

УДК: 334.021

DOI: 10.53816/23061456\_2022\_11-12\_3

**МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ РАБОТ  
ПО ЗАБЛАГОВРЕМЕННОЙ ПОДГОТОВКЕ ТЕРРИТОРИЙ  
В ТОПОГЕОДЕЗИЧЕСКОМ ОТНОШЕНИИ  
В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕННОГО КОЛИЧЕСТВА РЕСУРСОВ**

**METHODOLOGICAL APPROACH IN PLANNING SPECIAL WORKS  
ON THE ADVANCE PREPARATION OF TERRITORIES  
IN TOPOGEODESIC TERMS IN CONDITIONS OF A LIMITED AMOUNT  
OF RESOURCES**

*Д-р. экон. наук Д.М. Петров<sup>1</sup>, канд. техн. наук А.В. Гаврилов<sup>1</sup>, канд. техн. наук Н.Б. Гарифуллин<sup>2</sup>*

*D.Sc. D.M. Petrov, Ph.D. A.V. Gavrilov, Ph.D. N.B. Garifullin*

*<sup>1</sup>Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского,  
<sup>2</sup>ЗАО «Институт Телекоммуникаций»*

Рассматривается формализованное описание методического подхода разрешения проблемных ситуаций выполнения специальных работ по заблаговременной подготовке территорий в топогеодезическом отношении, связанных с нехваткой текущих ресурсов, требуемых для выполнения специальных работ. Предлагается методический подход разрешения описываемой ситуации за счет использования внутренних ресурсов. Подход основан на особенностях ситуационного управления топографо-геодезическим и картографическим производством. Представлен ряд возможных постановок задач перераспределения имеющихся ресурсов по выполняемым работам, при изменении заданных технико-экономических показателей.

**Ключевые слова:** заблаговременная подготовка территории в топогеодезическом отношении, топогеодезическое обеспечение войск, топографо-геодезическое и картографическое производство, ресурсы, оптимизация, ситуационное управление.

A formalized description of the methodological approach to solving problematic situations of performing special work on the advance preparation of territories in topogeodesic terms related to the lack of current resources required to perform special work is considered. A methodological approach to resolving the described situation through the use of internal resources is proposed. The approach is based on the features of situational management of topographic and geodetic and cartographic production. A number of possible statements of tasks for the redistribution of available resources for the work performed, with changes in the specified technical and economic indicators, are presented.

**Keywords:** advance preparation of the territory in topogeodesic terms, topogeodesic support of troops, topographic and geodetic and cartographic production, resources, optimization, situational management.

### Вводная часть

В соответствии с действующим законодательством, задачами топогеодезического обеспечения являются обеспечение войск топографическими и специальными картами, исходными астрономо-геодезическими данными и фотодокументами [1].

Решение указанных задач заключается в выполнении государственного задания по заблаговременной подготовке территории в топогеодезическом отношении и выполняется, как правило, организациями отрасли геодезии и картографии Российской Федерации.

При выполнении государственного задания выполняются специальные работы по заблаговременной подготовке территорий в топогеодезическом отношении. Специальные работы, выполняемые в ходе заблаговременной подготовки территорий в топогеодезическом отношении, как правило, включают весь комплекс геодезических, фотограмметрических и картографических работ.

При выполнении специальных работ по заблаговременной подготовке территорий в топогеодезическом отношении (далее — специальных работ) нередко возникают различные риски. Основные виды рисков рассмотрены в работе [2]. Следствием их возникновения являются изменения заданных характеристик создаваемой продукции. В связи с чем, одной из задач стоящих перед руководством организаций, выполняющих указанные специальные работы, и органов управления отраслью является минимизация указанных рисков.

### Основная часть

Одним из способов устранения указанных рисков является использование ресурсов производственного цикла (ПЦ) процесса выполнения специальных работ по заблаговременной топогеодезической подготовке территорий [3, 4].

Для этого определяется общий объем ресурсов ПЦ специальных работ, затем полученный объем распределяется по их видам, с учетом потенциального изменения показателей выполняемых задач. Решение данной задачи является значимым для заблаговременной подготовки территории в топогеодезическом отношении.

