

УДК 331

**РАЗВИТИЕ ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ ТРУДОЕМКОСТИ НИОКР:  
ЗАВИСИМОСТЬ ТРУДОЕМКОСТИ ОТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА****Дурнев Р.А., Жданенко И.В.***ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), Москва, e-mail: rdurnev@rambler.ru*

Во второй статье этой серии рассмотрены типовые сочетания показателей качества научных результатов и установлен порядок оценки коэффициентов увеличения трудоемкости работ в зависимости от этих показателей.

**Ключевые слова:** Научные результаты, показатели качества, функция принадлежности, импликация, коэффициенты увеличения трудоемкости работ

**APPROACH DEVELOPMENT TO THE ASSESSMENT OF LABOUR INPUT  
OF SCIENTIFIC RESEARCHES: DEPENDENCE OF LABOUR INPUT ON QUALITY  
INDICATORS****Durnev R.A., Zhdanenko I.V.***FGBU «Institute of Civil Defense (FC)», Moscow, e-mail: rdurnev@rambler.ru*

In the second article of this series standard combinations of indicators of quality of scientific results are considered and the order of an assessment of coefficients of increase in labor input of works depending on these indicators is established.

**Keywords:** Scientific results, quality indicators, accessory function, implication, coefficients of increase in labor input of works

В первой статье данной серии определены показатели качества научных результатов (НР), влияющие на увеличение трудоемкости НИОКР и приведено их качественное описание.

С учетом этого применительно к тематике прикладных исследований в сфере ответственности МЧС России возможно установить следующие типовые сочетания показателей качества НР (рис. 1):

а) практическая значимость (ПЗ) высокая, достоверность (Д) высокая, практическая новизна (ПН) средняя, научная новизна (НН) низкая. Данное сочетание характерно, например, для НИОКР, посвященной модернизации аварийно-спасательного технического средства, у которого большинство основных тактико-технических характеристик (ТТХ) остается неизменным или разработке усовершенствованной методики расчета сил и средств развертывания пунктов временного размещения (ПВР) населения (при незначительном изменении состава средств ПВР).

б) практическая значимость высокая, достоверность средняя, практическая новизна средняя, научная новизна низкая.

Примером такого сочетания, отличающегося от (а) только уровнем достоверности, может быть НИОКР по созданию нового образца аварийно-спасательной машины, у которой существуют ближайшие аналоги, и включающей комбинацию существующего аварийно-спасательного оборудования, средств защиты, транспортной базы, при-

способлений для крепления и т.п. В этом случае могут измениться некоторые ТТХ (например, производительность).

в) практическая значимость средняя, достоверность высокая, практическая новизна средняя, научная новизна низкая.

В этом случае по сравнению с (а) практическая значимость находится на среднем уровне. Примером работы, с таким сочетанием требований к НР, может быть разработка нормативов ведения аварийно-спасательных работ в очаге поражения боеприпасами объемного взрыва. Установленный уровень практической значимости определяется тем, что востребованность таких нормативов может быть не очень высокой (недостаточно значительные оценки вероятностей развязывания военных действий и применения именно боеприпасов объемного взрыва.). Очевидно, что и принципиальной научной новизны в этой работе нет, т.к. сами по себе нормативы разрабатываются давно и во многих отраслях человеческой деятельности, в том числе и в области гражданской обороны (поэтому же и практическая новизна будет на среднем уровне). Но, при этом, может быть достигнута высокая достоверность (за счет имитации завала разрушенного здания, параметры которого, по всей видимости, будут отличаться только геометрическими размерами формы типа «обелиск», а также многочисленных повторений натурных экспериментальных исследований).

