

**АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ
МЕТОДИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОБОСНОВАНИЯ
НАПРАВЛЕНИЙ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРЕДПРИЯТИЙ
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ**

Ахмедханов М.Р., аспирант Московского университета имени С.Ю. Витте

В статье приводятся результаты практического применения разработанного методического инструментария обоснования программ развития технологической инфраструктуры предприятий ракетно-космической отрасли, включающего совокупность базовых принципов управления развитием технологической инфраструктуры предприятий ракетно-космической отрасли, а также модели и методы формирования программ развития технологической инфраструктуры предприятий ракетно-космической отрасли при ограниченном объеме информации о целях и ограничениях развития.

Ключевые слова: модернизация, технологическая инфраструктура, ракетно-космическая отрасль, предприятие, оборудование, ресурсы, работа, моделью

UDC 65.012.2

**ANALYSIS OF RESULTS OF PRACTICAL APPLICATION OF
METHODOLOGICAL TOOLS FOR SUBSTANTIATION OF DIRECTIONS OF
INNOVATIVE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL
INFRASTRUCTURE OF SPACE MISSILE ENTERPRISES**

Akhmedkhanov M.R., post-graduate student at S.U. Vitte Moscow University

The article discovers results of practical application of elaborated methodical tools for substantiation of directions of innovative development of technological infrastructure of space missile enterprises including an aggregate of basic principles of managing the development of technological infrastructure of space missile enterprises as well as models and methods of creation of development programs for technological infrastructure of space missile enterprises in the conditions of limited information on targets and limitations of development.

Keywords: measures, technological infrastructure, space-missile industry, enterprise, equipment, resources, job, model.

Проведенный анализ рынка космических услуг показал, что на настоящий момент времени чрезвычайно актуальными являются следующие направления:

- развитие существующей наземной космической инфраструктуры в плане сохранения конкурентно-способного уровня пусковых услуг;
- развитие наземной космической инфраструктуры в интересах создания, развертывания и поддержания функционирования национальной системы глобального наземного позиционирования «Глонасс».

Так как развитие обоих этих направлений в настоящее время обеспечивается с использованием возможностей космодрома «Байконур», то и экспериментальная апробация осуществлялась на примерах формирования вариантов модернизации объектов соответствующей технологической инфраструктуры предприятия – ФГУП «Центр эксплуатации наземной космической инфраструктуры», в частности, при обосновании инновационной программы развития теплоэлектростанции (ТЭС) г. Байконур.

Апробации подвергнута модель формирования объемов работ по принципу максимизации отклика показателей качества технологической инфраструктуры (ТхИн) предприятий ракетно-космической отрасли (РКО) на развитие ее составных частей в условиях переменных объемов финансирования и откликов на проведение работ по развитию объектов ТхИн предприятий РКО. При этом ТхИн предприятий РКО представляется как совокупность объектов, включающих в себя несколько видов оборудования, на котором проводятся работы по их совершенствованию (рис. 1).

Выполнение работ приводит к некоторому положительному изменению показателя качества функционирования объекта ТхИн предприятий РКО, которое будем называть откликом на выполнение работы. Показатели качества функционирования ТхИн предприятий РКО и ограничения на выделяемые ресурсы представлены выражениями (1) – (3).

$$\Delta\Pi_{ij}^{\ell} = \sum_{k=1}^{K_{ij}} \Delta\Pi_{ijk}^{\ell} (x_{ijk1}^{\ell} c_{ijk1} + \dots + x_{ijkv}^{\ell} c_{ijkv} + \dots + x_{ijkv_{ijk}}^{\ell} c_{ijkv_{ijk}}) \quad (1)$$

$$\forall \ell, i, j, k, v \quad x_{ijkv}^{\ell} \in \{0,1\}, \quad \sum_{v=1}^{v_{ijk}} x_{ijkv}^{\ell} \in \{0,1\} \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^{K_{ij}} (x_{ijk1}^{\ell} c_{ijk1} + \dots + x_{ijkv}^{\ell} c_{ijkv} + \dots + x_{ijkv_{ijk}}^{\ell} c_{ijkv_{ijk}}) \leq C_{ij} \quad (3)$$

