

УДК 656

В ПОИСКАХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ТРУДОЕМКОСТИ НИОКР В ОБЛАСТИ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ: ПРОЦЕДУРА ОЦЕНКИ ТРУДОЗАТРАТ

Акимов В.А., Дурнев Р.А., Жданенко И.В.*ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), Москва, e-mail: rdurnev@rambler.ru*

В заключительной статье этой серии рассмотрена процедура оценки затрат научного труда в области безопасности жизнедеятельности исходя из показателей качества ожидаемых научных результатов, содержания этапов проведения работ для решения различных научных задач, а также с учетом факторов, влияющих на трудозатраты.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, процедура, трудоемкость, этапы, научные задачи, факторы, показатели качества

IN SEARCH OF APPROACHES TO THE ESTIMATION OF LABOUR INPUT OF RESEARCH WORKS IN THE FIELD OF HEALTH AND SAFETY: PROCEDURE OF THE ESTIMATION OF EXPENDITURES OF LABOR

Akimov V.A., Durnev R.A., Zhdanenko I.V.*FGBU VNII GOCHS, Moscow, e-mail: rdurnev@rambler.ru*

In final article of this series procedure of an estimation of expenses of scientific work in the field of health and safety proceeding from indicators of quality of expected scientific results, the maintenance of stages of work for the decision of various scientific problems, and also taking into account the factors influencing expenditures of labor is considered.

Keywords: health and safety, procedure, labor input, stages, scientific problems, factors, quality indicators

В предыдущей статье [1] рассмотрены основные предпосылки и допущения, принятые при разработке методического подхода к оценке затрат научного труда в области безопасности жизнедеятельности. Определено, что оценка трудоемкости НИОКР должна осуществляться исходя из ожидаемых научных результатов (НР), видов и содержания этапов и подэтапов проведения НИОКР (рис. 1), а также с учетом влияния факторов, рассмотренных в статьях [2, 3].

С учетом этого процедура оценки трудоемкости НИОКР в области безопасности жизнедеятельности должна включать этап сбора исходных данных и этап проведения расчетов.

Сбор исходных данных осуществляется в такой последовательности.

1. Оценка времени выполнения этапов и подэтапов НИОКР

В [1] определены типовые этапы и подэтапы НИОКР, представленные в виде сетевого графика на рис. 1.

В работах [4–6 и др.] приводятся оценки трудоемкости (продолжительности) этапов и подэтапов НИОКР. Однако их использование не целесообразно в связи со значительным разбросом, связанным с разными периодами получения оценок, отличием в опыте и квалификации специалистов, проводивших оценки, специфике научных исследований для разных отраслей наук.

Значительные затруднения вызывает оценивание путем прямого наблюдения за

таким творческим процессом, как научные исследования.

Представляется некорректным и использование данных по трудоемкости выполнения НИОКР за прошлые годы, т.к. до недавнего времени осуществлялось сметное финансирование научно-исследовательских учреждений (НИУ), а не решаемых научных задач. Поэтому трудоемкость работ не определялась, максимальное и минимальное количество НИОКР, выполняемых НИУ, ничем не ограничивалось.

Существенные сложности возникают и в процессе установления зависимостей затрат научного труда от характеристик создаваемой мелкосерийной аварийно-спасательной техники и технологий, для которых не характерно непрерывное развитие типовых рядов.

Поэтому для оценки времени выполнения этапов и подэтапов НИОКР необходимо проведение экспертного опроса. Его целью будет являться получение оптимистической (минимальной – $t_{\min}$) и пессимистической (максимальной – $t_{\max}$) оценок времени выполнения данных этапов и подэтапов. Такой опрос должен выполняться заблаговременно на определенный период.

Периодичность его проведения может определяться тенденциями в изменении интенсивности процессов сбора и обработки данных (за счет развития информационных технологий), приоритетов научно-технической политики и других факторов. С уче-

том принятого трехлетнего планирования социально-экономического развития страны, в первом приближении периодичность

опроса может устанавливаться один раз в три года до утверждения плана научно-технической деятельности.

