

На правах рукописи

ШАВОРЫКИНА Ирина Юрьевна

И. Шаворыкина

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ В ОГРАНИЧЕННЫХ СРЕДАХ С
НЕСТАЦИОНАРНОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ

01.04.03 - радиофизика

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Харьков - 1992

№ 26.6.92

Работа выполнена в Харьковском государственном университете

Научный руководитель - доктор физико-математических наук, профессор ГОРОБЕЦ Н.Н.

Официальные опоненты - доктор физико-математических наук, профессор ПРОХОРОВ Э.Л. (ХГУ, г.Харьков)
доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник НИКОЛАЕНКО А.П. (РИ АН Украины, г.Харьков)

Ведущая организация: Физико-технический институт АН Украины (г. Харьков)

Защита состоится "12" февраля 1993 г. в 15³⁰ часов на заседании специализированного совета Д 053.06.04 при Харьковском государственном университете ЗІ0077, г.Харьков-77, пл. Свободы, 4, ауд. Ш-9.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке ХГУ.

Автореферат разослан "5" января 1993 г.

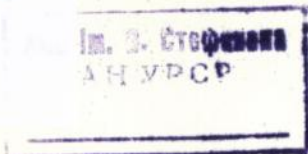
Ученый секретарь
специализированного совета

В.И.Чеботарев

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00825819 (X)



ТВ-26.69а

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Нестационарность среды может оказывать существенное влияние на распространение электромагнитных волн. Это относится как к естественным средам /например, магнитосфера Земли/, так и к искусственным, причем в последнем случае нестационарность является дополнительным фактором, с помощью которого можно управлять электродинамическими явлениями.

Исследования нестационарных электродинамических явлений начали развиваться сравнительно недавно и носят в основном фрагментарный характер. Исключение составляют работы в геометрооптическом приближении, предполагающем медленную зависимость параметров среды от времени, или немногочисленные работы, в которых ключевые вопросы теории рассматривались в крайне упрощенной постановке задачи. В этих работах в качестве невозмущенных полей обычно выбирались плоские монохроматические волны. Однако реальные задачи требуют исследования поведения в нестационарной среде более сложных полей, причем во многих случаях нельзя считать изменение параметров среды медленным. Это же касается и проводящих нестационарных сред, электромагнитные поля в которых вообще мало исследованы. Своеобразием таких сред является наличие дисперсии, что приводит к появлению качественных особенностей преобразования полей. Кроме того, совсем не исследовано взаимодействие двух аспектов нестационарности - нестационарности среды и нестационарности электромагнитных полей.

Сложные поля образуются в случае применения нестацио-

нарных сигналов. Последние расширяют возможности по восстановлению параметров зондируемых сред, обнаружению скрытых объектов, передаче информации по каналам связи.

Следует отметить, что всякая среда, в которой существуют электромагнитные поля, имеет отличную от нуля проводимость. Таким образом, изучение излучения и распространения электромагнитных полей в средах с изменяющейся во времени проводимостью - важная и актуальная задача радиофизики.

Целью диссертационной работы является:

Развитие метода резольвенты для нахождения трансформированных в результате нестационарности проводящей среды полей и изучение основных физических закономерностей преобразования электромагнитного поля в такой среде, как неограниченной, так и имеющей границы.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- получены явные выражения для резольвентных операторов, позволяющие выписать решения электродинамической задачи о преобразовании поля в безграничной среде и в средах, ограниченных одной или двумя плоскими границами, с проводимостью, изменяющейся во времени скачкообразно и непрерывно по гармоническому закону ;

- в строгой постановке решена задача об излучении произвольного векторного источника в нестационарной безграничной среде со скачкообразно изменяющейся во времени проводимостью и выявлены особенности преобразования поля в сравнении со случаем нестационарности диэлектрической проницаемости среды ;

- исследовано взаимодействие плоской гармонической вол-

ны с полупространством с меняющейся во времени проводимостью ;

- выявлены закономерности изменения пространственно-временной структуры и параметров прямоугольного видеоимпульса конечной длительности при его взаимодействии с нестационарным проводящим полупространством при скачкообразном изменении во времени проводимости ;

- найдено решение задач излучения и дифракции на слое со скачкообразно изменяющейся во времени проводимостью ;

- рассмотрено преобразование поля плоской монохроматической волны в среде с гармоническим изменением проводимости во времени.

