

Малых В.В. (ВИТИ)
Бондаренко Л.О. (ВИТИ)
Остапук А.И. (ВИТИ)
Руденко В.И. (ВИТИ)

ПРИМЕНЕНИЕ ШТАБНЫХ МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЙСКАМИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ И В ХОДЕ ОПЕРАЦИИ (БОЯ)

В статье отражены взгляды авторов на внедрение в практику работы штабов проведения расчетов состояния системы управления войсками при планировании и в ходе операции (боя)

Малых В.В., Бондаренко Л.О., Остапук А.И., Руденко В.И. Застосування штабних моделей оцінки стану системи управління військами при плануванні та в ході операції (бою). У статті відображені погляди авторів на впровадження в практику роботи штабів проведення розрахунків стану системи управління військами при плануванні та в ході операції (бою).

V. Malykh, L. Bondarenko, A. Ostapuk, V. Rudenko The usage of staff models for assessing the troop control system etate in planning and during the operation (combat). The article reflects the authors on views the introduction into the practice of the staffs of the troop control system calculations state during planning and during the operation (combat).

Ключевые слова: система управления, пункты управления, информационные направления, живучесть, оперативность, скрытность.

1. Постановка проблемы в общем виде

Тенденции развития локальных войн и военных конфликтов последних десятилетий свидетельствуют, что на сегодня и в перспективе эффективное управление войсками является одним из основных условий достижения цели операции (боя).

Оценка состояния системы управления (СУ) войсками относится к числу важнейших информационно-расчетных задач, решаемых органами управления при подготовке и в ходе операции (боя).

Особую актуальность сегодня приобретают вопросы оценки состояния СУ при планировании операции (боя), с применением средств автоматизации, в интересах обоснования достоверности прогнозирования хода и исхода военных конфликтов.

В настоящее время по этим вопросам уже выработаны определенные подходы к решению некоторых частных задач оценки состояния отдельных подсистем СУ войсками и оружием.

Вместе с тем, современные возможности вычислительной техники (большой объем вычисления в единицу времени) позволяют при наличии соответствующего программного обеспечения проводить вычисления хода операций (боя) с высокой степенью детализации в сжатые сроки. Тем не менее математические модели планирования боевых действий в войсках практически не используются, несмотря на их необходимость. Одним из факторов отсутствия активного интереса к программным продуктам в войсках является недостаточная адаптированность под задачи планирования в различных органах военного управления (ОВУ).

Анализ последних публикаций. Работа [1] посвящена определению критериев и представлен методический подход к оценке состояния СУ противника в интересах выработки рационального решения на ее поражение. Предлагаемая автором классификация состояния СУ по признаку качественного изменения возможностей выполнения стоящих перед ней задач хотя не позволяет получить количественно-качественную оценку состояния СУ своих войск и требует дальнейшего развития. В статье [2] описан подход к оценке показателей качества СУ войсками на основе оценки функционирования ИН по показателям: устойчивость ($K_{\text{уин}}$), непрерывность ($K_{\text{нин}}$), оперативность ($K_{\text{оин}}$), скрытность ($K_{\text{син}}$) без учета значимости, состава и структуры ПУ, как составной части СУ, а также не предложен порядок расчета частных показателей качества СУ. В статье [3] предлагается использование

методического аппарата, позволяющего решить задачу оценки эффективности функционирования СУ в условиях прогнозируемого воздействия противника на основе данных о сложившейся обстановке, составе и структуре СУ, а также перечня возложенных на нее функций (задач). При этом в качестве показателей эффективности используются вероятностные характеристика ожидаемой степени выполнения СУ каждой функции управления и ожидаемая степень выполнения системой всех возложенных на нее функций управления (с учетом оценок важности рассматриваемых функций). Перечисленные работы заслуживают внимания, но не позволяют получить количественно-качественную оценку состояния СУ и требуют дальнейшего усовершенствования.

Целью статьи является предложение штабной модели оценки состояния СУ войсками при планировании и в ходе операции (боя).

Изложение основного материала исследования.

Оценку состояния СУ войсками следует отнести к числу важнейших задач, решаемых органами управления при подготовке и в ходе операции (боя).

Результаты этой оценки используются при выработке мер по сохранению (восстановлению) уровня функционирования СУ объединения (соединения).

