

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЕРТИЗЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ

*С.Н. Бухарин, В.М. Лукасов, Н.Е. Лазаренко*

*Изложены основы теории и методологии экспертного анализа. В качестве примеров приложения теории экспертного анализа приведен опыт экспертизы фундаментальных и прикладных научно-технических проектов в рамках федеральных целевых программ.*

**Ключевые слова:** экспертиза, экспертные оценки, ранжирование, критерии, эффективность, оптимизация, альтернативы, сравнение, федеральная целевая программа, научно-технические проекты.

В условиях ограниченных ресурсов проблема ранжирования и выделения приоритетных проектов по множеству критериев эффективности приобретает особую актуальность. Способы ее решения условно можно разделить на два основных класса:

- математическое моделирование процессов и механизмов, составляющих суть проектов, с последующей оценкой чувствительности социально-экономической системы к внедрению результатов, например, в отрасли экономики, и решением задачи оптимизации;
- экспертный анализ проектов.

Первый подход ограничен неопределенностью исходных данных и нечеткостью формулируемых задач, настоящие ограничения существенно осложняют процесс математического моделирования.

Второй подход — метод экспертных оценок — во многом снимает проблемы неопределенности и нечеткости, однако имеет свои «слабости», в частности, проблемы субъективности экспертных оценок, оценки согласованности мнений экспертов и т. д. Тем не менее, часто бывает, что правильно организованная и проведенная экспертиза, в том числе фундаментальных и прикладных научно-технических проектов, позволяет получать оценки о целесообразности и эффективности проектов, анализировать и учитывать возможные риски. Делать это следует с минимальными затратами. Трудно переоценить метод экспертных оценок и в процессе принятия решения над множеством альтернатив. Настоящая работа посвящена теоретическим и методическим основам экспертизы фундаментальных и прикладных научно-технических проектов.

**Теоретические и методические основы экспертизы фундаментальных и прикладных научно-технических проектов.** Обычно экспертизы проектов сводятся к ранжированию множества экспертов и совокупности альтернативных проектов (альтернатив) по нескольким критериям, то есть к задаче многоцелевого программирования. Ранжированный ряд альтернативных проектов является основой для принятия решений. Из данного ряда может быть отобран один проект-победитель, либо несколько проектов, укладывающихся по суммарной стоимости в бюджет, например, программы НИОКР.

Другая задача заключается в экспертизе конкретного проекта группой экспертов по ряду определенных критериев. Полученные результаты служат основой для принятия управленческих решений. Цели обеих задач в конце концов заключаются в ранжировании проектов.

Прежде чем применить метод экспертных оценок на практике, необходимо решить концептуальные и технологические проблемы. К первым, в частности, относятся: выбор шкалы измерения; обоснование весов критериев; методы оценки согласованности мнений экспертов и формирование итогового мнения. К технологическим — обоснование числа экспертов в группе, набор критериев и число анализируемых одновременно альтернатив. Решение этих проблем основано на использовании специальных процедур.

**Число экспертов в группе** равно одному, если оценку проводит один специалист, например, оперирующая сторона или непосредственно лицо, принимающие решение. Проблема возни-

кает, если принимается решение о коллективной экспертизе. Некоторые специалисты считают, что в силу обобщения закона больших чисел, среднее мнение при увеличении числа экспертов (мнения которых независимы и одинаково распределены) приближается к некоторому пределу, который естественно назвать *математическим ожиданием случайного элемента*, имеющего то же распределение, что и ответы экспертов [1]. Есть и другая точка зрения. При увеличении числа экспертов примерно до 20 среднее мнение действительно сходится. Но затем оно входит в область неустойчивости, наблюдается «биение» интегральной экспертной оценки, а нередко и существенное расхождение (увеличение дисперсии). По этой причине дальнейший рост числа экспертов не улучшает, а нередко ухудшает качество экспертизы. Следует учесть и то обстоятельство, что услуги экспертов стоят недешево. Увеличение их числа ведет к росту расходов, нередко необоснованных. Наконец, специалистов, которых можно назвать экспертами, мало.

Таким образом, число привлекаемых экспертов определяется требованиями к достоверности оценок и ограничением средств на оплату их труда. Достоверность экспертизы зависит от числа экспертов в группе и их квалификации. Достоверность с увеличением числа экспертов стремительно растет, а после 12 достигает насыщения. Дальнейшее увеличение числа экспертов не улучшает результаты экспертизы [2].

