



Орлов
Александр Иванович
 доктор техн. наук, доктор экон. наук,
 профессор кафедры «Экономика и организация
 производства» МГТУ им. Н.Э. Баумана



Цисарский
Александр Дмитриевич
 доктор экон. наук, профессор кафедры
 «Экономика и организация производства»
 МГТУ им. Н.Э. Баумана

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ НИОКР НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

В статье предложен авторский подход к выбору приоритетности выполнения НИОКР в ракетно-космической отрасли. Для реализации инструментария проектного управления предлагаются пять критериев выбора приоритетности проектов с учетом особенностей космической деятельности в России. Для установления приоритетов авторы предлагают использовать методы экспертных оценок. Для расчета интегрального показателя приоритетности проектов могут быть использованы взвешенные средние по Колмогорову и взвешенные медианы.

Ключевые слова: ракетно-космическая техника, космический аппарат, научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа (НИОКР), инновационный проект, проектный менеджмент, приоритетность реализации проектов, экспертные оценки, интегральный показатель, средние по Колмогорову.

Orlov Alexander, doctor of techn. sciences, doctor of econ. sciences, professor of the «Economics and production organization» department, BMSTU

Cisarsky Alexander, doctor of econ. sciences, professor of the «Economics and production organization» department, BMSTU

DETERMINING THE PRIORITY OF R & D IMPLEMENTATION AT THE ENTERPRISES OF THE ROCKET AND SPACE INDUSTRY

The article suggests the author's approach to choosing the priority of R&D realization in the rocket and space industry. To implement the project management tools, five criteria for selecting projects priority are proposed, taking into account the specifics of space activities in Russia. The authors suggest using expert assessment methods to set priorities. Weighted Kolmogorov averages and weighted medians can be used to calculate the integral indicator of projects priority.

Keywords: rocket and space technology, spacecraft, research and development work (R&D), innovative project, project management, priority of project implementation, expert assessments, integral indicator, Kolmogorov averages.

Введение

В рамках Государственной программы по космической деятельности до 2025 года «Стратегии развития космической деятельности до 2030 года и дальнейшую перспективу» на предприятиях ракетно-космической отрасли (РКО) реализуется большое число проектов. Все проекты, выполняемые по этим программам, инновационные. Выполнение этих проектов связано с большими затратами и продолжительно по времени. Инновационные проекты имеют свои особенности [1]:

- они имеют четко выраженные цели и сопряжены с новизной;
- им присущи комплексность и слабая структурированность;
- финансирование таких проектов ограничено;
- сроки реализации проекта по созданию ракетно-космической техники (РКТ) могут быть от трех до семи и более лет;
- эти проекты не имеют аналогов в России;
- реализация проектов сопряжена с высокими рисками и др.

Создание ракетной техники (до 80% проектов¹) реализуется в рамках НИОКР. Анализ выполнения Федеральных целевых программ по космонавтике, Федеральной космической программы 2005-2015² показывает, что наблюдается невыполнение отдельных ее пунктов (например: создание ракеты носителя сверхтяжелого класса в РФ). Несмотря на своевременное и полное финансирование, срок завершения работ по принятию космического ракетного комплекса «Ангара» в эксплуатацию в свое время был продлен на 3 года – с 2012 до 2015 года³. Связано это с отсутствием соответствующего задела по НИОКР и с наличием необходимого ресурсного обеспечения (кадровое обеспечение, производственные мощности, технологии, наличия скоординированного и согласованного плана работ и др.). Возможности реализации проектов по созданию

ракетно-космической техники (РКТ) и ее составных частей на некоторых предприятиях отрасли ограничены. Кроме того, необходимо учитывать при планировании и реализации НИОКР недостаточное ресурсное обеспечение, жесткие сроки создания опытных образцов и различные виды наземной отработки, летных испытаний и др.

Цель настоящей статьи – разработка нового организационно-экономического подхода определения приоритетности реализации НИОКР на предприятиях РКО. Данный подход будет полезен специалистам, занимающимся планированием НИОКР на предприятиях отрасли.