Особую актуальность сегодня приобретают задачи оценки состояния СУ противоборствующих сторон при моделировании боя (операции) в интересах обоснования оперативного построения группировки войск, с целью повышения достоверности прогнозирования хода и исхода военных конфликтов. В настоящее время выработаны определенные подходы к решению частных задач оценки состояния подсистем СУ войсками и оружием. Отсутствие единого научно-методического аппарата оценки состояния СУ не позволяет сформировать универсальную методику оценки эффективности функционирования (состояния) системы, пригодную для применения как в органах военного управления, так и в войсках.

Сложившееся положение дел объясняется отсутствием формализованного описания системы основных критериев и показателей оценки состояния СУ, что обуславливает важность разработки способа оценки состояния СУ войсками (силами) в ходе операции (боя).

Сравнительный анализ исследовательских и штабных оценочных моделей показал, что в теории принятия решений для оценки качества принимаемых решений в условиях нестатистической неопределенности наиболее применим аппарат теории возможностей [4]. Она основана на теории нечетких множеств и нечеткой логики. Аппарат нечеткой логики позволяет учитывать то, что любой объект может более или менее соответствовать некоторой категории, к которой его хотели бы отнести. Одно из преимуществ теории возможностей заключается в том, что она позволяет одновременно моделировать неточность (в форме нечетких множеств) и количественно характеризовать неопределенность (в форме пары чисел „возможность – определенность”). Использование аппарата теории возможностей требует меньшего объема статистической информации для получения оценки, а следовательно, он применим в штабных моделях. Именно штабные модели предназначаются для непосредственного использования в штабах в процессе управления боевыми действиями. Основное их предназначение – получение количественных значений показателей для обоснования принимаемых решений.

Выполненное обоснование критериев и показателей оценки состояния СУ должно основываться на использовании положений, применяемого в исследованиях, понятийного аппарата, не противоречащего существующим терминам и определениям теории управления войсками. Приведем ряд его базовых категорий.

Система управления войсками (силами) – совокупность взаимосвязанных и рассматриваемых как единое структурное целое для конкретного звена вооруженных сил (органов, пунктов и средств управления, связи, автоматизации, механизации и средств боевого, технического, тылового обеспечения), развертываемых для поддержания

необходимого уровня боевой готовности войск (сил), подготовки боевых действий и руководства войсками (силами) при выполнении поставленных задач [5].

При этом под органом управления принято понимать коллектив должностных лиц (ДЛ), организационно объединенных для выполнения определенных функций по руководству подчиненными войсками (силами) в операции (бою) в различных звеньях.

Пункты управления (ПУ) – это специально оборудованные и оснащенные средствами управления рабочие места, с которых должностные лица органов управления (штабов) осуществляют управление войсками при подготовке и ведении операций (боевых действий).

К средствам управления относятся система связи, комплекс средств автоматизации (КСА), а также другие специальные системы, предназначенные для повышения эффективности работы ДЛ на ПУ.

Система военной связи – часть системы управления войсками (силами) и оружием, представляющая собой совокупность взаимосвязанных и согласованных по задачам, месту и времени действия узлов и линий связи различного назначения, развертываемых или создаваемых по единому плану для решения задач обеспечения управления войсками (силами) и оружием [5].

На практике организация связи в операции (бою) обычно осуществляется по информационным направлениям (ИН).

ИН военной связи – совокупность линий и узлов связи, обеспечивающая военную связь между двумя пунктами управления [5].

Виды связи и их количество на каждом ИН определяются потребностями СУ, с учетом роли и места ПУ в системе управления, а так же объемов, срочностью передаваемых сообщений и качеству услуг связи.

Будем исходить из того, что функционирование СУ войсками есть практическое выполнение ДЛ органов управления своих обязанностей по руководству войсками с использованием технических средств, входящих в автоматизированную систему (подсистему).

С учетом этого функционирование СУ представляет собой процесс согласованной работы ДЛ оперативного состава органов управления, размещенных на ПУ и использующих соответствующие комплексы средств автоматизации (КСА) и систему связи.

В качестве основных компонентов СУ приняты входящие в эту систему ПУ (включая соответствующие КСА и элементы системы связи, обеспечивающие их функционирование).