Рассмотрим сетевую модель процесса выполнения специальных работ.

Заданными будем считать следующие параметры:

1. Общий объем работ выполняемых в плановом периоде составит  $e \in E$ . Где множество  $e \in E$  состоит из:

- начальных работ  $E^H = \{E^H \in E, E^H \neq \emptyset\}$ ;
- работ, переходящих с предыдущего планового периода  $E^n = \{E^n \in E, E^n \neq \emptyset\}$ ;
- конечных работ  $E^k = \{E^k \in E, E^k \neq \emptyset\}$ .

В том числе работы могут быть одновременно начальными и конечными, при этом  $E^n \cap E^k \neq \emptyset$ . Такие работы будем считать изолированными;

2. Параметры, характеризующие выполняемые работы:

- $E_e \in E$  — множество предыдущих работ;
- $\{b_{je}^M\}$  — множество ресурсов типа «мощность» ( $j \in J$ ), используемых при выполнении работы  $e$ ;
- $\{C_{ie}^E\}$  — множество ресурсов типа «энергия» ( $i \in I$ ), используемых при выполнении работы  $e$ ;
- $t_e$  — длительность выполнения работы  $e$ ;
- $\alpha_e$  — важность работы  $e$ .

Известно, что в момент времени  $t$  в плановом периоде времени  $[0, T]$  заданы следующие функции:

- объем ресурса  $V_j(t)$  ( $j \in J$ ), типа «мощность» в момент времени  $t$ ;
- объем ресурса  $C_i(t)$ , типа «энергия» вида ( $i \in I$ ), выделенный на этом промежутке времени, для обеспечения выполнения работ  $e \in E$ .

Определим моменты начала работ как  $t_e^H$  ( $e \in E$ ). Тогда ограничения в момент времени  $t$  выполнения работ по ресурсам в плановом периоде  $[0, T]$  могут быть представлены в следующем виде:

$$\sum_{e \in E} b_{je} \left[ \theta(t - t_e^H) - \theta(t - t_e^H - t_e) \right] \leq V_j(t), j \in J; \quad (1)$$

$$\sum_{e \in E} C_{ie} \theta(t - t_e^H) \leq C_i(t), (i \in I),$$

где

$$\theta(t - Z) = 0, \text{ при } t < Z;$$

$$\theta(t - Z) = 1, \text{ при } t > Z;$$

$b_{je}, C_{ie}$  — ресурсные затраты на выполнение работ  $e \in E$ .

Далее при выполнении формализованного описания задач будем использовать целочисленные функции:

$$x_e(t) = \theta(t - t_e^H) \text{ и } x_e(t - \Delta_e),$$

где  $\Delta_e = t_e^H - t_e$ ;  $e \in E$ .

Функции  $x_e(t)$ ,  $x_e(t - \Delta_e) \in \{0, 1\}$  — неубывающие, непрерывные справа.

Согласно условиям (1) функции  $x_e(t)$  и  $x_e(t - \Delta_e)$  — либо тождественно равны 0, либо тождественно равны 1.

Для всех  $t_e^H \in \{[0, T], +\infty\}$ ,  $e \in E$  значение  $t_e^H \notin [0, T]$  означает, что работа  $e$  не начинается в плановом периоде, т.е.  $t_e^H \in \{T, +\infty\}$ .

