



УДК 351.814.334.3
ГРНТИ 78.25.13

ВЫБОР ТАКТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В КАЧЕСТВЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РОДАМИ АВИАЦИИ

*Е.А. ЛИННИК, кандидат технических наук
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
А.В. ШАМАРИН, кандидат технических наук
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
Д.А. ЧИСТИЛИН, кандидат технических наук
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
В.А. ВОРОБЬЕВ, кандидат технических наук, доцент
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В статье рассматриваются тактические характеристики автоматизированных систем управления и комплексов средств автоматизации, а также представлен расчет этих характеристик с целью учета их влияния на эффективность АСУ.

Ключевые слова: автоматизированная система управления; тактические характеристики; показатели эффективности.

THE CHOICE OF TACTICAL CHARACTERISTICS AS EFFICIENCY FACTORS OF FUNCTIONING OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS FOR KINDS OF AIRCRAFT

*E.A. LINNIK, Candidate of Technical Sciences
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
A.V. SHAMARIN, Candidate of Technical Sciences
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
D.A. CHISTILIN, Candidate of Technical Sciences
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)
V.A. VOROBIEV, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
MESC AF «N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh)*

In article tactical characteristics of automated control systems and complexes of the automation equipment are considered, and also calculation of these characteristics for the purpose of the accounting of their influence on effectiveness of ACS is presented.

Keywords: automated control system; tactical characteristics; efficiency factors.

Тактические характеристики автоматизированных систем управления (АСУ) видов и родов авиации и комплексов средств автоматизации (КСА) пунктов управления (ПУ)— это совокупность параметров, описывающих АСУ как источник информации, необходимой руководящему составу для решения их оперативных задач [1,2].



К тактическим характеристикам видов и родов авиации и КСА ПУ можно отнести:

- оперативность;
- устойчивость функционирования АСУ;
- живучесть АСУ;
- мобильность АСУ;
- защита (безопасность) информации;
- скрытность работы АСУ;
- уровень автоматизации функций управления;
- пропускная способность АСУ;
- качество информационного обеспечения;
- качество контрольных функций управления.

Оперативность. Оперативность или быстрота решения задач управления в АСУ – свойство системы обеспечивать потребный цикл управления в части сбора и обработки информации, выработки решения и его реализации. Оперативность определяет порядок выработки управляющих воздействий во времени и оценивается характеристиками продолжительности этапов цикла управления [2].

Таким образом, в качестве показателей эффективности оперативности управления АСУ принимают:

- среднее время цикла управления – от момента обнаружения факта изменения обстановки до поступления исполнителям командной информации – боевой задачи;
- среднее время запаздывания в передаче управляющей информации;
- среднее время решения заданного комплекса задач (информационных и (или) расчетных).

В качестве показателя оперативности рассматривают частоту управляющих воздействий, эта величина обратно пропорциональна среднему времени цикла управления.

Устойчивость функционирования АСУ. Устойчивость функционирования АСУ – способность АСУ обеспечивать решение задач управления (функций) в условиях воздействия средств поражения, радиоактивного заражения, организованных радиоэлектронных помех и информационных атак. Составляющими устойчивости являются: живучесть АСУ, помехозащищенность, защита (безопасность) информации [2].

В качестве основного показателя устойчивости АСУ целесообразно выбрать вероятность P_{ϕ} функционирования системы или её элемента с заданным качеством в условиях огневого и радиоэлектронного воздействия противника, а также отказов техники и программного обеспечения.

Существует несколько подходов к определению вероятности P_{ϕ} функционирования АСУ в условиях различного рода воздействий.

Первый из них основан на том, что АСУ, как сложную систему, можно представить в виде цепочки последовательно соединенных одиночных элементов (командных пунктов, пунктов наведения, радиолокационных станций, радиостанций). Каждый из этих элементов также является сложной системой, состоящей из комплекса средств автоматизации (технических средств) и обслуживающего персонала. Если принять, что события выхода из строя различных элементов АСУ являются независимыми и совместными, тогда вероятность функционирования любого средства или объекта в составе АСУ будет равна:

$$P_{\phi} = P_{ж} - P_{рзп} - K_{г}, \quad (1)$$

где $P_{ж}$ – вероятность функционирования объектов при нанесении ударов по АСУ, $P_{рзп}$ – вероятность функционирования объектов АСУ в условиях радиоэлектронных по-



мех и радиоактивного заражения, K_r – коэффициент готовности – вероятность того, что объект будет находиться в работоспособном состоянии в произвольный момент времени (данный коэффициент рассматривается в эксплуатационных характеристиках АСУ).