Жизненный цикл создания РКТ

В соответствии с регламентом создания ракетно-космической техники выделяют несколько этапов жизненного цикла [1]:

1. Концепция.
2. Разработка технического проекта (аванпроекта и эскизного проекта).
3. Разработка рабочей конструкторской документации.
4. Разработка технологической документации и техпроцессов.
5. Изготовление макета и опытных изделий (опытного образца).
6. Наземная отработка (испытания).
7. Летные испытания и доработка документации для производства по результатам испытаний.
8. Опытная эксплуатация.
9. Запуск в производство.

В соответствии с отраслевым регламентом этапы 2-8 выполняются в рамках НИОКР.

Все НИОКР на создание ракетной техники имеют ряд общих признаков. Рассмотрим этапы НИОКР на примере создания космического аппарата (КА). Перед началом НИОКР на проектирование КА разработчику представляется формализованное тактико-техническое задание (ТТЗ) на разработку аванпроекта (АП), эскизно-

¹ Новости Роскосмоса [Электронный ресурс] <https://www.roscosmos.ru/> (дата обращения 05.12.2019).

² Проверка целевого и эффективного использования средств федерального бюджета, выделенных в 2006-2008 годах и истекший период 2009 года на реализацию Федеральной космической программы России на 2006-2015 годы. [Электронный ресурс] http://audit.gov.ru/activities/bulleten/556/16277/?sphrase_id=11662501 (дата обращения 05.12.2019).

³ Там же.

го проекта (ЭП), технического проекта (ТП) на все изделие и составные части КА [2]:

- двигательную установку;
- подсистему ориентации и стабилизации;
- подсистему энергообеспечения;
- подсистему терморегулирования;
- подсистему коррекции;
- бортовую аппаратуру командно-измерительной системы;
- конструкцию платформы.

После разработки этих документов на основе данных, полученных расчетным путем, выбирается оптимальный проект и формируется облик будущего изделия. При этом решается задача внешнего проектирования [2]:

- формирование показателей качества и целевой функции;
- обеспечение структурной устойчивости проекта;
- формирование задачи на внутреннее проектирование.

Показатели надежности задаются сверху вниз, т.е. на изделие в целом (КА), а затем распространяются на его составные части. На показатели надежности накладываются ограничения конструктивного, технологического, эксплуатационного и экономического характеров. На этапе внешнего проектирования реализуются следующие процедуры [2]:

- выбор параметров орбитальной группировки;
- расчет радиолинии и формирование требований к параметрам полезной нагрузки;
- выбор средств и схем выведения, предварительная оценка предельной массы КА;
- анализ контуров управления и определение требований к бортовой аппаратуре управления.

К задачам внутреннего проектирования относятся:

- синтез вариантов конструкции КА;
- формирование номенклатуры критических параметров (совместимость со средствами выведения, управление движением КА, управление угловым движением, энергобережение и сброс тепла и др.).

По результатам полученных на этом этапе проектирования технических характеристик выбираются параметры допустимого проекта. После этого конструкторы приступают к выбору компоновки КА. После определения компоновочной схемы КА и согласования с заказчиком

всех критических параметров проекта начинается процедура разработки рабочей конструкторской документации (РКД), макетирование изделия, изготовление опытного образца, комплекс наземных и летных испытаний, опытная эксплуатация и корректировка РКД по результатам выполнения этих процедур. Следует отметить, что проекты по созданию перспективных образцов РКТ требуют учета многих факторов, в том числе [1]:

- источник финансирования проекта и наличие финансовых ресурсов в полном объеме;
- прогнозирование и оценку трудоемкости и затрат на создание изделий РКТ и их составных частей;
- наличие научной и экспериментальной базы для реализации КП;
- наличие соответствующих технологий на предприятии;
- продолжительность технологического цикла создания РКТ;
- наличие подготовленного кадрового потенциала;
- обеспечение поставок сырья, материалов, комплектующих изделий по всей номенклатуре и объемам в установленные сроки;
- наличие кооперированных поставок сырья, материалов, комплектующих и др.

Выбор критериев ранжирования и классификация НИОКР для ракетно-космической отрасли

Выполнение НИОКР по созданию перспективных образцов РКТ — это инновационная деятельность. На практике предприятия, как правило, реализуют одновременно несколько проектов. В условиях дефицита высококвалифицированных научных и инженерных кадров на предприятиях отрасли возникает проблема для руководства: в какой последовательности осуществлять реализацию НИОКР. Для формирования рациональной структуры и определения приоритетности выполнения НИОКР на предприятии будем исходить из того, что на предприятиях отрасли изучена и внедрена методология проектного управления при создании РКТ.

