 to 6 do

 begin

 line(100+round(j),440,100+round(j),40);

 j:=j+round(80/ln(i+1.8))

 end;

end;

procedure values;{Разметка сетки}

begin

 {По вертикали}

 del[1]:=em/10; {Цена деления}

 for i:=2 to 10 do

 del[i]:=del[1]+del[i-1];

 setcolor(darkgray);

 outtextxy(90,445,'0');

 j:=40;

 for i:=1 to 10 do

 begin

 str(del[i]:0:1,delstr);

 outtextxy(90-length(delstr)\*8,438-j\*i,delstr)

 end;

 {По горизонтали}

 j:=95+round(80/ln(1.91));

 outtextxy(j,445,'3');

 j:=j+round(80/ln(2.8));

 outtextxy(j,445,'6');

 j:=j+round(80/ln(3.8));

 outtextxy(j,445,'9');

 j:=j+round(80/ln(4.8));

 outtextxy(j,445,'12');

 j:=j+round(80/ln(5.8));

 outtextxy(j,445,'15');

 j:=j+round(80/ln(6.8));

 outtextxy(j,445,'18');

end;

{ Построение графика }

procedure drawgrafic;

var dlt:integer;

x1,x2,y1,y2:integer;

begin

 setcolor(choice+1);

 x1:=100-round(2/ln(1.91));;

 for i:=1 to col do

 begin

 y1:=440-round(400\*ord[i]/em);

 y2:=440-round(400\*ord[i+1]/em);

 if (i>=1)and(i<40) then begin

 x1:=x1+round(2/ln(1.91));

 x2:=x1+round(2/ln(1.91));

 end;

 if (i>=40)and(i<80) then begin

 x1:=x1+round(2/ln(3.71));

 x2:=x1+round(2/ln(3.71));

 end;

 if (i>=80)and(i<120) then begin

 x1:=x1+round(2/ln(5.51));

 x2:=x1+round(2/ln(5.51));

 end;

 if (i>=120)and(i<160) then begin

 x1:=x1+round(3/ln(7.31));

 x2:=x1+round(3/ln(7.31));

 end;

 if (i>=160)and(i<=200) then begin

 x1:=x1+round(4/ln(9.11));

 x2:=x1+round(4/ln(9.11));

 end;

 line(x1,y1,x2,y2);

 line(x1,y1-1,x2,y2-1);

 line(x1,y1-2,x2,y2-2);

 delay(20);

 end;

end;

{Графические процедуры}

procedure drawing1st; {Инициализирует графику, подготавливает экран}

begin

 grinit;

 setbkcolor(15);

 cleardevice;

 setcolor(darkgray);

 rectangle(10,10,getmaxx-10,getmaxy-10);

 drawgrid;

 drawcoords;

end;

procedure drawing2nd; {Выводит график на экран}

begin

 drawgrafic;

 readln;

 closegraph;

end;

begin

 ClrScr;

{ Input;}p:=100; d:=8; hb:=127;

 grinit;

 repeat

 cleardevice;

 i:=2;

 repeat

 a:=ddt;

 until a<>0;

 Hmenu\_choice:=a div 100;

 Case Hmenu\_choice of

 1: begin

 choice:=a mod 100;

 if choice=2 then break else begin

 input;

 input\_is:=true;

 end;

 end;

 2: if not(input\_is) then begin

 gwritexy(17,10,'! Сначала необходимо ввести даннные !',5,1);

 ch:=readkey;

 continue;

 {end else begin

 choice:=a mod 100;

 Drawing1st;

 Ordinates;

 E\_Maximum;

 ToFile;

 Values;

 Drawing2nd; }

 end;

 end;

 until false;

 HVMenu.Done;

 cleardevice;

 closegraph;

 write(p:1:2,' ',d:1:2,' ',hb:1:2);

end.

***Приложение 2 – таблица измерения напряженности поля вблизи Усольского ретранслятора.***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Места проведения измерений  | Расстояние |  Направленная антенна |  |  Круговая антенна |  |
|  |  км | Е (видео), мкВ/м  | Е (звук), мкВ/м | Е (видео), мкВ/м | Е (звук), мкВ/м |
| 1.Тайтурка | 11 | 178 | 112 | 316 | 200 |
| 2.Средний | 11 | 280 | 126 | 708 | 354 |
| 3.Мальта | 6 | 630 | 354 | 1412 | 708 |
| 4.Белореченск | 7 | 707 | 446 | 1258 | 708 |
| 5.Тракт | 2 | 4466 | 1995 | 25118 | 7080 |
| 6.Зеленый гор. ул.Энергетиков | 4 | 17780 | 5010 | 2512 | 1412 |
| 7.Зеленый гор. ул.Фурманова | 2,5 | 12590 | 4466 | 5012 | 1122 |
| 8.У- С. Горбольница  | 5,5 | 3980 | 1258 | 2238 | 1258 |
| 9.У-С. ул. Горького | 6 | 3548 | 1122 | 1778 | 890 |
| 10. У- С. ул.Крупской | 5 | 3548 | 1412 | 2623 | 1238 |
| 11. У- С. ж/д. переход | 2,4 | 19952 | 7080 | 5623 | 2238 |
| 12. У- С. площадь  | 4 | 6310 | 1995 | 2512 | 1122 |
| 13. У- С. Комсомольский пр-т  | 5 | 2818 | 708 | 1778 | 890 |
| 14. У- С. мр-н Привокзальный | 7 | 1995 | 708 | 708 | 400 |
| 15. У- С. Ленинский пр-т | 8 | 1995 | 794 | 890 | 446 |
| 16. У- С. Восточ. окраина | 9 | 2339 | 630 | 708 | 500 |
| 17. Тельма, Зап. окраина | 15 | 890 | 354 | 446 | 224 |

1. Коэффициент усиления несколько отличается от коэффициента направленности, так как он учитывает кпд антенны. Однако эту тонкость не будем принимать за внимание, потому что у многих направленных антенн кпд близок к 100 %. [↑](#footnote-ref-1)