შპს მაგთიკომი

ვამტკიცებ
შ.პ.ს. „მაგთიკომის“
გენერალური დირექტორის მოადგილე

გია კოშორიძე

„08“ აპრილი 2019

შპს მაგთიკომის საბაზო რადიოსადგური

ვაკე-ჰილტონი

პ რ ო ე ქ ტ ი

სანიტარიულ-ჰიგიენური მაჩვენებლების ანგარიში

შემსრულებლები:

სანიტარიული სამსახურის უფროსი კობა მირესაშვილი

ქსელის ექსპლოატაციის დეპარტამენტის
დირექტორის მოადგილე გივი მურჯიკნელი

2019 წელი

1. ფიჭური სადგურის და მისი განლაგების ადგილის დახასიათება

შპს „მაგთიკომი" აბონენტთა მომსახურების სრულყოფის მიზნით გეგმავს საქართველოს ცალკეულ რეგიონებში არსებული საბაზო სადგურების შესაძლებლობათა განვითარებას და ახალი საბაზო სადგურების აშენებას. ერთ-ერთი ასეთი ობიექტია სწორედ ფიჭური რადიოსადგური ***ვაკე-ჰილტონი.***

შპს „მაგთიკომი" იყენებს თანამედროვე ფიჭური კავშირის სისტემებს (CDMA, GSM, DCS, LTE, UMTS), რომლებიც სრულფასოვნად შეესაბამება ევროპულ სტანდარტებს და გამოირჩევა მაღალი ტექნიკური, სამომხმარებლო და ეკოლოგიური მაჩვენებლებით.

შპს „მაგთიკომის" ქსელის განვითარების პროექტი ითვალისწინებს ფიჭური სადგურის მშენებლობას ქალაქი თბილისი, რაიონი ვაკე, გამზირი ილია ჭავჭავაძე, ჩიხი 1, №64 მდებარე შენობაზე, ს/კ № 01.14.11.002.035. შენობა განთავსებულია მოსწორებულ ბაქანზე. ანტენები დამონტაჟდება მიწიდან 58 მეტრ სიმაღლეზე. სულ დამონტაჟდება GSM, DCS და UMTS ტიპის 2 ანტენა. ანტენები მიმღებ-გადამცემი იქნება. მიმღებ-გადამცემთა სამუშაო ზონები იქნება 120° (A მიმართულება) და 215° (B მიმართულება) დირექციული კუთხეების 65°-იანი სექტორები.

საბაზო სადგური ფარავს რადიოსიგნალის შესაბამისი დონით ირგვლივ მდებარე ტერიტორიას. ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების თვალსაზრისით საყურადღებო ობიექტები ანტენების გასხივების სექტორებში მდებარე ტერიტორიაზე არ აღინიშნება.

1.1. ფიჭური სადგურის ტექნიკური მახასიათებლები

საბაზო სადგური განკუთვნილია GSM, DCS და UMTS სტანდარტებზე სამუშაოდ. ფიჭური სადგურის გადამცემებისა და ანტენების მაჩვენებლები აღნიშნული სტანდარტებისათვის მოყვანილია ცხრ.1.

ფიჭური სადგური ქსელის საკომუტაციო ცენტრს, სხვა სადგურებს უკავშირდება რადიოსარელეო სისტემის საშუალებით. აქ გამოიყენება რადიოსარელეო სისტემა, რომლის მახასიათებლები მოყვანილია ცხრ.2.

ცხრ.1

№	დასახელება	A მიმართულება			B მიმართულება		
		GSM	DCS	UMTS	GSM	DCS	UMTS
1	სამუშაო სიხშირეთა დიაპაზონი, მგჰც.	925-960	1805-1870	2110-2170	925-960	1805-1870	2110-2170
2	გადამცემთა საერთო სიმძლავრე, ვტ.	180	40	80	180	40	80
3	ელექტრომაგნიტური ტალღის პოლარიზაცია	ვერტ.	ვერტ.	ვერტ.	ვერტ.	ვერტ.	ვერტ.
4	ფიდერის მილევა, დბ.	2	2	2	2	2	2
5	ანტენის ტიპი	800102	800102	800102	800102	800102	800102
6	ანტენის გაძლიერების კოეფიციენტი, დბ.	92 17	92 17	92 17	92 17	92 17	92 17
7	ანტენის მიმმართველობის დიაგრამის სიგანე ჰორიზონტ. სიბრტყეში, გრად.	65	65	65	65	65	65
8	ანტენის მიმმართველობის დიაგრამის სიგანე ვერტ. სიბრტყეში, გრად.	7	7	7	7	7	7
9	ანტენის დაცვითი მოქმედების კოეფიციენტი, დბ.	>25	>25	>25	>25	>25	>25
10	გადამცემი ანტენების რაოდენობა, ცალი	1	1	1	1	1	1
11	ანტენების განლაგების სიმაღლე, მეტრი	58	58	58	58	58	58
12	ანტენის აზიმუტი, გრად.	120	120	120	215	215	215
13	ანტენების დახრილობა, გრად.	4	4	4	4	4	4

ცხრ.2.

მიმართულების დასახელება	საბაზო რადიოსადგური	სიხშირის დიაპაზონი, გჰც	გადამცემის სიმძლავრე, ვტ	პარაბოლური ანტენის დიამეტრი, მ	ანტენის გაძლიერების კოეფიციენტი, დბ	სხივის სიგანე, გრად	ანტენის აზიმუტი, გრად	ანტენის დაკიდების სიმაღლე, მ	ანტენის დახრა, გრად
C	Eclipse	15	0.08	0.3	30.7	4.5	15	58	0

2. ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების სანიტარიული ნორმები და ანგარიშის მეთოდიკა

რადიოტექნიკური საშუალებების მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების უსაფრთხოების შეფასებისათვის დღეისათვის საქართველოში მოქმედებს ნორმატიული დოკუმენტი, რომელიც დამტკიცებულია საქ. შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის 2001 წლის 16 აგვისტოს №297/ნ ბრძანების საფუძველზე: სწდან 2.2.42.1.8.001-01 (იხ. საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე №90, 24.08.2001).

ამ დოკუმენტის მიხედვით 300 მგჰც-ზე უფრო მაღალ სიხშირეებზე მომუშავე რადიოტექნიკური საშუალებებისთვის ნორმირება უკეთდება ელექტრომაგნიტური ველის ენერგიის ნაკადის სიმკვრივის (ენს) მნიშვნელობას. ამასთან ნორმირებულია ენს-ის ორი მნიშვნელობა: 1) მომსახურე პერსონალისათვის - ენს$_1$ =200/T მკვტ/სმ^2; სადაც **T** ელექტრომაგნიტური ველის (ემვ) ზემოქმედების დროა საათებში. 8-საათიანი სამუშაო დღისათვის ენს$_1$ =25 მკვტ/სმ^2; 2) მოსახლეობისათვის - ენს$_2$=10 მკვტ/სმ^2.

ფიჭური სატელეფონო კავშირის ქსელში დიდ უმეტეს შემთხვევაში საბაზო სადგურებთან ერთად განლაგებულნი არიან რადიოსარელეო სადგურები. ზოგიერთ შემთხვევაში კი ობიექტზე შესაძლოა განლაგებული იყოს მხოლოდ საბაზო რადიოსადგური (როდესაც მასთან კავშირი ხორციელდება საკაბელო მაგისტრალის საშუალებით) ან მხოლოდ დამაბოლოვებელი და სარეტრანსლიაციო რადიოსარელეო სადგურები, როდესაც საჭიროა საკომუტაციო ცენტრის დაკავშირება ქსელის ცალკეულ ელემენტებთან. ნებისმიერ შემთხვევაში რადიოსადგურების ანტენები განთავსდება არსებულ შენობა-ნაგებობებზე ან სპეციალურად ამ მიზნით აგებულ ანძებზე.

