

Н.И. ЛИСЕЙЧИКОВ,

главный научный сотрудник Научно-исследовательского института Вооруженных Сил Республики Беларусь, доктор технических наук, профессор

Е. Л. СИМЕНКОВ,

старший преподаватель кафедры тактической и общевойсковой подготовки военного факультета Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПАЙКОВ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ

УДК 355. 41

В настоящее время даже при наличии проблем в мировой экономике большинство стран продолжает работу по улучшению продовольственных пайков (ПП) военнослужащих. Военнослужащие являются одной из социально-значимых групп общества, состояние здоровья которых во многом определяет обороноспособность государства. В статье рассматриваются задачи моделирования и оптимизации ПП военнослужащих, предлагаются их математические модели.

Актуальность задачи. В современной высокотехнологичной мобильной войне обеспечение войск приобретает ключевое значение. Сбои в подвозе боеприпасов, горючего, продовольствия и др. материальных средств неминуемо ведут к срыву операции. При этом объем ежедневно доставляемых материальных средств на одного военнослужащего растет с каждым годом. Так, суточный расход материальных средств в расчете на одного солдата составлял: в период 1-ой мировой войны – 6 кг; 2-ой мировой войны – 20 кг; локальных войн 70–80-х годов – 90 кг; операции «Буря в пустыне» (1991 г.) – 110 кг и 90 л воды [1]. В вооруженных силах (ВС) Российской Федерации (РФ) в настоящее время указанный объем превышает 250 кг. Поэтому все развитые государства мира особое внимание уделяют системам тылового, технического обеспечения ВС. Так, в ВС РФ в течение последнего десятилетия ряд крупных мероприятий был направлен на повышение эффективности функционирования системы тылового обеспечения войск, действующих в отрыве от основных сил.

В системе тылового обеспечения ВС продовольственное обеспечение имеет особое значение, что обусловливается непосредственным влиянием его на боеспособность личного состава. Так, за время боевых действий в Чеченской республике потери личного состава Российской армии из-за пищевого и водного фактора составили около 35 % от общего количества временно вышедших из строя. Поэтому за короткий промежуток времени между первой и второй чеченскими кампаниями в российской армии был разработан индивидуальный боевой рацион питания ИРБ-5, не имеющий аналогов в мире. Кроме продуктов питания, в состав рациона входят таблетки для обеззараживания воды, микрогорелка, обеспечивающая разогрев пищевого рациона при использовании сухого спирта, а также ветроустойчивые спички, позволяющие быстро подогреть мясные консервированные продукты в полевых условиях. Как следствие, в 1997 году на международной выставке в Женеве российский рацион ИРП-Б, благодаря высокой технологичности и степени научной обоснованности, занял первое место, опередив аналогичные рационы войск НАТО.

Первичной задачей продовольственного обеспечения войск, влияющей на эффективность соответствующей системы, является разработка и обоснование норм продовольственного обеспечения военнослужащих. Известно, что сокращение нормы калорийности ПП на 20 % равносильно снижению боеспособности отделения на одного человека [2]. Известны также случаи, когда нормы довольствия военнослужащих вводились без учета физиологических потребностей организма, экономических возможностей страны. Как следствие, такие нормы на протяжении войны приходилось менять неоднократно.

Например, в первую мировую войну в русской армии нормы довольствия изменялись четыре раза. В немецкой армии в ходе второй мировой войны они сокращались четыре раза.

Обоснование продовольственных пайков, рационов питания по критериям стоимости, энергетической ценности.

К основным военно-экономическим, социально-политическим, санитарно-биологическим факторам, влияющим на разработку и обоснование указанных норм можно отнести[3,4]:

- роль и значение ВС в системе военной безопасности страны;
- военнослужащие, как одна из социально-значимых групп общества, здоровье которых во многом определяет обороноспособность государства;
- тенденции и особенности вооруженной борьбы, войн и военных конфликтов 21 века;
- состояние сельского хозяйства страны и ее экономические возможности в целом;
- физиологические потребности человеческого организма;
- санитарные нормы, правила и нормативы потребления пищевых веществ и энергии населением страны;
- условия и специфику воинского труда, службы и быта;
- положения руководящих документов в области исследований (например, концепция национальной продовольственной безопасности и др.).

