

Шепель Игорь Александрович – аспирант кафедры лесозащиты и охотоведения, федеральное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Брянская государственная инженерно-технологическая академия», г. Брянск, Российская Федерация, e-mail: bezzzabs@mail.ru.

Information about authors

Kisterniy Grigory Anatolyevich – Associate Professor Department of Forest Protection and Hunting, Federal Budget Educational Institution of Higher Professional Education "Bryansk State Academy of Engineering and Technology", Ph.D. in Agriculture, Associate Professor, Bryansk, Russian Federation, e-mail: kisterniy@mail.ru.

Shepel Igor Alexandrovich – post-graduate student of Department of Forest Protection and Hunting, Federal Budget Educational Institution of Higher Professional Education "Bryansk State Academy of Engineering and Technology", Bryansk, Russian Federation, e-mail: bezzzabs@mail.ru.

DOI: 10.12737/11264

УДК 621.328.8, 621.385.2.029

ОЦЕНКИ МИНИМАЛЬНЫХ ДОЗ ОБЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ИХ СТОЙКОСТИ В ПРОЦЕССЕ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ

кандидат технических наук **А. Н. Манько**¹

доктор технических наук, профессор **А. П. Ярыгин**¹

1 – Высший учебный научный центр ВВС «Военная воздушная академия», г. Воронеж, Российская Федерация

Проблема современных эколого-ресурсосберегающих технологий в лесохозяйственной лесозаготовительной и сельскохозяйственной области связана с устройствами контроля состояния таких сложных систем как системы лесного и сельского хозяйства. Такой мониторинг удобно вести с помощью полупроводниковых датчиков, поскольку информация в них хранится в доступном для компьютера виде. Однако в естественных условиях датчики будут подвергаться воздействию окружающей среды и поэтому актуальным становится определение критериев стойкости полупроводниковых приборов, отражающие качество функционирования последних. Критерием стойкости объекта испытания, например, на полупроводниковую элементную базу является качество функционирования: а – нормальное функционирование; в – временное ухудшение или потеря функции, или работоспособности с самовосстановлением; с – временное ухудшение или потеря функции, или работоспособности, которые требуют вмешательства оператора или перезапуска системы; d – ухудшение или потеря функции, которая не может быть восстановлена из-за повреждения оборудования (компонентов) или программного обеспечения, или потери данных. Методология большинства опубликованных данных о критериальных уровнях соответствует существенно завышен-

ным уровням воздействия на объект испытания. Кроме того, на основе статистической обработки результатов экспериментальных исследований стойкости полупроводниковых приборов к сверхкороткоимпульсному полевому воздействию получено эмпирическое соотношение, связывающее дозу энергии воздействующих импульсов с длительностью импульсов, частотой их следования и временем облучения. В работе обоснована необходимость дополнения существующих стандартов по стойкости полупроводниковой элементной базы к наносекундным импульсным помехам более широкой номенклатурой тестовых сигналов с учётом доз облучения и эффектов накопления энергии последовательности импульсов в полупроводниковых приборах.

Ключевые слова: энергия сверхкоротких импульсов, стойкость полупроводниковых приборов.

ESTIMATES OF MINIMAL DOSES OF SEMICONDUCTOR DEVICES IN THE STUDY OF THEIR RESISTANCE IN THE PROCESS OF MONITORING THE STATE OF FORESTS

Ph.D. in Engineering **A. N. Manko**¹

DSc in Engineering, Professor **A. P. Yarygin**¹

1 – Higher educational scientific center of the Air Force "Air Force Academy",
Voronezh, Russian Federation

Abstract

The problem of modern ecological and resource-saving technologies in forest harvesting and agriculture is associated with the device for status monitoring of such complex systems as a system of forestry and agriculture. Such monitoring is convenient to carry out with semiconductor sensors, because the information in them is stored in a computer accessible form. However, in vivo sensors are exposed to the environment and therefore it is relevant to define criteria for determining the resistance of semiconductor devices, reflecting the quality of the functioning of the last ones. Measure of the resistance of test subjects, such as a semiconductor element base is the quality of functioning: a – normal functioning; b – temporary impairment or loss of function or performance with automatic reset; c – temporary impairment or loss of function or performance which requires operator intervention or system restart; d – the deterioration or loss of function that can not be repaired because of damage to the equipment (components) or software, or loss of data. Methodology of the most of the published data on the levels of criteria corresponds to substantially inflated levels of exposure to the test object. In addition, based on the statistical processing of the results of experimental studies of the resistance of semiconductor devices to ultrashort pulsed field action the empirical relation is got between the dose of impact energy of pulses with pulse duration, repetition rate and the irradiation time. We justify the need to complement of existing standards for resistance semiconductor element base to nanosecond pulse interferences with wider range of test signals, taking into account dose and effects of energy storage of pulse sequence in semiconductor devices.