საბაზო სადგურის შემცველი ობიექტების ირგვლივ შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველი ძირითადად განპირობებულია ამ უკანასკნელთა მოქმედებით, რადგან რადიოსარელეო სისტემების გადამცემების სიმძლავრე გაცილებით მცირეა საბაზო სადგურის გადამცემების სიმძლავრესთან შედარებით. ამიტომ ასეთ შემთხვევაში რადიოსარელეო გადამცემების მოქმედების გათვალისწინება, თეორიული გათვლების საფუძველზე ელექტრომაგნიტური ველის პროგნოზირებისას, არაფერს ახალს არ მოგვცემს, რადგან მათი წვლილი ველის ჯამურ სურათში არის გაცილებით მცირე, ვიდრე მეთოდიკის შესაძლებლობები შეფასების სიზუსტის თვალსაზრისით. თუმცა აქვე აღვნიშნავთ, რომ ობიექტის სანიტარიულ პასპორტში ასახული უნდა იყოს მასზე დამონტაჟებული ყველა რადიოსაშუალების ტექნიკური მახასიათებლები. შესაბამისად ელექტრომაგნიტური ველის მაჩვენებლების გაზომვა უნდა ჩატარდეს ყველა მათგანის ფუნქციონირების დროს, რათა შეფასებულ იქნას ველი ყველაზე „უარესი“ შემთხვევისათვის.

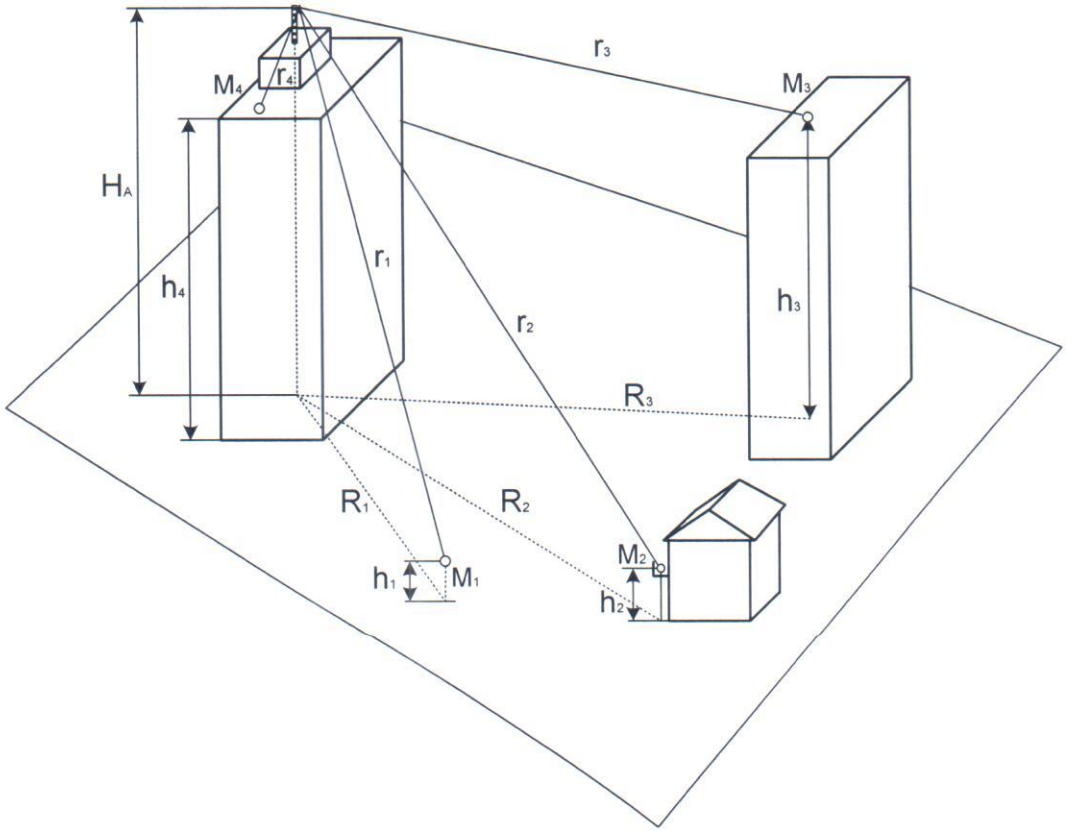
ზოგადი შემთხვევისათვის ანტენის განლაგების სქემა და მის ირგვლივ ზონაში ენს-ის გაზომვის ტიპიური წერტილები $M_1 \ldots M_4$ მოცემულია ნახ. 1-ზე.

წერტილი M_1, განლაგებული $h_1 = 2$ მეტრ სიმაღლეზე, შეესაბამება სანიტარიული დამცავი ზონის R_1 ზღვარს, რომელიც განსაზღვრულია დოკუმენტში [1].

წერტილი M_2, განლაგებული h_2 სიმაღლეზე, ინტერესს წარმოადგენს მაშინ, როდესაც საჭიროა ახლომდებარე სახლებში ენს-ის განსაზღვრა.

წერტილი M_3 შეესაბამება განაშენიანების ზონის შეზღუდვას h_3 სიმაღლეზე, რომელიც A ანტენის H_A სიმაღლის თანაზომადია.

წერტილი M_4 განლაგებული $h_4 = H_A$ სიმაღლეზე განიხილება, თუ განისაზღვრება ენს-ის დონე მომსახურე პერსონალისთვის.



ნახ. 1

საზოგადოდ რადიოსადგურიდან r მანძილით დაშორებული, A ანტენის შორეულ ზონაში განლგებული M წერტილისთვის ენს განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით:

$$\text{ენს} = [30 P_A G_A \eta_{\text{ფ}} K_{\text{ინტ}}^2 / r^2 Z] . F^2(\alpha) \cdot F^2(\varphi) , \quad (1)$$

სადაც: P_A – A ანტენის მკვებავი გადამცემის სიმძლავრეა,

G_A – ანტენის გაძლიერების კოეფიციენტია იზოტროპული დამსხივებლის მიმართ,

$\eta_{ფ} = \eta_0 \cdot \eta_{თბ}$ – დანაკარგებია საანტენო-ფიდერულ ტრაქტში;

η_0 – დანაკარგებია არეკვლებზე, რომლებიც განპირობებულია ანტენის ფიდერთან შეთანხმების არასრულყოფილობით (საზოგადოდ $\eta_0 > 0,9$);

$\eta_{თბ}$ – ფიდერის მ.ქ.კ.-ია, განპირობებული თბური დანაკარგებით;

$K_{ინტ} = 1,15...1,3$ – შესუსტების მამრავლია, განპირობებული დასახლებულ პუნქტებში მეზობელი ობიექტებიდან არეკვლილი ტალღების ინტერფერენციით ძირითად ტალღასთან;

$Z = 377$ ომს – თავისუფალი გარემოს ტალღური წინაღობაა,

$F^2(\alpha)$ – ვერტიკალურ სიბრტყეში ანტენის მიმმართველობის ნორმირებული დიაგრამაა;

$F^2(\varphi)$ – ჰორიზონტალურ სიბრტყეში ანტენის მიმმართველობის ნორმირებული დიაგრამაა;

α და φ – გასხივების მთავარი მიმართულების მიმართ გადახრის კუთხეებია შესაბამისად ვერტიკალურ და ჰორიზონტალურ სიბრტყეებში.