При рассмотрении возможностей улучшения действующих пайков и рационов питания без изменения его ассортимента продуктов возможны две ситуации. Первая ситуация заключается в ответе на вопрос, в какой мере можно устранить («смягчить») имеющиеся недостатки ПП и рационов питания? Вторая ситуация вытекает из необходимости обоснования минимально возможных ресурсов, обеспечивающих выполнение всех требований, предъявляемых к ПП. Поэтому выполним постановку задач и рассмотрим их математические модели, применение которых обеспечивает разрешение обеих указанных выше ситуаций. Основные характеристики ПП, рационов питания это стоимость и энергетическая ценность. Поэтому оптимизация ПП, рационов питания возможна, как по одному, так и другому критерию. Следовательно, необходимо рассматривать прямую и обратную задачи оптимизации.

Прямая задача оптимизации. *Целевая функция задачи – стоимость ПП, рациона питания.*

Исходные условия и обозначения. Ассортимент ПП включает n продуктов. Состав каждого продукта характеризуется наличием пищевых веществ (белки, жиры, углеводы), минеральных веществ (Ca, Mg, P, Fe), витаминов (C, A, B₁, B₂, PP). Энергетическая ценность 1 г белков, жиров и углеводов соответственно составляет 4,3, 9,3 и 4,1 ккал. В 100 г i -го продукта содержится: a_{i1}, a_{i2}, a_{i3} , $i = \overline{1, n}$ – белков, жиров, углеводов соответственно; $a_{i4} (a_{i5})$, $i = \overline{1, n}$ – микроэлементов Ca (Mg); $a_{i6} (a_{i7})$, $i = \overline{1, n}$ – микроэлементов P (Fe); a_{i8}, a_{i9} и $a_{i,10}$, $i = \overline{1, n}$ – витаминов соответственно C, A и B₁; $a_{i,11} (a_{i,12})$, $i = \overline{1, n}$ – витаминов B₂ (PP); $b_{i1} (b_{i2})$, $i = \overline{1, n}$ – белков растительных (животных); $b_{i3} (b_{i4})$, $i = \overline{1, n}$ – жиров растительных (животных).

Санитарные нормы, нормативы потребления пищевых веществ и энергии военнослужащими[4] в пайке учитываются соотношениями: белков, жиров, углеводов; минеральных веществ и витаминов. Обозначим санитарные нормы содержания в пайке: минеральных веществ (г)Ca – n_4 , Mg – n_5 , P – n_6 и Fe – n_7 ; витаминов (мг)C – n_8 , A – n_9 , B₁ – n_{10} , B₂ – n_{11} , PP – n_{12} .

Количество веществ, содержащихся в пайке, составляет: $a_{40}, a_{50}, a_{60}, a_{70}$ – минеральные вещества Ca, Mg, P, Fe соответственно; a_{80}, a_{90} и $a_{10,0}$ – витамины

соответственно С, А и РР; $a_{11,0}$ ($a_{12,0}$) – витамины В₁ (В₂); $b_{5,0}$, b_{10} , b_{20} – соответственно углеводы, белки растительные, белки животные; b_{30} (b_{40}) – жиры растительные (животные).

Обозначим калорийность исследуемого пайка k_0 , стоимость ед. i -го продукта питания и его количество соответственно c_i и x_i , $i = \overline{1, n}$. Допустимые границы (нижняя и верхняя) возможного содержания количества каждого продукта (прямые ограничения задачи) в ПП установлены. Необходимо найти минимально допустимую стоимость ПП. При этом все рассматриваемые характеристики пайка должны быть, по крайней мере, не хуже характеристик действующего пайка. Сформулированные условия представляют собой прямую задачу оптимизации, которая может быть представлена математической моделью 1.

Целевая функция задачи. Найти $\sum_{i=1}^n c_i x_i \rightarrow \min$.

Ограничения задачи (1–3), учитывающие характеристики ПП.

1. Обеспечение энергетической ценности пайка –

$$\sum_{i=1}^n (0,043a_{i1}x_i + 0,093a_{i2}x_i + 0,041a_{i3}x_i) \geq k_0.$$

2. Обеспечение содержания в пайке белков, жиров и углеводов и их соотношений.