Вероятность $P_{ж}$ функционирования объектов при нанесении ударов по АСУ можно оценить при помощи вероятности их поражения:

$$P_{ж} = 1 - P_{пор} \quad (2)$$

Вероятность поражения точечного объекта рассчитывается следующим образом:

$$P_{пор} = 1 - \exp \left\{ -0.23(d - R_{п})^{2n} \right\}, \quad (3)$$

где d – дальность до поражаемого объекта, $R_{п}$ – эффективные радиус поражения применяемого боеприпаса, n – число используемых боеприпасов.

Вероятность функционирования каждого отдельного средства АСУ в условиях радиоэлектронного подавления и радиационного заражения можно записать в виде полной вероятности $P_{рэп}$:

$$P_{рэп} = \sum_{i=1}^n P_{созд}(S_i) \cdot P_{раб}(S_i), \quad (4)$$

где $P_{созд}(S_i)$ – вероятность создания противником i -го комплекса помех, действующих на элементы АСУ, $P_{раб}(S_i)$ – вероятность функционирования объектов АСУ при создании противником i -го комплекса помех, n – количество комплексов помех, которые может создать противник.

Второй способ оценки устойчивости АСУ не подразумевает представления её в виде отдельных элементов. Автоматизированная система управления считается устойчивой, если она не выйдет из строя по условиям технической надежности её элементов или продолжает функционировать после огневых воздействий или информационных атак, или же восстановлена после выхода из строя за время, меньшее потребного цикла управления.

С учетом этих предпосылок вероятность $P_{ф}$ функционирования АСУ в условиях различного рода воздействий может быть определена при помощи следующего соотношения:

$$P_{ф} = (1 - P_{в})(1 - P_{тн}) + P_{в} P_{восс} (1 - P_{тн}) + P_{тн} P_{восс} (1 - P_{в}) - P_{в} P_{тн} P_{восс}, \quad (5)$$

где $P_{в}$ – вероятность выхода из строя АСУ в результате огневого или информационного воздействия противника, $P_{тн}$ – вероятность выхода системы АСУ из строя по условиям технической надежности, $P_{восс}$ – вероятность восстановления АСУ после воздействия за время, не превышающее потребный цикл управления.

Таким образом, в качестве показателей устойчивости функционирования АСУ, кроме вероятности $P_{ф}$, можно выбрать среднее время решения заданного комплекса (набора) информационных и расчетных задач и среднее время неустойчивой работы (перерыва) системы под внешним воздействием, не снижающего эффективность управления.



Живучесть. Живучесть – это свойство системы и процесса её функционирования обеспечить решение задач управления при перерывах в поступлении информации, сбоях в работе аппаратно-программных средств и ошибках в работе персонала [2].

Живучесть системы автоматизированного управления, как составная часть комплексного требования устойчивости системы, является её оперативно-тактической стороной и характеризует способность сохранять и быстро восстанавливать свою боеспособность в условиях воздействия различных средств поражения. Для того, чтобы АСУ функционировала в условиях активного воздействия противника, её элементы должны быть компактны и трудноотличимы от других элементов боевых порядков. Достижение требуемой живучести АСУ невозможно без выполнения требования по дублированию звеньев управления. Пути достижения этого требования должны основываться на развешивании части каналов и модулей управления в системе. Конфигурация элементов АСУ должна позволять передавать управление на дублирующие (резервные) звенья за минимальное время и в полном объеме без каких-либо значительных изменений структуры самой системы.

Живучесть системы является обобщенным показателем эффективности. Её составляющими можно считать восстанавливаемость системы, степень резервирования (дублирования) элементов, а также мобильность.

Показатель восстанавливаемости также можно отнести и к эксплуатационным характеристикам. Под восстанавливаемостью автоматизированной системы управления можно понимать её способность переходить в состояние, в котором она может выполнять возлагаемые функции в соответствии с целевым предназначением [1].

Основными показателями восстанавливаемости АСУ являются: среднее время восстановления системы, вероятность восстановления АСУ $P_{\text{восс}}$ после воздействия за время, не превышающее потребный цикл управления.

Среднее время восстановления АСУ определяется на основе обработки статистических данных, полученных в ходе эксплуатации её элементов. Этот показатель может использоваться и для оценки живучести всей системы управления.