При этом значение приобретают информационные связи внутри ПУ.

Формализованное представление информационных связей ПУ (между органами управления, средствами автоматизации и связи) представлено на рис. 1.

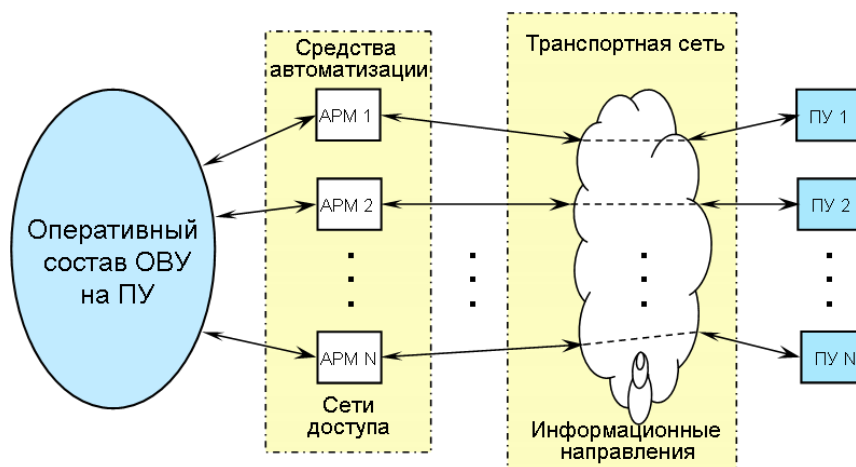


Рис. 1 Информационные связи пункта управления

Исходя из приведенного предлагается оценивать состояние СУ в ходе операции (боя) по следующему алгоритму [5]:

произвести расчет текущих значений характеристик, описывающих состояние каждого ПУ (оперативного состава и средств автоматизации);

на основе синтеза этих характеристик рассчитать текущее значение показателя эффективности функционирования каждого ПУ;

сравнить полученное значение показателя с величиной выбранного критерия и получить оценку текущего состояния каждого ПУ;

сформировать обобщенную оценку функционирования СУ с учетом значимости каждого ПУ.

Рассмотрим более детально каждый из шагов предложенного алгоритма.

Прежде всего, отметим порядок выбора и обоснования показателей оценки текущего состояния СУ.

По существующим правилам оценку текущего состояния СУ производят по признаку соответствия требованиям, предъявляемым к управлению войсками: устойчивость, непрерывность, оперативность, скрытность.

При этом необходимо считать, что управление должно обеспечивать успешное выполнение поставленных задач в установленные сроки в любых условиях обстановки.

Исходя из сущности предъявляемых требований осуществляется выбор и обоснование показателей эффективности функционирования СУ (оценки состояния СУ).

Для оценки степени соответствия требованиям устойчивости и непрерывности обычно используются следующие показатели [6]:

уровень функционирования СУ – отношение ее фактических возможностей в рассматриваемом интервале времени к потенциальным возможностям, которыми располагает эта система при полной укомплектованности ПУ личным составом и техническими средствами при отсутствии воздействия внешних дестабилизирующих факторов;

время функционирования СУ – отношение времени, в течение которого управление войсками на всех направлениях осуществляется с достаточной оперативностью и качеством, ко всему рассматриваемому интервалу времени (ведения операции, решения отдельных задач);

относительное время функционирования СУ – отношение времени, в течение которого уровень функционирования СУ находится в пределах допустимого, ко всему рассматриваемому интервалу времени (ведения операции, решения отдельных оперативных задач);

вероятность безотказного функционирования СУ;

степень помехозащищенности СУ от воздействия средств РЭБ противника;

уровень потерь ПУ в личном составе и технических средствах.

Что касается оперативности управления, то возможно использование следующих показателей:

вероятность своевременной реакции на действия противника;

продолжительность общего цикла управления;

продолжительность решения отдельных (типовых) задач управления в общем цикле управления.

Для оценки эффективности выполнения мероприятий по обеспечению скрытности управления, как правило, используются следующие показатели:

вероятность скрытия от противника мероприятий по управлению войсками;

вероятность скрытия от противника элементов СУ;

степень эффективности мероприятий по дезинформации противника и др.