2.1. Белки растительные – $\sum_{i=1}^n 0,043b_{i1}x_i \geq b_{10}$.

2.2. Белки животные – $\sum_{i=1}^n 0,043b_{i2}x_i \geq b_{20}$.

2.3. Жиры растительные – $\sum_{i=1}^n 0,093b_{i3}x_i \geq b_{30}$.

2.4. Жиры животные – $\sum_{i=1}^n 0,093b_{i4}x_i \geq b_{40}$.

2.5. Углеводы – $\sum_{i=1}^n 0,041a_{i3}x_i \geq b_{50}$.

3. Наличие в пайке минеральных веществ и витаминов.

Данные условия должны учитывать норму их потребления. Поэтому для исследуемого пайка может быть ситуации, когда количество минеральных веществ, витаминов не превышает или превышает их верхнее допустимое значение. Понятно, что в данных ситуациях неравенства будут иметь различный вид. Для определенности предположим, например, что верхнее допустимое значение не нарушается для Са и витаминов А, В₂. Запишем соответствующие ограничения для всех минеральных веществ и витаминов.

3.1. Минеральные вещества: Са – $a_{40} \leq \sum_{i=1}^n a_{i4}x_i \leq n_4$; Mg, P, Fe –

$$n_j \leq \sum_{i=1}^n a_{ij}x_i \leq a_{j0}, j = \overline{5,7}.$$

3.2. Витамины: А и В₂ – $a_{j0} \leq \sum_{i=1}^n a_{ij}x_i \leq n_j, j = 9,11$; С, В₁, РР –

$$n_j \leq \sum_{i=1}^n a_{ij}x_i \leq a_{j0}, j = 8,10,12.$$

4. Прямые ограничения задачи. Количество каждого продукта питания, включаемого в пайк, должно отвечать важному требованию, вытекающему из физического смысла решаемой научной задачи. С одной стороны, его количество не может быть слишком большим (человек не в состоянии употреблять в сутки, например, десятки кг мясных

продуктов). С другой стороны, включать в ассортимент пайка незначительное количество продукта (например, 5 – 10 г хлебобулочных изделий) не имеет смысла. Такого рода условия учитываются прямыми ограничениями задачи, имеющими следующий вид:
 $d_{1i} \leq x_i \leq d_{2i}, i = \overline{1, n}$.

Тогда математическая модель рассматриваемой задачи имеет вид.

$$\begin{aligned}
 & \text{Найти } \sum_{i=1}^n c_i x_i \rightarrow \min, \\
 & \left. \begin{aligned}
 & \sum_{i=1}^n (0,043a_{i1}x_i + 0,093a_{i2}x_i + 0,041a_{i3}x_i) \geq k_0, \\
 & \sum_{i=1}^n 0,043b_{i1}x_i \geq b_{10}, \\
 & \sum_{i=1}^n 0,043b_{i2}x_i \geq b_{20}, \\
 & \sum_{i=1}^n 0,093b_{i3}x_i \geq b_{30}, \\
 & \sum_{i=1}^n 0,093b_{i4}x_i \geq b_{40}, \\
 & \sum_{i=1}^n 0,041a_{i3}x_i \geq b_{50}, \\
 & a_{40} \leq \sum_{i=1}^n a_{i4}x_i \leq n_4, \\
 & n_j \leq \sum_{i=1}^n a_{ij}x_i \leq a_{j0}, j = \overline{5,7}, \\
 & a_{j0} \leq \sum_{i=1}^n a_{ij}x_i \leq n_j, j = 9,11, \\
 & n_j \leq \sum_{i=1}^n a_{ij}x_i \leq a_{j0}, j = 8,10,12, \\
 & d_{1i} \leq x_i \leq d_{2i}, i = \overline{1, n}.
 \end{aligned} \right\} \text{при} \\
 & \text{условиях} \tag{1}
 \end{aligned}$$

В обратной задаче оптимизации необходимо при заданном ограничении на стоимость пайка c_0 обеспечить максимально возможную его калорийность. Следовательно, *целевой функцией задачи является энергетическая ценность ПП*, а стоимость пайка – функциональным ограничением. Остальные условия по сравнению с (1) не меняются. Данной задаче соответствует **математическая модель 2**.