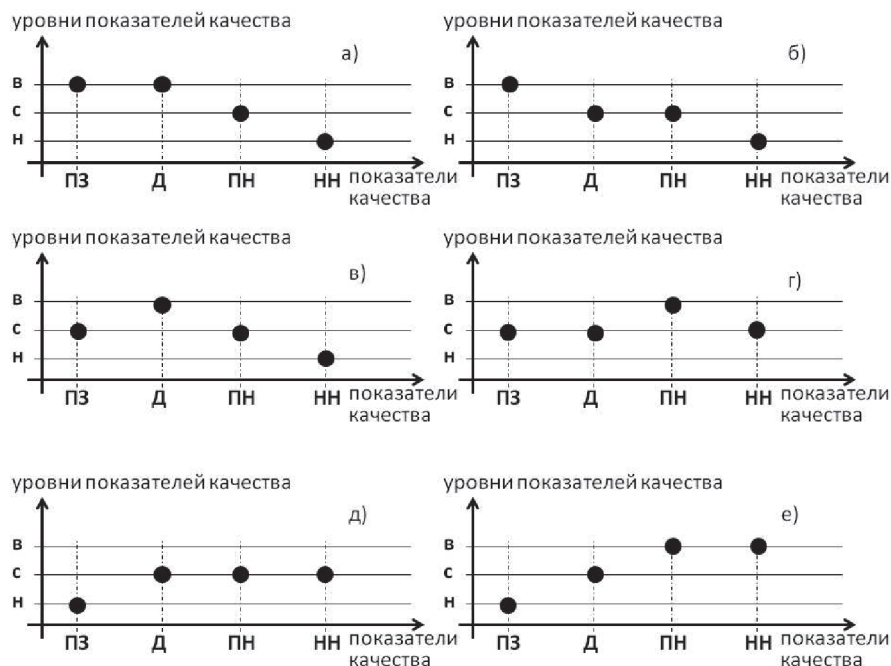


Рис. 1. Типовые сочетания показателей качества НР.  
Уровни показателей качества НР: н – низкий, с – средний, в – высокий

г) практическая значимость средняя, достоверность средняя, практическая новизна высокая, научная новизна средняя.

Данное сочетание характерно для НИ-ОКР, результаты которой могут быть получены только путем усовершенствования существующего научно-методического аппарата. Примером этому может служить оценка технико-экономической эффективности нового средства информирования и оповещения населения в зоне ЧС (например, мобильной лазерной установки). С одной стороны, вопрос достаточно известный, т.к. средства оповещения ГО существуют значительное время и их технико-экономическая эффектность зависит от охвата населения, времени доведения сигнала, затрат на обслуживание, а с другой стороны, при применении мобильных лазерных установок для информирования и оповещения населения важным является малоизученный вопрос восприятия людьми визуальной информации (лазерной проекции). Это и будет являться причиной незначительной доработки, усовершенствования соответствующего методического аппарата. Средние значения практической значимости обусловлены тем, что для данного средства не планируется широкого применения, а достоверности – в связи с тем, что такие средства хотя и широко применяются в ре-

кламной области, но требуется уточнение их характеристик применительно к процессу оповещения и информирования.

д) практическая значимость низкая, достоверность средняя, практическая новизна средняя, научная новизна средняя.

Примером работы с такими требованиями к научным результатам может быть создание методики оценки ликвидации последствий аварий, вызванных падением отделяющихся частей космических аппаратов (КА) на потенциально опасные объекты (ПОО). Вероятность таких аварий не высока, поэтому практическая значимость низкая. Если известны масса и траектория падения отделяющейся части КА, параметры ПОО и др. данные, сбор и обработка которых в принципе серьезных трудностей не вызывает, то может быть достигнута приемлемая достоверность. Но, в то же время, указанная задача обладает определенной новизной. В практическом плане это обуславливается отсутствием опыта подобных расчетов применительно к ПОО, в научном – тем, что до последнего времени не существовал методический аппарат, позволяющий оценивать математическое ожидание ущерба от падения отделяющихся частей КА на ПОО, зависящее от вероятности нештатного отделения данных частей, их начального импульса, проекций скоростей,

траектории точки падения, вероятностей попадания в критический элемент ПОО, возникновения масштабных поражающих факторов и т.п. (см. материалы работы [2]).

е) практическая значимость низкая, достоверность средняя, практическая новизна высокая, научная новизна высокая.

Примером такого сочетания может быть НИОКР по созданию, например, методики оценки обстановки в очаге поражения биологическим оружием. Практическая значимость низкая в связи с тем, что данное исследование в значительной степени обладает элементами фундаментальной работы (в области биологии), рассчитана на маловероятную перспективу применения биологического оружия.