В дальнейшем для простоты изложения вместо НИОКР будем применять термин «проект». При проектном управлении проектные менеджеры должны ответить руководству предприятия, выполняющего проекты, на ряд вопросов [3-5]:

- Какие проекты следует реализовать и в какой последовательности?
- Каким проектам дать приоритет?
- Когда и с какими проектами можно стартовать?
- Какие проекты могут выполняться параллельно с другими, исходя из возможностей предприятия?
- В какой очередности следует выполнять проекты?
- Когда и в каком объеме потребуются инвестиции, откуда можно привлечь дополнительные мощности для изготовления опытного образца и проведения испытаний?
- Как высоки расчетные затраты на реализацию проектов?
- Каковы реальные сроки реализации проектов?
- Можно ли реализовать проект с заданным ТТЗ?

Ответы на все эти вопросы можно получить, используя методологию проектного управления.

Анализ существующих подходов по формированию приоритетности проектов показывает, что существующая в проектном менеджменте практика неприемлема для РКО. Связано это в первую очередь с тем, что финансирование космической деятельности в России производится из бюджета государства в рамках Государственных контрактов. Для реализации инструментария проектного управления авторами настоящей статьи предлагаются 5 критериев выбора приоритетности проектов с учетом особенностей КД в России:

1. Вклад проектов в стратегию развития страны и отрасли.
2. Значимость проектов для экономики, науки, безопасности государства.
3. Научная новизна проектов и его значение для получения новых знаний и развития новых космических технологий.
4. Направленность проекта на техническое перевооружение предприятий отрасли, внедрение новейших технологий для создания конкурентоспособной РКТ.
5. Учет стратегического, функционально-структурного уровней, а также уровня текущего производства.

Исходя из критериев, сформулированных выше, авторами предложены принципы ранжирования всей совокупности проектов для РКО. Рассмотрим более подробно некоторые категории этих проектов.

Финансирование проектов по космической деятельности (КД) в основном осуществляется из бюджета РФ⁴. Российская космонавтика всегда была локомотивом экономики нашего государства и давала импульс развития многим отраслям промышленности: машиностроительному комплексу, металлургии, станкостроению, приборостроению, информатике и информационным технологиям, химико-технологической промышленности и ряду других. По заявлению генерального директора ГК «Роскосмос» на заседании коллегии отрасли в 2018 году: «... создание одного рабочего места в госкорпорации способствует созданию 9 рабочих мест в экономике страны»⁵.

Вклад предприятий РКО в фундаментальную науку и получение новых знаний для общества — значительный. Важнейшими направлениями отечественных фундаментальных космических исследований на долгосрочную перспективу в дальнем космосе согласно⁶ приняты:

- исследование планет и малых тел Солнечной системы, поиск путей предотвращения возможных угроз Земле и ее биосфере, детальное изучение Луны с помощью автоматических космических аппаратов и робототехнических систем, развертывание на ее поверхности астрономических обсерваторий, пунктов мониторинга Солнца и станций наблюдения за Землей;
- астрофизические исследования, включая физику космических лучей;
- изучение Солнца и солнечно-земных связей;
- изучение влияния факторов космического полета и космического пространства на живые системы, в том числе в интересах осуществления пилотируемых полетов за пределами магнитосферы Земли, поиск внеземной жизни.

Реализация проектов по фундаментальным исследованиям космоса требует комплекса мер научно-технического и организационного харак-

⁴ Новости Роскосмоса [Электронный ресурс] <https://www.roscosmos.ru/> (дата обращения 05.12.2019).

⁵ Там же.

⁶ Основные положения Основ государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу [Электронный ресурс]. <https://legalacts.ru/doc/osnovnye-polozhenija-osnov-gosudarstvennoipolitiki-rossiiskoi-federatsii/> (дата обращения 05.12.2019).

тера, больших финансовых затрат. Связано это в первую очередь с тем, что для этих целей необходима уникальная научная аппаратура, требуются РН различного класса, космические аппараты (КА) с множеством специальных функций (например: мягкая посадка на другую планету, исследование ее атмосферы, поверхности, забор грунта и доставка его на Землю и др.). Реализация таких проектов очень длительная и требует участия многих структур и ведомств.