Считаем также, что в отношении работ  $e \in E$  определены также моменты их окончания, т.е.:  $\underline{t}_e \leq t_e^H + t_e \leq \bar{t}_e$ ,  $e \in E$ , где  $\underline{t}_e$ ,  $\bar{t}_e$ , заданные (на основе экспертных оценок) величины, определяющие нижний и верхний интервалы выполнения работ;  $t_e^H \leq \underline{t}_e \leq \bar{t}_e \leq T$ . Аналогично, стоимость выполнения работ также должна соответствовать определенным нижним  $\underline{c}_e$  и верхним  $\bar{c}_e$  границам:  $\underline{c}_e \leq c_e \leq \bar{c}_e$ ,  $e \in E$ . Будем считать, что среди множества выполняемых работ  $e \in E$  известны работы  $e \in E^{res} \in E$ , обладающие внутренним ресурсом по времени  $R_e$ , по стоимости  $R_e^{int}$  и по тактико-техническим характеристикам (ТТХ)  $R_{ТТХ}^{int}$ . При этом временной резерв выполнения отдельно взятой работы следует рассматривать как эквивалентный ему денежный ресурс, увеличивающий общий ресурс реализуемого проекта в денежном эквиваленте. В свою очередь, изменения ТТХ работы (продукции) привносят в реализуемые задачи улучшение его тактико-технических характеристик и, как следствие, повышают стоимость рассматриваемого объекта производства. Поэтому складывающийся при улучшении ТТХ ресурс может быть априори оценен как разница между стоимостью объекта производства с заданными  $C_{ie}^{knew}$  и реализованными  $C_{ie}^k$  в ходе проектных работ ТТХ ( $C_{ie}^k \geq C_{ie}^{knew}$ ).

В этом случае суммарные объемы внутренних ресурсов работ по времени и ТТХ ( $k = 1, p$ ) могут быть представлены следующим образом:

$$R_T^{int} = \sum_{e \in E^{res}} C_{ie}; \quad R_{ТТХ}^{int} = \sum_{e \in E^{res}} \sum_{k=1}^p (C_{ie}^k - C_{ie}^{knew}).$$

Тогда суммарный внутренний резерв ресурсов выполняемых работ по реализации плана развития и выпуска продукции будет равен

$$R^{int} = R_T^{int} + R_{ТТХ}^{int}.$$

Считаем, что при проведении анализа текущего состояния выполнения работ определены задания в плане развития выпуска продукции  $e \in E^* \in E$ , по которым могут возникнуть отклонения от заданных технико-экономических показателей  $u_e$ .

В этом случае возможный ущерб, полученный при выполнении работ, выраженный в суммарных технико-экономических отклонениях выполняемой работы, будет равен:

$$U^* = \sum_{e \in E^*} \alpha_e u_e.$$

Здесь  $\alpha_e$  — важность  $e$ -й работы в данном плановом периоде в процессе развития продукции госзаказа  $\sum_{e \in E^*} \alpha_e = 1$ .

Для каждой работы известен необходимый объем дополнительных финансовых средств  $C_e^{dop}$ , необходимый для устранения возникшего отклонения. Тогда необходимый объем финансовых средств для устранения возникшей проблемной ситуации составит:

$$C^{dop} = \sum_{e \in E^*} \alpha_e C_e^{dop}.$$

Учитывая вклад  $M = \{1, 2, \dots, m\}$  каждой из работ в задание  $U^* = (U_1^*, U_2^*, \dots, U_m^*)$ , будем считать заданным  $C^{dop} = (C_1^{dop}, C_2^{dop}, \dots, C_m^{dop})$  распределение ущерба в виде необходимого объема средств для компенсации суммарного объема отклонений выполняемой работы на основе учета имеющегося внутреннего резерва ресурсов  $R = (R_1, R_2, \dots, R_m)$  по выполняемым заданиям.

При решении оптимизационных задач управления выпуском продукции целесообразно использовать триаду критериев: эффективность — стоимость — время [4, 6]. С учетом особенностей управления топографо-геодезическим и картографическим производством, представим возможные однокритериальные постановки задач перераспределения ресурсов для устранения рассматриваемой проблемной ситуации [3].