Вероятность восстановления АСУ $P_{\text{восс}}$ после воздействия за время, не превышающее потребный цикл управления, можно рассчитать при помощи соотношения:

$$P_{\text{восс}} = (t_{\Sigma} \leq t_3) = 0,5 \left[1 - \Phi \left(\frac{t_3 - t_{\Sigma}}{\sigma_{t_{\Sigma}}} \right) \right], \quad (6)$$

где t_3 – заданное время восстановления (время цикла управления), t_{Σ} – среднее время восстановления АСУ, $\sigma_{t_{\Sigma}}$ – среднее квадратическое отклонение времени t_{Σ} .

Степень резервирования элементов АСУ можно оценить по количеству резервных элементов и дублирующих систем. В этом случае вероятность функционирования АСУ $P_{\phi}(t)$ в интересующий момент времени можно определить по формуле:

$$P_{\phi}(t) = \prod_{i=1}^n \left[1 - \prod_{j=1}^m (1 - \exp\{-\mu_{ij} t\}) \right], \quad (7)$$

где i – номер элемента (объекта) АСУ, n – общее количество элементов системы, m – количество резервных систем в i -м элементе системы, j – номер резервного средства в i -м элементе системы, μ_{ij} – средняя интенсивность воздействия противника по j -му средству i -му элементу системы.



Дублирующие средства могут находиться как в горячем (дублирующие средства включены), так и в холодном резерве (включение дублирующих средств осуществляется либо по команде, либо автоматически).

Мобильность. Мобильность – свойство системы и её элементов изменять пространственную структуру, конфигурацию, местоположение объектов в пространстве зоны управления во времени [1].

В качестве показателей мобильности, как правило, используют среднее время развертывания (свертывания) АСУ, способность работы на ходу, продолжительность перемещения, вероятность вступления системы (объектов) в работу после перемещения в установленные сроки, а также потребное количество перемещений объектов АСУ в определенный период времени (период боевых действий). Частоту ν перемещений элементов (объектов) АСУ – величину обратную количеству перемещений можно получить по формуле:

$$\nu = \frac{V_{\text{наст}}}{L_{\text{max}} - L_{\text{min}}}, \quad (8)$$

где ν – частота перемещения объектов АСУ, количество раз в сутки, $V_{\text{наст}}$ – темп наступления (скорость) войск, L_{max} , L_{min} – возможные максимальное и минимальное удаление элементов АСУ от линии соприкосновения противоборствующих сторон.

Защита (безопасность) информации. Защита (безопасность) информации – способность АСУ противостоять несанкционированному вмешательству в информационный процесс в АСУ.

Показателем защиты информации может служить степень закрытия каналов и баз данных.

Скрытность работы АСУ. Скрытность работы АСУ – способность системы скрывать (маскировать) местоположение своих объектов, факты и содержание информационного обмена, изменение структуры и её конфигурации (перемещения объектов АСУ) [1].

В качестве показателей скрытности работы АСУ используют вероятность того, что за установленный период времени объекты системы и факт их работы не будут обнаружены, а содержание информации не будет раскрыто, вероятность перехвата и раскодирования информации за время, не превышающее заданного.

Другой подход к оценке скрытности работы АСУ основан на том, что в качестве показателя используется ущерб, причиненный объектам управления по причине утечки информации. Данный подход можно использовать при оценке качества и ценности циркулируемой в АСУ информации [2].

Ущерб может быть материальным, информационным, а также целевым (не достигаются цели боевых действий за требуемое время, имеют место грубые просчеты и ошибки).

Величина среднего ущерба ΔY , причиненного объекту управления, может в общем случае оцениваться при помощи следующего соотношения:

$$\Delta Y = \sum_{i=0}^n \{(\Delta P_i + \Delta R_i) P_i\}, \quad (9)$$

где P_i – вероятность выработки противником эффективного воздействия в результате утечки i -го вида информации (информация о времени и месте нанесения удара, о местоположении объектов АСУ, мероприятия по защите от оружия массового пораже-



ния и т.д.), ΔP_i – приращение результатов действий по объектам противником, имеющее место при утечке i -го вида информации, $\Delta \Pi_i$ – приращение потерь сил, входящих в объект управления АСУ, имеющее место при утечке i -го вида информации.