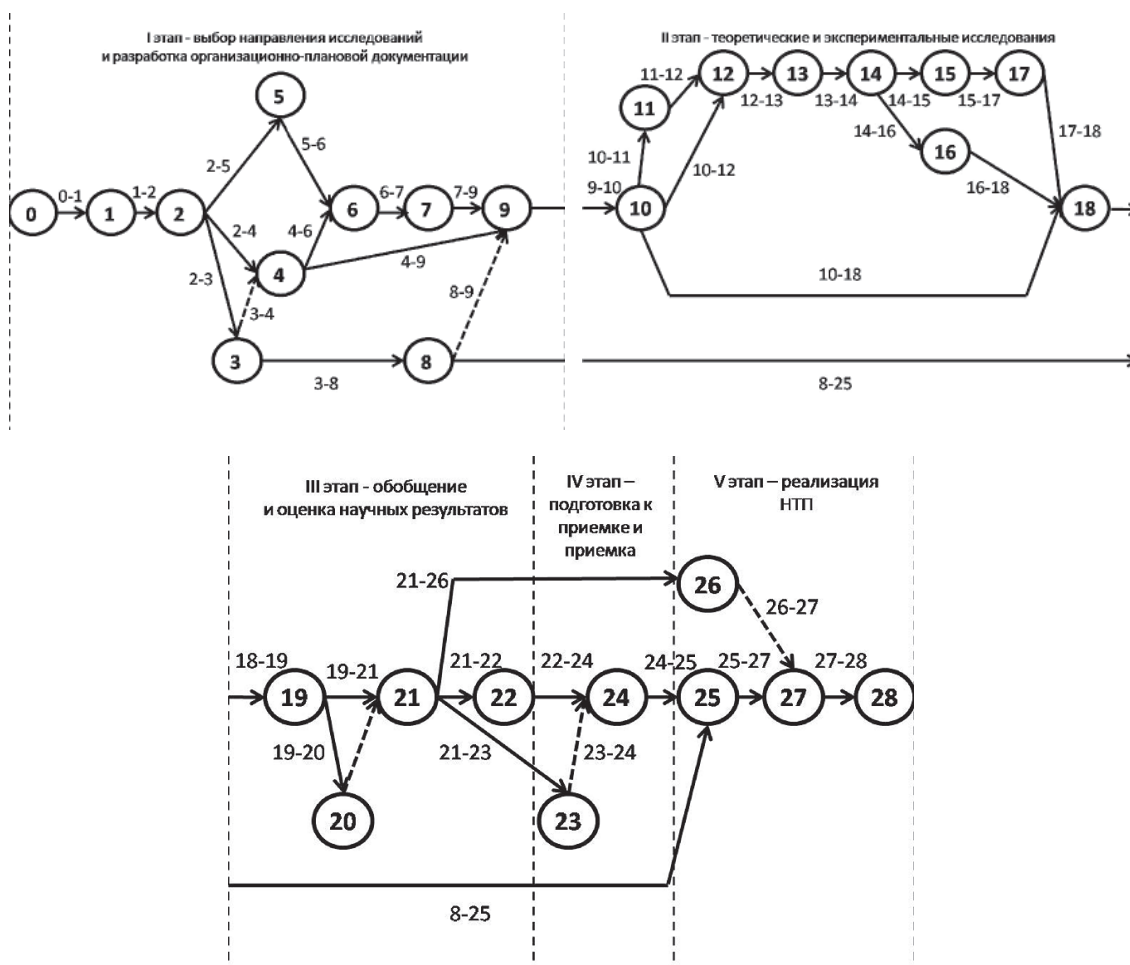


Рис. 1. Типовой сетевой график выполнения этапов и подэтапов НИОКР:
 0–1 – предварительная постановка задачи заказчиком; 1–2 – подбор исполнителей;
 2–3 – предварительный анализ рынка научно-технической продукции (НТП);
 2–4 – предварительный анализ научно-технического задела (НТЗ); 2–5 – изучение проблемы, отнесение ее к градациям (теоретические положения, решение научной проблемы, разработка технических решений); 3–4 – логическая связь; 3–8 – анализ рынка НТП; 4–6 – установление требований к качеству НР; 4–9 – анализ НТЗ, патентный поиск; 5–6 – установление требований к количеству НР (в соответствии с типом градации); 6–7 – разработка ТЗ и согласование с заказчиком; 7–9 – разработка общей рабочей программы (ОРП), научно-организационного замысла (НОЗ); 8–9 – логическая связь; 8–25 – анализ рынка НТП; 9–10 – качественная постановка научных задач; 10–11 – сбор ИД; 10–12 – выбор НМА; 10–18 – качественное обоснование решения задачи; 11–12 – обработка ИД; 12–13 – адаптация, доработка НМА в соответствии с научными задачами; 13–14 – количественная постановка (формализация) научных задач в соответствии с возможностями НМА и характером ИД; 14–15 – разработка алгоритмов, программ для ПК; 14–16 – проведение наблюдений, натурных экспериментов, испытаний; 15–17 – проведение расчетов, машинных экспериментов; 16–18 – обработка результатов наблюдений, натурных экспериментов, испытаний; 17–18 – обработка результатов расчетов, машинных экспериментов; 18–19 – обобщение НР; 19–20 – оценка новизны и достоверности НР; 19–21 – оценка соответствия НР требованиям ТЗ; 20–21 – логическая связь; 21–22 – оценка технико- и социально-экономической эффективности НР; 21–23 – оформление НР в виде НТП; 21–26 – подготовка заявок на изобретения, статей, монографий; 22–24 – подготовка отчетной документации; 23–24 – логическая связь; 24–25 – сдача НТП заказчику; 25–27 – оформление документации на введение НТП в хозяйственный оборот; 26–27 – логическая связь; 27–28 – внедрение НТП (в рамках этого подэтапа может проводиться апробация, опытная эксплуатация, доработка по результатам апробации и опытной эксплуатации, постановка и выполнения новой НИОКР и т.п.)

При формулировании вопросов экспертам можно исходить из того, что даже при самом благоприятном стечении обстоятельств вероятность выполнения этапов и подэтапов НИОКР за время, меньшее $t_{\min}$, меньше 0,01. В то же время, даже при самых неблагоприятных условиях вероятность выполнения работы за время, большее $t_{\max}$, также меньше 0,01.

При обработке результатов экспертного опроса необходимо учитывать, что в общем случае опоздание в сроках выполнения работ более вероятно, чем выполнение работ раньше намеченных сроков. Поэтому с учетом рекомендаций [7] можно принять, что распределение продолжительности работ может быть аппроксимировано β -распределением с положительной асимметрией (рис. 2).