Таким образом, на этапе формулирования тематики НИОКР, ожидаемых результатов, подготовки ТЗ заказчик должен определиться с требованиями к выходным

научным результатам, т.е. выбрать наиболее подходящие показатели качества НР из числа имеющихся. Схема для данного выбора представлена на рис. 2.

В соответствии с ней вначале выявляются предпочтения заказчика применительно к характеру ожидаемых результатов. Если НР должны иметь преимущественно практический характер, то практическая новизна должна быть более важной, чем научная новизна (условный график в левой части рис. 2 (а), показанный для наглядности в виде непрерывной линии). В этом случае возможно задать высокие или средние требования к ПЗ. При высокой ПЗ необходимо определиться с уровнем достоверности (высокий или средний). При средней ПЗ таким единственно возможным уровнем достоверности будет средний. Во всех случаях, указанных на рис. 2 (а), практическая новизна примет среднее значение, научная новизна – низкое.



Рис. 2. Схема выбора показателей качества научных результатов

Аналогично, при равной важности ПЗ и НН показатели качества принимают значения, указанные на рис. 2 (б), а в случае, когда, по мнению заказчика, научная новизна важнее практической значимости – на рис. 2 (в).

На рис. 3 приведена схема выбора с описанием показателей качества научных результатов.

Для определения уровней факторов, влияющих на трудоемкость работ,

и значений КУТР в зависимости от требований к качеству НР предлагается использование аппарата теории нечетких множеств [3-5].

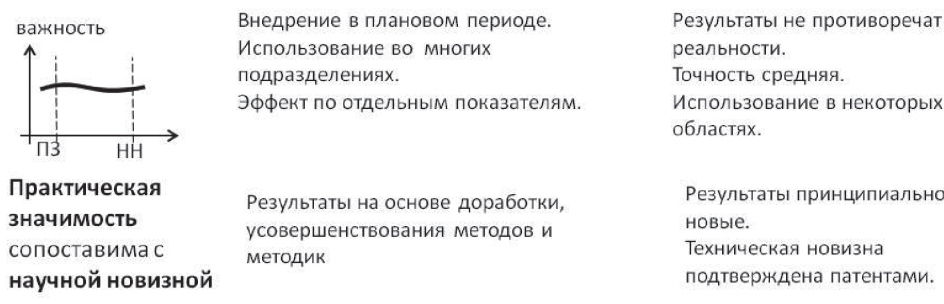


Рис. 3. Схема выбора показателей качества научных результатов с описанием данных показателей

В соответствии с ним формируются импликации, т.е. бинарные логические связки типа «Если (условие) то (следствие)». В качестве условия планируется

применение сочетаний показателей качества НР (см. рис. 1-3), следствия – уровней факторов, влияющих на трудоемкость работ.

## ЕСЛИ (условие – сочетание показателей качества НР) ТО (следствие – уровни факторов трудоемкости)

Рис. 4. Импликация сочетаний показателей качества НР и уровней факторов, влияющих на трудоемкость

Факторы, влияющие на трудоемкость, рассматриваются на двух уровнях – высоком, при котором фактор значительно увеличивает трудоемкость НИОКР (большое значение КУТР), и низком, при котором трудоемкость

не увеличивается или увеличивается в меньшей степени (низкое значение КУТР).

При этом на основании экспертных знаний строится функции принадлежности вида:

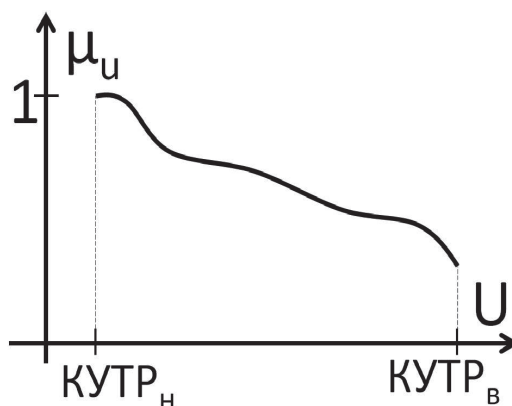


Рис. 5. Функция принадлежности значений КУТР нечеткому множеству уровней факторов: КУТР<sub>н</sub> – низкое значение; КУТР<sub>в</sub> – высокое значение

В связи с тем, что значения КУТР являются подмножеством действительных чисел, график функции принадлежности на рис. 5 показан непрерывным. На оси ординат обозначена функция принадлежности  $\mu_u$ , определяющая степень экспертной уверенности о принадлежности значений КУТР нечеткому множеству «уровни факторов»  $\mu_u \in [0; 1]$ , а на оси абсцисс – значения КУТР. Видно, что условный эксперт более уверен в низком уровне фактора и, соответственно, низком значении КУТР для опре-

деленного сочетания показателей качества НР.