Проекты по астероидно-кометной опасности выполняются для предотвращения столкновения с Землей различных небесных тел: астероидов, комет, космического мусора. Для этого рассчитываются траектории небесных тел, приближающихся на близкое расстояние к нашей планете и, в случае необходимости, реализуется комплекс мер направленных на перевод астероида на другую орбиту, а также для осуществления безопасного затопления крупных частей ОС, КА в мировом океане Земли и др.

Проекты по развитию новых (прорывных) космических технологий направлены на достижение ими мирового уровня, осваиваемых отечественной промышленностью, как ракетно-космической, так и смежными с ней отраслями, и направленных на обеспечение реализации стратегических интересов России в ближнем и дальнем космосе, а также развитие отечественной системы средств выведения и наземной инфраструктуры⁷. К таким проектам относятся:

1. Проекты по пилотируемой космонавтике.
2. Развитие орбитальной группировки ГЛОНАСС.
3. Разработка КА для орбитального обслуживания долгоживущих космических средств.
4. Создание высоконадежных компонентов и систем бортовой радиоэлектронной аппаратуры, стойкой к воздействию факторов космического пространства.
5. Создание космических ядерных энергоустановок большой мощности и их ключевых элементов и др.

Проекты по пилотируемой космонавтике реализуют цикл исследований на околоземной орбите по металлургии, биологии, медицине, метеорологии, сельскому хозяйству и другим сферам деятельности. В перспективе на основе конструкции МКС и опыта ее эксплуатации возможно создание орбитальных станций (ОС)

на орбите Луны и других планет Солнечной системы.

Развитие системы ГЛОНАСС расширяет спектр космической деятельности в интересах потребителя, включая граждан РФ. В первую очередь – это спутниковые навигационные системы в интересах потребителя, спутниковая связь, телерадиовещание, спутники по дистанционному зондированию Земли, спутники по наблюдению за атмосферой Земли, аномальными явлениями (цунами, землетрясения, пожары и т.п.) и передачи соответствующей информации для оперативного принятия мер и т.п.

Направленность проектов на техническое перевооружение предприятий отрасли для создания конкурентоспособной РКТ обусловлена технологическим отставанием ракетной отрасли России от ведущих космических держав. Эта категория проектов направлена на создание технологий производства создания ракетной техники, превосходящей по своим характеристикам зарубежные аналоги, а также на совершенствование системы качества этих изделий.

Анализ экспертных упорядочений и интегральный показатель приоритетности проектов

После формирования перечня возможных проектов необходимо установить их приоритеты, т.е. расположить их в порядке предпочтений для реализации – сначала самый приоритетный проект (реализуется первым), затем второй по предпочтению (реализуется после первого), третий и т.д.

Для установления приоритетов авторы предлагают использовать методы экспертных оценок [6]. Для выявления приоритетности НИОКР путем применения экспертных технологий приказом генерального директора предприятия назначается комиссия экспертов из состава членов НТС, начальников отделов, руководителей научных направлений.

В теории принятия решений разработано два подхода к установлению приоритетов на основе экспертных оценок [7]:

1. На основе непосредственного сравнения объектов экспертизы.
2. На основе экспертных оценок объектов экспертизы по набору факторов.

⁷ Там же.

В первом подходе ответ каждого эксперта – упорядочение (нестрогое), т.е. кластеризованная ранжировка. Пример экспертного упорядочения:

$$3 < 1 < (2, 4) < 6 < 5. (1)$$

Эта запись означает, что проект 3 – самый лучший, проект 1 – второй по привлекательности, далее идут равноценные между собой проекты 2 и 4 (то, что они равноценны, соответствует их размещение в одном кластере, выделенном скобками), далее идет проект 6 и замыкает упорядочение проект 5.

Для нахождения единого мнения комиссии экспертов в ситуации, когда ответы экспертов – упорядочения (нестрогие), т.е. кластеризованные ранжировки, проводится анализ экспертных упорядочений несколькими способами [8]. Ряд методов основан на таблице рангов объектов экспертизы (т.е. их мест в упорядоченном ряду вида (1)).