где I – количество модернизируемых объектов ТхИн предприятий РКО; J_i – количество видов оборудования в i -ом объекте ТхИн предприятий РКО; K_{ij} – количество возможных мероприятий (работ), направленных на модернизацию j -го вида оборудования i -го объекта ТхИн предприятий РКО; v_{ijk} – количество вариантов выполнения k -ой работы по модернизации j -го вида оборудования i -го объекта ТхИн предприятий РКО; L – количество показателей качества функционирования ТхИн предприятий РКО; r_{ijk} – условное наименование k -ой работы ($k = \overline{1, K_{ij}}$) j -го вида оборудования ($j = \overline{1, J_i}$) i -го объекта ТхИн предприятий РКО ($i = \overline{1, I}$); c_{ijkv} – затраты на выполнение v -го варианта ($v = \overline{1, v_{ijk}}$) ijk -ой работы; $\Delta \Pi_{ijk}^{\ell}$ – приращение ℓ -ого показателя качества функционирования ТхИн предприятий РКО ($\ell = \overline{1, L}$) за счет выполнения k -ой работы по совершенствованию j -го вида оборудования i -го объекта ТхИн предприятий РКО; C_{ij} – возможное количество финансовых средств, выделяемых на модернизацию j -го вида оборудования i -го объекта ТхИн предприятий РКО. Задача решается для заданного набора возможных вариантов финансирования, что дает возможность оперативной коррекции вариантов инновационных программ развития в случае изменения финансирования.



Рис. 1. Технологическая инфраструктура предприятий ракетно-космической отрасли

Функции отклика ТЭЦ и ее систем на вложение средств в модернизацию ее оборудования представлены графически на рис. 2. В результате проведенных расчетов с помощью разработанной модели были сформированы базовые варианты развития ТЭЦ для двух вариантов финансирования – 51,5 млн. руб. и 20,5 млн. руб. При выделении 51,5 млн. руб. показано, что, выполнив на эту сумму работы по модернизации ТЭЦ в оптимальном объеме, приведенном в нижней части рис. 2, можно обеспечить ежегодную экономию в размере 29 млн. руб. В случае, если на модернизацию ТЭЦ будет выделено 20,5 млн. руб., то максимально возможная годовая экономия составит 14,7 млн. руб.

Приведенные на рис. 2 кривые показывают, как изменяется чувствительность показателя экономической эффективности к объему финансирования работ по модернизации. В данном случае с ростом объема финансирования она уменьшается. Так, вложение первых 20 млн. руб. обеспечивает годовую экономию в размере 14 млн. руб., вторых – в размере 10 млн. руб., а третьих – только 6 млн. руб. Отсюда можно сделать вывод о том, что на основе знания функций отклика можно решать не только задачи оптимального распределения единовременно выделяемых средств, но и задачи распределения средств в динамике по годам таким образом, чтобы суммарный эффект за N лет был бы максимальным.

Разработанный метод планирования поэтапной реализации инновационной программы развития ТХИИ предприятий РКО учитывает как временные, так и финансовые ограничения. Инновационная программа развития (ИПР) характеризуется при этом временными, финансовыми, материальными и трудовыми затратами. Реализация ИПР планируется на заданном числе этапов K , для каждого из которых выделяются финансовые, материальные и трудовые ресурсы, а сами работы по модернизации могут быть проведены только в паузах между решением целевых задач. Как оценки затрат на реализацию ИПР, так и значения выделяемых на модернизацию ресурсов из-за

воздействия факторов неопределенности не могут быть точно известны, а задаются нечеткими числами.

