

В.Ф. Волков, доктор военных наук,  
профессор  
А.С. Пономарев

## **Применение метода стохастического динамического программирования при оценивании риска невыполнения программы разработки новых типов вооружения в заданный срок**

*Предложен подход к обеспечению гарантированного выполнения программы разработки новых типов вооружения в заданный срок. Разработана методика минимизации издержек, связанных с привлечением дополнительных инвестиций в ходе контроля реализации программы разработки новых типов вооружения. Алгоритм оптимальной корректировки процесса создания нового типа вооружения основан на использовании метода стохастического динамического программирования.*

### **Введение**

Обоснование основных организационных и системотехнических решений при проектировании новых типов вооружения и военной техники (ВВТ) представляет собой сложный итеративный процесс, состоящий из ряда последовательных циклов. В первом цикле производится оценка целесообразности создания нового типа ВВТ, а также предварительный выбор его облика. Во втором – предварительная оценка вариантов реализации проекта ВВТ, причем если в первом цикле определяется полная совокупность целей создания нового типа ВВТ, то во втором цикле реализация этих целей связывается с конкретными вариантами ВВТ, которые, как правило, обуславливают необходимость внесения определенных изменений в формулировку целей и, соответственно, уточнения перечня задач для их достижения. В третьем цикле осуществляется проработка вариантов организации применения ВВТ для выбранного варианта реализации. В четвертом цикле осуществляется окончательный выбор основных конструкторских решений по образцу ВВТ, т. е. реализуются задачи технического проектирования. Пятый цикл – реализация системного подхода к созданию нового типа ВВТ в части окончательного выбора системотехнических решений по соответствующей АСУ и по обеспечивающим подсистемам. Шестой цикл – разработка конструкторской и эксплуатационной документации, а также изготовление опытного образца ВВТ. В седьмом цикле отрабатывается совокупность вопросов, связанных испытаниями и приемом нового типа ВВТ на вооружение (в эксплуатацию). Следует отметить, что в ряде источников [3-7] процесс создания представляется в более укрупненном формате.

Вследствие влияния случайных или неучтенных факторов, возникающих на самых ранних стадиях жизненного цикла и при последующем управлении созданием новых типов ВВТ, в условиях жесткого временного регламента всегда существует риск не уложиться в заданный заказчиком срок. Один из возможных подходов к расчету данного риска – последовательное уточнение значения вероятности успешного выполнения задачи создания ВВТ с учетом фактического времени, затраченного на предыдущие реализованные этапы.

### **1. Постановка задачи.**

Обозначим:

$Z_{пл}$  – плановое значение продолжительности процесса создания нового типа ВВТ, указанное в руководящих документах;

$t_i$  – расчетная продолжительность  $i$ -го этапа,  $i=(1, N)$ , т. е.  $\sum_{i=1}^N t_i^{nn} = z_{nn}$ .

Пусть первый этап процесса создания нового типа ВВТ был реализован за время  $t_1^*$ , причем  $t_1^* > t_1^{nn}$ , т. е. величина  $(t_1^* - t_1^{nn})$  – это величина задержки (опоздания) и оценка продолжительности выполнения задачи создания нового типа ВВТ подлежит уточнению:

$$\hat{z}_1 = \frac{\hat{z}}{t_1} = t_1^* + \hat{t}_2 + \hat{t}_3 + \dots + \hat{t}_N.$$

Обозначим  $1 - \gamma_{t_i} = R_{t_i}$  – риск невыполнения требований заказчика по созданию ВВТ в заданный срок.

Используя аппарат характеристических функций, получим выражение для вероятностной оценки риска  $\gamma_{\hat{z}_1} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-ju(t-t_1^*)} du \cdot \prod_{i=2}^N e^{jux} \varphi_{t_i}(x; A_{\langle K_i \rangle}) : \varphi_{\hat{z}_1} = \int_0^{z_{nn}} \varphi_{\hat{z}_1}(t) dt$ .

При невыполнении неравенства  $\gamma_{t_i} \geq \gamma_{dup}$ , где  $\gamma_{dup}$  – директивное значение, на оставшихся этапах необходимо проведение дополнительных оперативных мероприятий по обеспечению гарантированного выполнения задачи ИО с требуемой вероятностью  $\gamma_{dup}$  в заданный срок  $z_{nn}$ . В результате этих мероприятий в конечном итоге произойдет корректировка параметров  $A_{\langle K_i \rangle}$  оставшихся этапов.

