

УДК 37.02

## МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ НОРМАТИВОВ И ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ОРГАНОВ УПРАВЛЕНИЯ

В. П. Андрийчук<sup>а</sup>, канд. воен. наук, профессор

<sup>а</sup>Михайловская военная артиллерийская академия, Санкт-Петербург, РФ

**Цель:** разработка инструмента определения временных нормативов, обеспечивающих повышение эффективности обучения должностных лиц органов управления, и оптимального состава органов управления. **Методы:** длительность этапа работ должностных лиц органа управления определена выполнением задачи в терминах теории расписаний, используемых при решении минимаксной задачи. Задача выбора оптимального состава органа управления решена с использованием элементов минимаксной задачи теории расписаний с применением идей метода ветвей и границ. **Результаты:** полученная методика определения времени выполнения работ органами управления при установленном составе должностных лиц на основе исходных данных о характеристиках работ позволяет определять табличным методом минимальное и максимальное общее время выполнения работ путем оптимального их распределения между должностными лицами. При разработке нормативов минимальное общее время принимается соответствующим оценке «отлично», а максимальное — оценке «удовлетворительно». Время на оценку «хорошо» определяется по зависимости, учитывающей минимальное и максимальное время. Методика выбора оптимального состава органа управления базируется на алгоритме методики определения времени выполнения работ и пошаговом изменении состава должностных лиц органа управления. Оптимальная численность состава органа управления соответствует точке экстремума на кривой общего времени. **Практическая значимость:** предложенные методики позволяют создать алгоритмы для расчета на ЭВМ не только времени работы органа управления по принятию решения, но и времени выполнения задачи подразделением, а также продолжительности других выполняемых мероприятий.

**Ключевые слова** — цикл управления, оптимальный состав, органы управления, принятие решения, объекты управления, минимальное и максимальное время, установленный состав, должностные лица, длительность, этап работ.

### Введение

В ходе обучения управленческого звена используются временные нормативы. На их основе рассчитывается оптимальный состав органов управления [1].

При решении этих задач, как правило, известны состав органа управления в настоящее время и характеристики работ. Часть работ на определенном этапе можно выполнять в любой последовательности, поэтому требуется решить задачу оптимизации распределения обязанностей по выполнению работ с целью минимизировать общее время их выполнения. Также остается актуальной задача определения оптимального состава органа управления для экономии ресурсов и сокращения времени выполнения работ.

Следовательно, целевую установку работы можно определить в виде разработки методик решения обозначенных задач путем комплексного использования известных методов с опорой на нижеприведенные положения.

Эффективность управления характеризуется способностью системы управления использовать возможности объектов управления в интересах успешного выполнения поставленных перед ними задач [2].

В общем виде результатом функционирования системы управления является управляющее воздействие. При этом к системе управления предъявляются определенные требования, такие как устойчивость, живучесть, скрытность, по-

мехозащищенность, надежность, оперативность [3, 4].

Под оперативностью системы управления будем понимать время ее реагирования на изменения обстановки в целях создания условий для успешных действий. Следовательно, за показатель оперативности можно принять математическое ожидание (МО) длительности цикла управления при выполнении задач,  $M[\Delta t]$ .

Под циклом управления при выполнении задачи следует понимать сумму интервалов времени работы органа управления от момента принятия решения на ее выполнение до готовности объектов управления (до начала выполнения), включая время подготовки и время доклада о выполнении задачи [5]. Длительность цикла управления при выполнении задачи  $\Delta t$  целесообразно представить как

$$\Delta t = \Delta t_{\text{ф.у}}^{\text{н}} + \Delta t_{\text{п.у}} + \Delta t_{\text{п}} + \Delta t_{\text{д}}, \quad (1)$$

где  $\Delta t_{\text{ф.у}}^{\text{н}}$  — время на принятие начальником решения о выполнении задачи и формирование указаний;  $\Delta t_{\text{п.у}}$  — общее время передачи указаний;  $\Delta t_{\text{п}}$  — сумма интервалов времени работы органов управления в ходе подготовки объектов управления к выполнению задачи;  $\Delta t_{\text{д}}$  — интервал времени на доклад старшему начальнику.

В общем виде  $\Delta t_{\text{ф.у}}^{\text{н}}$  будет составлять [6]

$$\Delta t_{\text{ф.у}}^{\text{н}} = \sum_a^A \Delta t_a + \Delta t_{\text{ф.у}}, \quad (2)$$

где  $\Delta t_a$  — время на выполнение  $a$ -го пункта решения;  $\Delta t_{\phi,y}$  — время на формирование указаний;  $A$  — количество пунктов решения.