2.1. რადიოსარელეო სადგურების ანტენების მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველის თავისებურება და ანგარიშის მეთოდი

რადიოსარელეო სადგურების შემთხვევისათვის სპეციფიკურია ის გარემოება, რომ ანტენის ირგვლივ შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველის ენს-ის ზღვრულ მნიშვნელობას მიახლოვებული დონეები განლაგებულია ანტენის ახლო ზონაში, განსხვავებით საბაზო რადიოსადგურებისგან, სადაც ეს ზღვრული მნიშვნელობები თითქმის მუდამ განლაგებულია შორეულ ზონაში. აქედან გამომდინარე, ანგარიშის ის მეთოდიკა, რაც გამოიყენება საბაზო სადგურებისთვის იძლევა დიდ ცდომილებას ველის შეფასებისას. სწორედ ამიტომ, რადიოსარელეო სისტემების მიერ შექმნილი ველების ანგარიშისათვის გამოიყენება უფრო რთული, მაგრამ ამავე დროს ახლო ზონაში ველის შეფასების უფრო ზუსტი მეთოდი, რომელიც დამტკიცებულია საქ. შრომის, ჯანმრთელობისა და სოციალური დაცვის მინისტრის 2003 წლის 24 თებერვლის №38/ნ ბრძანების საფუძველზე.

რადიოსარელეო სადგურების ანტენები წარმოადგენენ აპერტურული კლასის ანტენებს, რომელთა სპეციფიკური თვისებაა მიმმართველობის მრავალფოთლიანი დიაგრამა და აქედან გამომდინარე ელექტრომაგნიტური ველის რთული სტრუქტურა ანტენის ახლო ზონაში.

აპერტურული ანტენების გამოსხივების ნაკადის სიმკვრივის ანგარიშის მეთოდიკა გულისხმობს ველის შეფასებისას დამსხივებლისა და აპერტურის დამოუკიდებელ წყაროებად განხილვას. ასეთ შემთხვევაში განსახილველ M წერტილში გამოსხივების ნაკადის სიმკვრივე:

$$П = П_а + П_д, \qquad (2)$$

სადაც $П_а$ და $П_д$ გამოსხივების ნაკადის სიმკვრივის მდგენელებია, შექმნილი შესაბამისად აპერტურის და დამსხივებლის მიერ. აპერტურული და დამსხივებლის მდგენელების გამოსახულებებს აქვთ შემდეგი სახე:

$$П_а = P \cdot D_0 \cdot B^2(R) \cdot F^2(\theta,R) / 4\pi R^2, \ вტ/მ^2, \quad (3)$$

$$П_д = 0{,}1 \cdot P \cdot D_д / 4\pi R^2, \ вტ/მ^2. \quad (4)$$

აქ P - ანტენის მიერ გასხივებული სიმძლავრეა, ვატებში;

D_0 – ანტენის მიმართული მოქმედების კოეფიციენტია შორეულ (ტალღურ) ზონაში;

$B^2(R)$ – ფუნქციაა, რომელიც ითვალისწინებს ანტენის ახლო ზონაში მიმმართველობის დიაგრამის ცვლილებას ანტენამდე R მანძილის შესაბამისად;

$F^2(\theta,R)$ - ანტენის მიმმართველობის ნორმირებული დიაგრამაა სიმძლავრის მიხედვით;

$D_д$ - დამსხივებლის მიმართული მოქმედების კოეფიციენტია;

θ და R - განსახილველი წერტილის სფერული კოორდინატებია (იხ. ნახ.2).

ანგარიშის სიმარტივისთვის (4) გამოსახულებაში მიღებულია, რომ დამსხივებლის მიმმართველობის ნორმირებული დიაგრამის მნიშვნელობა სიმძლავრის მოხედვით, სარკისგარე მიმართულებათა სექტორში $F_д^2(\theta)=0,1$. საზოგადოდ $F_д^2(\theta)$ არ არის დამოკიდებული R-ზე, რადგან განსახილველი წერტილი მუდამ იმყოფება დამსხივებლის შორეულ ზონაში.

მანძილი ანტენის ახლო და შორი ზონების საზღვრამდე (სასაზღვრო მანძილი) წრიული აპერტურის მქონე ანტენების შემთხვევისათვის

$R_{ზღ}=2d^2/\lambda$,

სადაც d – ანტენის დიამეტრია, ხოლო $\lambda = c/f$ - ტალღის სიგრძეა,

$c = 3 \cdot 10^8$ მ/წმ - სინათლის სიჩქარეა, ხოლო f – გასხივების სიხშირეა.

ანგარიშის მეთოდიკა ეფუძნება

$x = R/ R_{ზღ}$ და $u = (\pi d \sin\theta/\lambda$

ფარდობითი ცვლადების შემოტანას. რომელთა გათვალისწინებით (3) და (4) ფორმულებში, შედეგის გამრავლებით 100-ზე და გადასვლით დეციბელებზე მიიღება საბოლოო გამოსახულებები $П_ა$-ს და $П_д$-ს საანგარიშოდ (დეციბელებში 1 მკვტ/სმ^2-ის მიმართ):

$$П_ა = 10 \cdot \lg (P \cdot \lambda^2 / d^4) + 10 \cdot \lg D_0 + 20 \cdot \lg[B(x)/x] + 20 \cdot \lg F(u,x) + 3, \text{ დბ}, \quad (5)$$

$$П_д = 10 \cdot \lg (P / (4\pi R^2) + 10 \lg D_д + 10, \text{ დბ}, \quad (6)$$

სადაც B(x) - ფუნქციაა, რომელიც ითვალისწინებს მიმართული მოქმედების კოეფიციენტის ცვლილებას x-ფარდობით მანძილზე დამოკიდებულებით;

F(u,x)- ნორმირებული დიაგრამაა u და x კოორდინატებში.

$20 \cdot \lg[B(x)/x]$ ფუნქციას მცირე x-ებისთვის აქვს ოსცილირებადი სახე, მაგრამ სანიტარული შეფასებების მიზნებისთვის საკმარისია მისი მომვლების გამოყენება. ამ მომვლების მნიშვნელობები სხვადასხვა x-ისთვის მოცემულია ცხრ.2-ში (იხ. აგრეთვე "Определение плотности потока энергии электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 700 МГц - 300 ГГц": МУК 4.3.680-97. - М: "Интерсэн"):

ცხრილი 2

x	20·lg[B(x)/x], დბ	x	20·lg[B(x)/x], დბ	x	20·lg[B(x)/x], დბ
0	14,5	0,35	8,5	7	2,9
0,125	14,45	0,4	7,33	0,75	2,36
0,15	14,17	0,45	6,56	0,8	1,83
0,175	135	0,5	5,67	0,85	1,3
0,2	12,5	0,55	4,93	0,9	0,83
0,25	11,17	0,6	4,17	1,0	0
0,3	9,5	0,65	3,43	>1	-20·lg x

ძალზედ ოსცილირებადი ხასიათი აქვს აგრეთვე F(u,x) ფუნქციას. მისი მომვლების მნიშვნელობები ფიქსირებული x პარამეტრისთვის u ცვლადის ცალკეული მნიშვნელობებისთვის, წრიული აპერტურის მქონე ანტენებისთვის მოცემულია მეთოდური სახელმძღვანელოს 3 და 1 ცხრილებში.

სანიტარიული მიზნებისთვის აპერტურული ანტენების მიერ შექმნილი ველის შეფასებისას საკმარისია შემოვიფარგლოთ ანალიზით მხოლოდ ანტენის წინა ნახევარსივრცეში, რადგან თანამედროვე ანტენებისთვის უკანა ნახევარსივრცეში ველი ძალზედ სუსტია მათი მაღალი დაცვითი მოქმედების კოეფიციენტის გამო.

ანტენის წინა ნახევარსივრცეში, $\theta \le \beta$ კუთხეების სექტორში, გამოსხივების

ნაკადის სიმკვრივის ჯამური მნიშვნელობა იანგარიშება გამოსახულებით:

$$\Pi = 10^{\Pi_{ა,დბ}/10} + 10^{\Pi_{დ,დბ}/10}, \qquad (7)$$

სადაც $\Pi_{ა,დბ}$ და $\Pi_{დ,დბ}$ იანგარიშება (5) და (6) გამოსახულებებით.