Имея текущие значения показателей оперативности управления, можно оценить степень соответствия требованиям устойчивости и непрерывности управления. Например, значение показателя „уровень функционирования СУ” определяется как отношение текущего и начального значений показателя оперативных возможностей этой СУ, а значение

показателя непрерывности управления – путем усреднения показателя оперативных возможностей СУ за требуемый период времени.

С учетом того, что важнейшей составной частью функционирования СУ является процесс преобразования информации, в качестве оценки оперативности управления была принята производительность ДЛ оперативного состава по преобразованию информации с учетом возможностей технических средств обработки и передачи информации (см. рис. 1).

Процесс преобразования информации традиционно делится на следующие подпроцессы [7]:

сбор и обработка (анализ, распределение) входной информации;

создание выходной информации (преобразование информации в ходе определения замысла, завершения принятия решения и планирования операции); выдача информации потребителям;

хранение и отображение информации.

Эти подпроцессы составляют основу алгоритма работы ДЛ органа управления на ПУ, представленного на рис. 2.

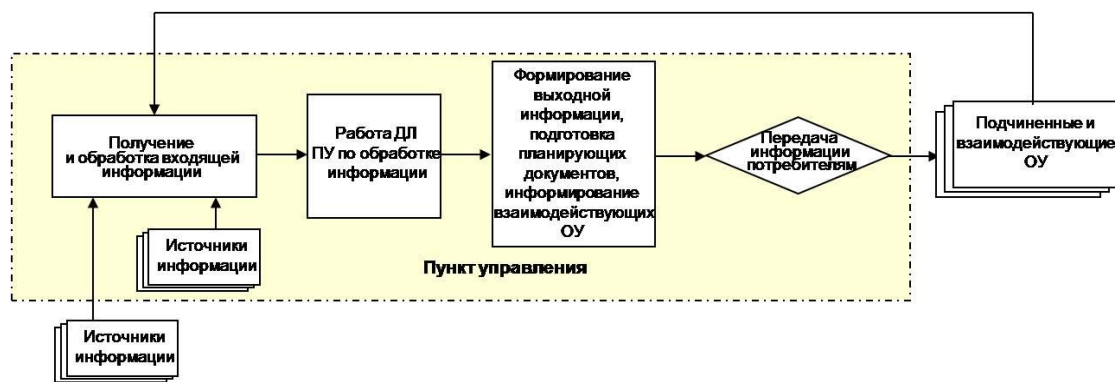


Рис. 2 Алгоритм работы должностных лиц на ПУ

Таким образом, представляется возможность сделать вывод, что оперативность функционирования СУ можно представить как интегральную функцию:

возможностей ДЛ оперативного состава, находящегося на ПУ, по обработке входной информации и созданию выходной (производной) информации;

возможностей средств автоматизации по повышению эффективности работы оперативного состава ПУ;

возможностей средств связи и автоматизации по сбору входной информации и передаче выходной информации потребителям.

В качестве характеристики возможностей оперативного состава ПУ по обработке входной и созданию выходной информации может быть принята суммарная продолжительность времени восприятия (изучения) входных документов и разработки выходных документов при решении некоторой типовой задачи управления.

В качестве основного показателя эффективности функционирования ПУ (без учета системы связи) правомерно использовать потенциальную (при условии отсутствия внешних дестабилизирующих воздействий) продолжительность времени решения типовой задачи управления на данном ПУ.

Например, в качестве типовой задачи управления для объединенного командного пункта ОК целесообразно принять процесс разработки пакета документов планирования на операцию.

К входным документам этой задачи можно отнести оперативную директиву старшего начальника, распоряжения по видам обеспечения, донесения подчиненных и взаимодействующих органов управления и др. К выходным – решение командующего, боевой приказ, боевые распоряжения, донесения, комплект графических и табличных документов, а также другие документы, определенные в соответствующих наставлениях.

Поскольку объемы входной (выходной) информации типовой задачи зависят от роли и места ПУ в СУ, они могут с достаточной достоверностью определяться по результатам командно-штабных учений (штабных тренировок) и других мероприятий оперативной подготовки.

При этом минимально возможная (начальная) продолжительность времени решения типовой задачи управления устанавливается опытным путем (для существующих ПУ) или рассчитывается теоретически методами сетевого планирования (для перспективных ПУ).