Вероятность выработки противником эффективного воздействия при утечке информации может быть получена в результате решения следующего дифференциального уравнения:

$$\frac{dP_i}{dt} \approx \min \left\{ 1; \frac{1}{\lambda_i} \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K \left[\min(\lambda_i; n_{pn} P_{ikn} \lambda_n) (\lambda_i - \lambda_c) \right] \right\} P_0 P_{yi}, \quad (10)$$

где λ_i – средняя интенсивность обновления информации i -го вида, n_{pn} – количество разведывательных элементов, спланированных противником для добывания информации от n -го источника, P_{ikn} – вероятность добывания информации i -го вида по k -му каналу её утечки в n -ом источнике, λ_n – средняя интенсивность активизации разведывательного элемента по добыванию информации i -го вида, P_0 – вероятность качественной обработки i -го вида информации органом управления противника, P_{yi} – вероятность выработки противником эффективного управляющего воздействия, вычисленная при условии получения и качественной обработки информации, λ_c – скорость старения информации i -го вида.

Для количественной оценки абсолютных значений показателей скрытности АСУ использование соотношений (9) и (10) оказывается весьма проблематичным по причине отсутствия точной информации о параметрах, входящих в них. Указанный подход может использоваться успешно для решения следующих задач: определения ценности информации и определения мероприятий по закрытию информации.

Уровень автоматизации функций управления. Это свойство АСУ характеризует способность системы обеспечивать информационную поддержку и количественное обоснование процессов подготовки и ведения боевых действий и определяется степенью охвата процесса управления работой средств автоматизации [1, 2].

В качестве показателей используют отношение числа автоматизированных задач (функций) АСУ к общему их числу на объектах АСУ и перечень информационных, расчетных и эвристических задач.

Уровень автоматизации также может характеризоваться степенью сокращения трудоемкости работ, которая показывает, в какой степени освобождается личный состав органов управления от нетворческих работ в своей деятельности. Сокращение трудоемкости работ с внедрением средств автоматизации можно выразить коэффициентом сокращения трудоемкости работ $K_{стр}$, который рассчитывается по формуле:

$$K_{стр} = \frac{m_{вр}}{m_{ва}}, \quad (11)$$

где $m_{вр}$ – средние трудозатраты на выполнение работ без использования средств автоматизации; $m_{ва}$ – средние трудозатраты на выполнение работ с использованием средств автоматизации.

Пропускная способность АСУ. Пропускная способность АСУ – способность системы организовать воздействие по объектам противника имеющимися силами и средствами. Она характеризуется потоком объектов противника (количеством объектов противника, приходящихся на единицу времени), по которому осуществляется огневое воздействие [1].



С другой стороны, пропускная способность АСУ – это показатель, характеризующий её возможности по скорости преобразования поступающей информации в управляющее воздействие. Данное определение не учитывает энергетических затрат АСУ на преобразование информации и выработку управляющего воздействия.

Если скорость поступления информации в АСУ характеризовать величиной λ_n , а скорость преобразования поступившей информации в управляющее воздействие μ_n , то при $\lambda_n - \mu_n = 0$ автоматизированная система управления выполняет свои функции на пределе возможностей, при $\lambda_n - \mu_n$ больше нуля – АСУ не в полном объеме выполняет свои функции, а при $\lambda_n - \mu_n$ меньше нуля – АСУ работает в облегченном режиме.

Параметры потока информации, поступающей в АСУ, в общем случае имеют случайный характер, а закон распределения моментов времени её поступления близок к пуассоновскому. Вероятность события, состоящего в том, что входящая информация потока будет принята и по ней будет выработано управляющее воздействие P_{yb} , определяется как:

$$P_{yb} = 1 - \frac{\alpha^n}{\sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!}} \quad \text{при } v \rightarrow \infty, \quad (12)$$

$$P_{yb} = 1 - \frac{\beta \frac{\alpha^n}{n!} \sum_{s=1}^n \frac{s \alpha^s}{\prod_{m=1}^s (n+m\beta)}}{\alpha \sum_{k=0}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \sum_{s=1}^n \frac{\alpha^s}{\prod_{m=1}^s (n+m\beta)}} \quad \text{при } v \rightarrow 0. \quad (13)$$

В уравнениях (12) и (13) n – количество параметров, характеризующих состояние системы управления; λ – плотность входного информационного потока; μ – плотность «обслуживания» информационного потока; ν – плотность освобождений информационного потока, характеризует объем не воспринятой системой управления информации;

$\alpha = \frac{\lambda}{\mu}$ – приведённая плотность входного информационного потока; $\beta = \frac{\nu}{\mu}$ –

приведенная плотность не воспринятой АСУ информации.