Зависимость между числом экспертов в группе и средней групповой ошибкой представляет собой гиперболическую зависимость, ошибка снижается с ростом числа экспертов [2].

Если использовать полученные зависимости, то число специалистов в группе должно составлять 10–12 человек. Однако, если привлечь для данной оценки другие критерии, например, минимизацию расходов на экспертизу и максимизацию ее оперативности проведения, а также жесткое ограничение количества квалифицированных специалистов в России, то получится, что в группе должно быть 3–5 экспертов. Такое число является рациональным и позволяет, с одной стороны, получать достаточно достоверные результаты, с другой, минимизировать расходы на оплату труда экспертов и время проведения экспертизы.

**Критерии и число рассматриваемых альтернативных проектов.** Не всегда удастся обосновать набор критериев, необходимых и достаточных для принятия решения. При формировании этого набора можно использовать следующие подходы: попросить каждого эксперта дать свое подмножество критериев, а затем объединить все предлагаемые подмножества в одно множество; если существует ограничение по числу критериев, то нужно упорядочить критерии по частоте упоминания и ограничиться заданным числом; выбрать пересечение подмножеств критериев, предложенных экспертами.

Число одновременно оцениваемых альтернатив не должно превышать 9. Из нашего опыта, оптимальное число альтернатив должно составлять от 7 до 9. С одной стороны, это позволяет делать качественные оценки. С другой, большее число альтернатив экспертам трудно оценивать одновременно из-за психофизических ограничений. Нормальный человек со средними способностями в состоянии контролировать до 9 объектов [3]. Недаром в учебниках по этике не рекомендуется приглашать в гости больше 9 человек, ибо тогда приглашающий не сможет уделить им должного внимания.

В ряде случаев используют специальные методы: парное сравнение (все альтернативы попарно сравниваются и затем ранжируются); ранжирование с ротацией; Q-сортировка и т. д. Прежде всего из множества альтернатив выбирают «множество недоминируемых альтернатив» (множество Парето). Это делается путем исключения альтернатив, которые имеют оценки по всем критериям хуже, чем остальные. После чего остаются только альтернативы, которые хотя бы по одному критерию не хуже других [2].

**Шкалы измерений.** Измерение — это применение набора правил, по которым определенным характеристикам объекта ставятся в соответствие числа или символы. Введение показателей сравнения позволяет установить отношения между объектами, например: «лучше», «хуже», «больше», «меньше». Считается, что существует система предпочтений, если эксперт располагает информацией, позволяющей ему сравнивать и оценивать разные объекты.

В практике измерений наиболее часто используют порядковые (ранговые) и интервальные шкалы; номинальные шкалы (шкалы наименований или классификации); шкалы отношений. В работе [2] приведены обзор и сравнительный анализ существующих шкал измерений.

**Веса критериев.** Для оценки весов критериев можно воспользоваться методом экспертных оценок, но можно применить вместо него метод качественного упорядочивания критериев по важности, в частности, парные сравнения.

Данный метод заключается в следующем. Объекты сопоставляются попарно экспертами, а затем выбирается один из них. При парном сравнении двух объектов констатируется, что один из них предпочтительнее другого. Проводить парное сравнение удобно не только тогда, когда число объектов велико, но и в тех случаях, когда различия между объектами настолько малы, что непосредственное ранжирование или оценка не обеспечивают их упорядочение.

В общем случае эксперт может установить равенство объектов или зафиксировать свои предпочтения на определенной шкале. Если можно выявить степень предпочтения, то используют специальные шкалы, где каждой степени предпочтения присваивают определенную оценку. Однако простейшая форма парных сравнений, устанавливающая, что объект *A* «лучше» в некотором отношении объекта *B*, наиболее удобна, поскольку она уменьшает область возможной несогласованности между экспертами до минимума.

**Согласованность мнений экспертов.** Для оценки согласованности мнений экспертов используют коэффициенты согласия и конкордации [4–6]. Использование этих коэффициентов позволяет оценить согласованность мнений экспертов. Коэффициент согласия характеризует степень согласованности мнений экспертов. Чем ближе коэффициент согласия к 0, тем больше различаются мнения экспертов. Чем ближе он к 1, тем ближе оценки экспертов друг к другу, и тогда их мнение считается согласованным. Коэффициент конкордации характеризует степень рассогласования мнений экспертов. Он тем выше, чем больше разброс мнений экспертов. Предположим, например, что эксперты разделились на две группы, в каждой из которых мнения одинаковые, но противоположные. Например, первая группа единодушна в том, что *X* хороший проект, а вторая, что плохой. Иными словами, первая группа дает одну ранжировку, а вторая – обратную. Тогда коэффициент конкордации близок к 0, а коэффициент согласия – к 1. Это позволяет выявить факт образования групп экспертов.

