

Теорема верна для любой непрерывной функции $f(x)$, а значит, и для свободного колебания $u_{св}(t)$, которое может иметь частотный спектр с экстремумом типа "максимум" на частоте ω_p , причем, количество таких частот может быть произвольным. Отсюда следует, что в линейной системе, в которой все собственные процессы экспоненциальные, в соответствии со спектральным критерием и при определенных условиях возможен сколь угодно резко выраженный резонанс на заранее заданных частотах. Существенно то, что эти процессы не являются ортогональными.

Теперь можно сформулировать общее определение резонанса с учетом спектрального критерия.

Резонанс – это явление возрастания амплитуды вынужденных колебаний в линейной стационарной системе до величины относительного максимума при приближении частоты гармонического внешнего воздействия к значению, соответствующему любому экстремуму огибающей модуля спектра свободного процесса этой системы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Папалекси Н.Д. Эволюция понятия резонанса / Н.Д. Папалекси // Успехи физических наук. – 1947. – Т. 31. – Вып. 4.
2. Харкевич А.А. Основы радиотехники. – М.: ГИЛ по вопросам связи и радио, 1963.
3. Виноцкий А.С. Модулированные фильтры и следящий прием ЧМ / А.С. Виноцкий. – М.: Сов. радио, 1969.

Зельманов Самуил Соломонович

Московский технический университет связи и информатики (Волго-Вятский филиал).

E-mail: zelmanss@yandex.ru.

603011, г. Нижний Новгород, Менделеева, 15.

Тел.: 8312457505.

Кафедра общепрофессиональных дисциплин; доцент.

Zelmanov Samuil Solomonovich

Moscow Technical University of Communication and Information Sciens (Volgo-Vyatskiy Branch).

E-mail: zelmanss@yandex.ru.

15, Mendeleeva Street, Nizhny Novgorod, 603011, Russia.

Phone: 8312457505.

The Department of General Technical and Professional Subjects; Associate Professor.

УДК 519.687.1

А.А. Рахманов

ПРИНЦИПЫ И ПОДХОДЫ К КОНЦЕПТУАЛЬНОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассмотрены: новая форма ведения боевых действий – сетецентрические войны, их основные отличительные особенности и фазы; техническая основа ведения сетецентрических войн – сетецентрические системы управления и основные проблемные вопросы, связанные с их созданием и внедрением в российской армии; актуальность создания сетецентрических систем управления на региональном уровне; технические и технологические решения, имеющиеся в заделе у предприятий Концерна «РТИ Системы».

Сетецентрические войны; сетецентрические системы управления; технические и технологические решения.

A.A. Rachmanov

PRINCIPLES AND METHODS OF APPROACH TO CONCEPTUAL DESIGNING OF NETWORK-CENTRIC SYSTEMS

This article deals with: new form of conducting combat operations – network-centric wars, their main distinctive features and stages; technical base of network-centric wars – network-centric control systems and cardinal problem issues relating to their design and implementation in the Russian Army; currency of network-centric control systems creation at the regional level; groundwork of Concern «Rariotechnical and Information Systems» enterprises for technical and engineering solutions.

Network-centric wars; network-centric control systems; technical and engineering solutions.

В последние годы в технически развитых государствах мира и, прежде всего, в США особое внимание уделяется активному развитию теории и практики ведения сетецентрических войн (СЦВ), кардинально меняющих взгляды на подготовку и применение вооруженных сил в современных войнах и конфликтах.

Основной идеей СЦВ является интеграция всех сил и средств в едином информационном пространстве, позволяющая многократно увеличить эффективность их боевого применения за счет синергетического эффекта. Внедрение сетевых технологий в военную сферу является действительно революционным шагом, направленным на повышение боевых возможностей вооруженных сил, в первую очередь, за счет оперативности и эффективности их применения.

Технической основой ведения СЦВ являются сетецентрические системы (СЦС) вооруженной борьбы, построенные с учетом ряда основополагающих принципов (рис. 1): сетевого; межвидового предназначения; совместимости; открытой системы; модульности; распределения обработки и хранения информации.



Рис. 1. Основные принципы построения сетецентрических систем управления

СЦС представляет собой единое информационно-коммуникационное пространство, функционирующее в реальном масштабе времени и объединяющее между собой сети разведки, связи и управления, сети средств поражения и подавле-

ния, а также сети боевого и тылового обеспечения. Это принципиально увеличивает скорость принятия решений и боевого применения войск.