1. Минимизация суммарного ущерба

$$F = \sum_{e \in E} U_e \theta(t - t_e - \Delta_e) \rightarrow \min_{\Delta_e},$$

с учетом ограничений:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{e \in E^{res}} \alpha_e b_{je} [x_e(t) - x_e(t - \Delta_{je})] &\leq V_j(t), \\ j &\in J, t \in [0, T]; \\ \sum_{e \in E^{res}} \alpha_e C_{je} x_e(t) &\leq C_i(t), \\ (i \in I), t &\in [0, T]; \\ \theta(t - \bar{t}_e) \leq x_e(t - \Delta_e) &\leq \theta(t - t_{-e}), e \in E^*; \\ x_e(t) &\leq x_e(t - \Delta_{je}), e \in E^*; \\ x_e(t) &\leq \sum_{e \in E} x_e(t - \Delta_e), e \in E / E^*; \\ x_e(-0) &= 0, \forall e \in E. \end{aligned} \right\}$$

2. Минимизация использования дополнительных средств

$$F = \sum_{(i,j) \in e} \alpha_e C_{ij}^{dop} \rightarrow \min_{C_j^{dop}},$$

с учетом ограничений:

– величина ущерба  $U_{ij}^*$  от выполнения работ  $j$ , следующих за работами  $i$ , не должна превышать предельного значения  $U_{lim}^*$ , задаваемого экспертно,  $U_{ij}^* < U_{lim}^*$ ;

– время  $t_{ij}^0$  окончания выполнения  $j$ -й работы  $j \in (i, n)$  относительно работы  $i$ , должно быть не больше планируемого  $t_0$ ,

$$t_{ij}^0 < t_0; j \in (i, n) \in \bar{e};$$

– длительность каждой работы  $(t_{ij}^0 - t_{ij}^H)$  должна быть не менее минимально возможной  $t_{ij}$ ,

$$t_{ij}^0 - t_{ij}^H \geq t_{-ij}; (i, j) \in \bar{e};$$

– определяет изменение времени выполнения работ на величину  $k_{ij} C_{ij}^{dop}$  в зависимости от суммы  $C_{ij}^{dop}$  ( $j = i, n$ ) затраченной на ее выполнение дополнительных ресурсов,

$$t_{ij}^0 - t_{ij}^H \geq t_{-ij} - k_{ij} C_{ij}^{dop}, (i, j) \in \bar{e};$$

– выполнение условий при выполнении предыдущих работ в данный отрезок времени,

$$t_{ir}^H > t_{ij}^0; i, j, r \in \bar{e};$$

– время начала выполнения каждой работы  $j > i$  должно быть не меньше времени окончания непосредственно предшествующих ей работ  $r$ ,

$$t_{ir}^H > 0, t_{ij}^0 > 0, (i, j, r) \in \bar{e}.$$

3. Минимизация времени выполнения общего объема работ (критерий быстродействия)

$$F = T(t_{ij}, \alpha_e, C_j^{dop}, k_{ij}, (i, j) \in e) \rightarrow \min_{C_j^{dop}}$$

с учетом ограничений:

$$\sum_{(i,j) \in e} \alpha_e C_j^{dop} \leq B; U^* \leq U_{lim};$$

$$t_{ij}^0 - t_{ij}^H \geq t_{-ij}; t_{ij}^0 - t_{ij}^H = t_{ij} - k_{ij} C_{ij}^{dop};$$

$$t_{ij}^H \geq t_{ij}^0, t_{ij}^H \geq 0, t_{ij}^0 \geq 0.$$

С учетом рассмотренного критерия, задача заключается в разрешении возникшей ситуации, путем вложения дополнительных финансовых ресурсов.

Рассматриваемые нелинейные задачи решаются при условии целочисленности распределяемых взаимосвязанных ресурсов  $\Delta_e, C_j^{dop}$ , имеющих различную эффективность. При этом ограничивающие их зависимости имеют аддитивный характер. Данные задачи являются сложными в вычислительном отношении, и для их решения целесообразно использовать схему последовательного построения вариантов возможных решений [5–7].

Наиболее часто для решения задач оптимизации распределения ресурсов используются методы динамического программирования, основанные на последовательном исключении из множества допустимости отдельных элементов или их множеств.

Учитывая особенности распределения ресурсов  $e \in E^{res} \in E$ , имеющих различную эффективность при выполнении специальных работ по заблаговременной подготовке территорий в топогеодезическом отношении по взаимозависимым задачам различной степени важности, целесообразно использовать метод двух функций [7].