Если эксперты разбились на две и более группы, в каждой из которых мнения одинаковые, а мнения, высказанные разными группами, не совпадают, то это не означает, что цель экспертизы не достигнута. Ведь установлено, что единого мнения нет. Это свидетельствует о наличии нескольких альтернативных решений. Типичные причины рассогласования мнений: наличие экспертов с оригинальным мышлением; деление экспертов на подгруппы по принадлежности к соответствующей научной школе; ведомственные интересы; лоббирование отдельными экспертами или их группировками чьих-то интересов.

**Итоговое мнение.** Если проведена групповая оценка и каждый эксперт высказал свое суждение, то какое мнение следует признать итоговым? Ответ на этот вопрос дает метод «медианы Кемени» [7]. Эксперты приводят свои ранжировки критериев по важности. Затем задается способ определения расстояния между ними. После этого определяют ранжировку, сумма расстояний от которой до всех индивидуальных ранжировок минимальна. Эта ранжировка и выражает итоговое мнение экспертов.

Рассмотренные выше варианты решения проблем, возникающих при использовании методов экспертной оценки, сведены в табл. 1.

**Алгоритм формирования группы экспертов:**

1. Формирование рабочей группы, организующей деятельность по подбору группы экспертов.

1.1. Рабочая группа формируется для организации мероприятий по отбору группы экспертов, их опросу, обработке полученной информации.

Таблица 1

**Проблемы, возникающие при использовании методов экспертной оценки, и варианты их решения**

| Проблемы, возникающие при использовании методов экспертной оценки | Варианты решения проблем                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Число экспертов в группе                                          | 12<br>4–5 оптимум                                                                                                                                                              |
| Число критериев                                                   | 7–9                                                                                                                                                                            |
| Число анализируемых альтернатив                                   | 9, если альтернатив больше, использовать методы парного сравнения; ранжирования с ротацией; Q-сортировки                                                                       |
| Шкала измерения                                                   | Порядковая (ранговая)                                                                                                                                                          |
| Веса критериев                                                    | а) определяются путем экспертной оценки;<br>б) можно обойти проблему, применив метод парных сравнений                                                                          |
| Оценка согласованности мнений экспертов                           | а) вычисление коэффициента согласия в случае, если требуется установить факт образования группировки экспертов;<br>б) вычисление коэффициента конкордации в остальных случаях. |
| Оценка итогового мнения экспертов                                 | Применить метод «медианы Кемени».                                                                                                                                              |

1.2. Рабочая группа подбирает экспертов и заполняет таблицу «Состав группы экспертов».

2. *Формирование матрицы экспертов.*

2.1. Формируется список из  $m$  экспертов.

2.2. Формируется матрица размерностью  $m \times m$ , напротив каждого из столбцов и каждой из строк проставляется фамилия и инициалы одного из  $m$  экспертов.

3. *Опрос экспертов и заполнение матрицы экспертов.*

3.1. Каждый из экспертов называет  $m - 1$  экспертов, которых он хотел бы видеть в экспертной группе.

3.2. Элементам матрицы присваивают значения:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й эксперт назвал } i\text{-го эксперта;} \\ 0, & \text{если } j\text{-й эксперт не назвал } i\text{-го эксперта;} \end{cases}$$

3.3. Каждый эксперт может включать или не включать себя в экспертную группу.

4. *Расчет относительных коэффициентов компетенции.* Рассчитываются относительные коэффициенты компетентности  $p$ -го порядка для каждого эксперта:

$$K_i^p = \sum_{j=1}^m X_{ij} K_j^{p-1} / \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m X_{ij} K_j^{p-1}, \quad i=1,2,\dots,m, \quad \sum_{j=1}^m K_i^p = 1, \quad p=1,2,\dots$$

5. *Принятие решения.*

5.1. Если порядок относительного коэффициента компетентности ниже 4, процедура повторяется.

5.2. Если порядок относительного коэффициента компетентности равен 4, то переходим к пункту 6.