Говоря о средствах поражения, входящих в состав СЦС, следует заметить, что высокоточное оружие, хотя и является важнейшим компонентом этой системы, но далеко не единственным. В нее будут входить и другие средства, оказывающие на противника поражающее, дезорганизирующее, деморализующее действие.

Отличительными особенностями СЦВ, по сравнению с традиционной войной, являются:

- ◆ возможность согласованного использования географически распределенных сил и средств;
- ◆ самосинхронизация сил, участвующих в СЦВ;
- ◆ высокая динамичность, активность и результативность всех процессов управления и самих боевых действий;
- ◆ изменение формы военных действий, которая от последовательных боев и операций с соответствующими промежутками (паузами) между ними, приобретает форму непрерывных высокоскоростных действий (операций, акций) с решительными целями;
- ◆ наличие эффективных коммуникаций между системами и средствами в боевом пространстве, что дает возможность на обширном географическом пространстве проводить совместные действия, а также динамически наилучшим образом распределять ответственность и объем задач между различными подразделениями применительно к текущей обстановке.

В общем плане ведения СЦВ применительно к любому ТВД предусматривается четыре основные фазы ведения боевых действий:

1) достижение информационного превосходства посредством опережающего уничтожения (вывода из строя, подавления) системы разведывательно-информационного обеспечения противника (средств и систем разведки, связи и передачи данных, сетевых узлов, центров обработки информации и управления);

2) завоевание превосходства (господства) в воздушно-космической сфере за счет подавления (уничтожения) системы воздушно-космической обороны;

3) последовательное уничтожение оставшихся без управления и информации средств поражения противника, в первую очередь, ракетных комплексов, авиации, артиллерии, бронетехники;

4) окончательное подавление или уничтожение очагов сопротивления противника.

Инфраструктура и подготовка войск для ведения сетевых войн формируются заблаговременно. На ТВД создаются и развертываются разветвленные автоматизированные компьютеризированные сети разведки и управления всех уровней (от тактического, до стратегического). Они сопрягаются между собой в единый информационно-управляющий комплекс, обеспечивающий непрерывное оперативное руководство войсками, как по вертикали, так и по горизонтали. В совокупности все эти средства (источники информации, средства и пункты управления, средства уничтожения и подавления) образуют единое информационно-управляющее поле, охватывающее весь театр войны.

Превосходство над противником достигается, в первую очередь, за счет существенного повышения качества управления – полноты, глубины знаний, единого понимания, оценки и прогнозирования динамически развивающейся обстановки командованием всех уровней, оперативности реагирования на изменяющуюся ситуацию, принятием своевременных и обоснованных решений, ускоренного доведения их до действующих группировок войск на ТВД.

Следует отметить, что для вывода из строя или хотя бы временного снижения эффективности функционирования СЦС противника требуется согласованное по времени, пространству и целям массовое воздействие на многочисленные взаимосвязанные средства сете- и каналобразования, приводящие к системоразрушению. Это и есть та область парирования концепции СЦВ, без которой действительно трудно обойтись, если всерьез готовиться к возможным высокотехнологичным войнам будущего. При этом следует констатировать, что сетевую войну можно выиграть (успешно вести) только сетевыми методами и средствами.

Безусловно поддерживая курс высшего военного руководства ВС РФ на создание и внедрение в российскую армию сетецентрических систем управления, останемся на некоторых проблемных вопросах, с которыми неизбежно придется столкнуться органам военного управления.

Сегодня главными проблемами, очевидными для многих специалистов в области создания сложных информационно-управляющих систем, являются отсутствие системности в решении данной сверхсложной задачи, а также слабая научная проработка, как отдельных элементов, так и сетецентрических систем управления в целом.

Разработка сбалансированной по задачам, срокам создания, стоимости и научно-технической реализуемости сетецентрической системы управления войсками с учетом нового облика ВС РФ, их оргштатной структуры, состояния существующей системы вооружения и имеющегося научно-технического задела в промышленности и российской науке является сверхсложной научной задачей, решение которой без соответствующего научно-методического аппарата практически невозможна.

Попытка построить такую систему методом «штурма», объединения отдельных частных решений неизбежно приведет к значительным финансовым издержкам, снижению качества системы, либо вообще к отказу от ее создания уже через несколько лет после начала разработки. Печальный опыт таких «недостроен» в недалеком прошлом имеется. Можно вспомнить десятки закрытых по фактзатратам работ по созданию многомиллиардных систем, которые за 10-15 лет своего финансирования смогли продвинуться лишь на 20-30 % от общего объема работ, морально состарившись на этом пути.