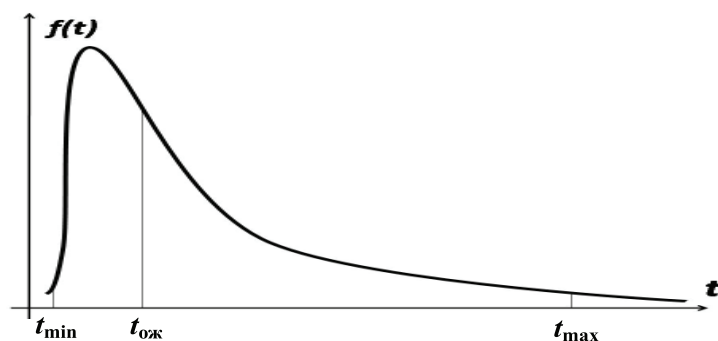


Рис. 2. Некоторые параметры β -распределения продолжительности выполнения этапа, подэтапа НИОКР:

$t_{\text{ож}}$ – ожидаемая продолжительность выполнения работ

На данном рис. 2 $f(t)$ – это плотность β -распределения, равная

$$f(t) = C(t - t_{\min})^{\alpha}(t_{\max} - t)^{\gamma}, \quad (1)$$

где C – нормирующая константа; $t_{\min}$ – оптимистическая (минимальная) оценка времени выполнения этапа, подэтапа НИОКР, ч; $t_{\max}$ – пессимистическая (максимальная) оценка времени выполнения этапа, подэтапа НИОКР, ч; α и γ – параметры β -распределения.

Если по рекомендациям [8] принять $\alpha = 1$ и $\gamma = 2$, тогда ожидаемая продолжительность (медиана β -распределения) выполнения этапа или подэтапа будет находиться, как

$$t_{\text{ож}} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5}, \quad (2)$$

а дисперсия –

$$\sigma = 0,04(t_{\max} - t_{\min})^2. \quad (3)$$

Если не принимать вышеуказанного допущения по параметрам β -распределения, то ожидаемая продолжительность не изменится, а степень достоверности того, что этап (подэтап) будет выполнен в ожидаемый срок, незначительно уменьшится. При этом экспертам необходимо будет давать не две оценки времени выполнения этапов и подэтапов НИОКР, а три, включая наиболее вероятную.

При необходимости в качестве вводной информации экспертам можно давать для ознакомления оценки трудоемкости (продолжительности) этапов и подэтапов НИОКР, приводимых в вышеуказанных работах, а также обобщенную информацию по научным результатам, полученным за один год работы, из базы данных по НИОКР МЧС России с 1995 по 2008 г. [9].

Результаты опроса одного эксперта оформляются в следующем виде:

Таблица 1

Форма результатов опроса одного эксперта по оценке трудоемкости этапа, подэтапа НИОКР

Этапы, подэтапы НИОКР (в соотв. с рис. 1)	Оценки времени, ч		Расчетные величины (по (2),(3))	
	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ож}}$	σ
0–1	$t_{\min}^{(0-1)}$	$t_{\max}^{(0-1)}$	$t_{\text{ож}}^{(0-1)}$	$\sigma^{(0-1)}$
...	...	...	...	...
2–3	$t_{\min}^{(2-3)}$	$t_{\max}^{(2-3)}$	$t_{\text{ож}}^{(2-3)}$	$\sigma^{(2-3)}$
...	...	...	...	...

Примечание. $t_{\min}^{(0-1)}$, $t_{\max}^{(0-1)}$, $t_{\text{ож}}^{(0-1)}$ – минимальная, максимальная и ожидаемая продолжительность выполнения подэтапа (0–1) НИОКР; $\sigma^{(0-1)}$ – дисперсия оценок для подэтапа (0–1) НИОКР.

Далее обобщаются результаты опроса всех экспертов и оформляются так, как показано в табл. 2.

Затем устанавливается среднее значение продолжительности этапа, подэтапа НИОКР с учетом усредненных мнений экспертов [10]:

$$T_{\text{ож}}^{(a-b)} = \sum_{j=1}^m k^{(a-b);j} \cdot t_{\text{ож}}^{(a-b);j}; \quad (4)$$

$$k^{(a-b);j} = \frac{\sigma^{(a-b)}}{\sigma^{(a-b);j}}; \quad (5)$$

$$\sigma^{(a-b)} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \frac{1}{\sigma^{(a-b);j}}}, \quad (6)$$

где $T_{\text{ож}}^{(a-b)}$ – среднее значение продолжительности $(a-b)$ -го подэтапа, ч; $k^{(a-b);j}$ – весовой коэффициент j -того эксперта при оценке продолжительности $(a-b)$ -го подэтапа; $t_{\text{ож}}^{(a-b);j}$ – ожидаемая продолжительность выполнения $(a-b)$ -го подэтапа, определенная по результатам опроса j -го эксперта, ч; $\sigma^{(a-b)}$ – постоянная величина, определяемая из (6), ч²; $\sigma^{(a-b);j}$ – дисперсия оценки j -го эксперта для $(a-b)$ -го подэтапа, ч²; $j = 1, 2, \dots, m$ – номера экспертов.