$$\text{Найти } \sum_{i=1}^n (0,043a_{i1}x_i + 0,093a_{i2}x_i + 0,041a_{i3}x_i) \rightarrow \max,$$

$$\begin{array}{l}
\text{при} \\
\text{условиях}
\end{array}
\left\{
\begin{array}{l}
\sum_{i=1}^n c_i x_i \leq c_0, \\
\sum_{i=1}^n 0,043 b_{i1} x_i \geq b_{10}, \\
\sum_{i=1}^n 0,043 b_{i2} x_i \geq b_{20}, \\
\sum_{i=1}^n 0,093 b_{i3} x_i \geq b_{30}, \\
\sum_{i=1}^n 0,093 b_{i4} x_i \geq b_{40}, \\
\sum_{i=1}^n 0,041 a_{i3} x_i \geq b_{50}, \\
a_{40} \leq \sum_{i=1}^n a_{i4} x_i \leq n_4, \\
n_j \leq \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \leq a_{j0}, j = \overline{5,7}, \\
a_{j0} \leq \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \leq n_j, j = 9,11, \\
n_j \leq \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \leq a_{j0}, j = 8,10,12, \\
d_{1i} \leq x_i \leq d_{2i}, i = \overline{1,n}.
\end{array}
\right. \quad (2)$$

Применение предлагаемых математических моделей обеспечивает минимизацию стоимости ПП при его заданной калорийности (1) или максимально возможную его калорийность (2) при установленной стоимости. При этом гарантируется, что все остальные ограничения будут не хуже тех, которые имеют место в ПП, подлежащим улучшению. Итоговый эффект получается за счет изменения норм выдачи продуктов, входящих в ПП. Для моделирования второй ситуации необходим учет санитарных норм, нормативов и правил потребления пищевых веществ, энергии военнослужащими.

Прямая задача оптимизации. Исходные условия и обозначения аналогичны модели (1). Условия (ограничения) задачи, обеспечивающие выполнение санитарных норм, нормативов потребления пищевых веществ и энергии военнослужащими.

1. Обеспечение энергетической ценности пайка

$$\sum_{i=1}^n (0,043 a_{i1} x_i + 0,093 a_{i2} x_i + 0,041 a_{i3} x_i) \geq k_0.$$

2. Содержание белков в пайке, обеспечивающих β_1 долю его калорийности, –

$$\sum_{i=1}^n 0,043 a_{i1} x_i \geq \sum_{i=1}^n \beta_1 (0,043 a_{i1} x_i + 0,093 a_{i2} x_i + 0,041 a_{i3} x_i).$$

3. Содержание жиров, обеспечивающих β_2 энергетической ценности пайка, –

$$\sum_{i=1}^n 0,093 a_{i2} x_i \geq \sum_{i=1}^n \beta_2 (0,043 a_{i1} x_i + 0,093 a_{i2} x_i + 0,041 a_{i3} x_i).$$

4. Обеспечение доли углеводов в ПП $\beta_3 = 1 - \beta_1 - \beta_2$ от его общей калорийности –

$$\sum_{i=1}^n 0,041 a_{i3} x_i \geq \sum_{i=1}^n \beta_3 (0,043 a_{i1} x_i + 0,093 a_{i2} x_i + 0,041 a_{i3} x_i).$$

5. Наличие в пайке не менее 50% животных белков от их общего количества –

$$\sum_{i=1}^n b_{i2} x_i \geq \sum_{i=1}^n 0,5 a_{i1} x_i.$$

6. Содержание в пайке не менее 25 – 30% растительных жиров от их общего количества –

$$\sum_{i=1}^n 0,25 a_{i2} x_i \leq \sum_{i=1}^n b_{i3} x_i \leq \sum_{i=1}^n 0,3 a_{i2} x_i.$$

7. Содержание в пайке минеральных веществ Ca, Mg, P, Fe и витаминов C, A, B₁, B₂, PP. В общем случае для человеческого организма содержание указанных веществ должно находиться в некоторых границах.

$$7.1. \text{ Минеральные вещества – } n_{j2} \leq \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \leq n_{j1}, j = \overline{4,7},$$

где n_{j1} (n_{j2}) – нижняя (верхняя) граница допустимого изменения количества j -го минерального вещества в пайке.

$$7.2. \text{ Витамины – } n_{j2} \leq \sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \leq n_{j1}, j = \overline{8,12},$$

где n_{j1} (n_{j2}) – нижняя (верхняя) граница допустимого изменения количества j -го витамина в пайке.