Путем сравнения по средним арифметическим рангов, а затем и медиан рангов получаем две вспомогательные кластеризованные ранжировки. Затем строим согласующую ранжировку. Этот метод предпочтительнее метода анализа иерархий Саати [9], который противоречит теории измерений и имеет другие недостатки, указанные проф. В.В. Подиновским [10-11]. Авторы упоминают про этот метод, поскольку он довольно широко известен.

Другой способ нахождения единого мнения комиссии экспертов основан на расчете медианы Кемени экспертных упорядочений. В соответствии с рекомендациями теории устойчивых экономико-математических методов и моделей [12] следует обработать одни и те же данные различными способами. Если выводы близки (устойчивы к выбору метода расчета), то они отражают реальность. Если же выводы заметно меняются в зависимости от выбора метода расчета, то их значение для практики управления ничтожно.

Во втором подходе объекты экспертизы упорядочиваются не непосредственно, а на основе значений некоторого набора факторов. Таким образом, имеется перечень факторов. Для каждого объекта экспертизы определяют (обычно с помощью экспертов) значения факторов, входящих в этот перечень. Значения факторов объединяются в интегральном показателе приоритетности проектов. Например, значение каждого фактора для определенного объекта экспертизы умножается на коэффициент (вес этого фактора), а затем сум-

ма таких произведений по всем факторам рассматривается как значение интегрального показателя для рассматриваемого объекта экспертизы. Заключительный шаг – упорядочение объектов экспертизы соответственно значениям интегрального показателя. Термины «интегральный показатель», «обобщенный показатель», «индекс», «рейтинг» в рассматриваемом контексте являются синонимами.

При реализации второго подхода организатору экспертизы необходимо решить ряд промежуточных задач.

А. Выбор шкал измерения значений факторов. Опыт показал целесообразность использования балльных оценок 1, 2, 3, ..., 9, 10 – от наихудшей оценки (1) до наилучшей (10). Возможно использование другой системы баллов. Для обеспечения сопоставимости значений различных факторов следует использовать одну и ту же балльную шкалу для всех факторов.

Б. Формирование системы факторов. Исходный набор факторов задает организатор экспертизы. Например, в примере, разобранный в [7], он состоит из 8 факторов. Это множество факторов эксперты сначала расширяют, а потом сужают множество факторов. А именно, на первом этапе эксперты в ходе свободной дискуссии расширяют (в разы) множество факторов с целью учесть возможные влияния на результат упорядочения проектов. Затем на втором этапе необходимо его сократить, например, до 7-9 факторов. Экспертам дается задание: «Укажите 5 наиболее важных факторов». В итоговый перечень включаются факторы, набравшие не менее половины голосов экспертов (возможны и другие правила принятия решений). Очевидно, процедура формирования системы факторов включает ряд параметров, которые организатор экспертизы может выбирать по своему усмотрению.

В. Соизмерение важности факторов. Это делается путем введения весовых коэффициентов, т.е. чем важнее фактор, тем выше коэффициент. Обычно принимают, что весовые коэффициенты неотрицательны и в сумме составляют 1. Весовые коэффициенты определяют в ходе специально для этого организованного экспертного опроса. Целесообразно исходить из иерархической системы факторов. Это позволяет сначала получить веса групп факторов, затем ввести веса факторов внутри той или иной группы, а затем рассчитать веса факторов (как произведения весов группы на вес фактора внутри группы).

Приоритетность реализации НИОКР на предприятии

Таблица 1

Наименования НИОКР, реализуемых предприятием	Интегральные показатели проектов	Порядковый номер реализации проекта	Примечание
1. НИОКР «Перспектива»	650	4	Окончательное решение о приоритетности реализации принимает НТС предприятия, утверждаемое генеральным директором
2. НИОКР «Астра»	340	5	
3. НИОКР «Магистраль»	1000	1	
4. НИОКР «Связь»	850	2	
...			
n. НИОКР «Зонд»	730	3	

Отметим, что при использовании линейной функции в качестве интегрального показателя нет необходимости требовать, чтобы сумма весовых коэффициентов равнялась 1, поскольку значения интегрального показателя используются только для упорядочения объектов экспертизы. Это замечание дает дополнительные возможности для корректировки экспертами значимости факторов. Термины «веса факторов», «коэффициенты важности», «коэффициенты значимости» – синонимы.