Т а б л и ц а 2

Форма результатов опроса всех экспертов по оценке трудоемкости этапа, подэтапа НИОКР

Этапы, подэтапы НИОКР (в соотв. с рис. 1)	Расчетные величины для экспертов					
	1	2	...	j	...	m
0–1	$t_{\text{ож}}^{(0-1);1}$	$t_{\text{ож}}^{(0-1);2}$	...	$t_{\text{ож}}^{(0-1);j}$	...	$t_{\text{ож}}^{(0-1);m}$
	$\sigma^{(0-1);1}$	$\sigma^{(0-1);2}$	...	$\sigma^{(0-1);j}$	...	$\sigma^{(0-1);m}$
...	...	...	...	...	...	...
2–3	$t_{\text{ож}}^{(2-3);1}$	$t_{\text{ож}}^{(2-3);2}$	...	$t_{\text{ож}}^{(2-3);j}$	...	$t_{\text{ож}}^{(2-3);m}$
	$\sigma^{(2-3);1}$	$\sigma^{(2-3);2}$	...	$\sigma^{(2-3);j}$	...	$\sigma^{(2-3);m}$
...	...	...	...	...	...	...

Пр и м е ч а н и е. $t_{\text{ож}}^{(2-3);2}$ – ожидаемая продолжительность выполнения подэтапа (2–3), определенная по результатам опроса эксперта №2; $\sigma^{(2-3);2}$ – дисперсия оценки эксперта №2 для подэтапа (2–3).

2. Классификация тематики НИОКР с точки зрения затрат научного труда

В настоящее время в соответствии с документами [11,12] предусмотрены следующие классификационные разделы тематики НИОКР [13]:

а) прикладные научные исследования и экспериментальные разработки по обоснованию государственной политики в сфере деятельности МЧС России, а также выработка системы и механизмов оценки эффективности её формирования и реализации;

б) совершенствование нормативной правовой базы, регламентирующей решение задач МЧС России, надзорной и правоприменительной практики;

в) формирование методологии и инструментария для решения типовых задач стратегического и антикризисного управления, учитывающих специфику основных направлений деятельности МЧС России;

г) развитие системы информатизации МЧС России, обеспечивающей развитие информационно-телекоммуникационных технологий и автоматизацию приоритетных направлений деятельности МЧС России в соответствии с выполняемыми задачами;

д) проведение технологической модернизации деятельности подразделений МЧС России путём разработки и внедрения современных способов, методов и технологий предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и пожаров, оказания помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях, а также создания качественно новых видов пожарно-спасательной техники и специального оборудования;

е) разработка научно обоснованных подходов по дальнейшему совершенствованию кадрового, социального и медицинского обеспечения сотрудников МЧС России.

Указанные разделы различаются, в основном предметными областями научно-технической деятельности – разработка нормативной базы, совершенствование управления и информатизации, развитие технического оснащения и т.п. По всей видимости, такое разделение может быть удобно для заказывающих подразделений министерства с точки зрения реализации их функций. Но в то же время это может приводить и к определенным трудностям в вопросах отнесения тематики НИОКР к данным разделам. Так, создание нового подвижного пункта управления

на автомобильной базе может быть включено как в раздел в) (инструментарий для антикризисного управления), так и в раздел д) (проведение технологической модернизации). Также и подготовка руководства по его эксплуатации может с достаточно произвольными основаниями быть отнесено как к совершенствованию нормативной правовой базы (т.к. руководство – это нормативный документ), так и к проведению технологической модернизации.

Такая классификация тематики НИОКР не является рациональной и с позиции исполнителя работ. Так, например, проект федерального закона о техническом регламенте по требованиям к продукции гражданской обороны – скорее элемент технических изысканий, а не нормотворческих. Поэтому хотя он и может быть размещен в разделе б), но всё же будет выполняться специалистами в области обоснования требований к мероприятиям ГО, тактико-технических требований к техническим средствам ГО, объектам ГО (защитным сооружениям ГО и др.), продукции ГО (например, средствам индивидуальной защиты органов дыхания).

И, конечно же, данное разделение является бесполезным с точки зрения оценки трудоемкости НИОКР.

В работе [1] обоснована классификация научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по типу решаемых научных

задач (рис. 3), отличающихся применяемым научно-методическим аппаратом (НМА), составом исходных данных (ИД), содержанием и объемом расчетов и обоснований и т.п. Данная классификация позволяет учесть зависимость затрат научного труда от факторов, рассмотренных в [2, 3], через коэффициенты увеличения трудоемкости работ (КУТР).

3. Оценка значений КУТР

Значения КУТР также могут оцениваться экспертным путем один раз в три года до утверждения плана научно-технической деятельности. При этом необходим учет следующих очевидных положений: чем выше значения (уровни) факторов, рассмотренных в [2, 3], тем больше должны быть оценки КУТР. Так, требования по высокой достоверности исходных данных будут влиять на увеличение затрат научного труда и оценок КУТР; указанные факторы способствуют увеличению трудоемкости не всех, а только определенных этапов и подэтапов НИОКР. Например, мощность НМА будет влиять на подэтап (15–17) – проведение расчетов, машинных экспериментов (рис.1), и не будет оказывать существенного воздействия на подэтап (3–8) – анализ рынка НТП.

В этой связи вначале путем экспертного опроса необходимо сформировать матрицу соответствий факторов и этапов (подэтапов) НИОКР, например, в виде следующей таблицы (табл. 3).

Таблица 3

Форма результатов опроса одного эксперта по соответствию факторов и этапов, подэтапов НИОКР

Этапы, подэтапы НИОКР (в соотв. с рис. 1)	Факторы			
	...	Новизна НМА	Достоверность НМА	...
...	...	...	...	...
15–17	...	1	0	...
17–18	...	0	1	...
...	...	...	...	...