გრძელფოკუსიანი ანტენებისთვის (რომელთათვისაც პარაბოლური სარკის გაშლის კუთხე $2\Psi_0 \le 180°$) - $\beta = 90°$;

მოკლეფოკუსიანი ანტენებისთვის (რომელთათვისაც $2\Psi_0 > 180°$) - $\beta = 180° - \Psi_0$.

თუ Ψ_0 არ არის მოცემული და ვიცით ფოკუსური F მანძილი, მაშინ იგი შეიძლება ვიანგარიშოთ ფორმულით:

$$\Psi_0 = 2 \operatorname{arctg} (d / 4F).$$

საზოგადოდ გამოსხივების ნაკადის სიმკვრივის (გნს) შეფასებისათვის

ღერძული სიმეტრიის ანტენების შემთხვევაში (მაგთიკომი იყენებს სწორედ ასეთ ანტენებს), შეიძლება ავიღოთ $2\Psi_0 = 180°$.

დამსხივებლის მიმართული მოქმედების $D_д$ კოეფიციენტი დამოკიდებულია Ψ_0 კუთხეზე. სხვადასხვა Ψ_0 კუთხისთვის მისი მნიშვნელობები მოცემულია ცხრ.3-ში (იხ. აგრეთვე "Определение плотности потока энергии электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 700 МГц - 300 ГГц": МУК 4.3.680-97. - М: "Интерсэн"):

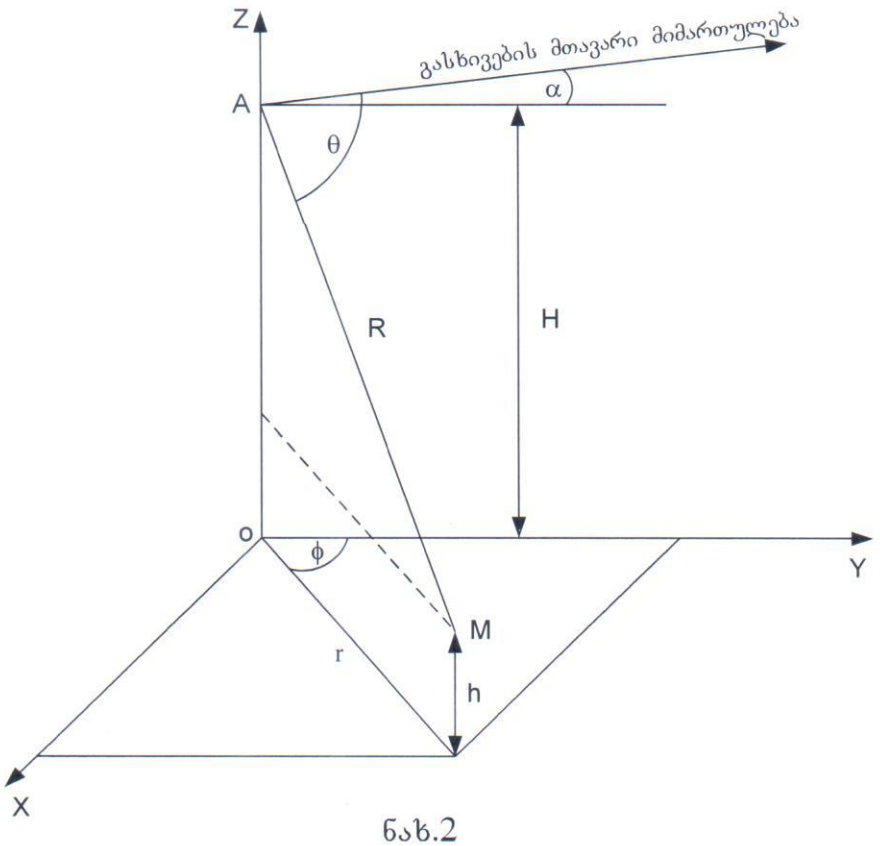
ცხრილი 3

Ψ_0, გრად.	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$D_д$, დბ	10	9,8	9,7	9,1	8,2	7,4	6,4	5,3	4,1	3,2	2,6	2,4	2,4

განსახილავი M წერტილის სფერული R და θ კოორდინატები აპერტურის ცენტრის მიმართ ნახ.2-ის მიხედვით იანგარიშება შემდეგი გამოსახულებებით:

$$R = \sqrt{(H-h)^2 + r^2} \quad , \qquad (8)$$

$$\theta = \arccos\{[r \cdot \cos\varphi \cdot \cos\alpha - (H - h)\sin\alpha] / R\} \, , \qquad (9)$$



ნახ.2

სადაც H – ანტენის განლაგების სიმაღლეა,

h – განსახილველი M წერტილის განლაგების სიმაღლეა,

r – ანტენისა და წერტილის ჰორიზონტალურ გეგმილებს შორის მანძილია,

α – გასხივების მთავარი მიმართულების დახრის კუთხეა ჰორიზონტის მიმართ,

φ – კუთხეა გასხივების მთავარი მიმართულების ჰორიზონტალურ გეგმილსა და r მონაკვეთს შორის.

3. საბაზო რადიოსადგურის მიერ გარემომცველ სივრცეში შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველის შეფასება

ანტენის მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველის ენერგიის გარემომცველ სივრცეში განაწილების შეფასებისათვის მოსახერხებელია განისაზღვროს სივრცის არე, რომელშიც ენს-ის მნიშვნელობა მეტია ან ტოლი ზღვრულად დასაშვებზე.

საბაზო სადგურის ანტენების შემთხვევისათვის შესაძლოა გამოვიყენოთ გამოსახულება (1). ამ გამოსახულებიდან განვსაზღვროთ მანძილი ანტენიდან სივრცის ყველა იმ წერტილამდე, რომელშიც ენს ტოლია ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობისა:

$$r = \sqrt{[30 \cdot P_A G_A \eta_{ფ} K_{ინტ}^2 / ენს_{ზღვ} Z] . F^2(\alpha) \cdot F^2(\varphi)} , \quad (2)$$

თუ გავითვალისწინებთ, რომ საქართველოში მოქმედი ნორმატივების შესაბამისად, მოსახლეობისათვის $ენს_{ზღვ}=0,1$ვტ/მ^2, მაშინ გვექნება:

$$r = \sqrt{[30 P_A G_A \eta_{ფ} K_{ინტ}^2 / 0,1 Z] . F^2(\alpha) \cdot F^2(\varphi)} . \quad (3)$$

იმ შემთხვევაში, როდესაც ველი შექმნილია არა ერთი, არამედ რამოდენიმე წყაროს მიერ, მაშინ მანძილი ნორმას გადაჭარბებული ზონის საზღვრამდე შეიძლება ვიანგარიშოთ, როგორც ცალკეული მათგანის შესაბამის მანძილთა საშუალო კვადრატული მნიშვნელობა:

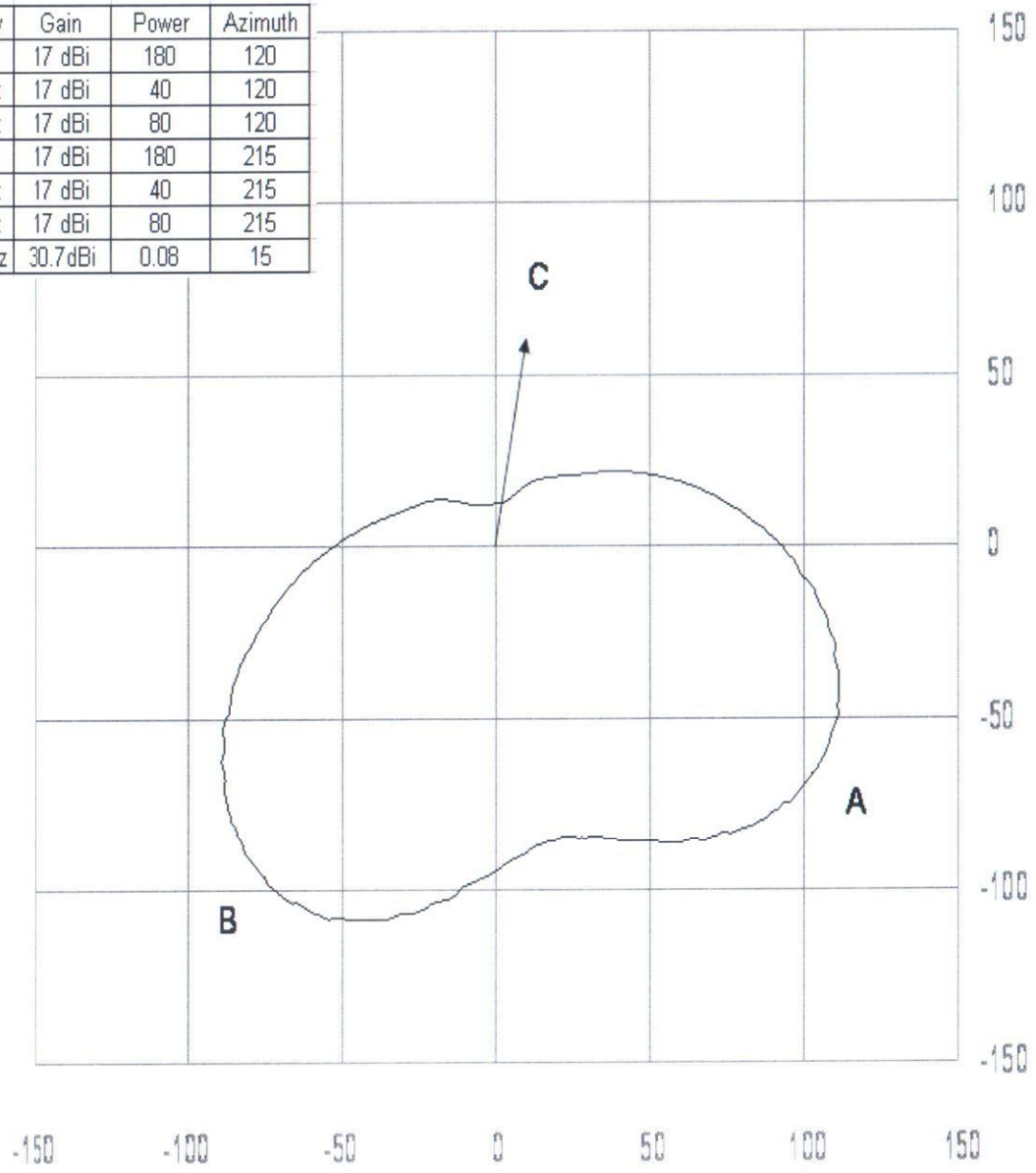
$$r_{\Sigma} = \sqrt{r_1^2 + r_2^2 + \dots r_n^2} ,$$

სადაც n წყაროთა რაოდენობის მაჩვენებელია. მაგალითად, ორ სტანდარტზე მომუშავე ანტენის შემთხვევაში გვექნება:

$$r_{\Sigma} = \sqrt{[(30 P_{A1} G_{A1} \eta_{ფ1} K_1^2 / 0,1 Z) F_1^2(\alpha) \cdot F_1^2(\varphi)] + [(30 P_{A2} G_{A2} \eta_{ფ2} K_2^2 / 0,1 Z) F_2^2(\alpha) \cdot F_2^2(\varphi)]} .$$

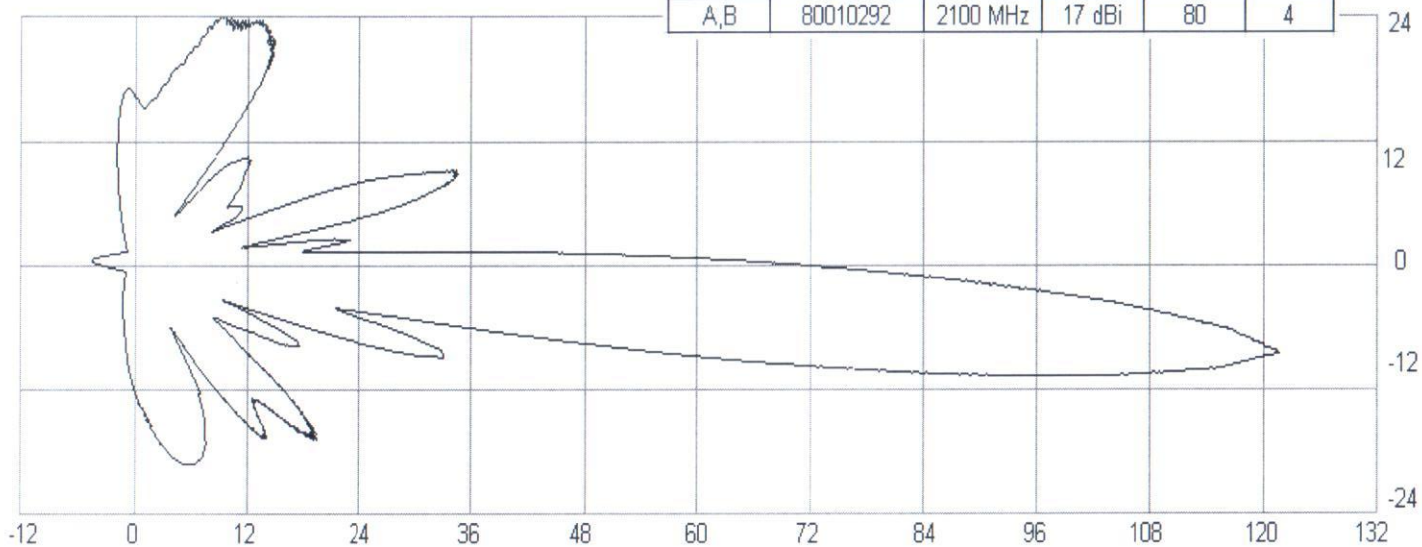
ამ გამოსახულებაში აპარატურის ტექნიკურ მონაცემებში მოყვანილი მნიშვნელობების შეტანით და ანტენების მიმმართველობის დიაგრამების გამოყენების საფუძველზე ვაგებთ ანტენების მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველის ენერგიის ნაკადის სიმკვრივის ტოლ მნიშვნელობათა დიაგრამებს ჰორიზონტალურ (ნახ.3ა) და ვერტიკალურ (ნახ.3ბ) სიბრტყეებში, საიდანაც ჩანს, რომ საქართველოში მოქმედი ნორმატივებისთვის 80010292 ტიპის ანტენებისთვის გადამცემთა განსახილავ რეჟიმში მუშაობის შემთხვევაში ენს ნორმაშია: A და B მიმართულებით ანტენებიდან 11 მეტრის ქვემოთ და 122 მეტრზე შორს პირდაპირი სხივის გასწვრივ. ამ დიაგრამების ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ 58 მეტრ სიმაღლეზე განლაგებული საბაზო სადგურის ანტენების ქვეშ სანიტარიული დამცავი ზონა არ არსებობს. რაც შეეხება განაშენიანების შეზღუდვის ზონას, მის შესახებ ზოგადად შეიძლება ითქვას, რომ ანტენის განლაგების წერტილში დედამიწის ზედაპირის პირობითი ნულოვანი დონის მიმართ იგი შეადგენს: A და B მიმართულებით 47 მეტრ სიმაღლეზე 122 მეტრს 120° და 215° აზიმუტზე.