### Заключение

Таким образом, сформулированный методический подход позволяет разрешать конфликтные ситуации, возникающие при выполнении заданий по заблаговременной подготовке территорий в топогеодезическом отношении, связанные с нехваткой текущих ресурсов, за счет использования имеющихся. Для чего производится декомпозиция задания по выполнению специальных работ на отдельные составляющие, по технологическому принципу. Затем строится сетевая модель выполнения задания, с распределением по видам работ. В дальнейшем, на основе построенной модели, определяются имеющиеся внутренние резервы по видам используемых ресурсов.

Учитывая изложенное, можно сделать вывод, что предложенный подход может быть использован как при разрешении конфликтных ситуаций, возникающих при выполнении специальных работ планового задания в целом, так и при разрешении конфликтных ситуаций отдельно взятых работ, на основе имеющихся внутренних ресурсов, за счет их перераспределения.

### Литература

1. Зализнюк А.Н., Присяжнюк С.П. Стратегическое планирование геоинформационного обеспечения систем управления // Информация и космос. — СПб.: «Институт телекоммуникаций», 2016. № 4. С. 130–132.
2. Багрецов С.А. и др. Плотников В.А. Методика перераспределения средств между работами плана выполнения ГОЗ предприятиями оборонно-промышленного комплекса // Вестник Забайкальского государственного университета. Изд. ЗабГУ, 2019. № 4. С. 86–94.
3. Багрецов С.А., Петров Д.М., Королев А.Ю. Многовариантное управление выполнением производственных планов предприятиями оборонно-промышленного комплекса в условиях риска. // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2021. № 1–2 (151–152). С. 3–6.
4. Петров Д.М., Плотников В.А. и др. Теоретико-методологические аспекты комплексной оценки эффективности экономической безопасности предприятий в современных условиях. Монография. Изд. — СПб.: Р-КОПИ, 2016. 432 с.

5. Филатов В.Н., Анохин В.Н. и др. Региональные аспекты реформирования производственной инфраструктуры отрасли геодезии и картографии // Известия Санкт-Петербургского университета экономики и финансов. — СПб.: СПбГУЭиФ, 2011. № 6 (72). С. 36–40.

6. Риск-менеджмент инвестиционного проекта // Под общ. ред. М.В. Грачёвой. — М.: ЮНИТИ — ДАНА, 2009. 504 с.

7. Саати Т. Целочисленные методы оптимизации и связанные с ними экстремальные проблемы. — М.: Мир, 1973. 304 с.

### References

1. Zaliznyuk A.N., Prisyazhnyuk S.P. Strategic planning of geoinformation support of management systems // Information and Space. — St. Petersburg: «Institute of Telecommunications». 2016. No. 4. Pp. 130–132.

2. Bagretsov S.A., Plotnikov V.A. et al. Methodology for the redistribution of funds between the works of the State Budget implementation plan by enterprises of the military-industrial complex // Bulletin of the Trans-Baikal State University. ZabGU Publishing House, 2019. No. 4. Pp. 86–94.

3. Bagretsov S.A., Petrov D.M., Korolev A.Yu. Multivariate management of the implementation of production plans by enterprises of the military-industrial complex in conditions of risk // Questions of defense equipment. Series 16. Technical means of countering terrorism. 2021. No. 1–2 (151–152). Pp. 3–6.

4. Petrov D.M., Plotnikov V.A. et al. Theoretical and methodological aspects of a comprehensive assessment of the effectiveness of economic security of enterprises in modern conditions. Monograph. St. Petersburg Publishing House: R-KOPI, 2016. 432 p.

5. Filatov V.N., Anokhin V.N. et al. Regional aspects of reforming the production infrastructure of the geodesy and cartography industry // Proceedings of the St. Petersburg University of Economics and Finance. — St. Petersburg: SPbGUEiF, 2011. № 6 (72). Pp. 36–40.

6. Risk management of an investment project // Under the general editorship of M.V. Gracheva. — M.: UNITY — DANA, 2009. 504 p.

7. Saati T. Integer optimization methods and related extreme problems. — Moscow: Mir, 1973. 304 p.