Для учета состояния системы связи, обеспечивающей обмен информацией с другими ПУ, а также с органами военного и государственного управления, целесообразно использовать обобщенную оценку текущего состояния ИН, которые в соответствии с разработанным планом связи должны обеспечивать функционирование рассматриваемого ПУ с установленным качеством.

В качестве такой оценки целесообразно применять показатель „живучесть ИН”. Этот показатель позволяет с достаточной точностью произвести оценку текущих возможностей системы связи по сбору (приему) входной информации и передаче выходной информации при воздействии на систему внутренних и внешних дестабилизирующих факторов (ВДФ).

Предлагаемый способ оценки состояния СУ оперативной группировки войск основан на решении пяти задач, объединяемых блок-схемой алгоритма оценки состояния СУ, представленной на рис. 3.

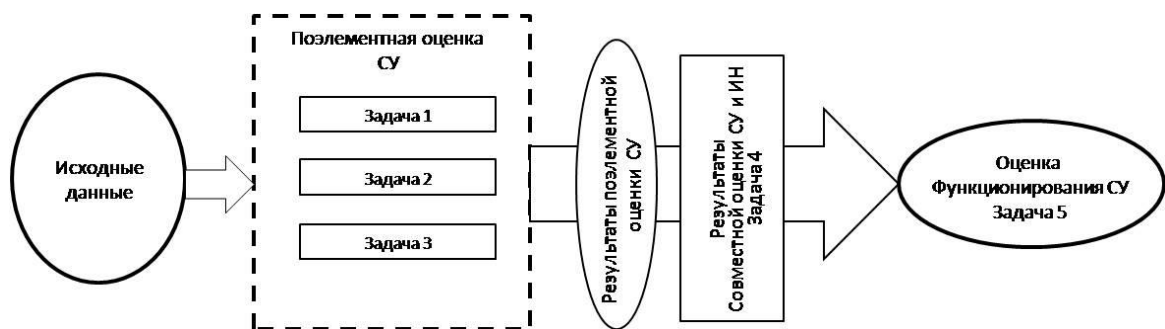


Рис. 3 Блок-схема алгоритма оценки состояния СУ

Задача 1. Решение задачи состоит в оценке состояние ПУ без учета обеспечивающих его работу элементов системы связи (ИН). При этом показателем оценки устанавливается допустимая продолжительность времени решения типовой задачи управления ($T_d^{доп}$) относительно директивно установленного срока (T_d).

В качестве показателя состояния ПУ целесообразно использовать значений нечетких переменных: „устойчивое”; „нарушено”; „затруднено”, „сорвано”.

Сущность частного критерия (правила) оценки эффективности функционирования (состояния) ПУ (без учета состояния системы связи) представлена в табл. 1.

Таблица 1

Оценка состояния ПУ (без учета системы связи)

| Критерии состояния функционирования ПУ (без учета состояния системы связи) | Превышение показателя решения типовой задачи управления, % ($T_d \leq T_d^{доп}$) |
|--|---|
| Функционирование ПУ „устойчивое” | 20 |
| Функционирование ПУ „затруднено” | 20 – 40 |
| Функционирование ПУ „нарушено”; | 40 – 80 |
| Функционирование ПУ „сорвано”. | 80 – 100 |

Примечание. Критерии оценки должны устанавливаться нормативными документами.

Задача 2. Решение задачи состоит в оценке эффективности функционирования (состояния) ИН в условиях воздействия дестабилизирующих факторов. В качестве показателя устанавливается живучесть информационного направления.

В качестве показателя живучести применяют коэффициент оперативной готовности информационного направления, определяемый выражением:

$$K_{ог} = P(T)K_{г}, \quad (1)$$

где $K_{г}$ – коэффициент готовности;

$P(T)$ – вероятность сохранения работоспособности информационного направления.

Коэффициент готовности определяется выражением:

$$K_{г} = \frac{T_0}{T_0 + T_в} \quad (2)$$

где T_0 – среднее время наработки на отказ информационного направления;

$T_в$ – среднее время восстановления работоспособности информационного направления.

Коэффициент оперативной готовности информационного направления рассчитывается по специально разработанной методике [8].