Обозначим:  $Y_{\langle K_2 \rangle}$  – дополнительно привлекаемые инвестиции, т. е.  $A_{\langle K_2 \rangle} = A_{\langle K_2 \rangle} + Y_{\langle K_2 \rangle}$ ;  $f^2$  – функция зависимости стоимости  $\Delta S^{(2)}$  реконфигурации проекта от значений новых вложений, т. е.  $\Delta S^{(2)} = f^{(2)}(Y_{\langle K_2 \rangle})$ . В соответствии с логикой предлагаемой методики корректирующий вектор должен обеспечивать достижение уровня  $\gamma_{t_i} \geq \gamma_{dup}$  (устанавливается методами «математизированного здравого смысла»).

Таким образом, требуется определить такие значения  $\hat{Y}_{\langle K_v \rangle}$  вектора корректировок на каждом этапе, для которых минимизируются дополнительно привлекаемые ресурсы при ограничении на риск невыполнения задачи создания нового типа ВВТ в заданный срок.

Пусть реализовано  $(v-1)$  этапов, т. е.  $\hat{z}/T_{\langle v-1 \rangle}^* = z_{v-1} \sum_{i=1}^{v-1} \hat{t}_1 + \hat{t}_v + \dots + \hat{t}_N$ . Тогда риск несвоевременного выполнения программы создания нового типа ВВТ определится по формуле:

$$R_{T_{\langle v-1 \rangle}^*} = 1 - \int_0^{z_{nn}} \gamma_{\hat{z}/T_{\langle v-1 \rangle}^*}(t) dt, \text{ где } \gamma_{\hat{z}/T_{\langle v-1 \rangle}^*} = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-ju(t - \sum_{i=1}^{v-1} \hat{t}_i)}$$

Задача оптимальной реконфигурации плана создания нового типа ВВТ формулируется следующим образом. Требуется определить такие значения  $\hat{Y}_{\langle K_v \rangle}$  адаптирующего вектора, для которых:

$$\Delta S(\hat{Y}_{\langle K_2 \rangle}, \dots, \hat{Y}_{\langle K_N \rangle}) = \sum \Delta S^v(\hat{Y}_{\langle K_v \rangle}) \rightarrow \min_{\{Y\}} \Delta S(\hat{Y}_{\langle K_2 \rangle}, \dots, \hat{Y}_{\langle K_N \rangle}),$$

при ограничениях на вероятности  $\gamma_1^*, \gamma_2^*, \dots, \gamma_N^*$  своевременного выполнения программы, корректируемые после завершения соответствующих этапов.

Для некоторых законов распределения величин  $t_i$  и небольшого числа этапов решение может быть получено аналитически. Рассмотрим алгоритм итерационного подбора управляющих воздействий, предназначенных для минимизации возможных дополнительных инвестиций и обеспечения вероятностно-временной гарантии, на примере исполнения четырехэтапного процесса и нормального (гауссовского) распределения величин  $t_i$ .

Стандартными этапами являются следующие.

1. Формирование технического задания на разработку нового типа ВВТ (формирование концепции; научно-исследовательские работы; опытно-конструкторские работы; документальное оформление технического задания).

2. Создание технической концепции нового типа ВВТ (формирование технических предложений (аванпроекта); эскизное проектирование; техническое проектирование; изготовление макета; разработка рабочей документации).

3. Реализация технической концепции нового типа ВВТ (изготовление опытного образца; испытания опытного образца, корректировка документации; комплексные, межведомственные, летные испытания).

4. Развертывание системы (подготовка кадров; подготовка документации для серийного производства; серийное производство).

## 2. Параметр состояния

Пусть реализован первый этап, он продолжался  $t_1^*$  единиц времени и вероятность  $y_1^*$  оказывается меньше заданной  $y_{доп}$ . Стоимость дополнительных ресурсов, выделяемых и используемых на 2-м этапе, пропорционально величине «опоздания»  $(t_1^* - m_1)$ . Пусть после корректировки параметров  $M[\hat{t}_2]$ ,  $\sigma[\hat{t}_2]$  реализован 2-й этап и  $y_1^* < y$ . Тогда стоимость дополнительно используемых на третьем этапе ресурсов будет пропорциональна суммарной величине «опоздания»:  $(t_1^* - m_1 + t_2^* - m_2)$ .