Name	Antenna	Frequency	Gain	Power	Azimuth
A	80010292	900 MHz	17 dBi	180	120
A	80010292	1800 MHz	17 dBi	40	120
A	80010292	2100 MHz	17 dBi	80	120
B	80010292	900 MHz	17 dBi	180	215
B	80010292	1800 MHz	17 dBi	40	215
B	80010292	2100 MHz	17 dBi	80	215
C	Eclipse	15000 MHz	30.7dBi	0.08	15



ნახ.3ა.

Name	Antenna	Frequency	Gain	Power	Tilt
A,B	80010292	900 MHz	17 dBi	180	4
A,B	80010292	1800 MHz	17 dBi	40	4
A,B	80010292	2100 MHz	17 dBi	80	4



ნახ.38.

3. რადიოსარელეო სადგურების ანტენების მიერ გარემომცველ სივრცეში შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველის შეფასება

ანტენის მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველის ენერგიის გარემომცველ სივრცეში განაწილების შეფასებისათვის მოსახერხებელია განისაზღვროს სივრცის არე, რომლის შიგნითაც ენს-ის მნიშვნელობა მეტია ან ტოლი ზღვრულად დასაშვებზე.

თითოეული ანტენის მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველის მაჩვენებლების თეორიული შეფასებისათვის, წინა პარაგრაფში მოყვანილი მეთოდიკის შესაბამისად, კომპიუტერული მოდელირებით, სპეციალურად დამუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფის საფუძველზე, გადაღებულ იქნა ყველა გამოყენებული კონფიგურაციის რადიოსარელეო სადგურის მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველის გარამომცველ სივრცეში განაწილების დიაგრამები და თითოეული მათგანისათვის ნორმას გადაჭარბებული ზონის სასაზღვრო კონტურები, რომლებიც წარმოდგენილია ნახაზებზე 4ა,ბ, სადაც:

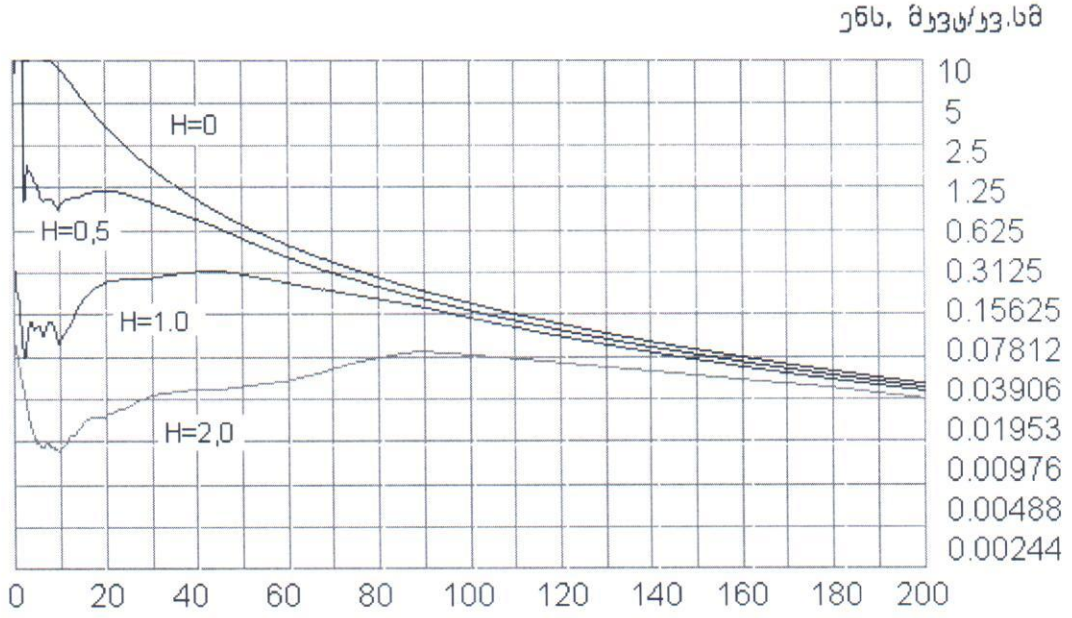
ა)–ნახაზზე ჰორიზონტალური მიმართულებით გადაზომილია მანძილი ანტენამდე მეტრებში, ვერტიკალურად – ენს-ის მნიშვნელობა მკვტ/სმ^2), ΔH – გადახრაა მეტრებში ანტენის მთავარი ოპტიკური ღერძიდან.

ბ)–ნახაზზე ჰორიზონტალური მიმართულებით გადაზომილია მანძილი ანტენამდე, ხოლო ვერტიკალური მიმართულებით–გადახრა მეტრებში ანტენის სარკის მთავარი ოპტიკური ღეძიდან.

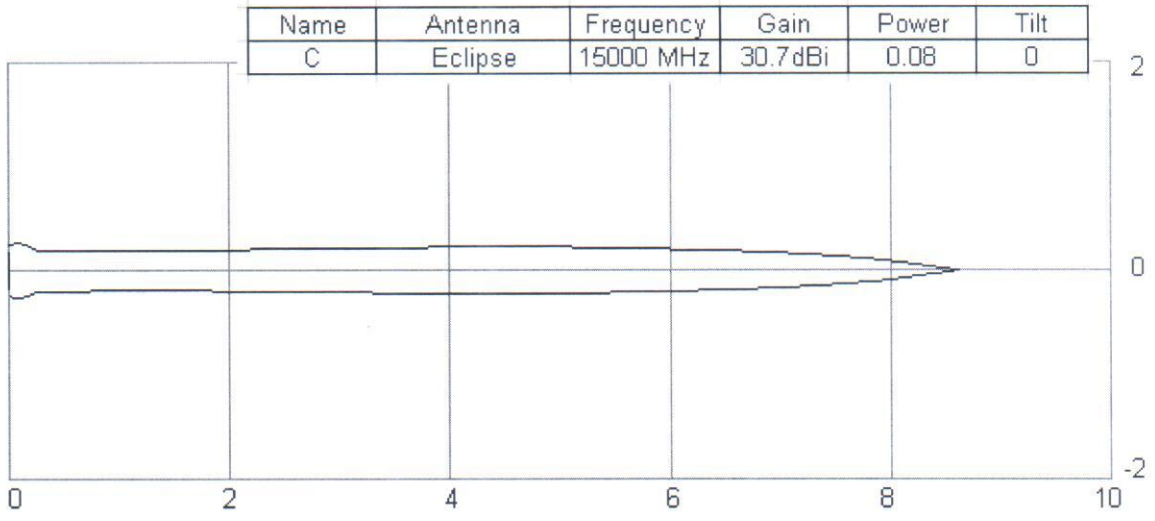
ამ მონაცემების ანალიზიდან ჩანს, რომ თითოეული ანტენისათვის ნორმას გადაჭარბებული არე არ გამოდის მთავარი მიმართულების ირგვლივ განლაგებული იმ ცილინდრული ზონის საზღვრებს გარეთ, რომლის დიამეტრიც ანტენის დიამეტრის რიგისაა, ხოლო ამ ზონის მიღმა ველი ძალზედ სწრაფად მცირდება. აქედან გამომდინარე 58 მეტრ სიმაღლეზე დაკიდული რადიოსარელეო სადგურის ანტენები ქმნის ვიწრო კონას, რომელიც მის ქვეშ მდებარე უახლოეს რელიეფს სცილდება სულ ცოტა 57 მეტრით. შესაბამისად, 2 მეტრ სიმაღლეზე მის მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველის მაჩვენებლები ნორმატიულთან შედარებით გაცილებით მცირეა და ამიტომ სანიტარიულ-დამცავი ზონის ფორმირებაში პრაქტიკულად არ მონაწილეობს. რაც შეეხება განაშენიანების შეზღუდვის ზონას, მის შესახებ ზოგადად შეიძლება ითქვას, რომ ანტენის განლაგების წერტილში დედამიწის ზედაპირის პირობითი ნულოვანი დონის მიმართ იგი შეადგენს:

C მიმართულებით 57 მეტრ სიმაღლეზე 8.5 მეტრს 15° აზიმუტზე.