Пропускная способность объекта АСУ в узком смысле определяется числом решаемых задач (обрабатываемых сообщений, выдаваемых документов) в единицу времени и зависит от времени реакции объекта.

Для совокупности объектов АСУ пропускная способность в узком смысле определяется средним объемом передаваемых сообщений в единицу времени между этими объектами:

$$Q = \sum_{k=0}^{N-1} P(k) \cdot I(k), \quad (14)$$

где Q – средний объем передаваемых сообщений в единицу времени между объектами АСУ, $P(k)$ – вероятность того, что система находится в k -ом состоянии, $I(k)$ –



средний объем передаваемых сообщений в единицу времени в k -ом состоянии системы, N – общее число возможных состояний системы, $N = 2^s$, а s – число объектов в системе.

Качество информационного обеспечения. Качество управления с использованием АСУ зависит от полноты (объема и содержания) информации, циркулирующей в системе. Качество информационного обеспечения АСУ определяется следующими факторами: количеством источников информации, ценностью этой информации, возможностями системы приема и передачи информации, помехозащищенностью этой системы.

Для реализации всех управленческих функций необходимо количество информации, равное I_n . Если АСУ имеет n_i каналов приема информации и по каждому каналу может поступать информация с интенсивностью λ_i и ценностью Ψ_i , то органом управления принимается количество информации I_i .

Показателем качества информационного обеспечения принимается вероятность события $P_{кио}$, состоящего в том, что объем информации, поступившей в орган управления, будет не менее потребного для принятия оптимального решения, т.е. $I_i \geq I_n$.

При показательном законе времени поступления информационных сообщений значение этой вероятности определяется по формуле:

$$P_{кио} = \exp \left\{ -\Psi_i \left(1 - K_{пу} \right) K_{скр} K_x \frac{\theta_i}{\theta_n} \right\}, \quad (15)$$

где $K_{пу}$ – коэффициент, учитывающий помехоустойчивость АСУ; $K_{скр}$ – коэффициент, учитывающий скрытность АСУ; K_x – коэффициент, учитывающий качество хранения и передачи информации объекту управления.

Известны разные способы оценки ценности информации. Р.А. Хоуард [1] предлагает понимать ценность информации как прирост математического ожидания эффективности обслуживаемой АСУ при переходе от неизвестных законов распределения параметров, управляющих рассматриваемым процессом, к известным. Близко к этому понятию и определение ценности информации, введенное Р.Л. Стратоновичем. Эти определения придают понятию ценности информации абсолютный характер, который не позволяет воспользоваться аппаратом математического программирования. Этой цели больше соответствует дифференциальная форма ценности информации:

$$\Psi = -\frac{\partial \mathcal{E}}{\partial H}, \quad (16)$$

где \mathcal{E} – эффективность системы более высокого порядка, H – энтропия закона распределения параметров отдельного элемента или АСУ в целом.

Используя дифференциальную форму ценности информации, задачу управления АСУ можно сформулировать в следующем виде: максимизировать к заданному сроку суммарную ценность информации о всех j -х объектах, находящихся в зоне действия АСУ, т.е.

$$\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^M \Psi_j (H_{j0} - \Delta H_{ji}) \rightarrow \max, \quad (17)$$



при ограничении со стороны предельной суммарной энергии, которая может быть израсходована на определение параметров всех объектов управления за время, оставшееся до установленного срока, т.е.

$$\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^M E_{ji} (\Delta H_{ji}) \leq \sum_{i=1}^L E_{i\max}, \quad (18)$$

кроме того, необходимо выполнить условие $\Delta H_{ji} \geq 0$. В формулах (17) и (18) H_{j0} – энтропия информации о j -м объекте перед началом управления; ΔH_{ji} – изменение энтропии информации о j -м объекте, полученное в результате i -го управляющего воздействия; $E_{ji} (\Delta H_{ji})$ – энергия, затрачиваемая i -м управляющим воздействием на понижение энтропии информации о j -м объекте на величину ΔH_{ji} ; $E_{i\max}$ – максимальное значение энергии, которая может быть израсходована i -м управляющим воздействием на обеспечение управления назначенных объектов АСУ.

При такой постановке задачи требуется, чтобы была известна зависимость между показателями качества информации об объекте управления и количеством энергии, израсходованной для получения этой информации.