6. *Заполнение паспортов экспертов, занесение информации в базу данных.*

6.1. Заполняется анкета члена группы экспертов по оценке качества исследуемых альтернатив.

6.2. Заполнение паспорта эксперта. Занесение данных анкетирования и паспорта эксперта в базу данных.

7. *Определение необходимого числа экспертов в группе, оформление списка экспертов.*

7.1. Определяется необходимая достоверность экспертизы.

7.2. Анализируется зависимость достоверности экспертизы от числа экспертов и средней групповой ошибки от числа членов экспертной группы.

7.3. На основе проводимого анализа и имеющихся финансовых ресурсов определяется число экспертов в группе.

7.4. Оформляется список экспертов для доклада заказчику.

8. *Оформление письменных приглашений экспертам для участия в работе.*

8.1. Оформляются и рассылаются письменные приглашения экспертам.

8.2. На основе полученных положительных ответов формируется окончательный список экспертной группы.

9. *Окончание процесса – заполнение табл. 2.*

Таблица 2

Состав группы экспертов

| № п/п | Фамилия, имя, отчество | Место работы | Специальность | Занимаемая должность | Ученая степень, ученое звание |
|-------|------------------------|--------------|---------------|----------------------|-------------------------------|
| 1     |                        |              |               |                      |                               |
| 2     |                        |              |               |                      |                               |

**Алгоритм процедуры Дельфи.** Цель процедуры реализации метода Дельфи – организация работы экспертов таким образом, чтобы их оценки в процессе итерационной процедуры сходились. В результате применения процедуры Дельфи должно быть достигнуто минимальное расхождение мнений экспертов.

Описание алгоритма:

1. *Формирование блока входящей информации.*

1.1. Каждому изолированному друг от друга эксперту выдается исходная информация для оценивания альтернатив.

1.2. Каждому эксперту отдельно ставится задача экспертной оценки.

2. *Оценка альтернатив.*

2.1. Эксперты производят оценку альтернатив.

2.2. Результаты передаются рабочей группе.

3. *Обработка рабочей группой ответов и оценок, данных экспертами.*

4. *Выявление крайних мнений и мнения, которого придерживается большинство.*

4.1. Выявляются крайние мнения, высказанные экспертами –  $M_k$ .

4.2. Выявляется мнение, которого придерживается большинство экспертов –  $M_a$ .

4.3. Оценивается «разброс мнений»:  $\Delta = |M_k - M_a|$ .

5. *Сообщение экспертам крайних мнений и мнения большинства.*

5.1. Эксперты рассматривают предоставленную рабочей группой информацию.

5.2. Эксперты принимают решения на основе полученной информации.

5.3. Эксперты письменно обосновывают, почему изменили ранее принятое решение или остались с прежним мнением.

5.4. Мнения экспертов передаются в рабочую группу.

6. *Принятие решения.*

6.1. Если «разброс мнений» равен нулю ( $\Delta = 0$ ), то процедура экспертных оценок Дельфи заканчивается.

6.2. Если «разброс мнений» имеет место ( $\Delta \neq 0$ ), то организуются последующие итерации.

7. *Заполнение протокола результатов экспертной оценки.* В протокол заносятся результаты обоснованного и согласованного решения экспертов.

8. *Окончание процедуры.*

Вся процедура проводится дистанционно. Для участия в методе Дельфи привлекаются специалисты, информация о которых занесена в базу данных экспертов, заполняемую и поддерживаемую с помощью процедуры формирования группы экспертов. Эта процедура весьма популярна. С середины прошлого века она использовалась более 40 тыс. раз. Средняя стоимость экспертного исследования по методу Дельфи в США — 5 тыс. долл., но в ряде случаев приходилось расходовать и более крупные суммы — до 130 тыс. долл.

**Примеры приложения теории экспертного анализа при экспертизе фундаментальных и прикладных научно-технических проектов.** Экспертиза фундаментальных и прикладных научно-технических проектов. *В настоящее время на законодательном уровне четко определены объекты, задачи и организационные принципы научно-технической экспертизы, образующие систему научно-технической экспертизы в виде структурной триады: алгоритм и процедуры экспертирования → технология экспертирования → инновация экспертных технологий.*

Данная система является одним из основных элементов осуществления государственной научно-технической политики в части формирования и реализации федеральных целевых научно-технических программ (ФЦП) и отдельных проектов. Она используется как обязательный комплекс экспертно-аналитических или технологических процедур на всех этапах реализации федеральных научно-технических программ и отдельных проектов (пробных, комплексных, инновационных, важнейших инновационных государственного значения и др.).