ა)


ენს, მკვტ/კვ.სმ
10
5
2.5
1.25
0.625
0.3125
0.15625
0.07812
0.03906
0.01953
0.00976
0.00488
0.00244
H=0
H=0,5
H=1.0
H=2,0
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200

ბ)


Name
Antenna
Frequency
Gain
Power
Tilt
C
Eclipse
15000 MHz
30.7dBi
0.08
0
2
0
-2
0
2
4
6
8
10

ნახ.4.

დასკვნა

- ფიჭური კავშირგაბმულობის ქსელის საბაზო რადიოსადგურ ***ვაკე-ჰილტონი*** ანტენების ირგვლივ მდებარე ობიექტებზე ენს-ის მნიშვნელობა გაცილებით დაბალია ნორმატიულზე.

- იმის გამო, რომ ანტენები განლაგებულია საკმაოდ მაღლა და მათ აქვთ კარგი მიმმართველობა, ორი მეტრის სიმაღლის სანიტარიული დამცავი ზონა, რასაც ითვალისწინებს ნორმატივი, არ არსებობს (შეზღუდვა სიმაღლის მიხედვით იწყება გაცილებით მაღლა).

- პარაგრაფი 3-ში მიღებული შედეგების მიხედვით განაშენიანების შეზღუდვის ზონის შესახებ ზოგადად შეიძლება ითქვას, რომ ანტენის განლაგების წერტილში დედამიწის ზედაპირის პირობითი ნულოვანი დონის მიმართ იგი შეადგენს:

  A და B მიმართულებით 47 მეტრ სიმაღლეზე 122 მეტრს 120° და 215° აზიმუტზე;
  C მიმართულებით 57 მეტრ სიმაღლეზე 8.5 მეტრს 15° აზიმუტზე.

- გამომდინარე ზემოაღნიშნულიდან საბაზო რადიოსადგურის განლაგების ადგილი და მისი კონფიგურაცია გარემომცველი რელიეფის ელექტრომაგნიტური ველისგან დაცულობის თვალსაზრისით სწორედ არის შერჩეული და შესაძლებელია მისი ასეთი სახით ექსპლოატაცია.


შპს მაგთიკომის
საბაზო რადიოსადგური
ვაკე-ჰილტონი
41.710685 44.758430
A
B
Vake

6-Port Antenna	R1	B1	B2
Frequency Range	790–960	1710–2180	1710–2180
Dual Polarization	X	X	X
HPBW	65°	65°	65°
Adjust. Electr. DT	2°–10°	0°–10°	0°–10°

set by hand or by optional RCU (Remote Control Unit)

KATHREIN

RFID

6-Port Antenna 790–960/1710–2180/1710–2180 65°/65°/65° 17.5/17.5/17dBi 2°–10°/0°–10°/0°–10°T

Type No.		80010292V03		
Lowband		**R1, connector 1–2**		
			790–960	
Frequency Range	MHz	790 – 862	824 – 894	880 – 960
Gain at mid Tilt	dBi	17.1	17.3	17.4
Gain over all Tilts	dBi	17.0 ± 0.3	17.2 ± 0.3	17.3 ± 0.3
Horizontal Pattern:				
Azimuth Beamwidth	°	69 ± 1.1	68 ± 1.3	66 ± 1.1
Front-to-Back Ratio, Total Power, ± 30°	dB	> 26	> 27	> 28
Cross Polar Discrimination at Boresight	dB	> 25	> 25	> 27
Cross Polar Discrimination over Sector	dB	> 14.0	> 14.5	> 12.5
Azimuth Beam Port-to-Port Tracking	dB	< 2.0	< 2.0	< 2.5
Vertical Pattern:				
Elevation Beamwidth	°	7.9 ± 0.3	7.6 ± 0.3	7.2 ± 0.3
Electrical Downtilt continuously adjustable	°	2.0 – 10.0		
Tilt Accuracy	°	< 0.1	< 0.1	< 0.2
First Upper Side Lobe Suppression	dB	> 14	> 15	> 15
Cross Polar Isolation	dB	> 30		
Port to Port Isolation	dB	> 36 (R1 // B1, B2)		
Max. Effective Power per Port	W	400 (at 50 °C ambient temperature)		
Max. Effective Power Port 1–2	W	800 (at 50 °C ambient temperature)		

Values based on NGMN-P-BASTA (version 9.6) requirements.



936.4880/b ngmn 04.19.01.01 Subject to alteration.

All specifications are subject to change without notice.

ს/ს ნ. მახვილაძის სახელობის
შრომის მედიცინისა და ეკოლოგიის
სამეცნიერო-კვლევითი
ი ნ ს ტ ი ტ უ ტ ი

საქართველო, თბილისი, 0102,
ვ.გორგასლის. მე–3 ჩიხი №5
ტელ.: +995 (32) 956 594, +995 (32) 959 966

JSC N. MAKHVILADZE
SCIENTIFIC-RESEARCH INSTITUTE
OF LABOR MEDICINE AND
ECOLOGY
V. Gorgasali st №5., 0102,
Tbilisi, Georgia
Phone: +995 (32) 956 594, +995 (32) 959 966

№ 52 10 აპრილი 2019წ.

ჰიგიენური დასკვნა პროექტზე

1. პროექტის დასახელება შ.პ.ს. „მაგთიკომი" -ს საბაზო რადიოსადგურ „ვაკე-ჰილტონი"-ს სანიტარიულ-ჰიგიენური მაჩვენებლების ანგარიში.
2. ობიექტის დასახელება შ.პ.ს. „მაგთიკომი"-ს საბაზო რადიოსადგური „ ვაკე-ჰილტონი".
3. ობიექტის კუთვნილება ან დაქვემდებარება შ.პ.ს. „მაგთიკომი".
4. მშენებლობის ადგილი (მისამართი) ქ. თბილისი, ვაკის რაიონი, ილია ჭავჭავაძის გამზირი, I ჩიხი №64-ში მდებარე შენობა, ს/კ 01.14.11.002.035.
5. პროექტირება შ.პ.ს. „მაგთიკომი"-ს ქსელის ექსპლუატაციის დეპარტამენტის დირექტორის მოადგილე - გ. მურჯიკნელი, რადიოელექტრონული ხელსაწყოების და მათ მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური ველების ტესტირების ლაბორატორიის უფროსი- კ. მირესაშვილი,
6. პროექტის წარმომდგენი შ.პ.ს. „მაგთიკომი".
7. წარმოდგენის თარიღი 2019 წლის 8 აპრილი.
8. წარმოდგენილი დოკუმენტაცია:

ა) საბაზო და სარელეო რადიოსადგურების დანიშნულება და განთავსების ადგილის დახასიათება;

ბ) საბაზო და სარელეო რადიოსადგურები და ანტენის ტექნიკური პარამეტრები;

გ) ელექტრომაგნიტური ველის ზემოქმედების სანიტარიული ნორმები და ანგარიშის მეთოდიკა;

დ) საბაზო და სარელეო რადიოსადგურების ანტენების მიერ გარემომცველ სივრცეში გამოსხივებული ელექტრომაგნიტური ველის შეფასება;

ვ) არსებული ელექტრომაგნიტური ველის ფონის დადგენის მიზნით ჩატარებული ინსტრუმენტალური გაზომვის შედეგები და ოქმი №584;

ზ) დასკვნა

თ) შ.პ.ს. „მაგთიკომი"-ს სახელმწიფო ლიცენზია №3274 მოქმედი საქართველოს ტერიტორიაზე საპროექტო-სამშენებლო საქმიანობის განხორციელებაზე (ტექნოლოგიური მოწყობილობებისა და კომუნიკაციების მონტაჟი და გასაშვებ-გამმართავი სამუშაოები, საკაბელო ხაზები, რადიო-სარელეო ხაზები და რადიოსადგურები).