Keywords: energy of ultrashort pulses, resistance of semiconductor devices.

Эколого-ресурсосберегающие технологии в лесохозяйственной лесозаготовительной и сельскохозяйственной области базируются на контроле состояния таких сложных систем как системы лесного и сельского хозяйства. При этом мониторинг за их состоянием удобно вести с помощью полупроводниковых датчиков, поскольку информация в них хранится в доступном для компьютера виде [1]. Однако в естественных условиях датчики будут подвергаться воздействию окружающей среды и поэтому актуальным становится определение критериев стойкости полупроводниковых приборов, отражающие качество функционирования последних. Критерием стойкости объекта испытания, например, на полупроводниковую элементную базу является качество функционирования: А – нормальное функционирование; В – временное ухудшение или потеря функции, или работоспособности с самовосстановлением; С – временное ухудшение или потеря функции, или работоспособности, которые требуют вмешательства оператора или перезапуска системы; D – ухудшение или потеря функции, которая не может быть восстановлена из-за повреждения оборудования (компонентов) или программного обеспечения, или потери данных. Методология большинства опубликованных данных [2, 3, 4, 5, 6] о критериальных уровнях соответствует существенно завышенным уровням воздействия на объект испытания. Кроме того, на основе статистической обработки результатов экспериментальных исследований стойкости полупроводниковых приборов к сверхкороткоимпульсному полемому воздействию получено эмпирическое соотношение, связывающее дозу энергии воздействующих импуль-

сов с длительностью импульсов, частотой их следования и временем облучения. В работе обоснована необходимость дополнения существующих стандартов по стойкости полупроводниковой элементной базы к наносекундным импульсным помехам более широкой номенклатурой тестовых сигналов с учётом доз облучения и эффектов накопления энергии последовательности импульсов в полупроводниковых приборах.

Критерием стойкости объекта испытания (ОИ), например, на полупроводниковую элементную базу (ПЭБ), согласно [7] является качество функционирования: А – нормальное функционирование; В – временное ухудшение или потеря функции, или работоспособности с самовосстановлением; С – временное ухудшение или потеря функции, или работоспособности, которые требуют вмешательства оператора или перезапуска системы; D – ухудшение или потеря функции, которая не может быть восстановлена из-за повреждения оборудования (компонентов) или программного обеспечения, или потери данных. Эти перечисленные состояния ОИ количественно могут быть реализованы конкретными уровнями плотности энергии W , [Дж/м²] электромагнитного излучения (ЭМИ), каждый из которых приводит ОИ в одно из состояний «А, В, С, D». Анализ публикаций по рассматриваемой тематике свидетельствует о том, что эти вопросы находятся в стадии, далёкой до завершения, несмотря на то, что проблемы нарушения нормального функционирования различных ОИ требуют своего решения в самых различных отраслях:

- проблемы стойкости ПЭБ;
- проблемы защищённости ПЭБ;
- проблемы функционального пора-

жения (ФП) ПЭБ;

- проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС) блоков на одном РЭС и ЭМС между РЭС в группировке и др.

Для достоверного решения перечисленных проблем необходимо знать критериальные уровни (КУ) тех энергий W , которые соответствуют перечисленным качествам состояния ОИ. Наиболее обширный обзор по эффектам и моделям ФП с данными по КУ широкой номенклатуры ПЭБ приведён в [2]. Однако эти модели не дают однозначной связи приводимых КУ для однотипных ОИ в широком динамическом диапазоне варьирования параметров сигналов ФП, количество которых в последнее время резко возросло в связи с большим интересом к тематике, связанной со сверхкороткоимпульсной (СКИ) техникой и её применением. При однозначной, казалось бы, связи между такими физическими величинами (одну из которых обычно приводят в публикации) как напряжённость поля E , [В/м], амплитуда напряжения в тракте U , [В], мощность P , [Вт], плотность потока энергии W и др., часто не представляется возможным использовать результаты опубликованных КУ, поскольку отсутствует в полном объёме необходимая информация, описывающая полученный результат. Методология большинства опубликованных данных о КУ соответствует существенно завышенным уровням воздействия на ОИ, т.е. уровням, которые приводят к ФП «наверняка», притом, что в подавляющем большинстве перечисленных проблем не требуется энергия, достаточная для испарения металлических частей ПЭБ, а достаточно реализации качества, например, «В» по шкале [1]. Известны попытки статистического описания