Перечень работ с указанием минимального и максимального времени их выполнения в момент принятия решения начальником и формирования указаний должен быть сведен в таблицы. Время на выполнение работ определяется в соответствии с руководящими документами и результатами экспертного опроса.

Сетевой граф [7] расчета времени выполнения задачи тремя подразделениями в ходе одной реализации показан на рис. 1, где — время передачи команд начальника в подразделения,  $\Delta t_{p1(2,3)}$  — время работы в 1 (2, 3)-м подразделении до окончания доклада о готовности;  $\Delta t_{п.у}^2$  — время передачи указаний о начале выполнения задачи подразделением;  $\Delta t_{в.з}^{1(2,3)}$  — время выполнения задачи 1 (2, 3)-м подразделением с докладом об окончании работ.

Схема определения МО времени выполнения задачи  $M(\Delta t_3)$  показана на рис. 2.

Математическое ожидание [8] длительности цикла управления при выполнении рассматриваемой задачи рассчитывается по зависимости

$$M[\Delta t] = M[\Delta t_{\phi,y}^H] + M[\Delta t_{п}] + M[\Delta t_{п.у}^1] + M[\Delta t_{п.у}^2] + M[\Delta t_{д}]. \quad (3)$$

Отметим, что МО слагаемого (этапа работ), приведенного в формуле (3), в общем виде рассчитывается как

$$M[\Delta t] = \frac{1}{n} \sum_{\gamma=1}^n t_{\gamma}, \quad (4)$$

где  $n$  — количество реализаций (испытаний) ( $\gamma = \overline{1, n}$ );  $\Delta t_{\gamma}$  — время выполнения работы управления в  $\gamma$ -й реализации.

### Методика выработки временных нормативов

В работе предлагается методика определения длительности этапа работ должностных лиц органа управления  $M[\Delta t]$  при управлении выполнением задачи в терминах теории расписаний, используемых при решении минимаксной задачи [9].

Длительность этапа работ  $\Delta t_{\phi,y}^H$  представляется как время работы  $M$  должностных лиц от момента окончания постановки задачи до начала передачи полностью сформированных указаний начальника. За это время должностные лица выполняют  $N$  работ. Возможности должностных лиц по выполнению работ оформляются в виде матрицы  $\|t_{ij}\| (i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N})$ , где  $t_{ij}$  — длительность выполнения  $j$ -й работы  $i$ -м должностным лицом, определенная из Перечня работ.

В каждой реализации процесса управления длительность работы рассчитывается следующим образом:

$$t_{ij} = t_{ij \min} + (t_{ij \max} - t_{ij \min}) \xi, \quad (5)$$

где  $t_{ij \min}$ ,  $t_{ij \max}$  — минимальная и максимальная длительность выполнения работ;  $\xi$  — случайное число от 0 до 1.

Работы выполняются в указанной (заданной) последовательности. При этом некоторые из работ являются универсальными и могут выполняться параллельно любыми должностными лицами.