Выберем в качестве параметра состояния  $\hat{x}$  величину «опоздания». Это дискретная случайная величина, принимающая значения:

$$\hat{x}_1 = t_1^* - m_1;$$

$$\hat{x}_2 = t_1^* - m_1 + t_2^* - m_2;$$

$$\hat{x}_3 = t_1^* - m_1 + t_2^* - m_2 + t_3^* - m_3;$$

$$\Delta S^{(2)} \sim t_1^* - t_1^{nn} = t_1^* - m_1.$$

## 3. Алгоритм динамической корректировки

Вероятность своевременного завершения программы создания нового типа ВВТ с учетом исхода  $t_1^*$  первого этапа равна:

$$y_1^* = \frac{1}{2} \left[ \Phi \left( \frac{z^{nn} - t_1^* - m_2 - m_3 - m_4}{\sqrt{\sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2 \sqrt{2}}} \right) + 1 \right],$$

где  $\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$ ,  $y_1^* < y : m'_2 = m_2 + y_1$ ,  $\sigma'_2 = \sigma_2 + y'_1$ , т. е.  $Y_{(K_2)} = \langle y_1 y'_1 \rangle^T$ .

Затраты на корректировку равны  $\Delta S^{(2)} = \Delta S^{(2)}(\hat{x}_1, y_1, y'_1)$ , а компоненты вектора корректировки должны удовлетворять равенству:

$$\frac{1}{2} \left[ \Phi \left( \frac{z^{nn} - t_1^* - m_2 - y_1 - m_3 - m_4}{\sqrt{(\sigma_2 + y_1)^2 \sigma_3^2 + \sigma_4^2 \sqrt{2}}} \right) + 1 \right] = y, \quad y'_1 = \psi(y_1, t_1^*).$$

Пусть  $t_2 = t_2^{**} = t_2^*(y_1, y'_1)$ . Вероятность  $y_2^{**}$  равна:

$$y_1^* = \frac{1}{2} \left[ \Phi \left( \frac{z^{nn} - t_1^* - t_2^{**} - m_3 - m_4}{\sqrt{\sigma_3^2 + \sigma_4^2 \sqrt{2}}} \right) + 1 \right].$$

При  $y_2^{**} < y$  :

$$\dot{m}_3 = m_3 + y_2, \quad \dot{\sigma}_3 = \sigma_3 + \dot{y}_2;$$

$$Y_{\langle K_3 \rangle} = \langle y_2, \dot{y}_2 \rangle^T;$$

$$\Delta \hat{S}^3(\hat{x}_2, y_2, \dot{y}_2).$$

Введем понятие «суммарного показателя затрат на корректировку», после реализации и корректировки третьего этапа он равен:

$$\hat{\eta}_{2,3}(\tilde{x}_1, y_1, \dot{y}_1, y_2, \dot{y}_2) = \Delta s^{(2)}(\hat{x}_1, y_1, \dot{y}_1) + \Delta s^{(3)}(\hat{x}_2, y_2, \dot{y}_2),$$

компоненты  $y_2, \dot{y}_2$  вектора корректировки на третьем этапе удовлетворяют равенству:

$$\frac{1}{2} \left[ \Phi \left( \frac{z^{nn} - t_1^* - t_2^{**} - m_3 - y_2 - m_3 - m_4}{\sqrt{(\sigma_2 + \dot{y}_1)^2 + \sigma_4^2 \sqrt{2}}} \right) + 1 \right] = y \quad \text{или} \quad \dot{y}_2 = \psi_2(y_1, t_1^*, t_2^{**}).$$

#### 4. Функция дополнительных затрат

Пусть имеет место отставание от планового срока отработки первого этапа, равное  $x_1 = t_1^* - m_1$ . Чтобы «уложиться» в заданное время  $Z_{nn}$  мы должны каким-то образом разделить «опоздание»  $x_1 = t_1^* - m_1$  по оставшимся этапам. Если мы хотим компенсировать это «опоздание»  $x_1$  на втором этапе, то, очевидно, должны проводить такую корректировку параметров распределения его продолжительности, которая уменьшит и математическое ожидание  $\bar{t}_2$  и среднеквадратическое отклонение  $\sigma_{\hat{t}_2}$ , т. е. должно быть:

$$\bar{t}_2 = \hat{t}_2 - \bar{t}_2 < 0,$$

$$\sigma_{\hat{t}_2} = \hat{\sigma}_{\hat{t}_2} - \sigma_{\hat{t}_2} < 0.$$

При этом очевидно, стоимость корректировки пропорциональна модулям величин  $\bar{t}_2, \sigma_{\hat{t}_2}$ , т. е.  $\Delta s^{(2)} \sim |\Delta \bar{t}_2|$ ;  $\Delta s^{(2)} \sim |\Delta \sigma_{\hat{t}_2}|$  по  $\Delta \bar{t}_2 = y_1, \Delta \sigma_{\hat{t}_2} = \dot{y}_1$ .