эффектов ФП, в которых разбросы КУ ФП ПЭБ трактуются как естественная дисперсия нормального закона распределения.

На этапе подготовки исходной информации для моделирования эффектов ФП ПЭБ будем исходить из двух подходов: интуитивного и феноменологического. Оба подхода основаны на примерах анализа последовательных и независимых случайных величин, которые имеют одинаковые законы распределения. У таких последовательностей имеется ряд свойств, которые сравнительно легко устанавливаются при ограничениях типа конечности моментов распределения какого-либо порядка существования плотности вероятности рассматриваемых величин (факторов ФП). Интуитивный подход позволяет выявить максимальное количество факторов в виде измеряемых физических величин, а феноменологический подход, являясь продолжением первого, позволяет в результате анализа опубликованных данных устанавливать связи между факторами и систематизировать полученную информацию. На интуитивном уровне анализа эффектов воздействия ЭМИ на ПЭБ даже при самом тщательном фиксировании необходимых характеристик как функций времени, будут наблюдаться отличия в дальностях ФП при их многократных повторениях. Это обусловлено рядом факторов, характерных для радиотехники и не только в проблемах ЭМС, но и, например, при реализации эффектов замирания в радиосвязи или в виде функции неопределённости в локации. При этом методы математической статистики свидетельствуют о том, что чем точнее моделируются процессы, тем более высокого порядка моменты распределений требуются для моделирования.

В интересующем нас случае свойствами объекта, которые определяют эффективность факторов воздействия по критериям «А, В, С, D», можно свести к зависимостям $KU_{«B»}$, $KU_{«C»}$, $KU_{«D»}$, от трёх основных физических величин:

- плотности потока энергии W в окрестности поражаемого объекта, которая зависит от удаления источника излучения от ОИ;

- времени воздействия, как фактора взаимного удаления и как фактора накопления энергии в цепях ОИ;

- чувствительности ОИ (KU_j) к сигналу ФП.

Применительно к этим физическим величинам факторы стохастического плана можно разделить на независимые части:

- погрешности измерения ППЭ, расстояний, KU ;

- неопределённости условий распространения сигнала от источника излучения до объекта ФП;

- поэземплярные разбросы генерируемых сигналов и KU_j объекта ФП, связанные с естественными разбросами численных значений всей элементной базы;

- априорная неадекватность моделирования ожидаемого эффекта ФП за счёт неточностей прогнозирования свойств объекта ФП.

Известно, что чем больше дисперсия выборки, тем более распределение походит на равновероятное. В начальной фазе моделирования при недостаточности исходной информации целесообразно предположить равновероятный закон, который по мере уточнения модели может быть конкретизирован.

К специфическим факторам, связанным с особенностями эффектов ФП и увеличивающим неопределённость адекватную стохастичности, следует отнести: сигналы ФП - СКИ ЭМИ, которые характеризуются широкополосностью и когерентностью. Поэтому в диапазонах частот, совпадающих у излучения с рабочими частотами ИО, возможна реализация эффекта интерференции, которая многократно повышает средний уровень энергии в резонансных областях, как по частоте, так и по дальности. Однако для применения этого приращения дальность между точкой наблюдения (положение объекта ФП) и точкой излучения должна быть установлена с точностью не хуже величины, кратной λ/n , где $n \geq 4$, λ – самая короткая длина волны излучения. Т.е. широкополосность и когерентность сигнала ФП приводят к стохастичности ФП за счёт неопределённости взаимных удалений и эффекта интерференции, что адекватно неопределённости задания W в окрестности поражаемого объекта.

