

© Остроухов В.В., Василенко В.В.
Ostroukhov V., Vasilenko V.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСОВ – СТЕРЖНЕВАЯ ЗАДАЧА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

THE RESOURCE DISTRIBUTION – THE MAIN TASK OF PROGNOSTICATION COMPLEX ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS DEVELOPMENT

Аннотация. В статье излагаются задачи прогнозирования сложных организационно-технических систем (ОТС) по схеме «сверху-вниз» и «снизу-вверх». Формулируются методические принципы прогнозирования ОТС, прямая и обратная постановки задач на проведение исследований. Приводится схема приоритетного распределения ресурсов на дальнейшее развитие и совершенствование ОТС и её подсистем в прогнозируемый период.

Annotation. In the article tasks of prognostication of complex organizational-technical systems (OTS) according to «up-down» and «down-up» plan are considered. Methodical principles of OTS prognostication are formulated, as direct and reverse task statement of investigation. The scheme of priority resource distribution for modernization of OTS and its subsystems is given in forecasted period.

Ключевые слова. Организационно-техническая система, распределение ресурсов, целевые подсистемы, приоритетное распределение задач, организационно-технические мероприятия, оптимизационные задачи.

Key words. Organizational-technical system, resource distribution, purpose subsystems, priority problem distribution, organizational-technical measures, optimizational problems, principles, problem set.

Основная сложность и особенность прогнозирования сложных организационно-технических систем (ОТС) состоит в том, что на момент начала очередного цикла таких исследований, как правило, отсутствует четкая ясность по таким принципиальным вопросам как:

1. На достижение каких целей должно быть ориентировано развитие ОТС в прогнозируемый период? Каких конкретных рубежей должно достигнуть это развитие?
2. Какие новые задачи (как по номенклатуре, так и их параметрам) потребуются Заказчику в прогнозируемом периоде и особенно на последнем по времени его участке?
3. Каким образом "поставить на службу" Заказчику весь достигнутый и прогнозируемый организационно-технический потенциал ОТС, научный, научно-технический и производственный потенциал соответствующей промышленной отрасли?

По сути, ответы на эти вопросы и являются основ-

ным предметом исследований по прогнозированию исследований ОТС по схеме как "сверху-вниз", так и "снизу-вверх".

Исследования по схеме "сверху-вниз" направлены в первую очередь на максимальное удовлетворение потребностей Заказчика в услугах ОТС. Исследования по схеме "снизу-вверх" направлены главным образом на разработку новых технологий в области создания и применения ОТС и формирование на их основе рынка новых организационно-технических услуг, конкурентно-способных на мировом рынке и способных существенно расширить область исследования и повысить эффективность применения отечественной техники.

В принципе оба эти направления исследований в значительной мере взаимосвязаны. Однако с методологической точки зрения способы получения конечных результатов по указанным направлениям исследований принципиально отличаются друг от друга. В первом слу-

Остроухов Владимир Васильевич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник управления, 4 ЦНИИ Минобороны России;

Василенко Владимир Васильевич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, 4 ЦНИИ Минобороны России, тел. (495) 515-70-48.

Ostroukhov Vladimir – Dr. Sci.Tech., prof., the chief research worker of department, 4 Central Scientific Research Institute Ministry of Defence of Russia;

Vasilenko Vladimir – Dr. Sci.Tech., prof., the chief research worker, 4 Central Scientific Research Institute Ministry of Defence of Russia, tel. (495) 515-70-48.

чае результат получается путем "движения" от сформулированных целей и задач развития ОТС, образно говоря, к технике, во втором случае – от техники к количеству и качеству услуг и через них – к новым задачам, уровням и способам решения целевых задач, к новым целям развития ОТС.

Рассмотрим сначала решение рассматриваемой задачи по схеме «сверху-вниз». В обобщенном виде схема прогнозирования развития целевых ОТС в этом случае выглядит следующим образом.