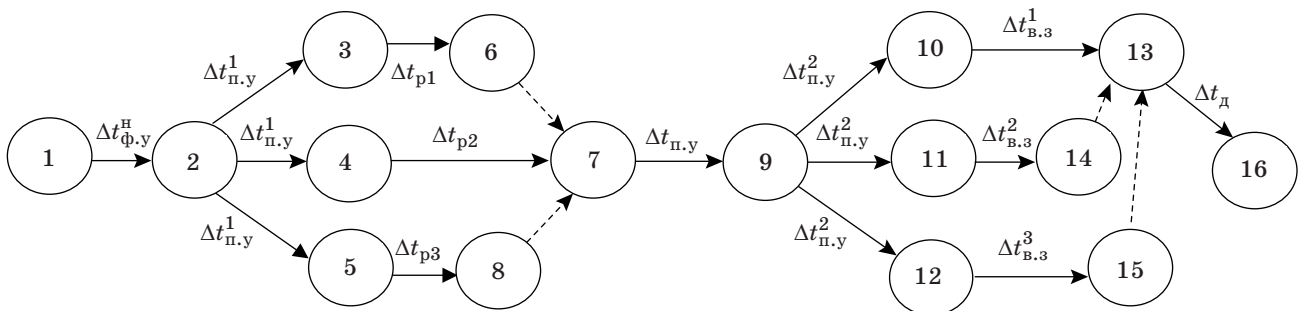


Рис. 1. Сетевой граф выполнения задачи

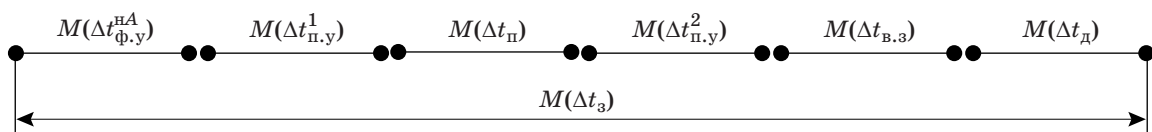


Рис. 2. Схема определения МО времени выполнения задачи

Задача определения длительности каждого этапа работ органа управления с известным составом должностных лиц может быть решена с помощью разработанного табличного метода [10].

Порядок расчета времени  $\Delta t_{\text{ф.у}}^{\text{н}}$  приведен на примере работы органа управления в составе трех человек (табл. 1).

Порядок расчетов следующий.

1. Значение времени  $t_j$  (время работ на  $j$ -м шаге (в вертикальном столбце таблицы)) рассчитывается по нижеприведенным правилам:

а) если в вертикальном столбце с  $j$ -м номером время  $t_{ij}$  одно, то это значит, что только после выполнения этой работы приступают к следующей, поэтому  $t_j = t_{ij}$ ;

б) если в столбце несколько работ и после них только одна работа в следующем столбце, то это значит, что несколько должностных лиц выполняют работы параллельно и только после завершения этих работ приступают к следующей. Тогда время  $t_j$  равно максимальному времени  $t_{ij \text{ max}}$  из всех работ в столбце:  $t_j = t_{ij \text{ max}}$ ;

в) если часть работ нескольких должностных лиц выполняется параллельно и каждое должностное лицо способно выполнять эти работы в любой последовательности (маркируются и не разделяются вертикальными линиями), то все работы в строке суммируются по формуле  $T_i = \sum t_{ij}$ , а затем полученные значения для разных строк сравниваются между собой и из них выбирается большее. Это значение записывается в последнюю строку своего столбца и принимается за значение  $t_j$ . Предшествующие значения  $t_j$  принимаются равными нулю.

2. Величина времени  $\Delta t_{\text{ф.у}}^{\text{н}}$  рассчитывается по зависимости

$$\Delta t_{\text{ф.у}}^{\text{н}} = \sum_{j=1}^N t_j.$$

В данном примере  $t_1 = 5$  с,  $t_2 = 20$  с,  $t_3 = 30$  с,  $t_4 = 0$ ,  $t_5 = 0$ ,  $t_6 = 43$  с,  $t_7 = 20$  с,  $t_8 = 23$  с,  $t_9 = 35$  с. Время формирования указаний начальником ( $\Delta t_{\text{ф.у}}^{\text{н}}$ ) составит 176 с.

В результате расчетов получают время работы органа управления при принятии решения

на выполнение задачи и подготовки указаний в одной реализации. Далее, после всех реализаций, определяется МО этого времени по зависимости (4).

Время для нормативов определяется с помощью предлагаемой методики путем расчета минимального и максимального времени  $\Delta t_{\text{ф.у}}^{\text{н}}$ , при этом исключаются расчеты по зависимости (5). Минимальное время  $t^{\text{min}}$  необходимо принять соответствующим оценке «отлично», а максимальное  $t^{\text{max}}$  — оценке «удовлетворительно». Время выполнения задачи на оценку «хорошо»  $t^{\text{хор}}$  определяется по зависимости

$$t^{\text{хор}} = t^{\text{min}} + \frac{t^{\text{max}} - t^{\text{min}}}{P_5 - P_3} (P_5 - P_4),$$

где  $P_3, P_4, P_5$  — вероятность выполнения задачи  $P_{\text{оц}}$  на соответствующую оценку [11, 12].

Предложенная методика позволяет рассчитать значение времени  $M[\Delta t_{\text{ф.у}}^{\text{н}}]$  при известном составе должностных лиц. При выборе оптимального состава органов управления с целью минимизировать время их работы задача усложняется.

### Методика выбора оптимального состава органа управления

Предлагается вариант выполнения этой задачи с использованием элементов решения минимаксной задачи теории расписаний с применением идей метода ветвей и границ [9].

В перечне функций каждого должностного лица есть работы, которые могут выполнять его помощники в любой последовательности. Предлагаемый порядок записи таких работ продемонстрирован в табл. 2.

