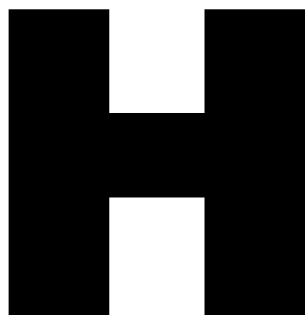


## Роль самоорганизации в инновационном развитии сложных технических систем

Рассматриваются принципы и этапы самоорганизации в программно-целевом планировании развития сложных технических систем, а также теоретическая модель самоорганизации сложной технической системы. Представлено традиционное и новое понимание категории «самоорганизация». Показано, что в развитии сложных систем антиэнтропийный принцип является таким же равноправным, как и классический энтропийный



### А.В. Леонов

ведущий научный сотрудник  
ФГБУ «46 ЦНИИ»  
Минобороны России,  
Москва, Россия,  
alex.clein51@yandex.ru,  
д-р экон. наук, профессор

### А.Ю. Пронин

старший научный сотрудник  
ФГБУ «46 ЦНИИ»  
Минобороны России,  
Москва, Россия, rpronin46@bk.ru,  
канд. техн. наук

а создание сложных технических систем (СТС) в рамках обоснования, формирования и реализации государственных программ (ГП) из госбюджета в последние годы выделяются значительные финансовые ресурсы. Результативность их использования напрямую зависит от качества плановых документов, что не в последнюю очередь определяется совершенством используемого для их разработки и реализации методологического аппарата.

Разработка и реализация ГП в Российской Федерации осуществляется в соответствии с нормативно-правовыми актами [1–3] на основе использования методологии программно-целевого планирования (ПЦП). В соответствии со Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации под научно-технологическим развитием понимается «трансформация науки и технологий в ключевой фактор развития России и обеспечения способности страны отвечать на большие вызовы». В этой связи одним из актуальных направлений дальнейшего совершенствования методологии ПЦП является использование, наряду с традиционным системным подходом и основополагающим принципом системности, новых принципов и механизмов самоорганизации (синергетический подход).

Необходимость совместного использования данных методологических инструментов обусловлена тем, что разработка и реализация государственных программ, направленных на создание и развитие сложных технических систем, в том числе инновационных, осуществляется в условиях риска. К числу основных видов риска можно отнести следующие [4]:

► финансово-экономический риск, обусловленный возможностью недоста-

точного финансирования работ по разработке СТС или превышения фактических затрат над запланированными;

► научно-технический риск, вызванный возможностью невыполнения организациями-разработчиками технических заданий на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) по созданию сложных технических систем, прекращения работ по научно-техническим причинам;

► производственно-технологический риск, обусловленный старением основных производственных фондов, утерей предприятиями технологий, отсутствием комплектующих изделий, и другие.

Кроме того, необходимо учитывать внешние факторы (риски), например: экономические санкции стран Евросоюза и США, вызвавшие в последнее время острую необходимость разработки соответствующих мероприятий по импортозамещению. Особенно актуальным становится учет этих рисков на этапах инновационного цикла создания СТС с целью принятия необходимых и своевременных мер по их парированию для повышения степени реализации государственных программ. Как известно, инновационный цикл создания любой сложной технической системы имеет достаточно большое количество этапов, в их числе [5]:

► базовые исследования (фундаментальные, поисковые, прикладные);

► научно-исследовательские работы (НИР), направленные на создание научно-технического задела (НТЗ);

► опытно-конструкторские работы (ОКР) по созданию новых (модернизации существующих) образцов техники, включая испытания;

► серийное производство и поставка новых видов техники;

### ключевые слова

самоорганизация, сложная техническая система, инновационное развитие, государственная программа

- ▶ эксплуатация, включая ремонт и хранение;
- ▶ утилизация устаревшей и исчерпанной ресурс техники.

Однако такое линейное представление об инновационном цикле сложной технической системы не дает нам возможности оценить, за счет каких механизмов СТС может приобрести способность адаптироваться к динамически изменяющимся внешним факторам (условиям) и устойчиво развиваться. В то же время наличие инновационных элементов, постепенное наращивание СТС своего инновационного потенциала обеспечивают ей способность к самоорганизации — своевременному и адекватному реагированию на изменение внешних факторов (условий) за счет инновационного изменения своего состава и структуры, то есть внутренних возможностей сложной системы. Итак, под самоорганизацией в данной статье понимается особый процесс мобилизации внутренних возможностей и способностей сложных технических систем, активизация которых обязательна при осуществлении любых целенаправленных и заранее спланированных мероприятий.

Таким образом, одним из эффективных механизмов развития и саморазвития СТС в современных условиях становится самоорганизация, о необходимости учета потенциальных возможностей которой и говорится в данной статье.