Значения ячеек данной таблицы определяются следующим образом:

$$Q_j^{(a-b);l} = \begin{cases} 1 - \text{при соответствии фактора и подэтапа;} \\ 0 - \text{при несоответствии фактора и подэтапа,} \end{cases} \quad (7)$$

где $Q_j^{(a-b);l}$ – значение символа Кронекера для l -го фактора и $(a-b)$ -го подэтапа, определенное для j -го эксперта.

При обработке результатов нескольких экспертов по соответствию факторов и этапов, подэтапов НИОКР может находиться относительная частота соответствия:

$$h^{(a-b);l} = \frac{\sum_{j=1}^m Q_j^{(a-b);l}}{m}, \quad (8)$$

где $h^{(a-b);l}$ – относительная частота соответствия l -го фактора и $(a-b)$ -го подэтапа.

Существенным может признаваться соответствие, для которого $h^{(a-b);l} \geq 0,5$. При этом статистическая значимость данного показателя определяется с использованием статистических процедур, допустимых для номинальной шкалы [14].

Для существенных соответствий оценивается степень влияния факторов на продолжительность выполнения этапа, подэтапа НИОКР с использованием метода анализа иерархий

[15]. Для этого составляется иерархическая схема влияния факторов на продолжительность каждого этапа, подэтапа НИОКР (рис. 4).

Затем с учетом положений работы [15], устанавливаются значения главного соб-

ственного вектора (ГСВ) для низкого, среднего и высокого уровней каждого из факторов, влияющих на определенный этап, подэтап НИОКР, которые и используются для оценки КУТР.

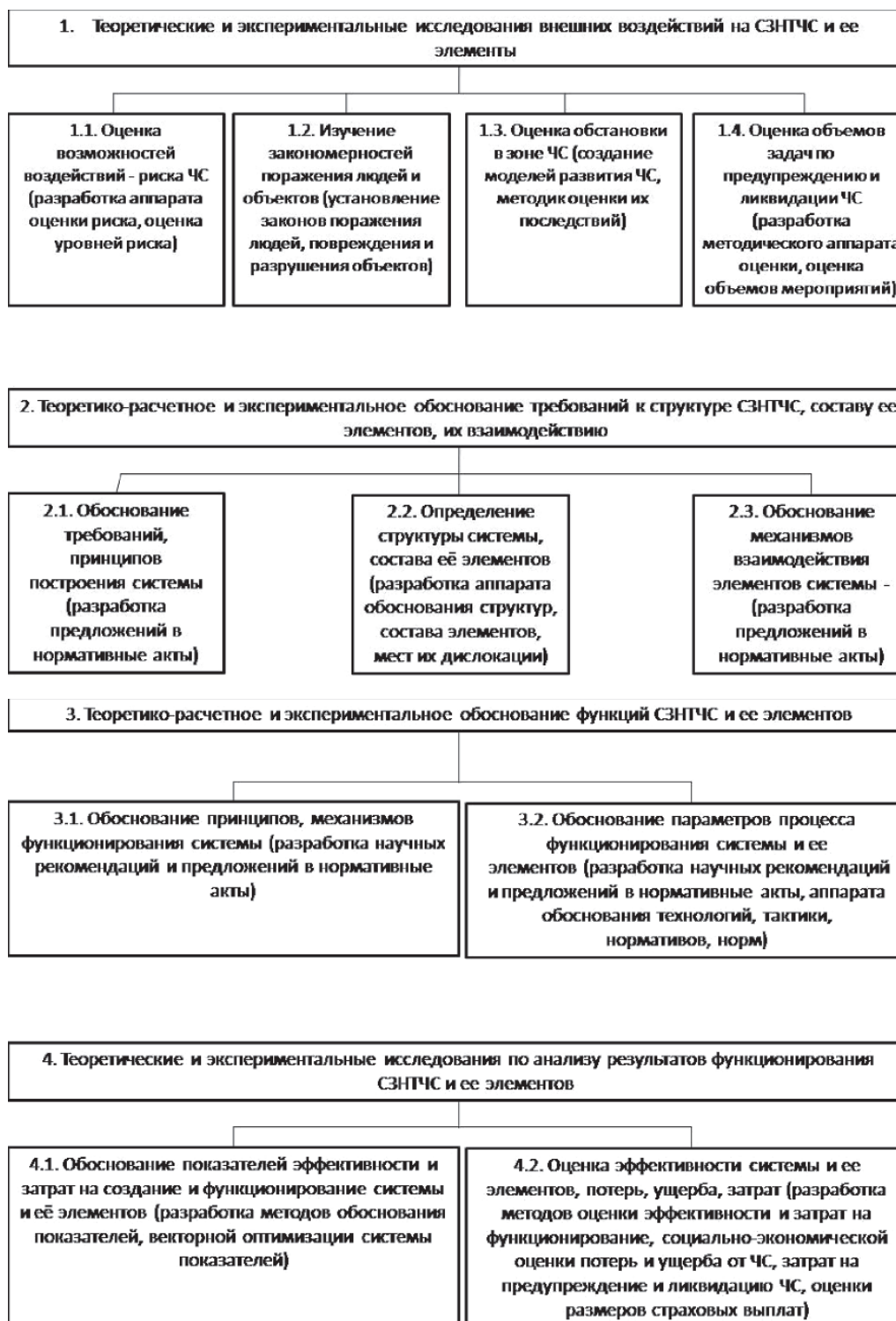


Рис. 3. Типовые научные задачи в области безопасности жизнедеятельности (применительно к гражданской обороне (ГО) и защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций (ЗНТЧС)). СЗНТЧС – система защиты населения и территорий от ЧС мирного и военного времени

