

DETERMINATION OF THE ELECTROMAGNETIC SEDIMENT INITIATION FIELD DURING RADIOACTIVE AND CHEMICAL SUBSTANCES DEPOSITION FROM THE ATMOSPHERE

M. Kustov, B. Pospelov

National University of Civil Protection of Ukraine

vul. Chernyshevskaya 94, Kharkiv, 61023, Ukraine. E-mail: maksim_kustov@mail.ru.

Purpose. To reduce the zone of pollution in case of accidents with chemical emissions and radioactive substances, artificial intensification of precipitation in the emission area is used. As ions are the most active drop formation centers, increasing of the free ions concentration in the atmosphere by the high-frequency electromagnetic radiation for artificial precipitation intensification is proposed. **Methodology.** The single source power reducing is accomplished by the using of multiple radiation source with focusing of the electromagnetic field in the area of impact. **Results.** The energy and geometrical characteristics of the electromagnetic radiation focus area in the area of atmospheric pollution at various geometry of the placement of the emitters and their performance are considered. **Originality.** The calculations showed that the greatest amount of the focusing area is achieved with a compact footprint sources. To increase the impact area atmosphere scanning method applying is proposed. **Practical value.** Thus, for the artificial initiation of precipitation over the area of emission of hazardous chemical substances you can apply existing sources of electromagnetic radiation, which when operating in the scan mode will provide the necessary intensity of precipitation. *References 7, tables 1, figures 2.*

Key words: radiation source, radiation focusing, direction pattern, directive gain.

ВИЗНАЧЕННЯ ОБЛАСТІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ІНІЦІАЦІЇ ОПАДІВ ПРИ ОСАДЖЕННІ РАДІОАКТИВНИХ ТА ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН З АТМОСФЕРИ

М. В. Кустов, Б. Б. Поспелов

Національний університет цивільного захисту України

вул. Чернишевського, 94, Харків, 61023, Україна. E-mail: maksim_kustov@mail.ru

Для зниження зони забруднення при аваріях з викидом хімічних та радіоактивних речовин пропонується використання штучної інтенсифікації опадів в зоні викиду. Так як найбільш активними центрами краплеутворення є іони, то для штучної інтенсифікації опадів пропонується підвищувати концентрацію вільних іонів в атмосфері за рахунок високочастотного електромагнітного випромінювання. Зниження потужності одиначного джерела досягається шляхом використання множинного джерела випромінювання з фокусуванням електромагнітного поля в області впливу. Розглянуті енергетичні і геометричні характеристики області фокусування електромагнітного випромінювання в зоні атмосферного забруднення при різній геометрії розміщення випромінювачів та їх робочій характеристикі. Розрахунки показали, що найбільший обсяг області фокусування досягається при компактному розміщенні джерел. Для збільшення впливу пропонується застосовувати метод сканування атмосфери. Таким чином, для штучного ініціювання опадів над зоною викиду хімічно небезпечних речовин можна застосовувати існуючі джерела електромагнітного випромінювання, які в при роботі у режимі сканування дозволять забезпечити необхідну інтенсивність опадів.

Ключові слова: джерело випромінювання, фокусування випромінювання, діаграма спрямованості, коефіцієнт спрямованої дії.

PROBLEM STATEMENT. The main objective of radioactive and chemically dangerous substances sedimentation from the atmosphere is ensuring of necessary intensity of fine water stream giving over a certain area. Considering the sizeable area of polluting substances distribution in the atmosphere, the resolving of this task causes great difficulties. As at the expense of convective atmospheric streams dangerous substances can rise by 10 km altitude, artificial sedimentation of rainfall can be one of effective ways of atmosphere cleaning on all distribution area. One of perspective among other atmospheric processes impact methods is artificial rainfall initiation by the electromagnetic radiation (EMR). One of the problems for solving is determination of EMR focusing realized area parameters in the atmosphere created by the radiation sources set (RSS).

As the most active teardrop centers are charged particles (ions, ionic clusters) [1], creation of sufficient concentration of the condensation loaded centers in the field of influence is one of effective methods of artificial influence on atmospheric aerosols [2]. One of ways of ions sufficient concentration creation in the atmosphere by microwave radiation influence is considered in the study [3]. The theory of electromagnetic fields interaction created by various radiators is considered in [4–7]. However determination of RSS focusing area parameters depending on performance capabilities and the radiators configuration wasn't carried out.

EXPERIMENTAL PART AND RESULTS OBTAINED. The study purpose is to determinate of power and geometrical parameters of electromagnetic radiation focusing area in case of various radiators

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

placement geometry of and their performance capabilities.

Let coordinates of any radiator in RSS be defined by a vector \bar{R}_n in rectangular system of coordinates (fig. 1).