Можно доказать, что среднее значение суммарного показателя эффективности корректировки равно:

$$\eta_{2,3,4}(x_1, y_1, \dot{y}_1, y_2, \dot{y}_2, y_3, \dot{y}_3) = \sum_{v=1}^3 c_v^x x_v + c_v^{\Delta m} y_v^2 + c_v^{\Delta m} \dot{y}_v,$$

где  $x_1 = t_1^* - m_1, \dot{y}_1 = \psi_1(y_1, t_1^*);$

$$x_2 = x_1 + y_1, \dot{y}_2 = \psi_2(y_2, t_1^*, t_2^{**});$$

$$x_3 = x_2 + y_2, \dot{y}_3 = \psi_3(y_3, t_1^*, t_2^{**}, t_3^{**}).$$

#### 5. Составление и решение рекуррентных функциональных уравнений

Сформулируем задачу оптимизации корректировки процесса создания нового типа ВВТ для рассматриваемого примера. Требуется определить такие значения  $\tilde{y}_1, \dot{\tilde{y}}_1, \tilde{y}_2, \dot{\tilde{y}}_2, \tilde{y}_3, \dot{\tilde{y}}_3$  компонентов вектора корректировки на каждом шаге, которые дают минимум среднего суммарного показателя затрат на корректировку:

$$\eta_{2,3,4}(\tilde{y}_1, \dot{\tilde{y}}_1, \tilde{y}_2, \dot{\tilde{y}}_2, \tilde{y}_3, \dot{\tilde{y}}_3) = \min_{\{Y\}} (x_1, \tilde{y}_1, \dot{\tilde{y}}_1, \tilde{y}_2, \dot{\tilde{y}}_2, \tilde{y}_3, \dot{\tilde{y}}_3) = \mu$$

при ограничениях:

$$\dot{y}_1 = \psi_1(y_1, t_1^*);$$

$$\dot{y}_1 = \psi_2(y_2, t_1^*, t_2^{**});$$

$$\dot{y}_1 = \psi_2(y_3, t_1^*, t_2^{**}, t_3^{**}).$$

Для отыскания решения задачи введем в рассмотрение функцию:

$$\mu_N(x) = \min_{\{Y\}} (x, y_1, y'_1, \dots, y_{N-1}, y'_{N-1}).$$

Пусть  $\mu_1(x)$  – средние минимальные затраты на корректировку программы работ в одношаговой операции, начинающейся в состоянии  $x$ .

Для второго этапа (первого шага):

$$\mu_1(x) = \min_{\{y_{1y}, y'_{1y}\}} \Delta s^{(2)}(x, y_{1y}, y'_{1y}) \text{ при } y'_{1y} = \psi_1(y_{1y}, t_1^*).$$

Вторая шаговая операция:  $\mu_2(x) = \min_{\{y_{2y(x)}, y'_{2y(x)}\}} [\Delta s^{(2)}(x, y_{2y}, y'_{2y})] + \underbrace{\mu_1(x + y_{1y})}_{x_2}$ .

Третья шаговая операция заключается в объединении 2-го и 3-го шагов в один шаг. Тогда, в соответствии с принципом оптимальности Беллмана[13]:

$$\mu_3(x) = \min_{\{y_{31}, y'_{31}\}} \Delta s^{(2)}(x_2, y_{31}, y'_{31}) + \mu_2(x_2), \tag{1}$$

при  $y'_{3y} = \psi_1(y_{3y}, t_1^*)$ .