Качество контрольных функций управления. Контрольная – одна из важнейших функций автоматизированных систем управления. Качество контрольных функций может характеризоваться системой показателей, основным из которых является вероятность осуществления эффективного контроля со стороны органа управления. Методика оценки этого показателя учитывает следующие основные предпосылки:

- объект управления в ходе своего функционирования выполняет последовательность работ (мероприятий), завершение их характеризуется событиями;

- последовательность событий на временной оси образует простейший поток с интенсивностью $\lambda = \frac{1}{t_{cp}}$, где t_{cp} – среднее время между соседними событиями, характеризующими выполнение мероприятий;

теризующими выполнение мероприятий;

- при выполнении каждого мероприятия объект управления может допустить ошибку, которая приводит к снижению качества и (или) изменению суммарной продолжительности выполнения работ;

- если орган управления, осуществляющий контроль, обнаруживает ошибку или неточность, то они устраняются объектом управления с определенной вероятностью $P_{устр}$.

Контрольные функции органом управления осуществляются с определенной интенсивностью $\mu_{кф}$, величина которой зависит от состава сил, привлекаемых для осуществления контроля, его продолжительности за выполнением i -го мероприятия.

Таким образом, процесс контроля можно описать при помощи методов теории массового обслуживания. При этом целесообразно рассмотреть систему массового обслуживания с отказами и вероятность осуществления эффективного контроля $P_{кф}$ может быть найдена по формуле (12), в которой:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu_{кф} \lambda_{ув} P_{ту}}; \quad (19)$$



где $\lambda_{ув}$ – интенсивность управляющих воздействий, характеризующая уровень активности управления со стороны АСУ; $P_{ту}$ – вероятность реализации принятого решения, характеризует уровень твердости управления со стороны органа управления.

Уровень активности управления АСУ характеризуется средним количеством управляющих воздействий $K_{ув}$ на объект управления в единицу времени:

$$K_{ув} = \frac{T_{упр}}{K_c (t_{уз} + t_{оо} + t_{вр} + t_{дз} + t_k)} = \frac{T_{упр}}{K_c \tau}, \quad (20)$$

где $T_{упр}$ – потребное время управления; K_c – коэффициент снижения времени единичного цикла управления за счет применения параллельного и последовательно-параллельного методов работы; $t_{уз}$, $t_{оо}$, $t_{вр}$, $t_{дз}$, t_k – среднее время уяснения задачи, оценки обстановки, выработки решения, доведения задач и контроля за выполнением объектом управления единичного управляющего воздействия $t_{уз} + t_{оо} + t_{вр} + t_{дз} + t_k = \tau$.

Величину $\lambda_{ув}$ можно рассчитать:

$$\lambda_{ув} = \frac{1}{K_c \tau}. \quad (21)$$

Твердость управления характеризуется способностью органа управления реализовать управляющее воздействие.

Твердость управления является интегральным показателем качества организации управления. Этот показатель учитывает такие качества органа управления как активность, способность осуществлять непрерывное управление.

Твердость управления характеризуется вероятностью реализации принятого решения $P_{ту}$, значение которой оценивается при помощи следующего приближенного соотношения:

$$P_{ту} \approx 1 - \exp \left\{ - \frac{P_n P_{кф} N_m}{N_\phi} \right\}, \quad (22)$$

где P_n – вероятностью того, что время организации воздействия по объекту противника не превысит времени восстановления его боеспособности после предыдущего удара (данный показатель описан в функциональных характеристиках АСУ); N_m – общее количество мероприятий по реализации принятого решения; N_ϕ – количество мероприятий, спланированных органом управления по реализации принятого решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Основы военной системотехники : Учебное пособие для вузов ПВО. М.: Типография ВИРТА, 1983. 413 с.

2. Петухов Г.Б., Якунин В.И. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем. М.: АСТ, 2006. 504 с.



BIBLIOGRAPHY

1. Druzhinin V.V., Kontorov D.S. Fundamentals of military system engineering : Manual for higher education institutions of air defense. M.: WIRTH'S Printing House. 1983. 413 p.

2. Petuhov G.B., Yakunin V.I. Methodological bases of external projection of targeted processes and purposeful systems. M.: Publishing AST, 2006. 504 p.

© Линник Е.А., Шамарин А.В., Чистилин Д.А., Воробьев В.А., 2017

Линник Егор Алексеевич, кандидат технических наук, начальник управления научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru

Шамарин Александр Вячеславович, кандидат технических наук, заместитель начальника научно-исследовательского отдела научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru

Чистилин Денис Анатольевич, кандидат технических наук, начальник отдела научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru

Воробьев Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, vaiu@mil.ru