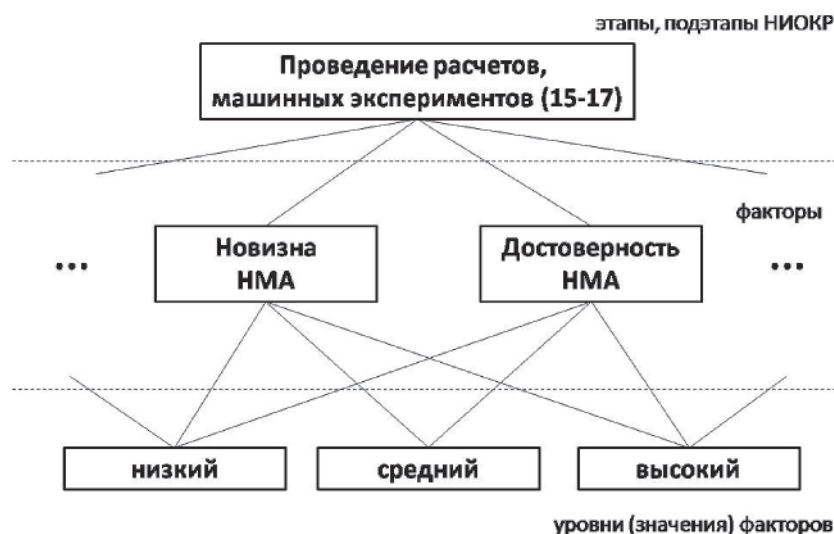


Рис. 4. Иерархическая схема влияния факторов на продолжительность подэтапа проведения расчетов, машинных экспериментов

Так, например, если для качественного проведения расчетов, машинных экспериментов в соответствии с требованиями заказчика или существом решаемой задачи потребуется новый НМА (высокий уровень новизны НМА в соответствии с рис. 4), то увеличение трудоемкости подэтапа может определяться, как

$$\text{КУТР}_{\text{нов.НМА}}^{(15-17)} = \frac{w_{\text{в}}^{\text{нов.НМА}}}{w_{\text{н}}^{\text{нов.НМА}}}, \quad (9)$$

где $\text{КУТР}_{\text{нов.НМА}}^{(15-17)}$ – коэффициент увеличения трудоемкости выполнения подэтапа

(15–17) при высоком уровне новизны НМА; $w_{\text{в}}^{\text{нов.НМА}}$ – значение элемента ГСВ для высокого уровня фактора новизны НМА; $w_{\text{н}}^{\text{нов.НМА}}$ – значение элемента ГСВ для низкого уровня фактора новизны НМА.

Неочевидным допущением в этом случае является приравнивание значения КУТР для низкого уровня факторов единице.

После обработки результатов опросов нескольких экспертов с использованием зависимостей, предложенных в развитие работы [15] в статье [16], формируется следующая таблица (табл. 4).

Таблица 4
Значения КУТР для различных уровней факторов, влияющих на трудоемкость выполнения этапов, подэтапов НИОКР

Этапы, подэтапы НИОКР (в соотв. с рис. 1)	Значения КУТР для уровней факторов							...
	...	Уровни новизны НМА			Уровни достоверности НМА			
		низкий	средний	высокий	низкий	средний	высокий	
...	...	...	...	...	...	...	...	...
15–17	...	1,0	1,8	2,7	1,0	1,1	1,4	...
17–18	...	1,0	1,3	1,5	1,0	1,4	1,6	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...

В связи с тем, что данный подход, учитывающий современную специфику научных исследований в области ГО и ЗНТЧС, предлагается впервые, то значения КУТР должны оцениваться отдельно для различных типов НИОКР с точки зрения решаемых научных задач (см. рис. 3). В последующем данные оценки могут уточняться применительно к отдельным типам НИОКР при существенных изменениях военно-политической обстановки, стратегических ри-

сков страны, принципиальных основ строительства и развития СЗНТЧС и т.п.

4. Оценка соответствия продолжительности НИОКР и качества ожидаемых научных результатов

В [1–3] показано, что продолжительность подэтапов, этапов и НИОКР в целом зависит от требуемого качества ожидаемых НР (уровня НТП). В общем виде факторы, влияющие на качество НР, рассмотрены в [2]. В то же время следует отметить, что

качество НР – это понятие комплексное, многосоставное. Очевидно, что ряд факторов будет существенным образом влиять на различные составные части, элементы (далее – показатели) качества НР, влияние других будет практически незаметно. В этой связи вначале представляется необходимым установить показатели качества НР.

Указанные вопросы неоднократно рассматривались в различных работах [4, 5, 17], в том числе в МЧС России [18].

Представляется, что более полно указанные аспекты с точки зрения военно-теоретических работ рассмотрены в статье [19]. В ней установлены состав, содержание и шкалы для следующих показателей качества научно-исследовательских работ:

- важность работы для Вооруженных Сил;
- широта военно-теоретических вопросов;
- полнота и завершенность результатов;
- научно-теоретическая, методологическая и практическая ценность результатов;
- степень практической реализации;
- качество изложения и оформления;
- своевременность представления и другие.