Новый облик ВС РФ предусматривает трехуровневую систему управления боевыми действиями в регионе конфликта: ТВД – армия – бригада. В этой связи первостепенное значение для формирования структуры и требований к элементам сетецентрической системы управления является определение принципа разграничения полномочий между различными иерархическими уровнями.

Известны два противоположных подхода к решению данного вопроса.

Так, в США рассматривался подход, предусматривавший передачу всей информации от средств разведки, данных о возможностях своих сил и средств в единый главный центр обработки по многосвязной, защищенной, дублированной сетецентрической сети связи. В главном центре на всем множестве сил и средств противника, своих войск и их боевых возможностей предусматривалось решение сложной оптимизационной задачи на применение ударных средств, а также формировались и передавались команды на их применение на нижние уровни иерархии.

Попытка реализовать такую систему на практике привела к перегрузке верхних уровней управления, к значительным задержкам на применение ударных средств и значительно усложнила систему управления. Кроме того, такая архитектура системы управления потребовала применения крайне дорогостоящих высокоскоростных, широкополосных линий связи и сверхсложных систем обработки информации, моделирования сценариев боевых действий и поддержки принятия решений.

В последние годы американские военные специалисты стали трансформировать свои взгляды в сторону российского подхода, который был реализован еще в 80-х годах прошлого столетия в АСУ «Маневр». Суть его заключалась в следующем. Замысел на применение сил и средств вырабатывается командиром верхнего уровня с участием предложений командиров нижнего уровня. Решения на применение ударных средств и задачу целераспределения на поле боя решает каждый командир нижнего уровня, начиная с командира бригады, полка, батальона, роты, взвода в пределах поставленной ему задачи. Командиры верхних уровней управления решают задачи распределений зон ответственности, усилий, привлечения дополнительных частей и подразделений, либо сил и средств резервов, приданных верхним начальникам.

С учетом вышеизложенного, для создания сетцентрических систем управления для ВС РФ представляется целесообразным использовать подход, в основу которого положены предшествующие отечественные разработки по данному направлению.

Важнейшими вопросами, требующими отдельной проработки, являются формирование базовых принципов автоматизации и автоматизация деятельности командующего региональной группировки сил и средств, его штаба, командиров и штабов нижних иерархических уровней.

В настоящее время на разработку замысла и доведение распоряжения на применение войск командующим региональной группировкой может составлять до суток и более. Без внедрения средств автоматизации, разработки алгоритмов поддержки и принятия решений для командиров и штабов всех уровней рассчитывать на успех в создании региональных сетцентрических систем не приходится.

Следует отметить, что в качестве основы для решения указанной проблемы может быть взята апробированная на практике и внедренная в Московском военном округе генералом армии В.Ю. Бакиным автоматизированная система управления округом. За счет автоматизации деятельности командиров и штабов всех уровней по выработке замысла, формированию и доведению решения на применение сил и средств в смешанной группировке войск время от получения боевой задачи, до выдачи приказов на применение войск удалось сократить до 1,5-2 часов, что соответствует лучшим зарубежным достижениям.

Этого удалось добиться за счет внедрения следующих основных принципов автоматизации:

- 1) параллельной работы в автоматизированном режиме всех командиров и штабов с использованием цифровых карт местности и геоинформационных систем для разработки замыслов и решений на применение войск;
- 2) заблаговременной подготовки, ввода и отображения на цифровых картах исходного положения сил и средств противника, своих сил и средств, возможных сценариев боевых действий, моделей оценки эффективности боевого применения войск;
- 3) возможности контроля и оперативного участия командиров высшего иерархического уровня в процессе разработки замысла и формирования решения на применение сил и средств подчиненных командиров и штабов;
- 4) заблаговременной отработки, обучения и слаживания действий командиров и штабов в ходе полевых и командно-штабных учений, компьютерных игр;
- 5) формирования технических заданий, реализации и военно-научного сопровождения, непосредственного участия в разработке и принятии на снабжение войск АСУ автоматизации округа (АСУ театра военных действий) командиров и штабов всех уровней.

Таким образом, рассмотрев наиболее важные проблемные вопросы создания сетецентрических систем, некоторый зарубежный и отечественный опыт создания сложных систем управления и их отдельных элементов вернемся к более детальному рассмотрению вопроса синтеза системы в целом.