С учетом вышесказанного значение КУТР для определенного фактора рассчитывается следующим образом:

$$\overline{\text{КУТР}} = 0,5 \cdot (\text{КУТР}_н \cdot \mu_u^н + \text{КУТР}_в \cdot \mu_u^в), \quad (1)$$

где  $\overline{\text{КУТР}}$  – среднее значение КУТР для определенного фактора;  $\mu_u^н$  – значение функции принадлежности для КУТР<sub>н</sub>;  $\mu_u^в$  – значение функции принадлежности для КУТР<sub>в</sub>.



Возможна различная форма функции принадлежности, однако в целях упрощения будет применяться треугольная или трапециевидальная [5]. На рис. 6 формы функций принадлежности характеризуют следующие логические посылки:

А) степень принадлежности низкого уровня фактора (а) больше, чем высокого (б);

Б) степень принадлежности низкого уровня фактора (в) меньше, чем высокого (г);

Г) степень принадлежности низкого уровня фактора (д) хотя и меньше, чем высокого (е), но незначительно (эксперт не вполне уверен);

Д) степень принадлежности низкого уровня фактора (ж) хотя и больше, чем высокого (з), но незначительно.

Функции принадлежности различных уровней факторов для некоторых импликаций представлена в таблице.

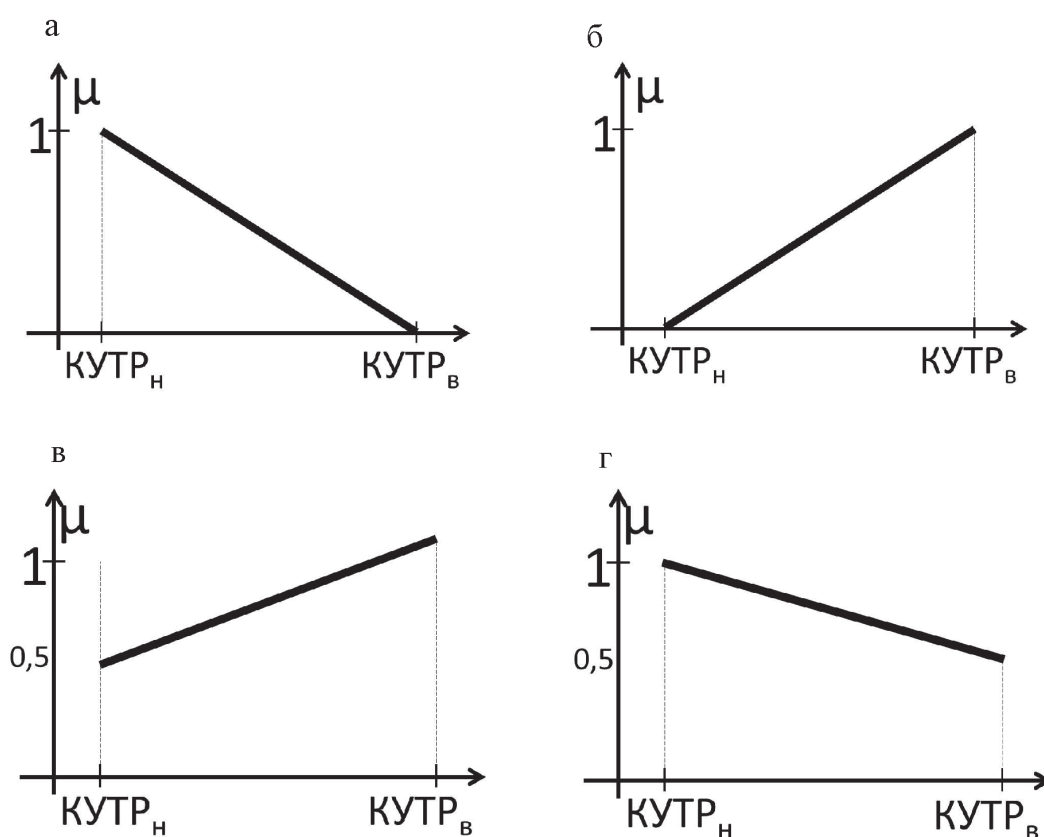


Рис. 6. Формы используемых функций принадлежности

## Вид функций принадлежности различных уровней факторов для некоторых импликаций

| Если ПЗ=высокая и Д=высокая и ПН=средняя и НН=низкая то                                                                                                                                                                             |                                                                             |                                          |                                                              |                                                                   |                                                                       |                                               |                                                    |                                                                    |                                                    |                                                            |                                                          |                                          |                                                 |                              |                               |                                                |                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| наименование фактора                                                                                                                                                                                                                |                                                                             |                                          |                                                              |                                                                   |                                                                       |                                               |                                                    |                                                                    |                                                    |                                                            |                                                          |                                          |                                                 |                              |                               |                                                |                                              |
| Прототипы и аналоги реальных объектов и процессов                                                                                                                                                                                   | Доработка, уточнение, адаптация существующего научно-методического аппарата | Разработка новых методов и методик       | Полнота и качество исходных данных                           | Разработка специального программного обеспечения                  | Наблюдения, машинные, лабораторные и натурные эксперименты, испытания | Экспертный опрос                              | Инновационный уровень научно-технической продукции | Степень улучшения состояния дел в сфере ответственности МЧС России |                                                    |                                                            |                                                          |                                          |                                                 |                              |                               |                                                |                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                             |                                          |                                                              |                                                                   |                                                                       |                                               |                                                    |                                                                    |                                                    |                                                            |                                                          |                                          |                                                 |                              |                               |                                                |                                              |
| наименование уровня фактора                                                                                                                                                                                                         |                                                                             |                                          |                                                              |                                                                   |                                                                       |                                               |                                                    |                                                                    |                                                    |                                                            |                                                          |                                          |                                                 |                              |                               |                                                |                                              |
| существуют близкие прототипы и аналоги                                                                                                                                                                                              | не существует близких прототипов и аналогов                                 | адаптация существующих методов и методик | уточнение, усовершенствование существующих методов и методик | разработка новых методик на основе уточнения существующих методов | разработка новых методов на основе уточнения существующей теории      | полнота и качество исходных данных приемлемые | полнота и качество исходных данных неприемлемые    | существующее СПО соответствует особенностям НМА                    | существующее СПО не соответствует особенностям НМА | требуется краткосрочное проведение локальных экспериментов | требуется длительное проведение масштабных экспериментов | экспертные опросы проводятся в один этап | экспертные опросы проводятся в несколько этапов | низкий инновационный уровень | высокий инновационный уровень | несущественная степень улучшения состояния дел | существенная степень улучшения состояния дел |
| шифр уровня фактора                                                                                                                                                                                                                 |                                                                             |                                          |                                                              |                                                                   |                                                                       |                                               |                                                    |                                                                    |                                                    |                                                            |                                                          |                                          |                                                 |                              |                               |                                                |                                              |