Г. *Измерение значений факторов.* Как правило, такое измерение проводится экспертами, владеющими достаточной информацией о рассматриваемых в исследовании объектах экспертизы. Таким образом, привлекаются эксперты двух групп, работающих с факторами (см. пп. А, Б, В выше) и имеющих дело с конкретными объектами экспертизы (п. Г). Группы экспертов могут иметь непустое пересечение.

Д. *Выбор вида интегрального показателя.* Полученные при решении задач А-Г данные могут обрабатываться различными способами с целью расчета интегрального показателя (рейтинга [13]) приоритетности проектов. В частности, могут быть рассчитаны взвешенные средние по Колмогорову и взвешенные медианы [14].

Пусть x_1, x_2, \dots, x_n – значения факторов, a_1, a_2, \dots, a_n – неотрицательные весовые коэффициенты (веса), соответствующие этим факторам, в сумме составляющие 1. В качестве интегрального показателя естественно применять средние взвешенные по Колмогорову (в терминологии [14] – I типа) – это:

$$F^{-1}(M(F(X))) = F^{-1}\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i F(x_i)\right). \quad (2)$$

Здесь F – строго монотонная функция (т.е. строго возрастающая или строго убывающая). Если $F(x) = x$, то формула (2) дает среднее взвешенное арифметическое.

Если $F(x) = \ln x$, то формула (2) дает среднее геометрическое взвешенное.

Выборочная взвешенная медиана (I типа) – это медиана случайной величины X , вероятности совпадения которой с значениями факторов x_1, x_2, \dots, x_n равны заданным весам a_1, a_2, \dots, a_n , т.е. $P(X = x_1) = a_1, P(X = x_2) = a_2, \dots, P(X = x_n) = a_n$.

В ряде случаев могут быть использованы другие способы расчета интегрального показателя, в частности, предусматривающие его обнуление в случае недопустимо низких значений тех или иных факторов.

Системный подход к обеспечению предприятий ракетно-космической промышленности высококвалифицированными специалистами [15] позволит обеспечить возможность применения рассмотренных выше современных организационно-экономических подходов к оценке приоритетности проектов на предприятиях РКО. Опишем наиболее простой (базовый) вариант оценки приоритетности проектов. При использовании линейной функции в качестве интегрального показателя в соответствии со сказанным выше производится вычисление среднего арифметического значения приоритетности каждого проекта по всем экспертам. Этот параметр назовем количественным интегральным показателем приоритетности реализации проекта. Приоритетность (очередность) выполнения имеют те проекты, у которых рассчитанное по всем экспертам среднееарифметическое значение интегрального показателя выше. В табл. 1 представлен условный пример определения приоритетности реализации НИОКР на предприятии РКТ, рассчитанной с помощью разработанного авторами подхода.

Выводы

В статью предложен новый организационно-

экономический подход к определению приоритетности НИОКР на предприятиях РКО на основе критериев, предложенных авторами. Разработанный подход позволит проектным ме-

неджером применять его при управлении проектами в космической отрасли.

Литература:

1. Цисарский А.Д. Разработка механизмов и инструментария проектного менеджмента при создании ракетно-космической техники / Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук. — М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. — 301 с.
2. Чеботарев В.Е., Косенко В.Е. Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения. — Красноярск: СибГАУ. 2011. — 488 с.
3. Виленский П.Л., Смоляк С.А., Лифшиц В.Н. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика. 4-ое изд., перераб. и доп. — М.: Дело, 2008. — 1104 с.
4. Туккель И.Л. Управление инновационными проектами: учебник / И.Л. Туккель, А.В. Суворина, Н.Б. Культин / Под ред. И.Л. Туккеля. — СПб.: БХВ-Петербург, 2014. — 416 с.
5. Цисарский А.Д. Управление проектами по созданию изделий ракетно-космической техники / Монография. — М.: ИД Экономическая газета, 2015, с.113-129.
6. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование в 3 ч. Ч.2. Экспертные оценки. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. — 486 с.
7. Орлов А.И. Методы принятия управленческих решений. — М.: КНОРУС, 2018. — 286 с.
8. Орлов А.И. Анализ экспертных упорядочений // Научный журнал КубГАУ. 2015. №112. С. 21–51.
9. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М.: Радио и связь, 1993. — 278 с.
10. Подиновский В.В., Подиновская О.В. О некорректности метода анализа иерархий // Журнал «Проблемы управления». 2011. № 1. С.8-13.
11. Подиновский В.В., Подиновская О.В. Еще раз о некорректности метода анализа иерархий // Журнал «Проблемы управления». 2012. № 4. С.75-78.
12. Орлов А.И. Устойчивые экономико-математические методы и модели. Разработка и развитие устойчивых экономико-математических методов и моделей для модернизации управления предприятиями. — Saarbrücken, Lambert Academic Publishing, 2011. — 436 с.
13. Лындина М.И., Орлов А.И. Математическая теория рейтингов // Научный журнал КубГАУ. 2015. № 114. С. 1-26.
14. Орлов А.И. Средние величины и законы больших чисел в пространствах произвольной природы // Научный журнал КубГАУ. 2013. № 89. С. 556-586.
15. Басова В.П., Цисарский А.Д. Системный подход к обеспечению предприятий ракетно-космической промышленности высококвалифицированными специалистами // Журнал «Инновации в менеджменте». 2019. №21. С.8-13.