Учитывая особую актуальность для Российской Федерации сетецентрических систем управления в локальных и региональных войнах (рис. 2), остановимся на рассмотрении сетецентрической системы управления на театре военных действий.



Рис. 2. Актуальность создания сетецентрических систем управления на региональном уровне

На основе анализа имеющихся материалов можно констатировать, что главной целью сетецентрических систем управления на региональном уровне является создание пространственно-распределенных, работающих на различных физических принципах, в широком диапазоне частот систем разведки и наблюдения, многоканальной сетевой многократно дублируемой защищенной системы передачи больших объемов данных в масштабе времени близком к реальному, многоуровневой иерархической системы оценки обстановки, выработки замысла, принятия решения на применение сил и средств, контроля результатов применения оружия по объектам противника.

С научной точки зрения, используя теорию системного анализа, необходимо определить топологию системы, ее структуру и состав основных элементов, определить наиболее важные взаимосвязи между элементами, сформулировать назначение и основные задачи, функцию полезности, критерии и показатели оптимальности. В настоящее время, как правило, задача оптимизации системы в целом не ставится. Она на уровне заказчиков декомпозируется на отдельные подсистемы, каждая из которых создается самостоятельно, изолированно от других подсистем без должной координации и унификации технических и технологических решений.

На мой взгляд, декомпозиция сетецентрической системы управления на отдельные подсистемы является самостоятельной научной задачей, являющейся важнейшим элементом этапа концептуального проектирования системы в целом.

Вопрос функции полезности, критерия эффективности сетецентрической системы управления не имеет однозначного ответа. Важно отметить, что это должен быть критерий надсистемы – системы вооруженной борьбы на театре войны в целом.

В настоящее время существует ряд известных подходов к формулированию такого критерия. Рассмотрим только два из них, которые вполне могли бы быть пригодны для достижения поставленной цели. В качестве первого критерия, по вкладу в который можно было бы сравнивать эффективность альтернативных вариантов построения сетецентрических систем управления, можно предложить уровень снижения взвешенного боевого потенциала смешанных группировок сил и средств на типовых сценариях локальных (региональных) войн через заданный период времени после начала боевых действий. По данному критерию наилучшим будет признан вариант построения сетецентрической системы управления, который обеспечит наименьшее снижение взвешенного боевого потенциала группировок сил и средств за установленный промежуток боевых действий.

Можно предположить и более простой критерий – математическое ожидание снижения боевого потенциала группировки сил и средств противника при заданных ограничениях на потерю боевого потенциала своих сил и средств за установленный промежуток боевых действий.

Безусловно, оценка эффективности различных вариантов сетецентрических систем требует разработки специального довольно сложного математического аппарата, значительных материальных затрат и времени.

Можно предложить использовать модные и широко используемые за рубежом методы форсайта (некоторая модификация метода экспертных оценок) для сравнительного анализа различных вариантов построения сетецентрических систем управления. Но и здесь без квалифицированных экспертов и разбиения всего множества задач и проблем на ключевые вопросы, предлагаемые для ответа экспертам, не обойтись. Не имея возможности долго останавливаться в статье по данному вопросу, хочу отметить, что пока очень слабо привлекаются научные методы и подходы, да и сами ученые к решению очень сложной научной проблемы – разработке методов оптимизации сетецентрических систем управления.

Не умаляя важности и необходимости формирования облика системы в целом, как говорят, этапа концептуального проектирования, очень важно иметь хорошо отработанные и проверенные на практике варианты построения отдельных подсистем. Если они имеются, то задача синтеза системы сетецентрического управления сводится к целенаправленному перебору всевозможных комбинаций вариантов подсистем и выбору наилучшего из них по принятому критерию эффективности.

При формировании различных вариантов подсистем, как правило, опираются на технические и технологические решения, имеющиеся у предприятий отечественного оборонно-промышленного комплекса – системных интеграторов в области создания ресурсо- и наукоемких образцов вооружения и военной техники.

Так, например, Концерном «РТИ Системы» и входящими в его состав предприятиями накоплен богатый опыт создания сверхсложных комплексных систем и средств ракетно-космической обороны (РКО), методов объединения и отождествления информации, полученной от различных источников, создания быстродействующих алгоритмов и программ управления средствами РКО реального времени в автоматическом режиме.