ი) ელექტრომაგნიტური ველის დონეების გამზომი ლაბორატორიის აკრედიტაციის მოწმობა ნომერი 268-20458557-3. 1-0088;

9. პროექტის განხილვის შედეგად დადგინდა, რომ

შ.პ.ს. "მაგთიკომი"-ს საბაზო რადიოსადგურის („ვაკე-ჰილტონი") სანიტარიულ-დაცვითი და განაშენიანების შეზღუდვის ზონების სიდიდეების ანგარიში შესრულებულია საბაზო რადიოსადგურის გადამცემი ანტენების შემდეგი ტექნიკური მახასიათებლებისათვის:

- სამუშაო სიხშირეთა დიაპაზონი: GSM; DCS; UMTS;
- ანტენის ტიპი: A;B GSM; DCS; UMTS -80010292;
- ანტენების რაოდენობა: 2;
- ანტენების განლაგების სიმაღლე: – 58 მ;
- გადამცემის საერთო სიმძლავრე– A;B - GSM-1803ტ; DCS-403ტ; UMTS -803ტ;
- ანტენების გასხივების მიმმართველობის დიაგრამის სიგანე:

ვერტიკალურ სიბრტყეში – A;B – GSM; DCS; UMTS —7°;

ჰორიზონტალურ სიბრტყეში - A;B - GSM; DCS; UMTS --65°;

- ანტენების გასხივების დიაგრამის ელექტრული დახრის კუთხე ჰორიზონტის მიმართ $\varphi_{(A,B)} = 4°$;
- გაძლიერების კოეფიციენტი: A;B GSM; DCS; UMTS --17დბ;
- ანტენების გასხივების აზიმუტები: - A-მიმართულებით 120°; B-მიმართულებით 215°;

პროექტის ანგარიშის შედეგების მიხედვით საბაზო რადიოსადგურის ანტენებისათვის ენერგიის ნაკადის სიმკვრივის საპროექტო დონეები მიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე განთავსების ადგილიდან დაშორებისა და არსებული ფონის (0,03-0,04 მკვტ/სმ^2) მიუხედავად, 10 მკვტ/სმ^2-ზე გაცილებით ნაკლებია, რის გამოც სანიტარულ-დაცვითი ზონის საზღვრების დადგენა გამოთვლებით შეუძლებელია.

რაც შეეხება განაშენიანების შეზღუდვის ზონას, საბაზო რადიოსადგურის ანტენის A,B მიმართულებით 47 მ სიმაღლეზე შეადგენს 122 მეტრს 120°; 215° აზიმუტების მიმართულებით.

რადიოსარელეო სისტემის მიერ შექმნილი ველი 58 მ. სიმაღლეზე ქმნის ვიწრო კონას, რომელიც მის ძვეშ მდებარე უახლოეს რელიეფს სცილდება სულ ცოტა 57 მეტრით და ამიტომ მისი წვლილი 2 მეტრ სიმაღლეზე ელექტრომაგნიტური ველის საერთო სურათში უმნიშვნელოა და სანიტარიულ-დამცავი ზონის ანგარიშისას შეიძლება მხედველობაში არ იქნეს მიღებული. რაც შეეხება განაშენიანების შეზღუდვის ზონას, 57 მ სიმაღლეზე იგი შეადგენს 8.5 მეტრს 15^0 აზიმუტის მიმართულებით.

10. საბოლოო დასკვნა

ამჟენად შ.პ.ს. "მაგთიკომი"-ს საბაზო რადიოსადგურის („ვაკე-ჰილტონი") განთავსებისათვის შერჩეულია ოპტიმალური ადგილი გადამცემის სიმძლავრის, ანტენის გამოსხივების დიაგრამის პარამეტრებისა და განთავსების სიმაღლის გათვალისწინებით. ანტენები განთავსებულია საკმაოდ მაღლა და მათ აქვთ კარგი მიმმართველობა, 2 მეტრის სიმაღლის სანიტარიული დამცავი ზონა, რასაც ითვალისწინებს ნორმატივი, არ არსებობს (შეზღუდვა სიმაღლის მიხედვით იწყება გაცილებით მაღლა).

ანტენების განთავსების ადგილი შერჩეული იქნა ქვეჭანაში ამჟამად მოქმედი კანონმდებლობითა და ნორმატიული აქტებით დადგენილი მოთხოვნების შესაბამისად გადამცემის სიმძლავრის, ანტენის გასხივების დიაგრამის პარამეტრების, განთავსების სიმაღლის გათვალისწინებით, რის

გამოც შ.პ.ს. "მაბთიკომი"-ს საბაზო რადიოსადგურის მიერ წარმოქმნილი რადიოსიხშირის დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ინტენსივობის ფაქტიური მნიშვნელობები საკვლევ ტერიტორიაზე არ აღემატება ქვეყნაში ამჟამად მოქმედი სანიტარიული წესებისა და ნორმების "რადიოსიხშირის დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური გამოსხივება" 2.2.42.1.8.001-01-ის მიხედვით დადგენილ ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობას (10 მკვტ/სმ^2) და არ შეიძლება მოახდინოს უარყოფითი გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე და გარემოზე. შ.პ.ს. „მაბთიკომი"-ს საბაზო რადიოსადგურის **(„ვაკე-ჰილტონი")** სანიტარიულ-ჰიგიენური მაჩვენებლების ანგარიშის პროექტი თანხმდება.

11. რეკომენდაციები

1. რადიოსიხშირის დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ინტენსივობის ზღვრულად დასაშვები დონეების უზრუნველსაყოფად მუდმივად დაცული უნდა იქნეს ობიექტის მოცემული პარამეტრები;
2. ობიექტის მუშაობის რეჟიმში ან პირობებში ისეთი ცვლილებების შეტანისას, რომლებიც გავლენას ახდენენ გამოსხივების დონეზე (მაგენერირებელი და გამომსხივებელი ელემენტების შეცვლა, ტექნოლოგიური პროცესის შეცვლა, ეკრანირების და დამცავი საშუალებების შეცვლა, სიმძლავრის გაზრდა, ელემენტების განლაგების შეცვლა და ა. შ.), ასევე რადიოსიხშირის დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების წყაროების რემონტის შემდეგ, უნდა ჩატარდეს რადიოსიხშირის დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ინტენსივობის საკონტროლო გაზომვები ფაქტიური მნიშვნელობების (სანიტარიული წესებისა და ნორმების "რადიოსიხშირის დიაპაზონის ელექტრომაგნიტური გამოსხივება", სწდან 2.2.42.1.8.001-01-ის მიხედვით) დადგენილი ზღვრულად დასაშვებ დონესთან შესაბამისობის დადასტურების მიზნით;
3. არსებული კანონმდებლობის შესაბამისად, ლაბორატორიული გამოკვლევებისათვის უფლებამოსილი საკუთარი ან/და სხვა ორგანიზაციის მეშვეობით გაუკეთდეს ორგანიზება რადიოსადგურების მიერ წარმოქმნილი ელექტრომაგნიტური გამოსხივების ინტენსივობის სისტემურ მონიტორინგს;
4. რისკის ფაქტორების გათვალისწინებით გადამცემის სიმძლავრეების ოპტიმიზაცია.

მედიცინის დოქტორი /ნ.რუხაძე/