| а                                                                                                                                                                                                                                   | б                                                                           | в                                        | г                                                            | д                                                                 | е                                                                     | ж                                             | з                                                  | и                                                                  | к                                                  | л                                                          | м                                                        | н                                        | о                                               | п                            | р                             | с                                              | т                                            |
| значение функции принадлежности уровня фактора                                                                                                                                                                                      |                                                                             |                                          |                                                              |                                                                   |                                                                       |                                               |                                                    |                                                                    |                                                    |                                                            |                                                          |                                          |                                                 |                              |                               |                                                |                                              |
| 1                                                                                                                                                                                                                                   | 0                                                                           | 1                                        | 0                                                            | 0                                                                 | 0                                                                     | 1                                             | 0                                                  | 1                                                                  | 0                                                  | 1                                                          | 0,5                                                      | 0                                        | 0                                               | 0                            | 1                             | 0                                              | 1                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                     | нет                                                                         |                                          | нет                                                          |                                                                   | нет                                                                   |                                               |                                                    |                                                                    |                                                    |                                                            |                                                          |                                          |                                                 |                              |                               |                                                |                                              |
| Если ПЗ=высокая и Д=средняя и ПН=средняя и НН=низкая то                                                                                                                                                                             |                                                                             |                                          |                                                              |                                                                   |                                                                       |                                               |                                                    |                                                                    |                                                    |                                                            |                                                          |                                          |                                                 |                              |                               |                                                |                                              |
| шифр уровня фактора                                                                                                                                                                                                                 |                                                                             |                                          |                                                              |                                                                   |                                                                       |                                               |                                                    |                                                                    |                                                    |                                                            |                                                          |                                          |                                                 |                              |                               |                                                |                                              |
| а                                                                                                                                                                                                                                   | б                                                                           | в                                        | г                                                            | д                                                                 | е                                                                     | ж                                             | з                                                  | и                                                                  | к                                                  | л                                                          | м                                                        | н                                        | о                                               | п                            | р                             | с                                              | т                                            |
| значение функции принадлежности уровня фактора                                                                                                                                                                                      |                                                                             |                                          |                                                              |                                                                   |                                                                       |                                               |                                                    |                                                                    |                                                    |                                                            |                                                          |                                          |                                                 |                              |                               |                                                |                                              |