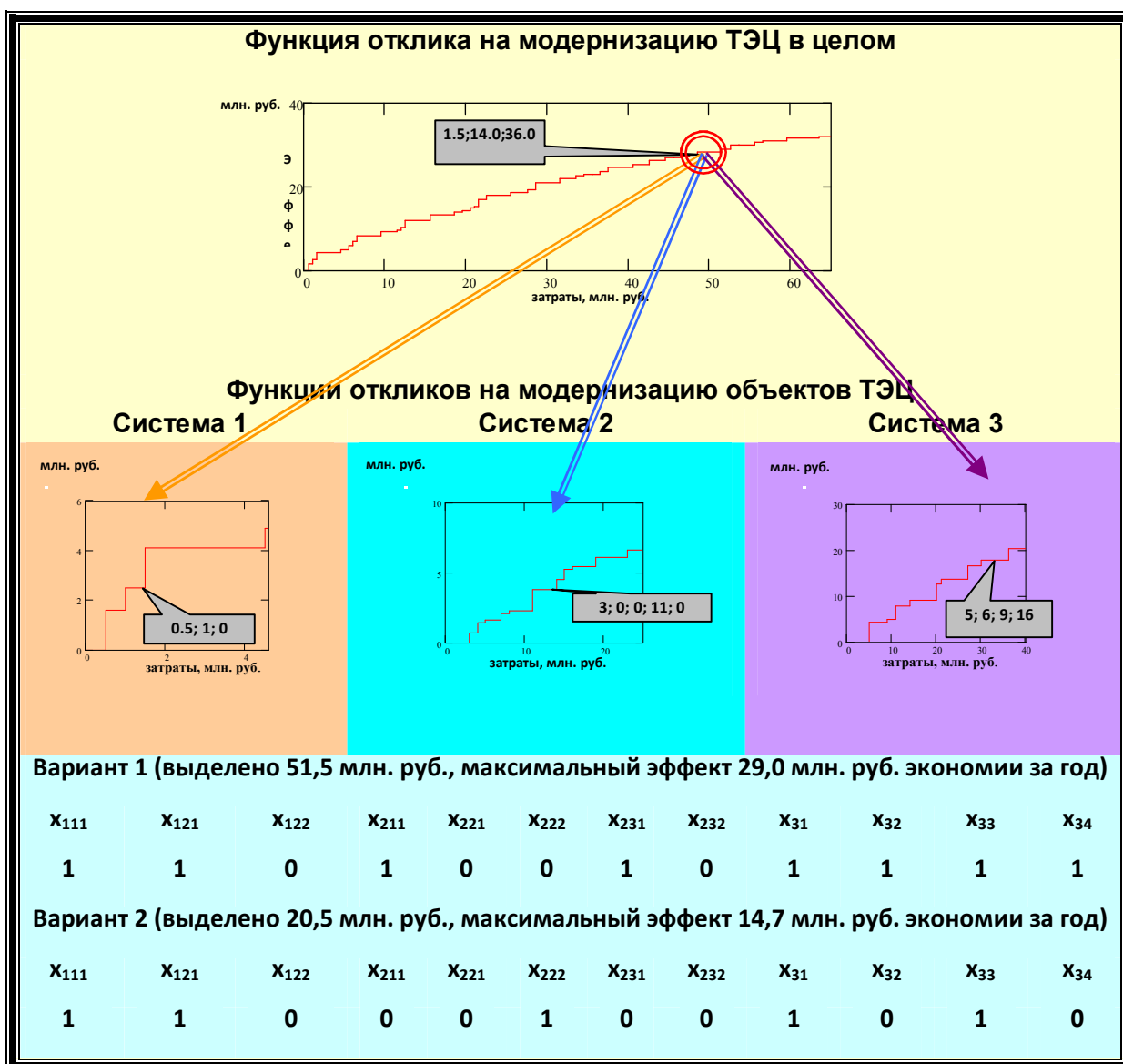


Рис. 2. Функции отклика ТЭЦ и ее систем на вложение средств в модернизацию ее оборудования

Введя булеву переменную x_{ijk} , которая принимает единичное значение, если i -й объект ТхИн предприятий РКО модернизируется в j -м интервале k -го этапа, задача планирования поэтапной реализации ИПР формулируется как многокритериальная задача нечеткого линейного программирования с двумя целевыми функциями, отражающими максимизируемую полноту реализации ИПР $f_1(x) = \sum_{i=1}^n \alpha_i \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^{m_k} x_{ijk}$ и минимизируемую длительность