Практическая ценность результатов определяется тем, что полученные выражения для резольвент могут быть использованы для решения задач о взаимодействии различных электромагнитных полей с ограниченными средами с нестационарной проводимостью, образуя базис для исследования такого взаимодействия. Полученные в работе результаты исследования трансформации полей /как гармонических, так и негармонических/ в ограниченных средах со скачкообразным и непрерывным изменением проводимости во времени могут быть использованы для разработки методики обнаружения и исследования временных изменений среды, для решения задач пространственно-временного фокусирования электромагнитной энергии и создания современных приборов, когда размеры устройства требуют учета времени распространения волны по объему самого изделия и в ряде других приложений.

На защиту выносятся следующие основные положения и результаты:

1. Развитие эволюционного метода решения электродинамической нестационарной краевой задачи на случай проводящей среды со скачкообразным и непрерывным изменением проводимости во времени, ограниченной одной или двумя плоскими границами ;

2. Физические закономерности преобразования полей в результате скачкообразного изменения во времени проводимости безграничных и ограниченных сред :

2.1. Особенности трансформации поля произвольного векторного источника в нестационарной проводящей среде в трехмерном случае, заключающиеся в непрерывности спектра прямых и обратных волн, образовавшихся в результате "прохождения" и "отражения" от временной неоднородности, и появление в проводящей среде составляющей, представляющей собой реликт начального поля ;

2.2. Анализ взаимодействия плоской монохроматической волны с нестационарным проводящим полупространством, проведенный на основе полученных точных выражений для внутреннего и внешнего полей и численного анализа амплитуд волн, их составляющих ;

2.3. Аналитическое и численное исследование эволюции прямого и обратного импульсов, образовавшихся в результате расщепления начального импульса при скачкообразном изменении во времени проводимости полупространства, эффекта "прилипания" электромагнитного поля следа импульса к границе нестационарной среды ;

2.4. Решение задачи дифракции плоской монохроматической волны на слое конечной толщины со скачкообразным изменением проводимости во времени и излучение тока, протекающего в таком слое ;

3. Исследование взаимодействия электромагнитного поля со средой, проводимость которой изменяется со временем по гармоническому закону ; эффект и критерии неустойчивости электромагнитных волн.

Обоснованность и достоверность. Основные результаты получены на основе адекватных моделей реальных физических процессов с использованием строгих математических методов, опирающихся на интегральную форму уравнений электродинамики и имеющие необходимую степень обоснованности. Полученные результаты хорошо согласуются с физической картиной изучаемых явлений. В предельных случаях они переходят в известные ранее из работ других авторов.

Апробация работы. Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на:

- *International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP'92), Sapporo, Japan, 1992 ;*
- *International Seminar on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory (MMET'91), Alushta, 1991 ;*
- *Kharkov International Seminar/Workshop on Plasma, Laser and Linear Collective Accelerators, Kharkov, 1992 ;*

- Всесоюзном юбилейном симпозиуме по дифракции и распространению волн /Винница, 1990/ ;
- XVI Всесоюзной конференции по распространению радиоволн /Харьков, 1990/ ;
- 3-й Всесоюзной школе по распространению миллиметровых и субмиллиметровых волн в атмосфере /Харьков, 1989/ ;
- 5-й Всесоюзной конференции по антеннам и антенным измерениям /Ереван, 1990/ ;
- Всесоюзной школе "Дистанционные методы радиофизического исследования природной среды" /Барнаул, 1991/ ;
- 2-й Крымской конференции "СВЧ техника и спутниковый прием" /Севастополь, 1992/ ;