| 1                                                                                                                                                                                                                                   | 0                                                                           | 1                                        | 0                                                            | 0                                                                 | 0                                                                     | 1                                             | 0,5                                                | 1                                                                  | 0                                                  | 1                                                          | 0                                                        | 0                                        | 0                                               | 0,5                          | 1                             | 0,5                                            | 1                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                     | нет                                                                         |                                          | нет                                                          |                                                                   | нет                                                                   |                                               |                                                    |                                                                    |                                                    |                                                            |                                                          |                                          |                                                 |                              |                               |                                                |                                              |
| Примечание. Отличие от условия предыдущей импликации заключается в значении достоверности (средняя, а не высокая). Это является причиной применения других функций принадлежности для уровней факторов «ж-з», «л-м», «п-р» и «с-т». |                                                                             |                                          |                                                              |                                                                   |                                                                       |                                               |                                                    |                                                                    |                                                    |                                                            |                                                          |                                          |                                                 |                              |                               |                                                |                                              |
| Если ПЗ=низкая и Д=средняя и ПН=высокая и НН=высокая то                                                                                                                                                                             |                                                                             |                                          |                                                              |                                                                   |                                                                       |                                               |                                                    |                                                                    |                                                    |                                                            |                                                          |                                          |                                                 |                              |                               |                                                |                                              |
| шифр уровня фактора                                                                                                                                                                                                                 |                                                                             |                                          |                                                              |                                                                   |                                                                       |                                               |                                                    |                                                                    |                                                    |                                                            |                                                          |                                          |                                                 |                              |                               |                                                |                                              |
| а                                                                                                                                                                                                                                   | б                                                                           | в                                        | г                                                            | д                                                                 | е                                                                     | ж                                             | з                                                  | и                                                                  | к                                                  | л                                                          | м                                                        | н                                        | о                                               | п                            | р                             | с                                              | т                                            |
| значение функции принадлежности уровня фактора                                                                                                                                                                                      |                                                                             |                                          |                                                              |                                                                   |                                                                       |                                               |                                                    |                                                                    |                                                    |                                                            |                                                          |                                          |                                                 |                              |                               |                                                |                                              |
| 1                                                                                                                                                                                                                                   | 0                                                                           | 0                                        | 0                                                            | 0,5                                                               | 1                                                                     | 1                                             | 0                                                  | 0                                                                  | 1                                                  | 0,5                                                        | 1                                                        | 1                                        | 0,5                                             | 1                            | 0                             | 0                                              | 1                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                     | нет                                                                         |                                          |                                                              |                                                                   |                                                                       |                                               |                                                    |                                                                    |                                                    |                                                            |                                                          |                                          |                                                 |                              |                               |                                                |                                              |

При определении суммарной трудоемкости НИОКР, по которым предусмотрено несколько выходных НР, бу-