На первом этапе на основе анализа организационно-технических характеристик и параметров аналогов существующих ОТС, последних достижений в смежных областях отечественной и зарубежной науки и техники, состояния фундаментальных, проектно-поисковых и экспериментальных работ в области новых технологий получения, хранения, обработки и передачи информации, средств управления обосновывается и формируются новые технические «облики» различного рода спецсистем и подсистем ОТС (обобщенные целевые, массо-энергетические и технические характеристики перспективных целевых и служебных систем, средств управления, информационные и другие параметры образцов техники). Далее на их основе формируются варианты технико-экономических обликов (ТЭО) этих образцов. В результате создается информационная база, в которой сосредотачивается, по существу, все прогнозируемые параметры спецтехники, которая является "питательной" средой для исследований по схеме как "сверху - вниз", так и "снизу-вверх". С использованием этой информационной базы формируются «первичные» варианты целевых организационно-технических подсистем (ОТПС) и ОТС в целом. Те варианты развития ОТС и q -х целевых ОТПС, которые потенциально обеспечивают полное удовлетворение требований Заказчика как по номенклатуре, так и по качеству решения целевых задач при наименьших ресурсных затратах, и выбираются в качестве главного ориентира направления их развития на реализуемую перспективу. В общем случае будем полагать, что услугами ОТПС и ОТС могут пользоваться несколько Потребителей, а следовательно у них может быть и несколько Заказчиков.

Подчеркнем особо, что приведенная выше постановка в принципе эффективнее «работает» при обосновании планов развития ОТС на ближайшую и среднесрочную перспективу, когда более четко сформулирована цель их развития и определены возлагаемые на них задачи и требуемые уровни их решения. Но проблема распределения ресурсов по подсистемам (и между За-

казчиками), их минимизация в этом случае приобретает особую остроту.

В обобщенном виде методологическая схема решения задачи по распределению ресурсов между подсистемами ОТС и её Заказчиками может быть представлена в следующем виде.

а) Определяется круг потенциальных Заказчиков ОТС (потребителей услуг ОТС) I и каждый из них формулирует требования к q -й ОТПС в виде перечня задач J :

$$\bar{V}_i = (\bar{V}_{i1}, \bar{V}_{i2}, \dots, \bar{V}_{ij}, \dots, \bar{V}_{ij}). \quad (1)$$

где \bar{V}_{ij} – требования i -го потребителя к j -й задаче.

Каждая j -я задача характеризуется набором соответствующих параметров I^* - частных l -х требований i -го потребителя к j -й задаче. В общем виде

$$\bar{V}_{ij} = (\alpha_{ij1}, \alpha_{ij2}, \dots, \alpha_{ijl}, \dots, \alpha_{ijl}^*). \quad (2)$$

б) Требования Заказчиков \bar{V}_{ij} , близкие по типу, а в каждом j -м типе – возможно, и по их значениям, объединяются в q -ю группу задач, решаемых соответствующей организационно-технической подсистемой.

в). Далее решается задача в следующей постановке: из множества возможных вариантов создания q -х ОТПС (с соответствующими параметрами \bar{X}_q) выбираются такие из них, которые обеспечивают выполнение требований Заказчиков к подсистемам \bar{V}_q^* при минимальных ресурсных затратах $S_q(\bar{X}_q)$ на её создание, то есть определяется

$$\bar{V}_q(\bar{X}_q) \geq \bar{V}_q^*, \quad (q=1, q^*) \quad (3)$$

при

$$S_q(\bar{X}_q) \rightarrow \min. \quad (4)$$

Для ОТС в целом задача имеет вид

$$\bar{V} = (\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_q) \geq \bar{V}^* \quad (5)$$

при

$$S(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_q) \rightarrow \min, \quad (6)$$

где \bar{V}^* – требования к системе в целом;

$S(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_q)$ – затраты на её создание.

Постановки (3),(4) и (5),(6), конечно, не отражают в полной мере все факторы, которые оказывают влияние на показатели \bar{V}_q^* и \bar{V}^* . В частности, функционалы (3) и (5) не содержат различного рода факторов, влияющих на процесс функционирования ОТС и её подсистем, принимаемых ограничений и допущений при исследовании, векторы \bar{X}_q и \bar{X} включают в себя лишь организационно-технические параметры. Однако при этом методические принципы решения сформулированных задач, по существу, остаются неизменными.

С методической точки зрения теперь на первый план выступает задача распределения ресурсов S между Заказчиками, определения затрат i -го Заказчика S_{iq} , его

вклад в решение задач и создание q -й ОТПС. Эта задача является и наиболее сложной в связи с большим разнообразием требований Заказчиков к целевым ОТПС как по объему, так и по качеству решаемых задач. Формализовать эти сложнейшие взаимосвязи Заказчиков без серьезных упрощений задачи средствами современной математики на прикладном "рабочем" уровне, по существу, не представляется возможным. При разделении суммы S_q на ее слагаемые S_{iq} , по-видимому, решающее значение имеют экспертные оценки, правила "здравого смысла", опыт и квалификация специалистов, занимающихся разработкой, созданием и применением ОТС и её ОТПС.

Вместе с тем для подготовки принятия такого решения может оказаться полезной предварительная, подготовительная информация. Ее подготовку возможно осуществить по следующей схеме.