Публикации. Результаты диссертационной работы изложены в 10 научных публикациях.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав с 16 рисунками, заключения и списка цитируемой литературы, включающего 79 наименований. Общий объем работы - 140 страниц, объем основного текста - 118 страниц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дана краткая характеристика рассматриваемых проблем, определена цель работы, кратко изложено содержание диссертации по главам, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе излагается математическая постановка исследуемых задач, основанием для которой является базирующийся на методе интегральных уравнений макроскопической электродинамики Хижняка Н.А. эволюционный подход, развитый Нерухом А.Г. Согласно этому методу, электромагнитное поле в нестационарной среде описывается интегральным уравнением Вольтерра $\vec{E} = \vec{F} + \hat{K} \vec{E}$, в котором для проводящей среды оператор \hat{K} определен выражением

$$\hat{K} = \int_0^{\infty} dt' \int_{\infty} d\vec{x}' \hat{G} \hat{f}(\vec{x} - \vec{x}') [\vec{j}(\vec{x}') \vec{j}_{in}(\vec{x}') + \vec{i} S(S)],$$

где $\hat{G} = \frac{1}{\epsilon} (g \text{rad div} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2})$, $f(\vec{x}) = \frac{1}{v} \theta(t - \frac{z}{v})$, $\vec{x} = (t, \vec{z})$, $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$, \vec{j}_{in} - плотность тока проводимости, \vec{i} - поверхностная плотность тока, $f(\vec{x}) = 1$ внутри проводника и $f(\vec{x}) = 0$ вне его. Решение такого уравнения может быть получено с помощью резольвенты в виде

$$\vec{E} = \vec{F} + \int_0^{\infty} dt' \int_{\infty} d\vec{x}' \hat{R} \vec{F}.$$

Найдено точное выражение для резольвентного оператора для случая одновременного скачкообразного изменения во времени как проводимости, так и диэлектрической проницаемости без-

граничной среды, которое имеет вид

$$\hat{R}(\vec{x}, \vec{x}') = \frac{\sigma_2}{2\pi} \left[\frac{\partial^2}{\partial x_i \partial x_j} - \frac{1}{v_2^2} \left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} + 2\sigma_2 \frac{\partial}{\partial t} \right) \delta_{ij} \right] \psi_2(\tau, R),$$

$$\text{где } \psi_2(\tau, R) = \frac{1}{R} e^{-\sigma_2 \tau} \int_{-\infty}^{\alpha + i\infty} \frac{dq}{2\pi i} \left(1 - \frac{\epsilon q}{\epsilon_2(q + \sigma_2)} \right) e^{q\tau - \frac{R}{v_2} \sqrt{q^2 - \sigma_2^2}}, \quad \alpha \gg \sigma_2,$$

$\tilde{\sigma}_2 = 2\pi\tilde{\sigma}_0/\epsilon_2$, $v_2 = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_2}}$, $\tilde{\sigma}_0$ и ϵ_2 - новые значения проводимости и диэлектрической проницаемости среды, $\tau = t - t'$, $R = |\vec{x} - \vec{x}'|$. Этот оператор определяет преобразование поля после скачка $\tilde{\sigma}$ и $\tilde{\epsilon}$ в безграничной среде, а также в ограниченной среде на этапе, когда поле испытывает влияние нестационарности, но еще не испытывает влияния границ. Он является также исходным для построения резольвент, учитывающих влияние границ.

С помощью полученной резольвенты для безграничной среды на основании эволюционного подхода строятся точные выражения для резольвент полупространства и слоя конечной толщины, с проводимостью, изменяющейся во времени на конечную величину. Такое построение осуществляется с помощью метода отражений, в результате чего построенные резольвенты имеют вид:
дл. полупространства

$$\hat{R}(\vec{x}, \vec{x}') = -\frac{\tilde{\sigma}}{v} \theta(x) \int_{-\infty}^{\alpha + i\infty} \frac{dq}{2\pi i} \frac{q - \tilde{\sigma}}{\sqrt{q^2 - \tilde{\sigma}^2}} e^{(q - \tilde{\sigma})\tau} \times$$

$$\times \left\{ e^{-\frac{|x - x'|}{v} \sqrt{q^2 - \tilde{\sigma}^2}} + \frac{\sqrt{q^2 - \tilde{\sigma}^2} - q + \tilde{\sigma}}{\sqrt{q^2 - \tilde{\sigma}^2} + q - \tilde{\sigma}} e^{-\frac{x + x'}{v} \sqrt{q^2 - \tilde{\sigma}^2}} \right\} \theta(x),$$