Далее в статье последовательно рассматриваются следующие вопросы:

- ▶ теоретическая модель самоорганизации СТС;
- ▶ практическая реализация теоретической модели в процессе программно-целевого планирования развития сложной технической системы.

### Теоретическая модель самоорганизации СТС

В современной теории самоорганизации [6–9] постулированы новые принципы систем, а именно открытость, неравновесность и нелинейность (основные принципы самоорганизации). В науке рассматри-

---

Самоорганизация — это особый процесс внутренней мобилизации возможностей и способностей сложной системы, активизация которых обязательна при осуществлении любых целенаправленных и заранее спланированных действий

---

ваются процессы и системы, «далекие от состояния равновесия» (то есть неравновесные), и не потому, что они самопроизвольны, но обусловлены внутренними (в том числе инновационными) свойствами, обеспечивающими способность этих систем за счет упорядочения своего состава и структуры адаптироваться к изменениям внешних условий.

Для обозначения таких «антиэнтропийных» процессов упорядочения, происходящих только в открытых неравновесных системах и имеющих другую природу, чем классический «энтропийный» процесс (для закрытых систем), направленный на бесконечное увеличение функции энтропии [8–9], стал применяться термин «самоорганизация». Широкая распространенность энтропийных и антиэнтропийных процессов на всех уровнях строения материи привела в XX веке к осознанию, что в развитии сложных систем оба этих процесса сосуществуют одновременно, а антиэнтропийный принцип является таким же равноправным, как и классический энтропийный. Из этого следует, что в принципе возможно одновременное проявление трех сценариев развития инновационного процесса [5, 10], как равновесного (организация) и как неравновесного (самоорганизация), состоящего из двух стадий (фаз):

- 1) классического энтропийного процесса;
- 2) антиэнтропийного процесса (собственно самоорганизация).

Возможные сценарии инновационного процесса в цикле программно-целевого планирования развития слож-

### справка

Под сложными техническими системами в данной статье подразумеваются в первую очередь системы оборонного назначения, в том числе система вооружения, состоящая из множества подсистем (отдельных военно-технических систем) и элементов — образцов военной техники

ных систем схематически показаны на рис. 1.

Процесс самоорганизации сложных технических систем в каждом цикле программно-целевого планирования состоит из нескольких фаз, соответствующих этапам обоснования и формирования программы. Длительность этих фаз самоорганизации определяется (задается) нормативными документами по разработке и реализации государственных программ, однако их интенсивность может быть различной.

На начальных этапах разработки программы интенсивность процессов самоорганизации невелика, преобладают в основном организационные мероприятия. Наиболее активно процессы самоорганизации проявляются начиная с этапа формирования исходного перечня элементов системы, которые предполагается включить в программу, и далее — формирования вариантов развития системы на основе имеющегося прогноза объемов ассигнований, сбалансирования и выбора рациональных вариантов.

Таким образом, самоорганизация имеет свой специфический жизненный цикл, который отражен на рис. 1 в фор-

ме неравновесного процесса, состоящего из двух стадий. Отсюда следует, что неравновесность порождает самоорганизацию и играет конструктивную роль в ее возникновении и росте. Неравновесное состояние, как показано на рис. 1, характеризуется двумя разнонаправленными процессами:

- а) классическим энтропийным процессом, направленным в сторону увеличения неравновесия (например, включение инновационных элементов в состав проекта программы, исключение уже устаревших и др.) с накоплением инновационного потенциала системы;
- б) антиэнтропийным процессом, направленным в сторону уменьшения неравновесия (например, формирование множества возможных вариантов развития системы, сбалансирование и выбор рациональных) с реализацией инновационного потенциала системы.

Из этого следует, что инновационное развитие сложных технических систем, осуществляемое в рамках программно-целевого планирования, представляет собой эволюционный процесс с устойчиво и точно повторяющимися внутренними циклами, включающими в себя сопряженный энтропийно-антиэнтропийный процесс. Процессы а) и б) взаимосвязаны, однако они имеют разную долю проявлений в инновационном развитии системы, совершаются в поле неравновесных событий и различаются лишь направленностью, то есть вектором изменений степени неравновесия. В соответствии с этим возможно векторное описание сложной динамики инновационного развития системы, при которой происходит сочетание, сопряжение и взаимный переход процессов а) и б).

С учетом изложенного, процесс изменения функции  $S$  состояния системы представляется возможным описать следующим динамическим уравнением [10]:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{d_e S}{dt} + \frac{d_i S}{dt} - \frac{d_j S}{dt}, \quad (1)$$

где  $e$  (от *lat. exterior* — внешний) — индекс, означающий энтропию, поступающую из внешней среды, с которой

**Рис. 1.** Возможные сценарии инновационного процесса в цикле программно-целевого планирования развития сложной системы [Possible scenarios of the innovation process in the program-target planning cycle for the complex system development]