В условиях данного примера предлагается расширять строку третьего должностного лица на количество строк, равных количеству работ с любой последовательностью выполнения ( $a, b, c, d$ ). Следовательно, с 15-й по 18-ю работы третьего должностного лица могут одновременно выполнять четыре таких же должностных лица за время  $t_{ij \text{ max}} = t_{3,15} = 30$  с. А одно должностное

■ Таблица 1. Длительность выполнения работ в определенной последовательности, с

Должностное лицо	$i$	Последовательность $j$								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Начальник	1	5	10					20		35
Заместитель начальника	2		15		$\frac{12}{0}$	$\frac{14}{0}$	$\frac{17}{43}$		23	
Помощник	3		20	30	$\frac{16}{0}$	$\frac{22}{38}$			18	
$t_j$		5	20	30	0	0	43	20	23	35

■ Таблица 2. Порядок записи работ произвольной последовательности

<i>i</i>	Последовательность <i>j</i>									
	1	2	...	14	15	16	17	18	19	...
1										
...				20						
3	<i>a</i>				30					
	<i>b</i>					25				
	<i>c</i>						17			
	<i>d</i>							18		
4									7	
...										

лицо эту же работу сделает за 90 с. Поэтому для уменьшения времени цикла управления иногда необходимо увеличить численный состав органа управления. Для ответа на вопрос об оптимальном составе органа управления предлагается использовать минимаксную задачу теории расписаний.

В терминах теории расписаний эта задача может быть сформулирована следующим образом.

Необходимо определить МО времени работы органа управления, состоящего из *M* должностных лиц, от момента получения задачи до начала передачи полностью сформированных указаний подчиненным. При этом должностные лица выполняют *N* взаимосвязанных работ в определенной последовательности. Возможности должностных лиц по выполнению работ представлены в виде матриц  $\|t_{ij \min}\|, \|t_{ij \max}\|$  ( $i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}$ ), где  $t_{ij \min}, t_{ij \max}$  — минимальное и максимальное время выполнения *j*-й работы *i*-м должностным лицом, определенное по Перечню работ.

На пункте управления имеются группы должностных лиц. Первая группа ( $i = 1$ ), умеющая выполнять обязанности начальника (группа начальника), имеет *s* членов. Вторая группа ( $i = 2$ ) — заместителя начальника (*q* членов), третья ( $i = 3$ ) — помощника ( $\omega$  членов) и т. д.

Для решения этой задачи предлагается следующий алгоритм.

1. Определяется МО значения продолжительности каждой работы  $t_{ij}$ , распределенной по закону  $\beta$ -распределения, по зависимости [6]

$$\bar{t}_{ij} = \frac{3t_{ij \min} + 2t_{ij \max}}{5}.$$

2. Определяется конкретный численный состав групп должностных лиц органа управления (например:  $s = 1; q = 2; \omega = 3$  и т. д.).

3. Определяются подмножества  $N_i$  работ для каждой группы, которые могут выполняться всем составом группы одновременно в любой последовательности.

4. Составляется таблица последовательности и длительности работ. В таблице по вертика-

ли располагаются номера групп должностных лиц и их состав, по горизонтали — номера работ. Последовательность задается *j*-м номером работы.

При этом для расположения работ из подмножеств  $N_i$  необходимо производить увеличение количества горизонтальных строк (должностей) в группах должностных лиц, если количество работ *z* в подмножестве больше, чем количество должностных лиц.

Последней горизонтальной строкой таблицы является строка значений времени работ на каждом *j*-м шаге (в каждом вертикальном столбце)  $t_j$ .

5. Рассчитывается величина времени  $t_j$  по следующим правилам:

а) и б) соответствуют п. 1, а), б) правил расчета временных нормативов;

в) работы, выполняемые параллельно разными должностными лицами, сравниваются по общей продолжительности, и выбирается большая продолжительность, значение которой записывается в строке  $t_j$  напротив последней выполненной работы; в предыдущих пустых ячейках строки  $t_j$  записываются нули;

г) общая продолжительность работ в подмножествах  $N_i$  рассчитывается следующим образом.

Допустим, вторая группа имеет подмножество  $N_i$  работ, которые она может выполнить одновременно в любой последовательности, и количество работ *z* в подмножестве ( $k = \overline{1, z}$ ) больше числа членов в группе (*q*). Необходимо упорядочить работы внутри подмножества согласно критерию разбиения, обеспечивающему оптимальность расписания по быстродействию

$$\max_i T_i \rightarrow \min, i = \overline{1, M}, k = \overline{1, z},$$

где  $T_i = \sum_{j \in N_i} t_{ij}$  — общее время загрузки *i*-й группы.