$\bar{\sigma} = 2\pi\bar{\sigma}_0/\varepsilon$, $\bar{\sigma}_0$ - новое значение проводимости, $t = t - t'$;
 для слоя

$$\hat{R}_{mn}(\vec{x}, \vec{x}') = -\chi(x) \frac{\bar{\sigma}}{v} \int_{\alpha-i0}^{\alpha+i\infty} \frac{dq}{2\pi i} \frac{q-\bar{\sigma}}{\sqrt{q^2-\bar{\sigma}^2}} e^{(q-\bar{\sigma})x}$$

$$\times \left\{ \sum_{k=0}^m R^k(q) \exp\left[-\left(k + \frac{1-(-1)^k}{2}\right)a + x - (-1)^k x'\right] \frac{\sqrt{q^2-\bar{\sigma}^2}}{v} \right\} +$$

$$+ \left\{ \sum_{k=0}^n R^k(q) \exp\left[-\left(k - \frac{1-(-1)^k}{2}\right)a - x + (-1)^k x'\right] \frac{\sqrt{q^2-\bar{\sigma}^2}}{v} \right\} \chi(x')$$

$$\chi(x) = \theta(x)\theta(a-x), \quad R(q) = (\sqrt{q^2-\bar{\sigma}^2} - q + \bar{\sigma}) / (\sqrt{q^2-\bar{\sigma}^2} + q - \bar{\sigma}),$$

где индексы $/m, n/$ определяются положением точки наблюдения и показывают, сколько раз нижний $/m/$ и верхний $/n/$ лучи конуса резольвенты отражаются от мировых линий границ слоя.

Полученные явные выражения для резольвентных операторов позволяют выписать решение электродинамической краевой задачи о взаимодействии поля с произвольной пространственно-временной структурой с полупространством и слоем конечной толщины с нестационарной проводимостью. Из этого выражения с помощью предельного перехода $/m, n \rightarrow \infty/$ получается резольвента для стационарного слоя произвольной толщины с произвольным значением проводимости, позволяющая решать задачи дифракции любых электромагнитных полей на таком слое.

Во второй главе с помощью полученных выражений для резольвент исследуется взаимодействие электромагнитных полей со средой /безграничной и ограниченной/ со скачкообразным изменением проводимости во времени.

Рассматривается преобразование поля произвольного векторного источника при скачкообразном изменении во времени проводимости от 0 до величины σ_0 . Найдено точное выражение для поля источника произвольной пространственной конфигурации с произвольной зависимостью плотности задающего тока от времени после скачка проводимости:

$$\vec{E}(\vec{x}) = \vec{E}_1(\vec{x}) - 2\sigma \int_0^{\infty} dt' e^{-2\sigma t'} \int_{\infty} d\vec{x}'' \hat{G} \tilde{f}(\vec{x} - \vec{x}'') \frac{\partial \vec{J}_{\text{ext}}}{\partial t''} -$$

$$- \frac{\sigma}{c^2} \text{rot rot} \int_{\infty} d\vec{x}' \varphi(t, R) \int_{\infty} d\vec{x}'' f(\vec{x}' - \vec{x}'') \frac{\partial \vec{J}_{\text{ext}}}{\partial t''},$$

$$\text{где } \vec{E}_1(\vec{x}) = \int_{\infty} d\vec{x}' \hat{G} \tilde{f}(\vec{x} - \vec{x}') \frac{\partial \vec{J}_{\text{ext}}}{\partial t'},$$

$$\tilde{f}(\vec{x}) = \frac{t - z/v}{z} \theta(t - z/v), \quad f(\vec{x}) = \frac{1}{z} \delta(t - z/v).$$