реализации ИПР $f_2(x) = \sum_{i=1}^n t_i \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^{m_k} x_{ijk}$. Множество ограничений состоит

из пяти ограничений, сущность которых сводится к следующим требованиям: модернизация каждого i -го объекта ТхИн предприятий РКО может осуществляться только на одном j -ом интервале некоторого k -го этапа; расходимые суммарные материальные, трудовые и финансовые ресурсы для модернизируемых объектов не должны превосходить выделяемые средства на каждом этапе реализации ИПР; реконструировать объект i_2 можно начинать лишь после модернизации объекта i_1 .

Алгоритм решения задачи планирования поэтапной реализации ИПР ТхИн предприятий РКО состоит в преобразовании двухкритериальной задачи планирования к последовательности однокритериальных задач методом уступок и дальнейшему решению однокритериальных задач нечеткого линейного булевого программирования методом ветвей и границ.

Метод планирования поэтапной реализации инновационных программ развития ТхИн предприятий РКО в условиях временных и финансовых ограничений апробирован при обосновании параметров инновационной программы модернизации измерительного комплекса космодрома (ИКК) «Байконур». При этом сравнительному анализу подверглись три вида планов модернизации: П1 – модернизация в паузах целевого применения с пятью этапами в течение 5 лет; П2 – модернизация в паузах целевого применения, число этапов и максимальная длительность модернизации не ограничены; П3 – модернизация параллельно с сохранением «старых» узлов ИКК с пятью этапами в течение 5 лет.

Показано (см. рис. 3-6), что наиболее предпочтительным планом является план 3, предполагающий параллельную модернизацию и являющийся более рациональным, чем план 1 – по объему модернизированных средств, и чем план 2 – по суммарным затратам на эксплуатацию и модернизацию.

Получены экспериментальные кривые (см. рис. 7-10) зависимости показателей качества планов от условий модернизации (загруженности целе-

выми задачами и выделяемыми ресурсами). Экспериментально установлено, что при модернизации в паузах целевого применения ИКК при большой загруженности целевыми задачами полнота и длительность модернизации слабо чувствительны к объему выделяемых ресурсов.