В настоящее время Концерном проводится разработка ряда базовых технологий для создания сетецентрических систем управления регионального уровня [1]:

- ♦ технологий взаимной многомерной обработки радиолокационных сигналов и информации;

- ◆ технологий создания цифровых фазированных антенных решеток с двойной поляризацией;
- ◆ технологии создания сверхширокополосных и суперскоростных линий связи;
- ◆ технологий создания термоустойчивых высокомошных усилителей СВЧ с воздушным охлаждением;
- ◆ технологии создания радиодигровой микроэлектроники для многоканальной цифровой обработки и формирования сигналов.

Кроме того, совместно с Технопарком «Система-Саров» проводятся работы по созданию стенда отработки каналов высокоскоростной (авиационной и космической) передачи информации и перспективных инфотелекоммуникационных технологий сетевых систем управления, а также стенда отработки малогабаритной солнечной фотоэлектрической батареи для средств связи и локации.

Указанные технологии и технические решения позволят с минимальной степенью риска и в кратчайшие сроки создать ряд функциональных элементов СЦС, включающих в свой состав:

- ◆ высокоточные системы определения координатно-временного положения объектов в пространстве;
- ◆ высокоскоростные широкополосные радиолнии;
- ◆ сверхлегкие многофункциональные активные фазированные антенные решетки;
- ◆ алгоритмы реального времени, позволяющие на сигнальном и траекторном уровне объединить информацию от десятков-сотен источников, сформировать единое информационное пространство по всей совокупности измерений, значительно улучшив их качество.

Указанные технические решения могут стать основой для создания в период до 2020...2025 гг. сетевых систем регионального уровня, обеспечивающие гибкую адаптацию в соответствии со складывающейся обстановкой в зоне ответственности. На рис. 3 представлен возможный вариант состава системы в интересах ведения боевых операций на театрах военных действий.

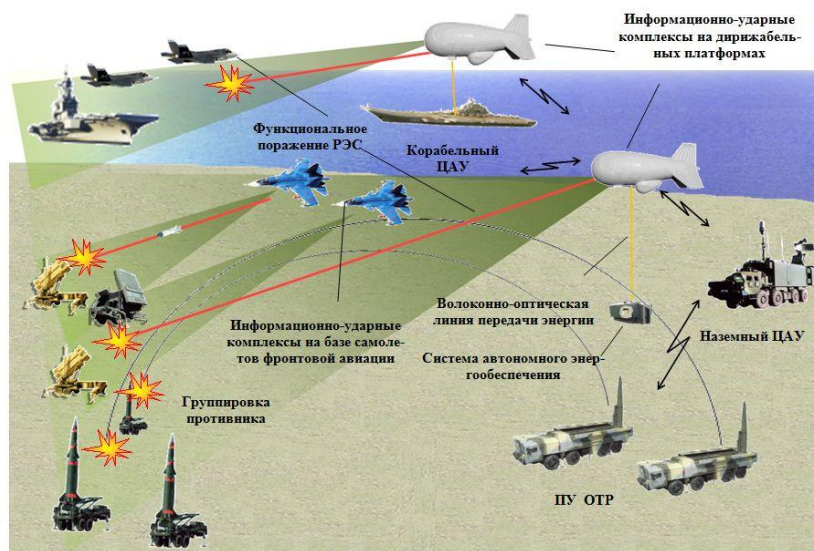


Рис. 3. Вариант состава системы в интересах ведения боевых операций на театрах военных действий

В заключение хотелось бы также остановиться на некоторых научных проблемах создания сетевых систем управления, без решения которых эффективность АСУ ТВД может оказаться крайне низкой. К основным из них следует отнести следующие.

Опознавание на поле боя своих сил и средств. На сегодняшний день даже в научном плане ни в России, ни за рубежом проблема «свой-чужой» на поле боя не имеет надежных методов и технических средств для распознавания своих сил и средств на поле боя. Требуется постановка комплекса поисковых и прикладных исследований для поиска путей решения данной проблемы.

Сетевые системы управления предполагают обеспечить сбор и интеграцию различных средств и систем разведки, работающих на различных физических принципах в различных диапазонах длины волн в единую интегрированную базу данных. В тоже время, в научно-методическом плане не существует отработанных, проверенных на практике и достаточно эффективных методов и способов идентификации целей, объединения и отождествления разнородных данных, создания единого информационного поля, обеспечивающего и высокую вероятность обнаружения каждой цели, и низкие вероятности ложной тревоги и пропуска реальных целей. Однако следует сказать, что ранее проводимые исследования по данному направлению в настоящее время практически свернуты и в перспективные планы НИОКР не включены.