Рассмотрим алгоритм решения задачи п. 5, г). Правило оценки нижней границы и способ формирования дерева возможных вариантов

основаны на следующих предположениях. Пусть  $q < z$  работ распределено по членам группы, начиная с  $k = 1$ . Каждая из оставшихся работ  $z - q$  будет распределена между менее загруженными членами группы так, чтобы их загрузка была приближенно равномерной. При этом условное время занятости каждого члена составит  $T_{k=1}^q$ . Общее время обслуживания в системе с такой идеализацией будет определяться наибольшей из величин  $T_k^q$

$$\max_i T_i \rightarrow \max_k T_k^q.$$

Следующий вариант распределения работ между членами начинается с работы  $k + 1$ , и для него определяется  $\max T_2^q$ . Последним будет вариант распределения для  $k = z$ . За время обслуживания всех  $z$  работ принимается меньшее из  $\max T_k^q$ .

Это время записывается в строке  $t_j$  напротив последней выполненной работы. В предыдущих пустых ячейках строки  $t_j$  записываются нули.

6. Величина МО времени работы органа управления  $\Delta t$  определяется по зависимости

$$M[\Delta t] = \sum_{j=1}^N t_j.$$

7. Изменяется численный состав групп должностных лиц и рассчитывается следующее значение  $M[\Delta t]$ . Расчеты проводят до получения экстремума на кривой значений  $M[\Delta t]$ . Численность

состава должностных лиц, соответствующая точке экстремума кривой времени, и есть оптимальный состав органа управления.

### Заключение

В результате работы получены методики, позволяющие решить вопросы разработки временных нормативов выполнения работ органов управления и комплектования оптимального их состава. Такой подход к разработке временных нормативов дает возможность значительно повысить их обоснованность и качество. Это, несомненно, положительно скажется на повышении уровня обученности должностных лиц органов управления, а соответственно — и на эффективности выполняемых задач формированием (подразделением), в состав которого входят органы управления.

Оптимальный состав органов управления — это залог экономии затрат на содержание формирования (подразделения) и возможность усилить высвободившимся личным составом критические направления.

Практическая значимость работы заключается в том, что предложенные методики позволяют создавать алгоритмы для расчета на ЭВМ не только времени работы органа управления по принятию решения, но и времени выполнения задачи подразделением в целом, что очень важно при обосновании временных затрат для создания нормативов и для проведения исследований процессов управления подразделениями.

### Литература

1. Мартыщенко Л. А. Военно-научные исследования и разработка вооружения и военной техники/ МО РФ. — М., 1993. — 301 с.
2. Петухов Г. Б. Основы теории эффективности целе-направленных процессов: учебник. Ч. 2/ МО СССР. — Л., 1990. — 552 с.
3. Аверьянов А. И. Управление в системах РАВ. Ч. 1. Основы теории управления и исследование операций/ МО СССР. — М., 1980. — 368 с.
4. Алтухов П. К. Основы теории управления войсками. — М.: Воениздат, 1984. — 221 с.
5. Богданов А. А. Оценка эффективности артиллерийских комплексов общевойсковых формирований: дис. ... д-ра техн. наук/ ВАА. — СПб., 1993. — 426 с.
6. Абчук В. А. Введение в теорию выработки решений. — М.: Воениздат, 1972. — 342 с.

7. Зуховицкий С. М. Математические методы сетевого планирования. — М.: Наука, 1965. — 145 с.
8. Беляева С. Д. Прикладная математика в примерах и задачах/ МАА. — СПб., 1996. Ч. IV. — 123 с.
9. Староселец В. А. Теория управления и методы обоснования и принятия решения/ МВАУ. — СПб., 2004. — 432 с.
10. Андрийчук В. П. Научно-методический аппарат обоснования перечня и содержания задач, временных и точностных нормативов Курсов подготовки артиллерии: сб. науч. тр. ВУНЦ ВМФ «ВМА». — СПб., 2014. № 43. С. 16–22.
11. Вентцель Е. С. Исследование операций. — М.: Сов. радио, 1972. — 551 с.
12. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. — М.: Наука, 1969. — 576 с.