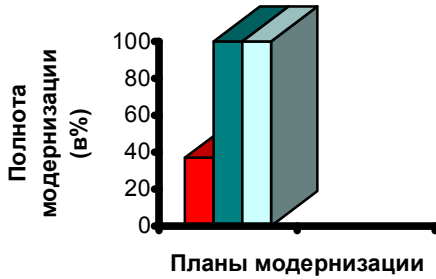


Рис. 3

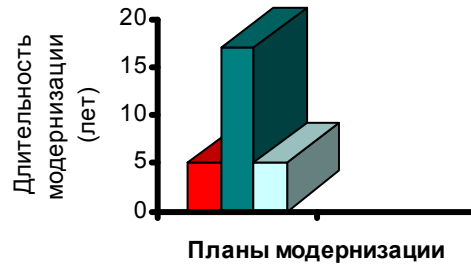


Рис. 4

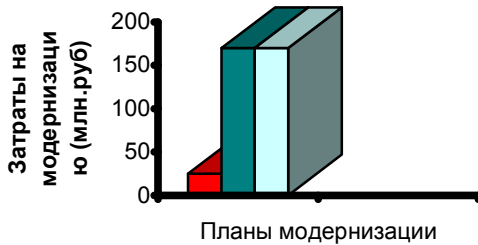


Рис. 5

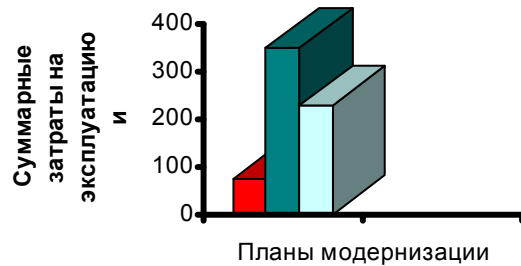
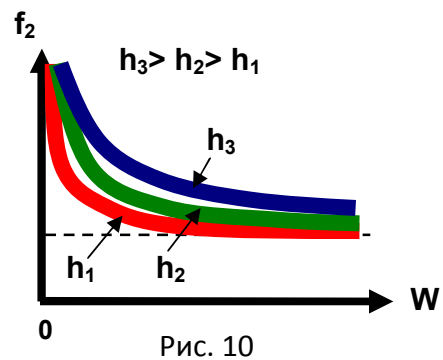
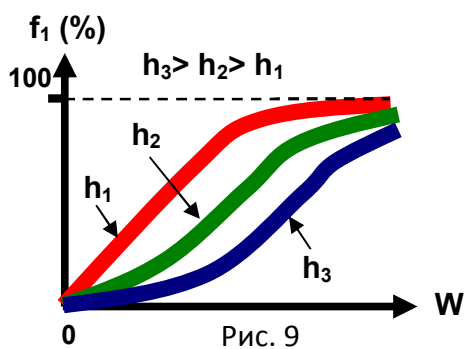
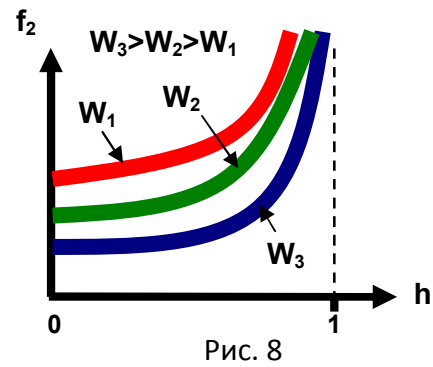
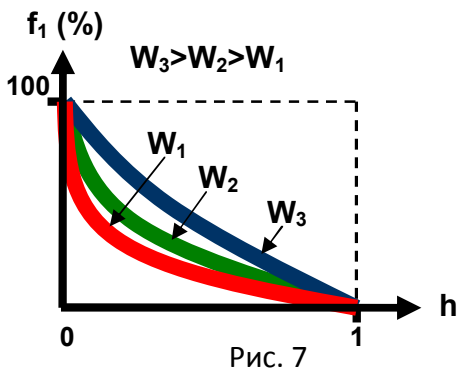


Рис. 6



Применение разработанного научно-методического обеспечения позволило сформировать конкретные технические предложения по модернизации средств ИКК.

Таким образом, в статье описаны результаты апробации разработанного методического обеспечения при обосновании программ развития конкретных объектов ТхИн предприятий РКО, результаты которой свидетельствуют, во-первых, о высокой адекватности разработанных моделей реальным условиям развития ТхИн предприятий РКО, во-вторых, о достаточной общности полученных результатов и возможности их использования не только применительно к ТхИн предприятий РКО, но и к более широкому классу сложных технических систем с высокой ценой отказа, функционирующих в условиях неопределенности.

В целом реализация результатов диссертации обеспечила возможность обосновать рациональные варианты развития объектов ТхИн предприятий РКО без перерывов в их целевом функционировании и с учетом ограниченного объема информации об условиях развития.

При этом реализация результатов позволила: повысить обоснованность принимаемых решений на модернизацию средств ТхИн предприятий РКО, в результате чего уменьшить время разработки и реализации программ развития объектов ТхИн предприятий РКО в 2,5 – 3,2 раза при экономии в 1,7 – 2,1 раза суммарных затрат на модернизацию и эксплуатацию; сократить сроки обоснования объемов и планирования работ примерно на 45-55%; провести модернизацию объектов без снижения уровня готовности ТхИн предприятий РКО к выполнению целевых задач.

Литература

1. Концепция долгосрочного прогноза научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2025 года. – М.: Минобрнауки РФ, 2006.
2. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на долгосрочную перспективу. – М.: Минэкономразвития РФ, 2008. – 606 с.