Для анализа трансформации поля рассмотрено излучение точечного источника с произвольной временной зависимостью плотности задающего тока. Проведен сравнительный анализ трансформации электромагнитного поля в случаях проводящей и диэлектрической нестационарных безграничных сред, выявлены физические особенности преобразования поля в проводящей среде. Показано, что как и в случае скачка ϵ во времени, в нестационарной проводящей среде происходит расщепление на-

чального поля на прямые /расходящиеся/ и обратные /сходящиеся/ волны, обеспечивающие эффект фокусировки поля в точке нахождения источника, аналогичный эффекту фокусировки в диэлектрической среде /Телсен Л.Е./. Однако, в отличие отслучая диэлектрика, эти прямые и обратные волны образуют непрерывный спектр. Кроме того, в трансформированном поле появляется реликт начального поля /пространственное распределение поля в момент скачка, экспоненциально затухающее со временем/, обусловленный дисперсией среды и не имеющий аналога в диэлектрической среде.

На примере двух последовательных скачков проводимости во времени на произвольную величину продемонстрирована возможность учета с помощью используемого в работе метода резольвенты любого числа скачков, происходящих через произвольные промежутки времени. Полученные результаты в частном случае появления и последующего исчезновения проводимости σ_0 совпадают с полученными ранее результатами /Борисов В.В./. Показано, что при этом, в отличие от случая ненулевого значения проводимости после последнего скачка, колебания преобразованного поля будут иметь место при любом соотношении параметров среды и поля, а при $\sigma_0 > \omega$ поток энергии обратной волны будет больше потока энергии прямой волны.

Влияние на преобразование электромагнитного поля границы среды со скачкообразно изменяющейся проводимостью исследуется в двух качественно различных случаях первичного поля: поля в виде плоской монохроматической волны частоты ω и поля прямоугольного видеосимпульса конечной длительности. Гра-

ница представляет собой плоскость, отделяющую нестационарное проводящее полупространство $x > 0$ от диэлектрического полупространства. Находятся точные выражения для трансформированных полей как внутри нестационарного проводника, так и вне его.

Для первого случая внутри нестационарного полупространства движущаяся плоскость $x = vt$ / $v = c/\sqrt{\epsilon}$ / разделяет области, в которых преобразованное поле имеет дискретный и непрерывный спектры. В области $x > vt$ поле состоит из прямой и обратной волн с частотой $\sqrt{\omega^2 - \delta^2}$ при $\omega > \delta$, или из компонент, гармонически распределенных по пространственной координате x при $\delta > \omega$, что является результатом расщепления начального поля вследствие скачка проводимости.

Наличие границы $x = 0$ приводит не только к переотражению от нее обратной волны, но и к появлению непрерывного спектра волн в слое $0 < x < vt$. Вблизи границы /при $x \ll vt$ / в поле непрерывного спектра выделяются три волны: одна обратная, как и в области $x > vt$, и две прямые, одна из которых является результатом переотражения обратной волны от границы, а другая - прохождения в проводник волны из стационарной области. Таким образом, между областями дискретного спектра / $x > vt$ и $x \ll vt$ / имеется слой, в котором спектр поля непрерывен. Таким образом, преобразование двух волн области $x > vt$ в три волны слоя $0 < x < vt$ не имеет резкого характера на движущейся границе этих областей, а происходит постепенно по мере приближения к границе проводящей среды.