Вместе с тем, иные конкретные технологические процедуры экспертного процесса разрабатываются также организациями, уполномоченными государственными органами на осуществление экспертизы.

Второй элемент триады — технология научно-технической экспертизы — разработана и закреплена членами авторского коллектива в высокопрофессиональной управляющей организации — ГУ «Дирекция ЦНТП» в виде Положения о научно-технической экспертизе, а в ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ — в виде Стандарта предприятия (СТП).

Отработанная технология проведения экспертных исследований должна удовлетворять требованиям заказчиков и соблюдать основные принципы экспертизы, главными из которых являются:

1. Качество выполнения экспертных работ.
2. Всесторонняя оценка заявленных объектов с учетом последствий их реализации.
3. Независимость и объективность экспертизы с сохранением конфиденциальности и по экспертам, и по отношению к информации, полученной из заявки на проект.

Следует отметить, что разработка специализированной с высоким уровнем автоматизации системы научно-технической экспертизы началась в 1990-е гг. С модернизацией и дополнениями созданная система начала использоваться с начала 2000-х гг. для научно-технической экспертизы проектов ФЦНТП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники на 2002 — 2006 годы».

В настоящее время система используется на всех этапах реализации трех ФЦП:

- ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям научно-технологического комплекса России на 2007 — 2013 годы»;
- ФЦП «Развитие инфраструктуры наноиндустрии в Российской Федерации на 2008 — 2013 годы»;
- ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009 — 2013 годы».

В Российской Федерации существует ряд организаций, выполняющих экспертизу проектов в научной и научно-технической сфере. К их числу, помимо ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, можно отнести: Центр регионального научно-технического сотрудничества при Президиуме РАН (Центр «Ренатехс»), Научно-методический центр по инновационной деятельности высшей школы (ИнноЦентр), Конкурсный центр фундаментального естествознания (КЦФЕ), Российский фонд фундаментальных исследований (РФФИ), Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (ФСРМФП), Российский фонд технологического развития (РФТР). Используемые данными организациями технологии проведения экспертных работ укладываются в рамки типового технологического процесса (рис. 1), содержащего в себе определенный набор обязательных этапов и процедур. В то же время имеются отдельные различия в содержании, методах и способах выполнения отдельных процедур.

Так, например, в основе весьма схожих технологий проведения экспертизы ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ и Центром «Ренатехс» лежат:

- привлечение к ней независимых (внештатных) экспертов из числа ведущих ученых и специалистов в той или иной предметной области;