дут находиться итоговые значения КУТР каждого фактора для всех результатов (рис. 7).

| Факторы<br>Научные<br>результаты | $\Phi_1$              | $\Phi_2$              | ... | $\Phi_m$              |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----|-----------------------|
| НР <sub>1</sub>                  | $\overline{КУТР}_1^1$ | $\overline{КУТР}_1^2$ | ... | $\overline{КУТР}_1^m$ |
| НР <sub>2</sub>                  | $\overline{КУТР}_2^1$ | $\overline{КУТР}_2^2$ | ... | $\overline{КУТР}_2^m$ |
| ...                              | ...                   | ...                   | ... | ...                   |
| НР <sub>n</sub>                  | $\overline{КУТР}_n^1$ | $\overline{КУТР}_n^2$ | ... | $\overline{КУТР}_n^m$ |
| Итоговый<br>коэффициент          | $КУТР^1$              | $КУТР^2$              | ... | $КУТР^m$              |

Рис. 7. Расчетная таблица для оценки итоговых КУТР факторов

При этом следует отметить, что данные коэффициенты показывают, на сколько (во сколько) увеличивается трудоемкость (продолжительность) определенного этапа НИОКР, т.е. характеризуют только приращение трудоемкости этапа. В этой связи зависимость вида

$$КУТР^j = \sum_{i=1}^n \overline{КУТР}_i^j, \quad (2)$$

где  $КУТР^j$  – итоговое значение КУТР для  $j$ -го фактора;  $j=1,2,\dots,m$  – номера факторов;  $\overline{КУТР}_i^j$  – среднее значение КУТР для  $i$ -го НР и  $j$ -го фактора;  $i=1,2,\dots,n$  – номера НР.

не является корректной, т.к. определяет, что продолжительность этапа НИОКР возрастает в количество раз, значительно большее числа рассматриваемых результатов. Действительно, если, например, продолжительность этапа равна 100 часам, а значения КУТР для четырех научных результатов равны соответственно 1,3; 2,1; 2,8 и 1,5 (применительно к какому-то

$j$ -тому фактору), то в соответствии с (2) суммарная трудоемкость этапа будет:  $100 \cdot (1,3+2,1+2,8+1,5)=770$  часов, т.е. отличается от базовой в 7,7 раза.

С учетом того, что в рамках одного этапа (например «Обработка результатов наблюдений, экспериментов, испытаний, экспертных опросов») даже для различных научных результатов выполняются близкие мероприятия, то затраты труда для последующих аналогичных результатов будут значительно меньше, чем для первого (т.к. труд уже будет «алгоритмизирован», появятся навыки в выполнении даже творческой работы). Интуитивно понятно, что корректнее будет значение, рассчитываемое как

$$100 \cdot ((1,3-1)+(2,1-1)+(2,8-1)+(1,5-1))=370 \text{ ч.}$$

В этом случае базовая оценка продолжительности этапа (100 часов) увеличивается только за счет приращения КУТР (на 30, 110, 180 и 50% соответственно).



В этой связи итоговые значения КУТР предлагается определять, как

$$\text{КУТР}^j = \sum_{i=1}^n \overline{\text{КУТР}_i^j} - n + 1. \quad (3)$$

С учетом сказанного, порядок оценки трудоемкости работ будет включать следующие укрупненные этапы:

1. Установление требований к качеству выходных научных результатов;

2. Оценка трудоемкости этапов НИОКР с учетом значений КУТР, зависящих от указанных требований;

3. Оценка трудоемкости НИОКР в целом.

Таким образом, рассмотрены типовые сочетания показателей качества НР, приведена схема выбора требуемых значений указанных показателей и установлен порядок оценки значений КУТР в зависимости от этих показателей качества.

В следующей статье будут приведены результаты практических исследований по нормированию научного труда и пример оценки трудоемкости НИОКР в области безопасности жизнедеятельности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Предыдущая статья в этом же журнале.
2. Агапов И.В. Материалы диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – М.: Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» Федерального космического агентства, 2012.
3. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.
4. Борисов А.Н., Крумберг О.А. Федоров И.П. Принятие решений на основе нечетких моделей: примеры использования. – Рига: Зинатне, 1990.
5. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009.