Сущность частного критерия оценки живучести ИН представлена в табл. 2.

Таблица 2

Оценка состояния ИН

| Критерии состояния ИН | Отношение текущего состояния живучести ИН к установленному, % |
|----------------------------------|---|
| Функционирование ИН „устойчивое” | ≥ 80 |
| Функционирование ИН „затруднено” | 60 – 80 |
| Функционирование ИН „нарушено” | 20 – 60 |
| Функционирование ИН „сорвано” | ≤ 20 |

Задача 3. Решение задачи состоит в определении оценки общего состояния ИН, обеспечивающего функционирование анализируемого ПУ.

При этом рассматривается состояние ИН, разворачиваемых от ПУ, в соответствии с существующим планом связи объединения, с учетом группы важности каждого из этих направлений. Для оценки текущего состояния совокупности ИН, обеспечивающих функционирование ПУ, используются такие показатели, как:

средние значения живучести ИН данного ПУ по категориям важности;

доля ИН (от первоначального их числа), находящихся в состоянии „сорвано”.

Оценка состояния ИН по данным показателям представлена в таблице 3.

Таблица 3

Оценка текущего состояния совокупности ИН ПУ

| Количество ИН в состоянии „сорвано”, % | Отношение текущего значения к начальному значению живучести ИН, % | | | | Текущее состояние совокупности ИН |
|--|---|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------------------|
| | Для всех ИН | Для ИН 1 категории | Для ИН 2 категории | Для ИН 3 категории | |
| До 10 | 80 – 100 | 100 | 100 | 50 – 100 | „устойчивое” |
| 10 – 30 | 60 – 80 | 100 | 100 | 10 – 50 | „затруднено” |
| 30 – 50 | 20 – 60 | 80 – 100 | 80 – 100 | – | „нарушено” |
| Более 50 | Менее 20 | Менее 80 | – | – | „сорвано” |

Примечание: совокупность ИН менее важной группы имеет одинаковое или худшее состояние относительно направлений более важной группы.

Задача 4. Оценки функционирования ПУ с учетом состояния соответствующих ИН. Оценка состояния функционирования ПУ с учетом состояния соответствующих ИН представлена в табл. 4.

| Оценка текущего состояния ПУ | | |
|------------------------------|--------------|---------------------------|
| ПУ без учета системы связи | ИН | ПУ с учетом системы связи |
| „устойчивое” | „устойчивое” | „устойчивое” |
| „устойчивое” | „затруднено” | „затруднено” |
| „устойчивое” | „нарушено” | „нарушено” |
| „устойчивое” | „сорвано” | „сорвано” |
| „затруднено” | „устойчивое” | „мзатруднено” |
| „затруднено” | „затруднено” | „затруднено” |
| „затруднено” | „нарушено” | „нарушено” |
| „затруднено” | „сорвано” | „сорвано” |
| „мнарушено” | „устойчивое” | „нарушено” |
| „нарушено” | „затруднено” | „затруднено” |
| „нарушено” | „нарушено” | „нарушено” |
| „нарушено” | „сорвано” | „сорвано” |
| „сорвано” | „устойчивое” | „сорвано” |
| „сорвано” | „затруднено” | „сорвано” |
| „сорвано” | „нарушено” | „сорвано” |
| „сорвано” | „сорвано” | „сорвано” |

Примечание: результирующее значение определяется согласно правил нечеткого логического вывода.

Задача 5. Задача регламентирует порядок оценки функционирования СУ в целом с учетом состояния входящих в нее ПУ (рис. 1).

Сначала устанавливается наличие критического количества ПУ, управление с которых невозможно управление (т. е. они находятся в состоянии „сорвано”). Если количество таких ПУ не превышает 10 %, то общее состояние СУ по критерию „количество вышедших из строя ПУ” может оцениваться как „устойчивое”.

Если эта переменная принимает значение от 10 до 20 %, то состояние СУ на уровне „затруднено”, от 20 до 40 % – „нарушено”, если более 40 % – „сорвано”.

Если по критерию „количество вышедших из строя ПУ” состояние СУ оценивается как „сорвано”, то эта оценка принимается в качестве конечного результата.