References:

1. Cisarskij A.D. Razrabotka mehanizmov i instrumentarija proektnogo menedzhmenta pri sozdanii raketno-kosmicheskoy tehniki / Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni doktora jekonomicheskix nauk. — M.: MGTU im. N.Je. Baumana, 2018. — 301 s.
2. Chebotarev V.E., Kosenko V.E. Osnovy proektirovanija kosmicheskix apparatov in-formacionnogo obespechenija. — Krasnojarsk: SibGAU. 2011. — 488 s.
3. Vilenskij P.L., Smoljak S.A., Lifshic V.N. Ocenka jeffektivnosti investicion-nyh proektov: teorija i praktika. 4-oe izd., pererab. i dop. — M.: Delo, 2008. — 1104 s.
4. Tukkel' I.L. Upravlenie innovacionnymi proektami: uchebnik / I.L. Tukkel', A.V. Suvorina, N.B. Kul'tin / Pod red. I.L. Tukkelja. — SPb.: BHV-Peterburg, 2014. — 416 s.
5. Cisarskij A.D. Upravlenie proektami po sozdaniju izdelij raketno-kosmicheskoy tehniki / Monografija. — M.: ID Jekonomicheskaja gazeta, 2015, s.113-129.
6. Orlov A.I. Organizacionno-jekonomicheskoe modelirovanie v 3 ch. Ch.2. Jekspertnye ocenki. — M.: Izd-vo MGTU im. N.Je. Baumana, 2011. — 486 s.
7. Orlov A.I. Metody prinjatija upravlencheskih reshenij. — M.: KNORUS, 2018. — 286 s.
8. Orlov A.I. Analiz jekspertnyh uporjadochenij // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2015. №112. S. 21–51.
9. Saati T. Prinjatie reshenij. Metod analiza ierarhij. — M.: Radio i svjaz', 1993. — 278 s.
10. Podinovskij V.V., Podinovskaja O.V. O nekorrektnosti metoda analiza ierarhij // Zhurnal «Problemy upravlenija». 2011. № 1. S.8-13.
11. Podinovskij V.V., Podinovskaja O.V. Eshhe raz o nekorrektnosti metoda analiza ierarhij // Zhurnal «Problemy upravlenija». 2012. № 4. S.75-78.
12. Orlov A.I. Ustojchivye jekonomiko-matematicheskie metody i modeli. Razrabotka i razvitie ustojchivyh jekonomiko-matematicheskix metodov i modelej dlja modernizacii upravlenija predpriyatijami. — Saarbrücken, Lambert Academic Publishing, 2011. — 436 s.
13. Lyndina M.I., Orlov A.I. Matematicheskaja teorija rejtingov // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2015. № 114. S. 1-26.
14. Orlov A.I. Srednie velichiny i zakony bol'shih chisel v prostranstvah proizvol'noj prirody // Nauchnyj zhurnal KubGAU. 2013. № 89. S. 556-586.
15. Basova V.P., Cisarskij A.D. Sistemnyj pohod k obespecheniju predpriyatij raketno-kosmicheskoy promyshlennosti vysokokvalificirovannymi specialistami // Zhurnal «Innovacii v menedzhmente». 2019. №21. S.8-13.