Величина  $\mu_2(x_2)$  определяется так же, как  $\mu_2(x_1)$ , однако на вспомогательные переменные  $y_{21}, y'_{21}$  накладывается ограничение  $y'_{21} = \psi_2(y_{21}, t_1^*, t_2^{**})$ , а на вспомогательные переменные  $y_{22}, y'_{22}$ , используемые для ограничения  $\mu_1(x_3)$  – ограничение  $y'_{22} = \psi_3(y_{22}, t_1^*, t_2^{**}, t_3^{**})$ .

$$\mu_2(x_2) = \min_{\{y_{21}, y'_{21}\}} \Delta s^{(3)}(x_2, y_{21}, y'_{21}) + \mu_1(x_3), \tag{2}$$

$$y'_{21} = \psi_2(y_{21}, t_1^*, t_2^{**}), \quad x_2 = x_1 + y_{1y}.$$

$$\mu_1(x_2) = \min_{\{y_{22}, y'_{22}\}} \Delta s^{(4)}(x_3, y_{22}, y'_{22}), \tag{3}$$

$$y'_{22} = \psi_3(y_{22}, t_1^*, t_2^{**}), \quad x_3 = x_2 + y_{22}.$$

Рекуррентные соответствуют ретроспективной развертке (обратному ходу) алгоритма, а соотношения (1), (2), (3) значения:

$$\tilde{y}_{3y}(x), \hat{y}_{3y}(x), \tilde{y}_{2y} = \tilde{y}_{21}, \hat{y}_{2y} = \hat{y}_{21}, \tilde{y}_{1y}(x) = y_{22}, \hat{y}_{1y} = \hat{y}_{22}$$

являются условно-оптимальными значениями компонентов вектора корректировки.

Решив последовательно функциональные уравнения (1), (2), (3), при соответствующих ограничениях, определяем минимальные средние дополнительные затраты на создание нового типа ВВТ:

$$\mu = \mu_3(x_1). \tag{4}$$

Затем, построив прямую развертку (прямой ход алгоритма), определяем оптимальные значения компонентов вектора корректировки. Оптимальная корректировка на 2-м этапе:

$$\begin{aligned} \tilde{y}_1 &= \tilde{y}_3(x_1), \\ \hat{y}_1 &= \hat{y}_3(x_1). \end{aligned} \tag{5}$$

Оптимальная корректировка на 3-ем этапе:

$$\begin{aligned} \tilde{y}_2 &= \tilde{y}_{2y}(x_1), \\ \hat{y}_2 &= \hat{y}_{2y}(x_1). \end{aligned} \tag{6}$$

Оптимальная корректировка на 4-м этапе:

$$\begin{aligned} \tilde{y}_3 &= \tilde{y}_{1y}(x_1), \\ \hat{y}_3 &= \hat{y}_{1y}(x_1). \end{aligned} \tag{7}$$

Найденная оптимальная корректировка (5-7) является адаптивной и зависит от того, как реально развернется процесс создания нового типа ВВТ. Мы не определили жесткую «программу

корректировки», но указали для каждого этапа процесса то «управление», которым следует отвечать на любой случайный исход предыдущего этапа.

### **Заключение**

Исторический опыт реализации крупномасштабных проектов показывает, что всегда существовал риск отклонения параметров «траектории» исполнения проектов от соответствующих программно-целевых значений. В настоящее время эта проблема обостряется в связи с проникновением цифровых технологий во все сферы, включая военное дело [17-20].

В перечень факторов, влияющих на срыв установленных сроков, могут входить недостоверность исходных данных, динамика требований сертификационных органов и т. д. Качественные атрибуты перечисленных факторов могут иметь различную природу: нечеткость количественных параметров государственной системы управления данными, неопределенность сценариев воздействий на объекты критической инфраструктуры, возможная несовместимость участвующих организаций, неучтенные особенности независимо разработанных цифровых платформ, инновационный характер создаваемой государственной облачной платформы, частичная технологическая зависимость от зарубежных поставщиков, человеческий фактор (спешка в проработке и согласовании документации, отсутствие соответствующих компетенций, объективно неизбежная системная инерция).

Разработанный методический аппарат предназначен для применения в ходе военно-научного сопровождения разработки новых типов ВВТ. Точность оценивания прироста эффективности за счет оптимизации будет определяться степенью детализации соответствующих военно-экономических моделей.