При излучении и приёме СКИ ЭМИ антеннами любого типа наблюдается бóльшая изотропность излучения, чем в случае узкополосных сигналов. При этом сохраняется угловая неравномерность усиления антенн со значениями $\pm(5-10)$ дБ. Положение экстремумов, как правило, не совпадает с положением главного максимума, соответствующего рабочей частоте ОИ, т.е. стохастичность ФП проявляется в неопределённости взаимной ориентации антенн (источника излучения и объекта ФП), что адекватно неопределённости задания коэффициентов усиления двух антенн.

Экранировка аппаратуры объектов ФП

для СКИ ЭМИ не соответствует её значениям, реализованным для рабочих радиочастот, а в ряде случаев экранировка приводит к увеличению сигнала ФП внутри экранированного объёма относительно его уровня вне объёма ОИ (превышения достигают величин 20дБ). Этот эффект обусловлен резонансом высших типов волн внутри экранированных объёмов, т.е. стохастичность проявляется в виде неопределённости численного значения коэффициента экранировки РЭА.

Многочисленные публикации о влиянии формы сигнала ФП на КУ ФП свидетельствуют о том, что W при одинаковой мощности сигнала ФП может меняться в широких пределах (до 25дБ). Основные причины этих эффектов находят объяснения в теориях сигналов и цепей. Наглядным примером может служить анализ изменения W , например, однополярного и биполярного импульсов: при укорочении длительности импульсов – однополярные сигналы увеличивают W в области низких частот, а биполярные – в области высоких частот, т.е. стохастичность проявляется в виде неопределённости задания закона спада W от дальности, что адекватно неопределённости в дальности ФП.

КУ ФП при фиксированных мощности воздействия и форме сигнала зависят от частоты следования импульсов, а именно: большей частоте следования соответствуют меньшие КУ для одного и того же объекта, поскольку рост частоты следования способствует накоплению энергии во входных цепях и при меньших энергиях в импульсе со временем реализуется ФП, т.е. стохастичность ФП от данного параметра проявляется в виде недостаточно изученного в настоящее

время эффекта задержки воздействия или в зависимости эффекта ФП от экспозиционной дозы облучения, которая существенным образом зависит от архитектуры и состава объекта ФП.

Для того чтобы можно было утверждать с достоверностью (или с высокой вероятностью), что W в окрестности объекта достаточна для его ФП, необходимо знать все условия, которые должны быть выполнены для осуществления этого результата. Как правило, совокупность всех этих условий бывает очень сложна и нередко приходится считаться со случайностями, которые либо не удалось учесть, либо не удалось предусмотреть.

Наиболее полная подборка экспериментальных результатов, обработанных с учётом перечисленных стохастических особенностей, по результатам измерений КУ ФП ПЭБ с качеством «D» как функция длительности импульса приведена на рисунке.

Типы ПЭБ и соответствующие им пунктирные линии на графиках пронумерованы следующим образом: 1 – GaAs диоды; 2 – Si диоды; 3 – точечные диоды; 4 – интегральные транзисторы с диэлектрической изоляцией; 5 – ТТЛ схемы; 6 – точечные контактные диоды; 7 – интегральные схемы; 8 – GaAs МДП структуры; 9 – планарные схемы; 10 – гибридные линейные интегральные схемы; 11 – гибридные цифровые интегральные схемы; 12 – транзисторы средней мощности; 13 – выпрямительные диоды; 14 – мощные транзисторы. Интерполяционное выражение (сплошная прямая на графике) имеет вид:

$$W_u(\tau) = \xi \cdot \tau_u^{0,77}, \quad (1)$$

где $W_u(\tau)$, [Дж] – энергия на апертуре ПЭБ

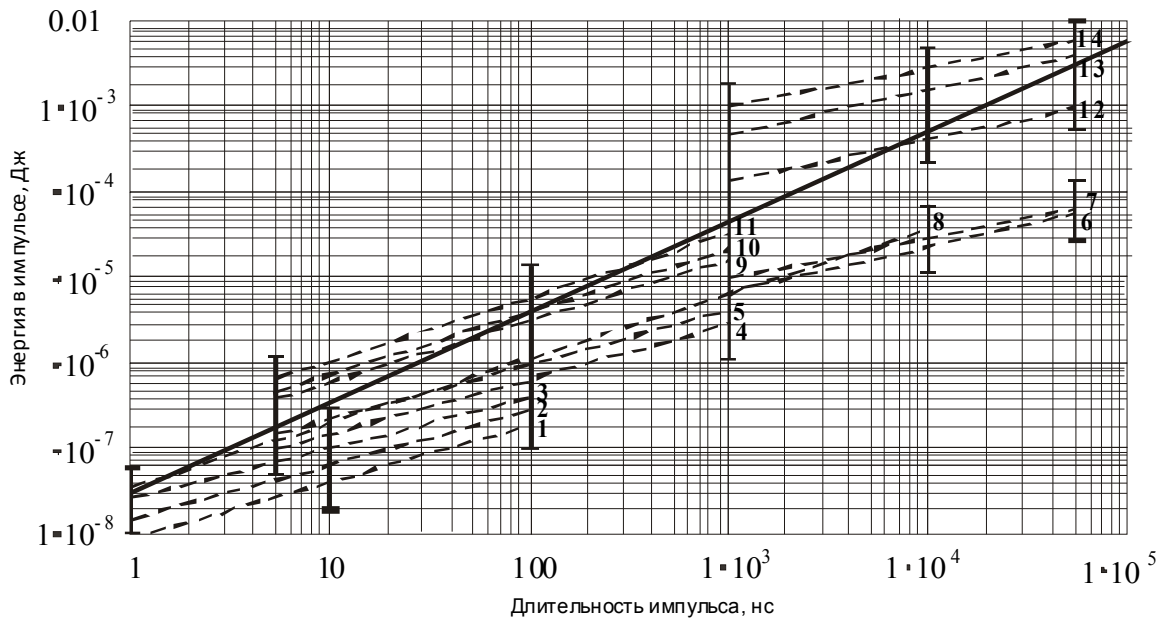


Рисунок. Зависимость пороговых уровней энергии для различной ПЭБ от длительности импульсов воздействующего ЭМИ

при её плотности W как функция длительности импульса – $\tau_{и}$, [с],

ξ , [с^{0,23}] – размерный коэффициент, равный 0,275 и зависящий от средней мощности

$$P[\text{Вт}] = P_{и} \cdot \tau_{и} \cdot F, \quad (2)$$

где $P_{и}$ – импульсная мощность, [Вт];

F – частота следования импульсов, [Гц].

С учётом того, что любое воздействие (и измерение) имеет некоторую протяженность во времени, интерполяционное выражение фактически соответствует некоторой дозе облучения

$$D[\text{Дж} \cdot \text{с}] = W_{и}(\tau) \cdot \theta, \quad (3)$$

где θ , [с] – время облучения.

Основной вывод, следующий из рисунка, состоит в том, что энергии ЭМИ сигнала для поражения широкой номенклатуры полупроводников требуется тем меньше, чем короче импульс воздействующего поля, чем больше время экспозиции и больше частота следования импульсов.

Приведенные результаты экспериментальных исследований стойкости полупроводниковых приборов к сверхкороткоимпульсному полемому воздействию позволят оценивать качество функционирования полупроводниковых приборов в лесных массивах в стрессовых условиях (например, в условиях близкого грозового разряда). Это позволит внедрить цифровые технологии в мониторинг состояния природных систем, что, в свою очередь, облегчит исследования по эффективному природопользованию естественных ресурсов планеты. Результаты исследований докладывались на международной научно-технической конференции «Анализ и синтез сложных систем в природе и технике» [10], посвящена памяти выдающегося ученого, доктора технических наук, профессора Абрама Львовича Гутмана, прошедшей в Воронеже 17-18 декабря 2013 года.