UDC 37.02

**Methods for Determination of Time Standards and Optimal Composition of Control Bodies**Andriychuk V. P.<sup>a</sup>, PhD, Milit., Professor, avp-1961@yandex.ru<sup>a</sup>Mikhailovskaya Military Artillery Academy, 22, Komsomol St., 190110, Saint-Petersburg, Russian Federation

**Purpose:** To elaborate an instrument of time standards determination providing increased efficiency of command and control elements training and optimal composition of these elements. **Methods:** Duration of a workflow stage of command and control elements is determined by task accomplishment in terms of scheduling theory used for solving a minimax problem. The task of selecting optimal composition of command and control elements has been solved using minimax problem elements of the scheduling theory applying a branch and bound method. **Results:** The developed methods of determination of workflow execution time by command and control elements with the set composition of officials based on initial data on workflow characteristics allow determining minimal and maximum workflow execution time through its optimal distribution among executive officers using a table method. When elaborating standards total minimal time corresponds to the “excellent” mark and maximum time – to the “satisfactory” mark. Time for the “good” mark is defined according to a dependency which takes into account minimal and maximum time. Methods of selecting an optimal composition of command and control elements are based on the algorithm of workflow time determination method and gradual modification of composition of command and control elements. The optimal number of executive officers corresponds to the extremum point on the total time curve. **Practical relevance:** The proposed methods allow creating algorithms for computer calculation not only of the workflow time of command and control element decision-making but the time of task accomplishment by a unit and the duration of other taken measures.

**Keywords** — Control Cycle, Optimal Composition, Control Bodies, Decision-Making, Control Objects, Minimum and Maximum Time, Set Composition, Command and Control Elements, Duration, Workflow Stage.

**References**

1. Martytshenko L. A. *Voenno-nauchnie issledovaniia i razrabotka vooruzheniia i voennoy tekhniki* [Military Scientific Researches and Development of Armament and Military Equipment]. Moscow, MO RF Publ., 1993. 301 p. (In Russian).
2. Petukhov G. B. *Osnovy teorii effektivnosti tselenapravlennykh processov* [The Foundations of Efficiency Theory and Theory of Aim-Oriented Processes]. Part 2. Leningrad, MO SSSR Publ., 1990. 552 p. (In Russian).
3. Averyanov A. I. *Upravlenie v sistemah RAV. Ch. 1. Osnovy teorii upravleniia i issledovanie operatsiy* [Missile and Artillery Systems Control. Part 1. The Foundations of Control Theory and Study of Operations]. Moscow, MO SSSR Publ., 1980. 380 p. (In Russian).
4. Altukhov P. K. *Osnovy teorii upravleniia voiskami* [The Foundations of Troops Control Theory]. Moscow, Voenizdat Publ., 1984. 221 p. (In Russian).
5. Bogdanov A. A. *Otsenka effektivnosti artilleriyskikh kompleksov obshevoiskovykh formirovaniia*. Dis. dokt. techn. nauk [Efficiency Assessment of Combined Arms Artillery Systems. Dr. tech. sci. diss.]. Saint-Petersburg, VAA Publ., 1993. 426 p. (In Russian).
6. Abchuk V. A. *Vvedenie v teoriyu vyrabotki resheniy* [Introduction in the Theory of Decision-Making]. Moscow, Voenizdat Publ., 1972. 342 p. (In Russian).
7. Zukhovitskiy S. M. *Matematicheskie metody setevogo planirovaniia* [Mathematical Methods of Network Planning]. Moscow, Nauka Publ., 1965. 145 p. (In Russian).
8. Belyaeva S. D. *Prikladnaia matematika v primerakh i zadachakh* [Applied Mathematics in Cases and Problems]. Part IV. Saint-Petersburg, MAA Publ., 1996. 123 p. (In Russian).
9. Staroselets V. A. *Teoriya upravleniia i metody obosnovaniia i prinyatiia resheniia* [Management Theory and Argumentation and Decision-Making Methods]. Saint-Petersburg, MVAU Publ., 2004. 432 p. (In Russian).
10. Andriychuk V. P. Scientific and Methodological Mechanism of Task Register and Content Argumentation, Time and Accuracy Standards of Artillery Training Courses. *Collection of scientific papers*. Saint-Petersburg, Voennyi uchebno-nauchnyi tsentr VMF «Voenno-morskaia akademiia» Publ., 2014, no. 43, p. 16–22 (In Russian).
11. Ventsel E. S. *Issledovanie operatsiy* [Study of Operations]. Moscow, Sovetskoe radio Publ., 1972. 551 p. (In Russian).
12. Ventsel E. S. *Teoriia veroyatnostey* [Theory of Chances]. Moscow, Nauka Publ., 1969. 576 p. (In Russian).