Следует отметить, что некоторые эти показатели предназначены для оценки качества не НР, а НИР в целом. Кроме того, ряд показателей пересекается, например, «важность работы» и «научно-теоретическая, методологическая, практическая ценность результатов», «практическая ценность результатов» и «степень практической реализации». В этой связи в целях снижения размерности решаемой задачи необходимо уменьшение количества этих показателей. По аналогии с результатами диссертационных работ в первом приближении возможно рассмотреть следующие показатели качества НР [20]:

- новизна;
- достоверность;
- практическая значимость.

Результаты, которые получаются при выполнении НИОКР, должны быть новыми. В противном случае не имеет смысла проводить научные исследования, важнейшей целью которых является получение именно новых знаний. Но даже научные результаты, полученные впервые, могут не вполне соответствовать объективной реальности, быть разной степени достоверности. Недостоверные результаты не позволяют науке выполнять ее основные функции – объяснительную (неверные результаты не обеспечат верное объяснение соотношений и связей различных объектов, явлений и процессов в природе и обществе) и регу-

лятивную (неверные результаты будут направлять исследователя в ложном направлении). Кроме того, для прикладных научных исследований даже новый и достоверный научный результат, который невозможно в ближайшее время внедрить в конкретную деятельность, имеет низкую практическую ценность и будет только способствовать расширению научно-технического задела.

Представляется, что ряд других показателей, применяемых при экспертизе диссертационных работ, имеет по отношению к рассмотренным производный характер. Например, такой показатель, как научная значимость, в данном случае может не рассматриваться, так как чем больше новых и достоверных НР будет получено, тем выше научная значимость такой работы.

Очевидно, что ценность, важность данных показателей качества НР неодинакова для различных, с точки зрения типа решаемой научной задачи (см. рис. 3), НИОКР. Так, например, после выхода монографии [21], в которой предлагаются новые прикладные методы оценки и прогнозирования риска ЧС с использованием современных достижений асимптотической теории вероятностей экстремальных значений, важность такого показателя качества НР, как новизна, может быть существенно ниже, чем до ее издания. В этом случае, если в предметной области существует серьезный научно-технический задел, для решения поставленной научной задачи существует значительный арсенал методов и средств, то необоснованно высокие требования к новизне НР могут значительно повысить трудоемкость работ.

Аналогично, при прогнозировании параметров СЗНТЧС на отдаленную перспективу (15–25 лет) требование к высокой точности, достоверности получаемых результатов, их низкой погрешности, а также к их высокой практической реализуемости могут сыграть решающую роль в повышении затрат научного труда.

В этой связи необходимо установление требований заказчика к показателям качества НР путем проведения опроса, интервьюирования и т.п. Это может проводиться применительно к конкретной НИОКР до начала ее выполнения или заблаговременно (до утверждения плана НТД) для всех типов НИОКР с точки зрения решаемых научных задач (табл. 5).

Далее экспертным путем нужно определить соответствие уровней показателей качества и факторов. Обобщенные результаты такого определения могут быть представлены следующим образом (табл. 6).

Таблица 5

Требования к показателям качества НР для различных типов НИОКР с точки зрения решаемых научных задач

Типы НИОКР (в соотв. с рис. 3)	Значения (уровни) показателей качества НР				
	новизны	достоверности			практической значимости
		...	низкий	средний	
...	...	...	...	...	...
Оценка объемов задач...	...	—	—	+	...
Обоснование принципов построения ...	...	+	—	—	...
...	...	...	...	...	...

Таблица 6

Форма представления результатов по определению соответствия уровней показателей качества и факторов

Уровни показателей качества НР		Уровни факторов				
		...	достоверности ИД			...
		...	низкий	средний	высокий	...
...	...	...	...	...	...	...
Достоверности НР	низкий	...	$h_{i,j}$	$h_{i,j+1}$	$h_{i,j+2}$	...
	средний	...	$h_{i+1,j}$	$h_{i+1,j+1}$	$h_{i+1,j+2}$	...
	высокий	...	$h_{i+2,j}$	$h_{i+2,j+1}$	$h_{i+2,j+2}$	...
...	...	...	...	...	...	...

Примечание: h_{ij} – относительная частота соответствия i -го уровня показателя качества НР и j -го уровня фактора, определяемая по (8). Существенным может признаваться соответствие, для которого $h_{ij} \rightarrow \max$ (для рассматриваемых уровней).

Второй этап процедуры оценки трудоемкости НИОКР в области безопасности жизнедеятельности – проведение расчетов – осуществляется в следующем порядке.

1. Разработка сетевого графика выполнения НИОКР.

В качестве основы для его разработки принимается типовый график, представленный на рис. 1. При этом с учетом специфики выполняемой работы, характера научных задач и ожидаемых НР, предварительного замысла их получения и других факторов типовый график может уточняться.

2. Расчет продолжительности подэтапов выполнения НИОКР с учетом значений КУТР.

Для этого, принимая во внимание требования заказчика к показателям качества НР для различных типов НИОКР с точки зрения решаемых научных задач (табл. 5), определяются требуемые уровни факторов (см. табл. 6).

Затем устанавливаются значения КУТР для различных уровней факторов, влияющих на продолжительность выполнения этапов, подэтапов НИОКР, (см. табл. 4, формула (9)).