Библиографический список

1. Математическая модель для вычислительного эксперимента по определению концентрации носителей заряда в КД 212 [Текст] / Н. С. Камалова, Н. Ю. Евсикова, Н. Н. Матвеев, Т. И. Колупаева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. – Воронеж, 2014. – № 3. – Ч. 4 (8-4). – С. 65-69.
2. Каценеленбаум, Б.Э Антирадарная защита металлического тела с диэлектрической оболочкой [Текст] / Б.Э Каценеленбаум // Радиотехника и электроника. – 2014. Т. 59. – № 11. – С.1073-1079.
3. Гуз, С.А. Влияние зеленого шума на систему фазовой автоподстройки частоты [Текст] / С.А. Гуз // Радиотехника и электроника. – 2014. – Т. 59. – № 7. – С. 657.
4. Гизматулин, З.М. Исследование электромагнитной совместимости локальных вычислительных систем при наносекундных электромагнитных воздействиях [Текст] / З.М. Гизматулин, Р.М. Гизматулин // Радиотехника и электроника. – 2014. – Т. 59. – № 5. – С.463-473.
5. Мещеряков, С.А. К вопросу об эквивалентности воздействия мощных сверхвысокочастотных импульсов и видеоимпульсов различной полярности на полупроводниковые диодные структуры [Текст] / С.А. Мещеряков // Радиотехника и электроника. – 2014. – Т. 59. – № 2. – С.184-195.
6. Косичкина, Т.П. Анализ методов подавления узкополосных помех при приеме СШП сигналов [Текст] / Т.П. Косичкина, В.С. Сперанский // Электросвязь. – 2010. – № 3. – С. 17-20.
7. ГОСТ Р 51317.4.4-99 Совместимость технических средств электромагнитная [Текст]. Устойчивость к наносекундным импульсным помехам. Требования и методы испытаний. ГОССТАНДАРТ РОССИИ, Москва, 1999.
8. Антипин, В.В. Влияние мощных импульсных микроволновых помех на полупроводниковые приборы и интегральные микросхемы [Текст] / В.В. Антипин, В.А. Годовицин, Д.В. Громов, А.С. Кожевников, А.А. Равваев // Зарубежная радиоэлектроника. – 1995. № 1. – С. 37-53.
9. Прохоров, Ю.В. Теория вероятностей [Текст] / Ю.В. Прохоров, Ю.А. Розанов / Гл. Ред. Физ. Мат. – Лит. Изд-ва «Наука», 1973. – 496 с.
10. Оценки минимальных доз облучения энергией сверхкоротких видеоимпульсов полупроводниковых приборов при исследовании их стойкости [Текст] / А.Н. Манько, А.П. Ярыгин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика : сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. – Воронеж, 2013. – № 5 (5). – С. 150-455. – (грант № 13-02-06138 Г).

References

1. Kamalova N.S., Evsikova N.Y., Matveev N.N., Kolupaeva T.I. *Matematicheskaja model' dlja vychislitel'nogo jeksperimenta po opredeleniju koncentracii nositelej zarjada v KD 212* [Mathematical model for computational experiment to determine the concentration of charge carriers in the CD 212]. *Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika : sbornik nauchnyh trudov po*

materialam mezhdunarodnoj zaochnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Actual research directions of the XXI century : Theory and Practice: Proceedings of the materials of international correspondence scientific-practical conference]. Voronezh, 2014, no. 3, part. 4 (8-4). - pp. 65-69. (In Russian).

2. Katsenelenbaum B.E. *Antiradarnaja zashhita metallichesкого tela s dijelektricheskoy obolochkoj* [Anti-radar protection of metal body with a dielectric shell]. *Radiotekhnika i jelektronika* [Technology and Electronics], 2014, Vol. 59, no. 11, p. 1073-1079. (In Russian).

3. Guz S.A. *Vlijanie zelenogo shuma na sistemu fazovoj avtopodstrojki chastoty* [Influence of green noise on phase-locked loop]. *Radiotekhnika i jelektronika* [Technology and Electronics], 2014, Vol. 59, no. 7, pp. 657. (In Russian).

4. Gizmatulin Z.M., Gizmatulin R.M. *Issledovanie jelektromagnitnoj sovmestimosti lokal'nyh vychislitel'nyh sistem pri nanosekundnyh jelektromagnitnyh vozdeystvijah* [Studies of EMC local computer systems with nanosecond electromagnetic effects]. *Radiotekhnika i jelektronika* [Technology and Electronics], 2014, Vol. 59, no. 5, pp. 463-473. (In Russian).

5. Meshcheryakov S.A. *K voprosu ob jekvivalentnosti vozdeystvija moshhnyh sverhvysochastotnyh impul'sov i vidioimpul'sov razlichnoj poljarnosti na poluprovodnikovye di-odnye struktury* [On the equivalence of action of powerful microwave pulses and video pulses of different polarity on semiconductor diode structures]. *Radiotekhnika i jelektronika* [Technology and Electronics], 2014, Vol. 59, no. 2, pp. 184-195. (In Russian).

6. Kosichkina T.P., Speransky V.S. *Analiz metodov podavlenija uzkopolosnyh pomeh pri prieme SShP signalov* [Analysis of methods of suppressing narrowband interferences with reception of UWB signals]. *Jelektrosvyaz'* [Telecommunications], 2010, no. 3, pp.17-20. (In Russian).