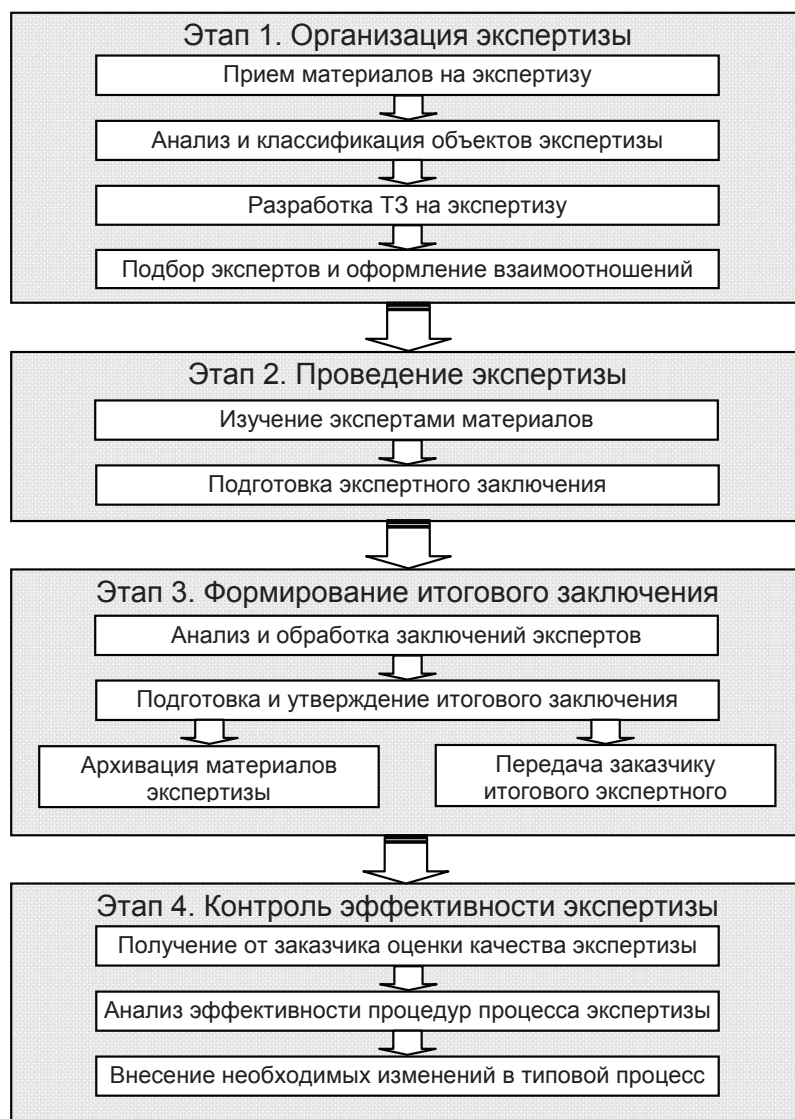


Рис. 1. Структурная схема типового технологического процесса экспертизы

— сочетание закрытости и анонимности сведений об экспертах, как для заявителей рассматриваемых проектов, так и для других экспертов, участвующих в их оценке, с соблюдением гласности и открытости результатов и выводов экспертизы.

**Место экспертизы в процессе реализации ФЦП.** На рис. 2 представлены субъекты ФЦП и место экспертизы в процессе ее реализации.

Система обеспечивает автоматическую выборку документов, оформляющих взаимоотношения Дирекции Программы как заказчика экспертизы и ее исполнителей — независимых экспертов. Сформированные и находившиеся в системе задания на проведение экспертизы, договоры на оказание экспертных услуг, акты приема-сдачи работ, после проверки кураторами экспертизы и формального утверждения, могут выводиться экспертами на бумажный носитель, с подписями представляться в Дирекцию Программы для осуществления оплаты выполненных работ.

Основными критериальными блоками экспертизы проектов в научной и научно-технической сфере являются:

1. Оценка научно-технического уровня предлагаемых разработок, их значимость и преимущества продукции в сравнении с лучшими отечественными и зарубежными аналогами, что связано с новизной продукции, патентоспособностью основных технических решений и качественными результатами проекта.

2. Показатели экономической эффективности, которые должны основываться на оценках экономической эффективности (чистый дисконтируемый доход, внутренняя норма доходности, срок окупаемости инвестиций).