The field supervision point in the zone of artificial ionization is determined by a vector \bar{r} .

Then in case of N radiators in RSS the vector of intensity of the resultant electric field observed in any timepoint t in a point \bar{r} taking into account polarization of radiators can be presented in the form:

$$\vec{E}_{\Sigma}(\bar{r}, t) = \sum_{n=1}^N \vec{e}_n \cdot \frac{\sqrt{60 \cdot P_n \cdot G_n}}{|\bar{r} - \bar{R}_n|} \times \exp\left[i\left(2\pi f_n(t - \tau_n) + \varphi_n - k|\bar{r} - \bar{R}_n|\right)\right], \quad (1)$$

where \vec{e}_n, P_n, G_n a vector of radiated waves polarization, power of radiation and coefficient of the directed action for n-radiator; k – wave number; f_n – n-radiator radiation frequency; φ_n, τ_n – an initial phase and radiation delay time for n-radiator.

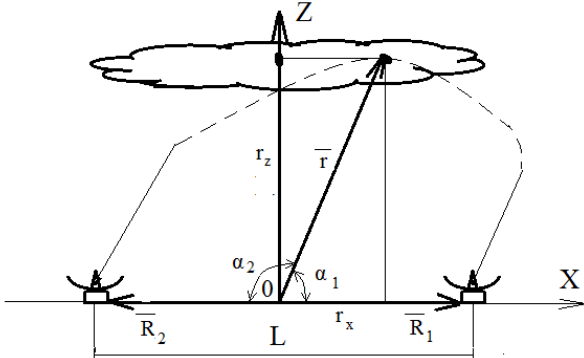


Figure 1 – Geometry of the task of artificial troposphere area ionization by on-off system of radiators

Generally the following parameters can be operated RSS parameters: $\vec{e}_n, P_n, G_n, f_n, \varphi_n$ and τ_n .

For a special case when the field of rainfall formation is in distant zone RSS ($|\bar{r}| \gg \bar{R}_n, n=1, \dots, N$) we will believe that conditions are satisfied: $\vec{e}_n = \vec{e}, f_n = f, P_n G_n = PG$ and $2\pi f \tau_1 + \varphi_1 = 2\pi f \tau_2 + \varphi_2 = 0$.

Taking into account that, following (1), for any direction $\alpha_1 = \alpha$ and any axial placement of radiators (\bar{R}_1, \bar{R}_2) the resultant intensity square in any point of the field Ω of rainfall formation will be defined as

$$|E_2(\bar{r}, t)|^2 = S_x(r_x, r_z) = \frac{240 \cdot P \cdot G}{r_x^2 + r_z^2} \times \cos^2\left(k \cos\left(r_x / \sqrt{r_x^2 + r_z^2}\right)(R_1 + R_2) / 2\right), \quad (2)$$

where k_z, k_x – the vector \bar{r} corresponding coordinates.

According (2) the square of resultant intensity doesn't depend on time and it's defined by coordinates of radiators and points of supervision or angle size $\alpha = r_x / \sqrt{r_x^2 + r_z^2}$. Therefore in the field of supervision periodic nature of change of a square of intensity takes place. Maxima of intensity are defined by coordinates of the supervision point (direction α) and a half of axial distance between radiators (system base).

Coordinates r_z and r_x also have impact on the general weakening of power and intensity change nature.

However in case of determination of radiation zone geometrical parameters it's necessary to consider a type of radiators directional patterns (fig. 2).

Let suppose that the directional pattern on power for n-radiator is described by Gaussian function [5]:

$$G_n = G_0(\bar{r}_n) \exp\left[-(\ln 2) \left[\left(\frac{2\varphi}{\varphi_1}\right)^2 + \left(\frac{2\theta}{\theta_1}\right)^2 \right]\right], \quad (3)$$

where G_0 – directed action coefficient of the radiator in the direction of the vector; \bar{r}, φ, θ – the angles counted from the direction \bar{r} in the vertical and horizontal plane; φ_1, θ_1 – the angles determining ray width in the vertical and horizontal plane.