В противном случае производится ее уточнение с учетом того обстоятельства, что различные ПУ не одинаково значимы при подготовке и в ходе общевойсковой операции. Их значимость зависит от звена управления, типа ПУ, а также принятого решения на операцию.

Оценка состояния отдельного ПУ (в долях) производится по следующему правилу: если в ходе расчета определено, что текущее состояние (уровень функционирования) ПУ „устойчивое”, то долевая оценка составит 1 (потенциально способен выполнить все задачи по управлению войсками), если „затруднено”, то – 0,8 (потенциально способен выполнить до 80 % задач), „нарушено”, то – 0,5 (потенциально способен выполнить до 50 % задач), „сорвано” – 0,2 (потенциально способен выполнить не более 20 % задач).

В качестве показателя эффективности функционирования всей СУ (состояния совокупности ПУ) принимается отношение суммы оценок их состояния с учетом значимости.

Для получения качественной оценки эффективности функционирования (текущего состояния) СУ устанавливаются следующие критерии. Если текущее значение показателя эффективности функционирования СУ не менее 0,8, то ее функционирование „устойчивое”, если в интервале от 0,5 до 0,8, то функционирование СУ „затруднено”, в интервале от 0,2 до 0,5 – „нарушено”, а если не превышает 0,2, то функционирование СУ „сорвано”.

Итоговая оценка состояния СУ определяется с учетом имеющейся оценки относительного количества вышедших из строя ПУ по правилу “узкого места”.

Таким образом, используя описанные правила, можно получить количественную и качественную оценки текущего состояния СУ или ее подсистемы на основе значений показателей состояния входящих в эту подсистему ПУ.

Выводы

Предложенная модель оценки состояния СУ войсками, основанная на применении аппарата нечеткой логики, применим как в штабах, (например при планировании боевых действий, восстановлении боеспособности объединения (соединения)), так и при проведении научных исследований по совершенствованию различных подсистем СУ.

На основе предложенного алгоритма также возможно создание блока моделирования СУ системы поддержки принятия решений различных воинских формирований, позволяющего учесть влияние состояния (эффективности функционирования) СУ на ход и исход операции (боя).

Кроме того, данная модель может применяться штабом руководства для оценки текущего состояния и решений ДЛ ОВУ по планированию СУ при проведении командно-штабных учений и других мероприятий оперативной подготовки.

Рассмотренные в статье положения и выводы позволяют учесть влияние СУ при моделировании операции (боевых действий), формируют исходную основу для создания интеллектуальных систем принятия решений на операцию с опорой на математические методы исследования, а также могут быть использованы в работе общевойсковых штабов.

Направлением дальнейших исследований должно стать создание комплексов информационно-расчетных задач (ИРЗ) и моделей оценки в системах поддержки принятия решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Донсков Ю.Е. Методический подход к классификации и количественной оценке состояний информационно-управляющих систем / Ю.Е. Донсков. – Военная Мысль, 2003. – № 9. – С. 29 – 33.
2. Замятин В.М. Подход к оценке показателей качества системы управления войсками / В.М. Замятин. – Международный научно-практический журнал. Программные продукты и системы, 2009. – № 1. – 4 с.
3. Егоров С.Ю. Оценка эффективности функционирования системы управления войсками в условиях воздействия противника / С.Ю. Егоров, А.А.Протасов. – Военная мысль, 2005. – № 8. – С. 26 – 30.
4. Балашов О.В. Об актуальных проблемах автоматизации управления войсками / О.В.Балашов – Военная мысль, 2005 г. – № 3. – С. 28 – 32.
5. Зв'язок військовий. Терміни та визначення: ДСТУ–В 3265-95:1995. [Чинний від 1997–01–01] – Київ : Держстандарт України, 1995 – XII. – 23 с.
6. Выпасняк В.И. Оценка состояния системы управления войсками в ходе операции (боя) / В.И. Выпасняк, А.М Гуральник. – Военная мысль, 2008. – № 7. – С. 32 – 42.
7. Котенко И.В. Теория и практика построения автоматизированных систем информационной и вычислительной поддержки процессов планирование связи на основе новых информационных технологий / И.В. Котенко – СПб.: ВАС, 1998. – 404 с.
8. Устойчивость функционирования сети связи общего пользования ГОСТ Р53111-2008 М, – Стандартинформ, 2009. – 20 с.