Предположим, каждый i -й Заказчик предъявляет к q -й ОТПС единственное, но однотипное для всех i^* Заказчиков, требование α_{iq} . Сформируем убывающую последовательность величин α_{iq}

$$\alpha_{1q} > \alpha_{2q} > \dots > \alpha_{iq} \dots \quad (7)$$

либо их безразмерных коэффициентов

$$\rho_{1q} = \frac{\alpha_{1q}}{\alpha_{1q}}, \rho_{2q} = \frac{\alpha_{2q}}{\alpha_{1q}}, \dots; \rho_{iq} = \frac{\alpha_{iq}}{\alpha_{1q}}, \quad (8)$$

а затем коэффициенты веса φ_{iq} требований i -го потребителя в общей системе требований i^* потребителей

$$\varphi_{iq} = \frac{\rho_{iq}}{\sum_i \rho_{iq}}. \quad (9)$$

С учётом значений φ_{iq} , сумма S_q затрат на q -ю ОТПС может быть представлена в следующем виде:

$$S_q = \sum_i \varphi_{iq} S_{iq}, \quad (10)$$

где коэффициенты φ_{iq} по сути и определяют доленое ресурсное участие i -го Заказчика в создании q -й ОТПС, а выражение (10) может рассматриваться в качестве ограничения, которое должно соблюдаться при разделении суммы S_q на ее слагаемые S_{iq} .

Если же к q -й ОТПС каждый Заказчик предъявляет более чем одно требование, то по описанной выше схеме могут быть определены усредненные веса φ_{iq} с учетом приоритетного распределения требований α_{iq} .

Следует, однако, иметь в виду, что при разработке планов развития ОТС, как показывает опыт, наиболее часто встречаются случаи, когда минимальные ресурсы S превосходят заданные по ним ограничения S^* . В этом случае задача решается в другой постановке: требуется определить такой состав ОТС и такие их параметры \overline{X}_q , которые бы обеспечили

$$\max \overline{V} = (\overline{X}_1, \overline{X}_2, \dots, \overline{X}_q) \quad (11)$$

при

$$S(\overline{X}_1, \overline{X}_2, \dots, \overline{X}_q) \leq S^*. \quad (12)$$

Методические принципы решения такой задачи во многом сохраняются. Все решение в этом случае базируется в конечном счете на поиске связей (2).

Рассмотрим далее особенности прогнозирования ОТС по схеме «снизу-вверх», имея в виду, что ОТС и её подсистемы создаются не с нуля, а уже имеют свою организационно-техническую «предисторию», а дальнейшее их развитие и совершенствование осуществляется за счёт улучшения ОТХ, за счёт реализации соответствующих организационно-технических мероприятий (ОТМ), ориентированных на улучшение этих ОТХ и в конечном счёте на повышение эффективности ОТС и её подсистем.

Итак, «отталкиваясь» от требований Заказчиков \overline{V}_q и \overline{V} и достигнутого уровня организационно-технических характеристик (ОТХ) ОТПС \overline{X}_{0q} и ОТС \overline{X}_0 , выбираем перечень (ОТМ) $\overline{X}_{\mu q}$ и \overline{X}_μ , способных на базе новых достижений в развитии спецтехники (так называемых «ноу-хау») существенно улучшить их показатели эффективности \overline{F}_q и \overline{F} для достижения поставленной цели при минимальных ресурсных затратах $S_{\mu q}$, S_q , S на их реализацию.

Функционалы для показателей эффективности ОТПС и ОТС примут соответственно вид:

$$\overline{F}_q = f(\overline{X}_{0q}, \overline{X}_{\mu q}); \quad (13)$$

$$\overline{F} = f(\overline{X}_0, \overline{X}_\mu). \quad (14)$$

На основе связей типа (13), (14) представляется возможным в принципе определить:

а) вклад $\Delta F_{\mu q}$ μ -го мероприятия в эффективность q -й ОТПС \overline{F}_q и вклад ΔF_q q -й ОТПС в эффективность \overline{F} ОТС в целом;

б) "ресурсную" долю затрат $\Delta S_{\mu q} = \frac{S_{\mu q}}{S}$, приходящуюся на реализацию μ -го мероприятия в q -й ОТПС, и долю затрат $\Delta S_q = \frac{S_q}{S}$, приходящуюся на реализацию q -й ОТПС с параметрами S_q и \overline{F}_q в рамках ОТС в целом;

в) цену единицы приращения выходного эффекта q -й ОТПС $\Delta d_\mu = \frac{\Delta S_{\mu q}}{\Delta F_{\mu q}}$ и ОТС в целом $\Delta d = \frac{\Delta S_q}{\Delta F_q}$ от реализации μ -го мероприятия;

г) распределение приоритетов мероприятий Ψ_μ по их вкладу $\Delta F_{\mu q}$ в эффективность q -й ОТПС \overline{F}_q , а также распределение приоритетов мероприятий Ψ_q q -х ОТПС по их вкладу ΔF_q в эффективность ОТС \overline{F} .