Обратная волна частично выходит за пределы нестационарного полупространства, и вне проводника будет существовать две обратных волны разной частоты, образовавшиеся в результате отражения от временной и пространственной неоднородностей. Исследуется соотношение интенсивностей этих волн в зависимости от параметра σ/ω при $\sigma/\omega < 1$. Показано, что отношение интенсивностей растет с увеличением σ/ω и уже при $\sigma/\omega \approx 0.4$ вклад этих волн становится сопоставим. Аналогичную зависимость от σ/ω имеет и отношение интенсивностей прямых волн внутри нестационарного проводника, образовавшихся в результате изменения σ во времени и в пространстве, соответственно. При $\sigma/\omega \rightarrow 1$ интенсивности отдельных парциальных волн стремятся к бесконечности, однако суммарное поле в каждой области рассматриваемой среды остается конечным.

Для случая начального поля в виде импульса найденное выражение для трансформированного поля анализируется с помощью пространственно-временной диаграммы и полученных из точного выражения с помощью численного вычисления интегралов графиков распределения поля в пространстве в разные моменты времени. Показано, что скачок σ приводит к расщеплению начального импульса на два - прямой и обратный, заполненные неоднородным полем. С течением времени происходит перераспределение энергии в прямом и обратном импульсах так, что амплитуды их, убывая со временем, выравниваются. При этом фазовая скорость внутри этих импульсов неоднородна / $v_{\varphi} = \omega t / (-t_0 + mT + x/v)$, где t_0 и T - начало и длительность импульса, соответственно, $m=0; 1$. Неоднородность фазовой скорости приводит к "вытеканию" поля через их зад-

ние фронты и образованию следа в виде электромагнитного поля в области, через которую они прошли.

Обратный импульс, дойдя до границы, частично отражается от нее внутрь проводника, а частично выходит наружу, представляя собой частичный возврат начального импульса, также оставляя за собой след, причем поле внутри этого следа убывает со временем по степенному закону, тогда как в самом импульсе оно убывает экспоненциально.

С помощью полученной в Главе I резольвенты для слоя решаются задачи дифракции электромагнитного поля на плоскопараллельном слое конечной толщины со скачкообразным изменением проводимости во времени и излучение такого слоя.

Глава III посвящена исследованию взаимодействия поля со средой с непрерывным изменением проводимости во времени. Получено интегральное уравнение для резольвенты, к решению которого сводится трехмерная задача о взаимодействии поля любой пространственно-временной структуры со средой, проводимость которой непрерывно изменяется во времени по произвольному закону. При этом учитывается конечность момента возникновения нестационарности среды. Конкретный вид решения этого уравнения зависит от характера временной зависимости проводимости среды.

Для случая гармонической зависимости $\sigma(t) = \sigma_0(1 + \sin \Omega t)$ с помощью метода возмущений найдено выражение для резольвенты безграничной среды.

Резольвенты ограниченных сред с гармоническим законом изменения проводимости во времени - полупространства и слоя конечной толщины - строятся, аналогично изложенному в Главе I, с помощью метода отражений и с использованием резольвенты для

безграничной среды. Найденные выражения для резольвент позволяют решать задачи о дифракции полей произвольной пространственно-временной структуры на этапе, учитывающем краевые эффекты. Таким образом, полученные резольвенты определяют алгоритм построения решения задачи дифракции на ограниченных средах /полупространстве и слое/ с проводимостью, изменяющейся во времени по гармоническому закону.

Исследуются особенности преобразования поля плоской монохроматической волны частоты ω в среде с гармоническим изменением проводимости во времени. Поле в такой среде при $\sigma < \omega$ представляет собой сумму пар прямых и обратных волн с частотами $\sqrt{\omega^2 - \sigma^2} \pm \Delta \pm k \Omega$, где $k=0, 1, 2, \dots$, $\sqrt{\omega^2 - \sigma^2}$ - частота преобразованного поля при резком изменении σ , а Δ - поправка к фазе, равная $\Delta = \epsilon^2 \sigma^2 / (\sqrt{\omega^2 - \sigma^2} (\Omega^2 + 4(\sigma^2 \omega^2)))$. Численно исследована зависимость амплитуд этих волн от параметров σ/ω и Ω/ω . При $\Omega = \pm 2\sqrt{\omega^2 - \sigma^2}$ поле представляет собой сумму пар прямых и обратных волн с частотами $\pm k \sqrt{\omega^2 - \sigma^2} + \epsilon \Delta^\pm$, где $k=1, 3, \dots$, $\Delta^\pm = 0.5 \epsilon \sigma (\sigma + \sqrt{\sigma^2 - \omega^2}) / \sqrt{\sigma^2 - \omega^2}$. Показано, что при $\epsilon \sigma > 2\sqrt{\omega^2 - \sigma^2}$ здесь будет иметь место бесконечное экспоненциальное нарастание амплитуды со временем, т.е. имеет место неустойчивость решения.