7. GOST R 51317.4.4-99 *Sovmestimost' tehicheskikh sredstv jelektromagnitnaja. Ustojchivost' k nanosekundnym impul'snym pomham. Trebovanija i metody ispytaniy.* [Electromagnetic Compatibility of Equipment. Resistance to nanosecond pulse interference. Requirements and test methods]. Moscow, Standartinform Publ., 1999. (In Russian).

8. Antipin V.V., Godovitsin V.A., Gromov D.V., Kozhevnikov A.S., Ravvaev A.A. *Vlijanie moshhnyh impul'snyh mikrovolnovykh pomeh na poluprovodnikovye pribory i integral'nye mikroshemy* [The influence of high-power pulsed microwave interference on semiconductor devices and integrated circuits]. *Zarubezhnaja radiojelektronika* [International electronics], 1995, no. 1, pp.37-53. (In Russian).

9. Prokhorov Y.V., Rozanov Y.A. *Teorija verojatnostej* [Probability theory]. Litva, Publishing house "Nauka", 1973, 496 pp. (In Russian).

10. Manko A.N., Yarygin A.P. *Ocenki minimal'nyh doz obluchenija jenergiej sverhkorotkih videoimpul'sov poluprovodnikovyh priborov pri issledovanii ih stojkosti* [Estimates of minimal doses of ultrashort single-cycle power semiconductor devices in the study of their resistance]. *Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika : sbornik nauchnyh trudov po materialam mezhdunarodnoj zaochnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Actual research directions of the XXI century: Theory and Practice: Proceedings of the Materials of international correspondence scientific-practical conference]. Voronezh, 2013, no. 5 (5), pp. 150-455. (Grant № 13-02-06138 Г), Refer: pp. 455. (In Russian).

Сведения об авторах

Манько Алексей Николаевич – старший научный сотрудник Высшего учебного научно-го центра ВВС «Военная воздушная академия», кандидат технических наук, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: vrn-vva@bk.ru.

Ярыгин Анатолий Петрович – главный научный сотрудник Высшего учебного научно-го центра ВВС «Военная воздушная академия», доктор технических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: vrn-vva@bk.ru.

Information about author

Manko Alekseyi Nikolaevich – Senior scientific researcher of higher educational scientific center of the Air Force "Air Force Academy", PhD in Engineering, Voronezh, Russian Federation; e-mail: vrn-vva@bk.ru.

Yarygin Anatoly Petrovich – Chief scientific researcher of higher educational scientific center of the Air Force "Air Force Academy", DSc in Engineering, Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: vrn-vva@bk.ru.

DOI: 10.12737/11265

УДК 630*922.2: 630*5

ОЦЕНКА ЛЕСОВ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ЗЕМЛЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

доктор сельскохозяйственных наук, доцент **Ю. И. Перепечина**¹

кандидат сельскохозяйственных наук **О. И. Глушенков**²

Р. С. Корсиков²

1 – ФГБОУ ВПО «Брянская государственная инженерно-технологическая академия»,
Брянск, Российская Федерация

2 – филиал ФГУП «Рослесинфорг» «Заплеспроект», Брянск, Российская Федерация

Объектом исследований являются леса, вновь возникшие на землях сельскохозяйственного назначения в связи с их выводом из сельскохозяйственного пользования в начале 90-х годов на территории Брянской области. Актуальность работы обозначена отсутствием механизма использования и учета данных лесов. Проведен анализ процесса зарастания полей древесной растительностью, для комплексного и рационального использования формирующихся насаждений, предложена методика их учета. Для проведения исследования подбирали участки возобновившегося на сельскохозяйственных полях леса, при этом учитывали состав рядом расположенных насаждений. В отобранных насаждениях закладывали временные пробные площади, размер определялся числом деревьев – не менее 300 штук. Пробные площади закладывали на расстоянии 51-100 м от стены леса. У деревьев определяли возраст, измеряли высоты. Наиболее часто на заброшенных полях встречаются сосна обыкновенная, береза повислая и ива козья. К возрасту 5 лет сосна, ива имеют высоту до 1.1 м, а береза к 6 годам – около 2 м. Сосна в этой ситуации проявляет себя как порода пионер, но уступает березе по скорости роста. Проведенным дешиф-