Вклад $\Delta F_{\mu q}$ рассчитывается по следующей схеме:

- все мероприятия функционала (13) $\overline{X}_{\mu q}$ фиксируются, например, на нулевом уровне;
- значения \overline{F}_q определяются только в зависимости от достигнутых ОТХ \overline{X}_{0q} ; $\overline{F}_q = f(\overline{X}_{0q})$;
- выбирается исследуемое мероприятие $\mu^?$ и выходной эффект рассчитывается по функционалу

$$\overline{F}_q^{\eta} = f(\overline{X}_{0q}, \overline{X}_{\mu\eta q});$$

• тогда отношение

$$\Delta F_{\mu q} = \frac{\overline{F}_q^{\eta}}{\overline{F}_q} \quad (15)$$

и будет характеризовать в данном случае вклад μ -го мероприятия в эффективность q -й ОТПС.

По аналогичной схеме определяется и вклад ΔF_q q -й ОТПС в эффективность ОТС в целом.

Задача по распределению ресурса S_q на реализацию планируемых мероприятий M_q в рамках q -й ОТПС решается в следующей постановке: из общего перечня возможных мероприятий по дальнейшему развитию q -й ОТПС на рассматриваемую перспективу требуется определить такой их состав M_q (с учетом их приоритетного распределения $\Psi_{\mu q}$ и такие их параметры $\overline{X}_{\mu q}$, а следовательно и такие их параметры q -й ОТПС \overline{X}_q ($\overline{X}_{\mu q}$, $\Psi_{\mu q}$), которые бы обеспечили требуемый ее выходной эффект \overline{F}_q^* при минимальных ресурсных затратах, т.е. требуется определить

$$\overline{F}_q(\overline{X}_q(\overline{X}_{\mu q}, \Psi_{\mu q})) \geq \overline{F}_q^*, \mu = \overline{1}, M_q \quad (16)$$

при

$$\min S_q(\overline{X}_{\mu q}).$$

В части выбора значений требуемого выходного эффекта \overline{F}_q^* представляются рациональными два подхода: первый – на основе имеющегося опыта и иных системных соображений значения \overline{F}_q^* задавать в виде точечных оценок; второй – значения \overline{F}_q^* задавать интервальными оценками $[\overline{F}_{q1}^*, \overline{F}_{qN}^*]$ его возможных дискретных значений \overline{F}_{qn}^* .

Для второго подхода требуется решение задачи

(16) для каждого элемента \overline{F}_{qn}^* из множества $[\overline{F}_{q1}^*, \overline{F}_{qN}^*]$.

Полученная в результате решения задач (16) зависимость набора мероприятий M_q от значений \overline{F}_q^* является парето-оптимальной, поскольку среди множества других возможных вариантов развития q -й ОТПС только реализация установленной совокупности ОТМ обеспечивает максимум ее выходного эффекта при заданных ресурсных ограничениях. Реализация этих приоритетных мероприятий по сути своей и определяет приоритетные направления развития q -й ОТПС на рассматриваемую перспективу.

По аналогичной схеме решается задача и по выбору приоритетных направлений развития ОТС в целом: требуется из множества возможных вариантов развития ОТПС (значений \overline{X}_q ($\overline{X}_{\mu q}$)) выбрать такие из них (с учетом их приоритетов Ψ_q), которые бы обеспечили требуемый выходной эффект ОТС \overline{F}^* при минимальных ресурсных затратах S на развитие ОТС в целом.

То есть требуется определить:

$$\overline{F}(\overline{X}_q(\overline{X}_{\mu q}, \Psi_q)) \geq \overline{F}^*, q = \overline{1}, Q \quad (17)$$

при

$$\min S_q(\overline{X}_q(\overline{X}_{\mu q})).$$

Схема решений сформулированной задачи предусматривает выбор приоритетных направлений развития ОТПС исходя из их вклада ΔF_q в решение задач ОТС с учетом полученных ранее зависимостей набора парето-оптимальных мероприятий их развития, а также выбора ОТМ развития ОТС в целом.

Материал поступил в редакцию 1. 03. 2012 г.