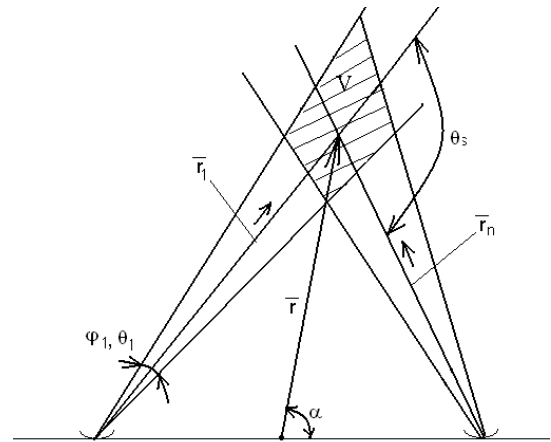


Figure 2 – Geometrical parameters of the RSS radiation zone

Generally for radiation zone sizes determination it's necessary to calculate the volume of N cones crossing area. According [5], in case of two radiators the volume of area of their crossing is defined as

$$V = 1,206 \frac{r_1^2 r_2^2 \theta_1 \theta_2 \varphi_1 \varphi_2}{\sqrt{(r_1^2 \varphi_1^2 + r_2^2 \varphi_2^2)}} \cdot \frac{1}{\sin \theta_s}. \quad (4)$$

On condition of using of radiators with identical directional patterns of needle type ($\varphi_1 = \theta_1 = \varphi_2 = \theta_2 = \beta$) correspondence (4) take the form of

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

$$V = 1,206 \frac{r_1^2 r_2^2 \beta^3}{\sqrt{(r_1^2 + r_2^2)} \sin \theta_s} \cdot 1 \quad (5)$$

It's difficult to get similar correspondence for any number and an arrangement of radiators. Therefore it's more convenient to find the crossing area volume numerical, for example, using the Compass package.

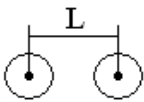
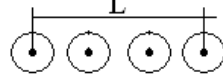
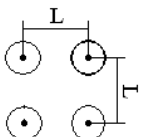
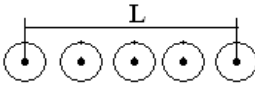
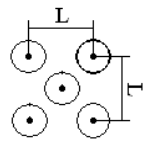
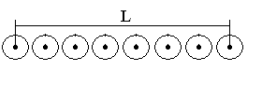
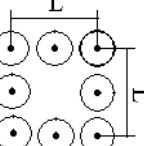
Results of calculation of crossing area volume received by crossing of rays from N sources with base of an aperture L at various tilting angle α are presented in table 1.

Data is obtained for width of rays of radiators 2° (stations 1RL141, 1RL132) with the center of their

crossing zone at distance of $|\vec{r}|=1000$ m and the top limit on a vector of $|\vec{r}|=5000$ m.

It's apparent from table 1 that the most compact placement of radiators provides the maximum volume of the crossing zone. Compact placement of radiators also simplifies management of radiators. In this case RSS can be considered as elements of an antenna lattice for which effective control systems are known.

Table 1 – Volume of the rays crossing zone (10^6 m^3) at various geometry of microwave radiation sources placement

Geometry of sources placement	α	L, m						
		50	100	500	1000	2000	3000	5000
	30°	23,4	19,5	10,2	7,7	3,8	1,6	0,8
	45°	20,7	17,3	8,6	5,9	3,2	1,2	0,6
	60°	18,1	15,8	7,3	4,2	2,7	0,8	0,3
	90°	16,3	13,2	5,7	3,5	1,9	0,6	0,2
	30°	21,8	17,6	9,2	6,4	3,1	1,4	0,6
	45°	20,2	15,6	7,4	5,2	2,3	1,1	0,4
	60°	17,6	13,5	6,1	3,7	1,6	0,7	0,2
	90°	15,6	11,8	4,3	2,9	0,8	0,5	0,05
	30°	22,4	18,7	9,7	6,4	3,1	1,3	0,6
	45°	20,5	16,8	8,3	5,4	2,7	1,1	0,5
	60°	17,9	15,2	7,2	3,7	1,8	0,7	0,4
	90°	16,1	12,3	5,6	2,1	1,1	0,5	0,2
	30°	20,5	18,4	9,3	5,4	3,2	1,2	0,7
	45°	18,8	16,4	8,1	4,4	2,8	0,8	0,6
	60°	17,3	15,3	7,5	3,8	1,7	0,6	0,4
	90°	15,0	12,9	5,8	2,6	1,3	0,5	0,2
	30°	21,7	18,8	9,7	5,8	3,9	1,6	0,8
	45°	20,3	17,6	8,3	4,3	2,8	1,2	0,6
	60°	18,1	16,5	7,6	3,8	2,3	0,9	0,5
	90°	16,3	14,2	5,8	2,7	1,5	0,7	0,3
	30°	19,1	15,4	8,3	4,4	2,8	1,3	0,6
	45°	17,7	13,6	7,3	3,5	1,9	0,8	0,4
	60°	16,3	12,1	5,9	2,7	0,9	0,7	0,3
	90°	13,9	10,7	4,2	1,6	0,7	0,5	0,05
	30°	20,3	16,8	9,4	5,7	4,1	2,7	0,7
	45°	18,6	15,4	7,8	6,6	3,6	1,8	0,6
	60°	17,2	13,9	6,7	4,5	2,8	1,1	0,4
	90°	15,8	12,1	4,7	2,4	1,1	0,7	0,1

Calculations results (table 1) show that if we use 1RL141, 1RL132 stations with any geometry of their placement it is impossible to provide the volume of the zone of active impact on rainfall formation area more than $23,4 \text{ m}^3$.