При $\sigma > \omega$ преобразованное поле будет представлять собой сумму модулированных экспонентой волн с частотой, равной частоте изменения проводимости среды Ω . При этом при определенном соотношении параметров $\epsilon^2 \sigma^2 > \sqrt{\sigma^2 - \omega^2} (\Omega^2 + 4(\sigma^2 - \omega^2)) / (\sigma - \sqrt{\sigma^2 - \omega^2})$ часть этих волн будет иметь неограниченно возрастающие со временем амплитуды. Таким образом, в среде с

гармонической зависимостью проводимости от времени возможно усиление распространяющихся в ней волн.

В заключении приведены основные результаты диссертационной работы.

Материалы диссертации опубликованы в работах:

1. Нерух А.Г., Шаворыкина И.Ю. Преобразование импульса излучения в нестационарной проводящей среде // Известия вузов. Радиобезика, т.35, № 3-4, 1992, с.302-312.
2. *Nerukh A.G., Shavorykina I.Yu. Electromagnetic impulse return from a conductive medium which has come into being // Proc Int. Symp. Anten Prop. V.2, 1992, p. 585-588.*
3. Нерух А.Г., Шаворыкина И.Ю. Излучение в среде с нестационарной проводимостью // Тезисы докл. III Всесоюзной школы по распространению мм и субмм волн в атмосфере.- Харьков, 1989, с.115.
4. Нерух А.Г., Шаворыкина И.Ю. Прохождение электромагнитной волны в полупространство с нестационарной проводимостью. Волны и дифракция-90. - М.: Физическое общество, 1990, с. 183-186.
5. Нерух А.Г., Шаворыкина И.Ю. Влияние скачка проводимости среды на распространение электромагнитных волн // Тезисы докл. XVI Всесоюзной конференции по распространению радиоволн. Харьков, т.2, 1990, с.173.
6. Нерух А.Г., Шаворыкина И.Ю. Преобразование поля источника при скачкообразном изменении диэлектрической проницаемости среды //Деп. в ВИНТИ, № 5830, 20.11.90, 1990, 4 с.

7. Нерух А.Г., Шаворыкина И.Ю. Зависимость излученного антенной поля от изменения во времени параметров среды // Тезисы докл. У-й Всесоюзной конференции по антенным измерениям.- Ереван, 1990, с.44.
8. Нерух А.Г., Шаворыкина И.Ю. О параметрах сигнала, отраженного от нестационарной среды // Тезисы докл. Всесоюзной школы "Дистанционные радиофизические методы исследования природной среды".- Барнаул, 1991, с.8.
9. Нерух А.Г., Шаворыкина И.Ю. Ограниченные среды с изменяющейся во времени проводимостью // Материалы 2-й Крымской конференции "СВЧ-техника и спутниковый прием", Севастополь, 1992, с.349-354.
10. Нерух А.Г., Шаворыкина И.Ю. Расщепление электромагнитного импульса при скачке проводимости ограниченной среды // ЖТФ, т.62, № 5, 1992.

Ответственный за выпуск Третьяков О.А.

Подп. к печ. *А.А. З.* Формат 60×84^{1/16} Бумага тип. Печать офсетная. Усл. печ. л. 10
Уч.-изд. л. 10 Тираж 100 экз. Зак. № 1645 Бесплатно.

Харьковское межвузовское арендное полиграфическое предприятие.
310093, Харьков, ул. Свердлова, 115.

140755

AB 26.692

AB 26.692