Важнейшей задачей в крупных интегрированных системах является задача выбора рациональных наилучших действий в целом. Методы многомерной многофакторной оптимизации разработаны для крайне ограниченных и простых условий и простых функций, как правило, не пригодны для сложных нелинейных функций с ярко выраженными корреляционными связями между основными параметрами этих функций. Поэтому без проработки и научной поддержки методов синтеза сложных сетевых систем управления рассчитывать на успех в борьбе с противником не приходится.

Перспективные средства ведения войны, формы и способы их применения все более связываются с использованием высокоточного оружия и беспилотных летательных аппаратов. Такие средства требуют подготовленной инфраструктуры, высокоточных карт местности, высокоточного навигационного поля и навигационных приемников, высокоскоростных широкополосных линий связи, как на этапе подготовки полетных заданий, так и в процессе управления высокоточным оружием. Такая инфраструктура в России только создается, требует привлечения значительного научного потенциала, длительных сроков и больших финансовых затрат.

В целом, подытоживая изложенные материалы, хотелось бы отметить следующее.

1. Принимая во внимание характер угроз Российской Федерации в различных регионах, которые требуется гарантированно парировать в условиях ограниченных финансовых возможностей, создание сетевых систем управления регионального уровня, обеспечивающих оперативное наращивание потенциала сдерживания и деэскалации агрессии против нашего государства и его союзников, является, безусловно, актуальной государственной задачей.

2. Создание сбалансированной сетевой системы управления войсками с учетом нового облика ВС РФ, их оргштатной структуры, состояния существующей системы вооружения и имеющегося научно-технического задела в промышленности и российской науке является сложной комплексной научной задачей, решение которой невозможно без активного участия научно-исследовательских организаций Министерства обороны, оборонной промышленности и Российской академии наук, без разработки соответствующего научно-методического аппарата.

3. Практическое решение вопросов по созданию отдельных элементов сетевых систем управления может быть обеспечено уже в настоящее время предприятиями отечественного оборонно-промышленного комплекса, являющимися системными интеграторами в области создания ресурсо- и наукоемких образцов вооружения и военной техники. В частности, ОАО «Концерн «РТИ Системы» совместно с Технопарком «Система-Саров» проводится разработка базовых технологий и технических решений для создания сетевых систем управления регионального уровня.

4. Для создания сетевых систем управления с приемлемыми экономическими затратами представляется целесообразной консолидация под руководством одного государственного заказчика большого количества разрозненных, концептуально и системно не объединенных работ, ведущихся в данном направлении различными предприятиями ОПК, в рамках ограниченного количества комплексных системных НИОКР и специальной целевой программы по отработке новейших технологий и элементной базы.

Таким образом, только в результате взвешенной и экономически выверенной государственной военно-технической политики в области создания принципиально новых средств вооруженной борьбы может быть обеспечен мощный асимметричный ответ новым угрозам национальной безопасности России в XXI в.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Боев С.Ф., Рахманов А.А., Слока В.К. Сетевые системы регионального уровня реального масштаба времени // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2009. – № 3.

Рахманов Александр Алексеевич

Открытое акционерное общество "Концерн «Радиотехнические и информационные системы».

E-mail: kantselariya@rtisystems.ru.

127083, г. Москва, ул. 8 марта, 10, стр. 1

Тел.: 84957847718.

Заместитель генерального директора; профессор.

Rakhmanov Alexander Alekseevich

Open joint-stock company "Concern" Radio Engineering and Information Systems».

E-mail: kantselariya@rtisystems.ru.

10, Street on March, 8th, str.1, Moscow, 127083, Russia.

Phone: +74957847718.

The Assistant to the General Director; Professor.

УДК 621.315.592

С.П. Малюков, Г.В. Калашников, В.В. Пташник

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОЗДАНИИ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Рассматривается один из подходов применения лазерных технологий в создании солнечных элементов. Исследована и установлена область «критического воздействия» лазерного луча типа «топ-хэт» установки «LIMO 100-532» при отжиге пленки кремния, нанесенного на подложку из стекловидного диэлектрика. Эксперименты с различными значениями параметров лазерной установки «LIMO 100-532» (мощность излучения, длительность импульса, скорость передвижения образца) привели к выводу о возможности модификации свойств многослойных систем при лазерной обработке, так как имеется воз-