8. Ограничение количества продуктов по группам питания (в отдельных случаях условие может являться избыточным)

$$N_{j2} \leq \sum_{i=1}^{K_m} x_{ij} \leq N_{j1}, j = \overline{1,m},$$

где m – количество рассматриваемых групп продуктов питания;

K_m – количество продуктов питания m -ой группы;

N_{j1} и N_{j2} , $j = \overline{1,m}$ соответственно нижняя и верхняя граница допустимого количества продуктов питания j -ой группы ПП.

Термин «группа» продуктов питания в статье используется в более широком смысле слова, чем это принято. Так, например, «овощекрупяная группа» продуктов питания ПП рассматривается как две «группы»: овощная и крупяная. Такой подход обусловливается невозможностью учета необходимого количества потребляемых овощей и круп военнослужащим одним выражением.

9. Допустимые изменения количества продуктов питания в пайке учитываются прямыми ограничениями задачи – $d_{1i} \leq x_i \leq d_{2i}$, $i = \overline{1,n}$.

Необходимо определить минимально допустимую стоимость ПП. При этом все установленные санитарные нормы, нормативы потребления пищевых веществ и энергии военнослужащими должны быть выполнены. Как следствие, математическая модель задачи может быть записана следующим образом:

$$\text{найти } \sum_{i=1}^n c_i x_i \rightarrow \min;$$

$$\begin{array}{l}
\text{при} \\
\text{условиях}
\end{array}
\left\{ \begin{array}{l}
\sum_{i=1}^n (0,043a_{i1}x_i + 0,093a_{i2}x_i + 0,041a_{i3}x_i) \geq k_0, \\
\sum_{i=1}^n 0,043a_{i1}x_i \geq \sum_{i=1}^n 0,0\beta_1 (0,043a_{i1}x_i + 0,093a_{i2}x_i + 0,041a_{i3}x_i), \\
\sum_{i=1}^n 0,093a_{i2}x_i \geq \sum_{i=1}^n 0,0\beta_2 (0,043a_{i1}x_i + 0,093a_{i2}x_i + 0,041a_{i3}x_i), \\
\sum_{i=1}^n 0,041a_{i3}x_i \geq \sum_{i=1}^n 0,0\beta_3 (0,043a_{i1}x_i + 0,093a_{i2}x_i + 0,041a_{i3}x_i), \\
\sum_{i=1}^n b_{i2}x_i \geq \sum_{i=1}^n 0,5a_{i1}x_i, \\
\sum_{i=1}^n 0,25a_{i2}x_i \leq \sum_{i=1}^n b_{i3}x_i \leq \sum_{i=1}^n 0,3a_{i2}x_i, \\
n_{j2} \leq \sum_{i=1}^n a_{ij}x_i \leq n_{j1}, j = \overline{4,7}, \\
n_{j2} \leq \sum_{i=1}^n a_{ij}x_i \leq n_{j1}, j = \overline{8,12}, \\
N_{j2} \leq \sum_{i=1}^{K_m} x_{ij} \leq N_{j1}, j = \overline{1,m}, \\
d_{1i} \leq x_i \leq d_{2i}, i = \overline{1,n}.
\end{array} \right. \quad (3)$$

В *обратной задаче* оптимизации требуется при заданном ограничении на стоимость ПП (c_0) обеспечить максимально возможную его калорийность, что обуславливает наличие следующей математической модели:

$$\begin{array}{l}
\text{при} \\
\text{условиях}
\end{array}
\left\{ \begin{array}{l}
\text{найти } \sum_{i=1}^n (0,043a_{i1}x_i + 0,093a_{i2}x_i + 0,041a_{i3}x_i) \\
\sum_{i=1}^n c_i x_{i0} \leq C_0, \\
\sum_{i=1}^n 0,043a_{i1}x_i \geq \sum_{i=1}^n 0,0\beta_1 (0,043a_{i1}x_i + 0,093a_{i2}x_i + 0,041a_{i3}x_i), \\
\sum_{i=1}^n 0,093a_{i2}x_i \geq \sum_{i=1}^n 0,0\beta_2 (0,043a_{i1}x_i + 0,093a_{i2}x_i + 0,041a_{i3}x_i), \\
\sum_{i=1}^n 0,041a_{i3}x_i \geq \sum_{i=1}^n 0,0\beta_3 (0,043a_{i1}x_i + 0,093a_{i2}x_i + 0,041a_{i3}x_i), \\
\sum_{i=1}^n b_{i2}x_i \geq \sum_{i=1}^n 0,5a_{i1}x_i, \\
\sum_{i=1}^n 0,25a_{i2}x_i \leq \sum_{i=1}^n b_{i3}x_i \leq \sum_{i=1}^n 0,3a_{i2}x_i, \\
n_{j2} \leq \sum_{i=1}^n a_{ij}x_i \leq n_{j1}, j = \overline{4,7}, \\
n_{j2} \leq \sum_{i=1}^n a_{ij}x_i \leq n_{j1}, j = \overline{8,12}, \\
N_{j2} \leq \sum_{i=1}^{K_m} x_{ij} \leq N_{j1}, j = \overline{1,m}, \\
d_{1i} \leq x_i \leq d_{2i}, i = \overline{1,n}.
\end{array} \right. \quad (4)$$

Применение предлагаемых моделей (1) – (4) обеспечивает улучшения ПП без изменения ассортимента продуктов. Задачи, когда разрабатывается новый ПП или рассматривается возможность его улучшения путем изменения ассортимента продуктов,

являются более сложными. В ряде случаев для моделирования таких ситуаций необходимо применять методы нелинейного программирования, что в настоящей статье не рассматривается.

Заключение. Эффект от применения предлагаемых моделей заключается в снижении стоимости ПП или повышении его энергетической ценности, что определяется видом решаемой задачи (прямая или обратная). Прикладное значение получаемых результатов определяется достаточно широкой областью возможного применения и универсальностью рассматриваемого подхода к обоснованию ПП. Так, могут рассматриваться любые ПП и рационы питания без учета их ведомственной принадлежности, выдаваемые на любой временной интервал времени (суточный, недельный, месячный и т.п.)

В общем случае предлагаемый подход к обоснованию ПП не является новым. Исторически первой задачей рассматриваемого класса является классическая задача о диете, сформулированная и решенная в 50 годах прошлого столетия [5], которая получила дальнейшее развитие в ряде работ, например [6,7]. Рассматриваемые задачи и их модели учитывают ряд важных дополнительных факторов, имеющих отношение к организации рационального питания человека, в т.ч. и с учетом современных знаний, положений и требований. Математические модели обладают простой физической интерпретацией, достаточной степенью общности и относительно несложным образом реализуются на практике. Достоверность результатов моделирования обеспечивается корректной постановкой задач, учетом санитарных норм, правил и нормативов потребления пищевых веществ и энергии военнослужащими, строгим применении методов линейного программирования.

Литература:

1. Лисейчиков Н.И. Система технического и тылового обеспечения войск в войнах и вооруженных конфликтах. Тенденции, цифры, факты: Уч. пособие. – Республика Казахстан: Национальный университет обороны, 2009 г. –172 с.
2. Вещиков, П.И. История продовольственной (провиантской) службы Вооруженных Сил России XVIII–XX вв. / П.И. Вещиков. – М, 2013 г.
3. Об утверждении концепции национальной безопасности Республики Беларусь: Указ Президента Респ. Беларусь, 9 ноября 2010 г., № 575. – Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2010. – № 276.
4. Об утверждении санитарных норм, правил и гигиенических нормативов «Требования к потреблению пищевых веществ и энергии для различных групп населения Республики Беларусь»: Постановление Министерства здравоохранения Респ. Беларусь, 14 марта 2011 г., № 16.
5. Карлин, С. Математические методы в теории игр, программировании и экономике / С. Карлин. –М.: Изд-во Мир, 1964 г. – 839 с.
6. Волков И.К. Исследование операций: Учеб. / И.К. Волков, Е.А Загоруйко; Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000 г. – 434 с.
7. Зайковский, М.П. Оптимизация показателей качества продовольственных пайков / М.П. Зайковский, Н.И. Лисейчиков // Наука и военная безопасность. – 2012. – № 2. – С.49–54.