### **Список использованных источников**

1. Селиванов В.В., Ильин Ю.Д. Методические основы формирования асимметричных ответов в военно-техническом противоборстве с высокотехнологичным противником // Военная мысль. – 2019. – № 2. – С. 5-14.
2. Литвиненко В.В., Солдатов А.И., Урюпин В.Н. Методологические аспекты модернизации образцов вооружения, военной и специальной техники. Комплекс математических моделей системы показателей и критериев для решения задач модернизации // Военная мысль. – 2018. – № 11. – С. 30-39.
3. Буренок В.М., Погребняк Р.Н., Скотников А.П., Методология обоснования перспектив развития средств вооруженной борьбы общего назначения. – М.: Машиностроение, 2010. – 368 с.
4. Алфимов С.М., Горбунов В.В., Лясковский В.Л. Методика формирования межведомственной координационной программы фундаментальных, поисковых и прикладных исследований в области обороны и обеспечения безопасности государства // Вооружение и экономика. – 2017. – № 1(38). – С. 35-42.
5. Волков Л.И. Управление эксплуатацией летательных комплексов. – М.: Высшая школа, 1981. – 368 с.
6. Арчибальд Р. Управление высокотехнологичными программами и проектами // Под ред. А.Д. Баженова, А.О. Арефьева – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2010. – 464 с.
7. Волков В.Ф. Стратегическая оборонная инициатива США на рубеже 90-х годов: Учебное пособие. – СПб.: МО РФ, 1994. – 50 с.

8. Имитационная модель «Проектной войны» как формы информационного противоборства // Труды научно-практической конференции «Военно-космическая деятельность России» / Под ред. В.Е. Прохоровича. – СПб.: Левша, 1994. – С. 79-89.

9. Буравлев А.И., Гладышевский В.Л., Пьянков А.А., Существующие методы мониторинга реализации государственной программы вооружения и направления их совершенствования // Материалы Седьмой международной конференции «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2013)», г. Москва, 30 сентября – 2 октября 2013 г. – М.: ИПУ РАН, 2013. – Т. 2. – 445 с.

10. Саяпин О.В., Тиханычев О.В., Макарец Л.В. Об уточнении функций фонда алгоритмов и программ в интересах автоматизации проектирования АСУВ // Военная мысль. – 2018. – № 6. – С.74-80.

11. Горчица Г.И., Ищук В.А. Проблемы применения и направления развития систем моделирования в интересах сопровождения создания перспективных комплексов вооружения // Известия РАН. – 2018. – № 104. – С. 15-22.

12. Голубятников К.В. Методический подход к выбору источников информации для наполнения систем исходных данных, используемых при планировании развития системы вооружения // Вооружение и экономика. – 2018. – № 1 (43). – С. 58-65.

13. Юсупов Р.М., Лысенко И.В. Эффективность функционирования и другие операционные свойства систем: задачи и метод оценивания // Труды СПИИРАН. – 2018. – № 5(60). – С. 241-270.

14. Вященко Ю.Л., Иванов К.М., Афанасьев А.С., Игнатенко В.В., Павлушкин Р.В. Информационные, информационно-энтропийные и эвентологические меры и шкалы в задачах управления рисками в процессах жизненного цикла систем оружия // Известия РАН. – 2017. – № 96. – С. 124-129.

15. Литвиненко В.В., Солдатов А.И., Урюпин В.Н. Методические вопросы формирования логических схем выбора решения для модернизации образцов вооружения, военной и специальной техники // Военная мысль. – 2019. – № 6. – С. 98-109.

16. Макитрин А.В. Совершенствование научно-методического обеспечения государственной программы вооружения как научная проблема исследования // Военная мысль. – 2019. – № 6. – С. 50-54.

17. Петренко С.А., Ступин Д.Д. Национальная система предупреждения о компьютерном нападении. – М.: Афина, 2018. – 448 с.

18. Кузнецов Ю.В., Винокуров А.В., Бардаев Э.А. Теоретические основы обеспечения информационной безопасности робототехнических комплексов // Военная мысль. – 2018. – № 12. – С. 71-78.

19. Иванов В.А. Армия США готовится к кибервойне. Военные ученые нарисовали перспективы электронных батальонов // Независимое военное обозрение. – 2018. – № 6 (964).

20. Чаднов А.П., Гель В.Э., Гудков М.А. Военные сетевые цифровые технологии ВС РФ нового облика и эпоха цифровой экономики России. Ч. 1. Актуальность и основные задачи военных сетевых цифровых технологий // Информация и космос. – 2017. – № 3. – С. 89-93.

21. Коутиньо Д. Управление разработками перспективных систем. – М.: Машиностроение, 1982. – 535 с.