However for effective washing away of dangerous substances from the atmosphere isn't enough therefore it is necessary to apply or stations with petals of a

bigger angle of an aperture that leads to decrease in density of intensity of the field, or a method of the rainfall formation zone scanning.

There is a mechanical of control scanning and management of phase distribution. At a ray deviation from a normal concerning aperture of the antenna due to phase distribution of excitement there is an

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

expansion of the main petal and, respectively, decrease in the ratio of directed action (RDA) [4]:

$$G = G_0 \sin \alpha, \Delta\varphi = \frac{51^\circ \cdot \lambda}{2 \operatorname{tg} \theta \cdot \sin \alpha},$$

$$\Delta\theta = \frac{51^\circ \cdot \lambda}{2 \operatorname{tg} \theta \cdot \sin \alpha}.$$

Therefore for saving of high power transfer of the antenna it's preferable to use a mechanical control scanning. Depending on type of the radiators released by the industry, the maximum angle of the antenna shift can make at 10° to 360°. This important parameter needs to be considered at a choice like radar station to use for rainfall intensification.

CONCLUSIONS. Intensity in the sphere of focusing of electromagnetic field from several radiation sources with various geometry of their placement is defined in the study. The calculated geometrical sizes of rays focusing area with various radiators quantity and placement are showed that the area of active influence at compact placement of sources has the greatest volume. It is offered to use a method of area scanning, both due to change of the antenna tilt angle, and due to management of excitement phase distribution for increasing in the zone of atmosphere cleaning.

REFERENCES

1. Kachurin L. G. (1990), *Fizicheskie osnovy vozdeystviya na atmosferynye processy* [Physical basis of impact on atmospheric processes], Leningrad: Gidrometeoizdat, 463 p.
2. Ivlev L. S. (1999), *Fizika atmosferynyh ajerozol'nyh sistem* [Physics of atmospheric aerosol systems], St. Petersburg, St. Petersburg state University, 194 p.
3. Borisov N. D. (1986), *Iskusstvennaja ionizirovannaja oblast' v atmosfere* [Artificial ionized region in the atmosphere], Moscow, IZMIRAN, 348 p.
4. Sazonov, D. M. (1988), *Antenny i ustrojstva SVCh* [Antennas and microwave devices], Moscow, Higher. Sch., 432 p.
5. Ishimaru A. (1981), *Rasprostranenie i rassejanie voln v sluchajno-neodnorodnyh sredah* [Propagation and scattering of waves in randomly inhomogeneous media], Vol. 1., Moscow, Mir, 285 p.
6. S. I. Baskakov (1992), *Jelektrodinamika i rasprostranenie radiovoln* [Electrodynamics and wave propagation], Moscow, Higher. Sch., 416 p.
7. P. Bakulev A. (2004), *Radiolokacionnye sistemy* [Radar systems], Moscow, Radio Engineering, 320 p.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНИЦИИИ ОСАДКОВ ПРИ ОСАЖДЕНИИ РАДИОАКТИВНЫХ И ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ АТМОСФЕРЫ

М. В. Кустов, Б. Б. Поспелов

Национальный университет гражданской защиты Украины

ул. Чернышевская, 94, Харьков, 61023, Украина. E-mail: maksim_kustov@mail.ru

Для снижения зоны загрязнения при авариях с выбросами химических и радиоактивных веществ предлагается использование искусственной интенсификации осадков в зоне выброса. Так как наиболее активными центрами каплеобразования являются ионы, то для искусственной интенсификации осадков предлагается повышать концентрацию свободных ионов в атмосфере за счёт высокочастотного электромагнитного излучения. Снижение мощности единичного источника достигается путём использования множественного источника излучения с фокусировкой электромагнитного поля в области воздействия. Рассмотрены энергетические и геометрические характеристики области фокусировки электромагнитного излучения в зоне атмосферного загрязнения при различной геометрии размещения излучателей и их рабочих характеристиках. Расчёты показали, что наибольший объём области фокусировки достигается при компактном размещении источников. Для увеличения области воздействия предлагается применять метод сканирования атмосферы. Таким образом, для искусственного инициирования осадков над зоной выброса химически опасных веществ можно применять существующие источники электромагнитного излучения, которые при работе в режиме сканирования позволят обеспечить необходимую интенсивность осадков.

Ключевые слова: источник излучения, фокусировка излучения, диаграмма направленности, коэффициент направленного действия.