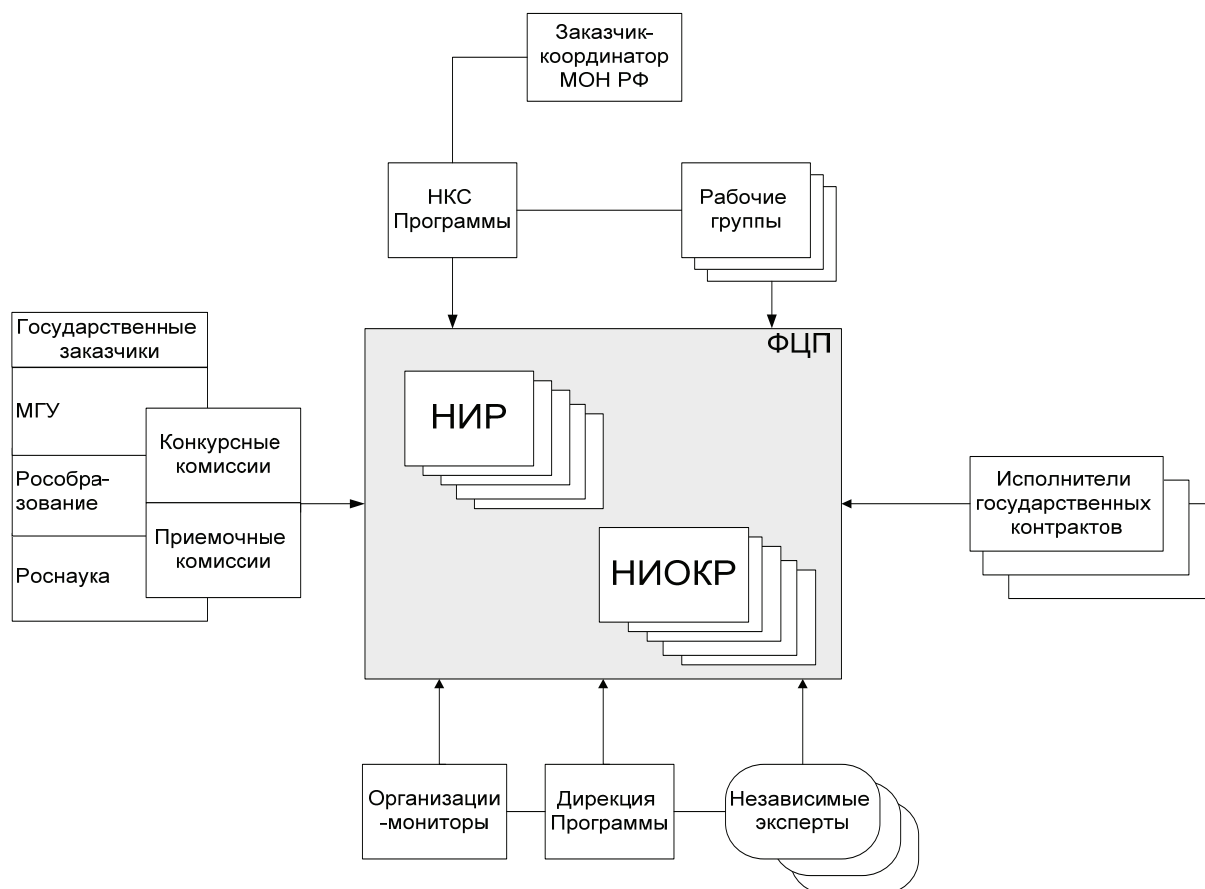


Рис. 2. Субъекты реализации ФЦП

3. Интеграция информации о таких рыночных показателях, как потребительский спрос на продукцию в денежном или количественном выражении и экспортный потенциал, определяющий конкурентоспособность продукции.

4. Критерии экологичности и безопасности продукции.

5. Критерий реализуемости проекта (готовность научно-технической и производственной базы для организации производства и выпуска продукции, необходимость выполнения проекта отечественными соисполнителями и дополнительные условия его реализации).

#### **Алгоритм проведения экспертизы заявок**

*Этап 1.* Приняв задание на проведение экспертизы, эксперт получает доступ к анализируемым материалам.

*Этап 2.* Изучив представленные материалы, а также руководствуясь личным опытом и знаниями в области тематики конкурса, эксперт разрабатывает экспертное заключение по каждой из рассмотренных заявок. Оно готовится с использованием специальной экспертной анкеты, путем проведения по установленным критериям количественной (балльной) и качественной оценки (выбором одного из предложенных вариантов уровней оценки), с соответствующим обоснованием оценок в письменном виде в предусмотренном для этого поле.

*Этап 3.* Последним этапом является подготовка обобщенного заключения. После завершения оценки всех рассмотренных заявок автоматически формируется обобщенное заключение, содержащее таблицу с ранжированными, по суммарному количеству выставленных баллов, заявками. В данном заключении экспертом, как правило, дается краткий сравнительный анализ рассмотренных заявок с указанием причин отданного предпочтения в отношении рекомендуемого победителя конкурса. Формальным моментом окончания проведения экспертизы является отправка заключения куратору экспертизы, после чего доступ эксперта к материалам и заключениям запрещается.

На основании названных заключений кураторы экспертизы готовят обобщенные заключения, представляемые для поддержки принятия решений на заседаниях конкурсных комиссий Минобрнауки России по оценке и сопоставлению заявок на участие в конкурсах.

#### **Список литературы**

1. Орлов А.И. Эконометрика. М.: Экзамен, 2004.
2. Бухарин С.Н., Цыганов В.В. Методы и технологии информационных войн. М.: Академический проект, 2007.
3. Психологический словарь / Под редакцией В.П. Зинченко и Б.Г. Мещерякова. М.: АСТ, 2004.
4. Емельянов С.В., Ларичев О.И. Многокритериальные методы принятия решений. М.: Знания, 1985.
5. Ларичев О.И., Мошкович Е.М. Качественные методы принятия решений. М.: Физматгиз, 1996.
6. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1980.
7. Кемени Дж., Снелл Дж. Кибернетическое моделирование. Некоторые приложения. М.: Советское радио, 1972.