После этого осуществляется оценка продолжительности подэтапов выполнения НИОКР по формуле:

$$T_{\text{уточ}}^{(a-b)} = T_{\text{ож}}^{(a-b)} \prod_{k=1}^z \text{КУТР}_k^{(a-b)}, \quad (10)$$

где $T_{\text{уточ}}^{(a-b)}$ – уточненная оценка продолжительности выполнения $(a-b)$ -го подэтапа НИОКР, ч; $\text{КУТР}_k^{(a-b)}$ – коэффициент увеличения трудоемкости выполнения $(a-b)$ -го подэтапа для k -го фактора; $k = 1, 2, \dots, z$ – номера факторов, существенным образом влияющих на увеличение продолжительности $(a-b)$ -того подэтапа НИОКР (в соответствии с табл. 3 и формулами (7), (8)).

3. Определение продолжительности выполнения НИОКР.

Для определения продолжительности выполнения НИОКР могут использоваться методы сетевого планирования, в соответствии с которыми находится критический путь, на котором наблюдается наибольшая продолжительность работ $T_{\text{крит}}^{\Sigma}$. Указанная величина является суммой продолжительностей выполнения отдельных подэтапов, этапов критического пути [7]. В связи с тем, что данные продолжительности представ-

ляют собой случайные величины, то закон распределения $T_{\text{крит}}^{\Sigma}$ – это композиция законов распределения времён выполнения отдельных этапов и подэтапов НИОКР, относящихся к критическим. При реалистичных допущениях о том, что продолжительности выполнения отдельных подэтапов, этапов на критическом пути являются независимыми, сравнимыми по порядку дисперсий и их общее количество больше пяти, то на практике величину $T_{\text{крит}}^{\Sigma}$ можно считать распределенной нормально [7]. Её математическое ожидание равно:

$$\text{МО}(T_{\text{крит}}^{\Sigma}) = \sum_{q_{\text{крит}}} T_{\text{уточ}}^{q_{\text{крит}}}, \quad (11)$$

где $\text{МО}(T_{\text{крит}}^{\Sigma})$ – математическое ожидание наибольшей продолжительности выполнения этапов, подэтапов на критическом пути, ч; $T_{\text{уточ}}^{q_{\text{крит}}}$ – уточненная оценка продолжительности выполнения q -го этапа, подэтапа, расположенного на критическом пути, ч, а дисперсия –

$$\sigma_{T_{\text{крит}}^{\Sigma}} = \sum_{q_{\text{крит}}} \sigma^{q_{\text{крит}}}, \quad (12)$$

где $\sigma_{T_{\text{крит}}^{\Sigma}}$ – дисперсия наибольшей продолжительности выполнения этапов, подэтапов на критическом пути, ч²; $\sigma^{q_{\text{крит}}}$ – дисперсия продолжительности выполнения q -го этапа,

подэтапа, расположенного на критическом пути, ч².

4. Определение трудоемкости выполнения НИОКР.

Исходя из содержания вышеприведенного подхода, продолжительность выполнения НИОКР определялась в расчете на то, что каждый этап, подэтап выполняется одним работником. В этом случае максимальное количество одновременно занятых работников определяется наибольшим числом параллельно выполняемых этапов, подэтапов НИОКР (например, четырёх, в соответствии с рис. 1). В то же время очевидно, что при необходимости сокращения продолжительности выполнения НИОКР (чтобы уложиться в плановые сроки) необходимо привлечение большего количества работников для отдельных этапов, подэтапов. При этом может приниматься допущение о том, что продолжительность работы уменьшается пропорционально числу занятых работников.

Увеличение количества работников, выполняющих определенные этапы и подэтапы, позволит сократить сроки проведения НИОКР в целом, однако не повлияет на общую трудоемкость работы. Так, в соответствии с рис. 5, а трудоемкость работы, этапы и подэтапы которой выполняются одним работником, равна 30 (ч·чел). Это же значение принимает и трудоемкость НИОКР, этапы и подэтапы которой выполняются несколькими работниками (б).

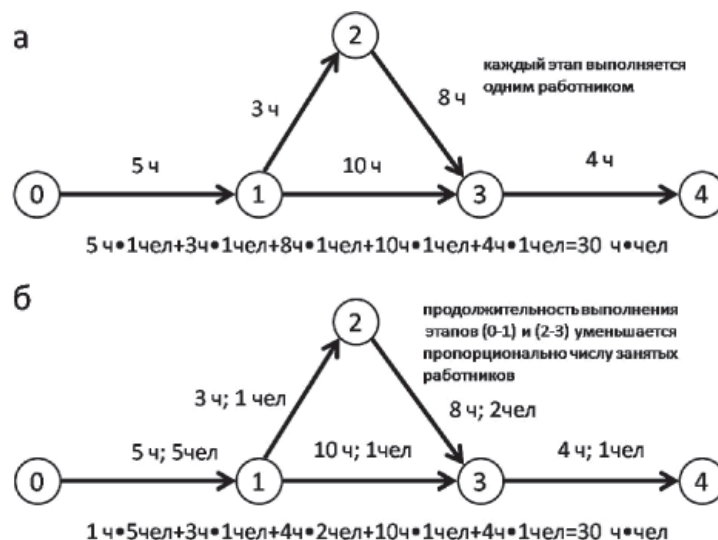


Рис. 5. Схема для определения трудоемкости работ, отдельные этапы, которой выполняются одним (а) или несколькими (б) работниками

Следует отметить, что в настоящее время в качестве размерности трудоемкости работы используется величина чел·ч. Представляется, что более корректно измерять

трудоемкость, затраты человеческого труда в израсходованных ресурсах человека – т.е. часах (временных), калориях (энергетических) и т.п., а не в самих людях. Поэтому

в размерности трудоемкости НИОКР правомерно в первую очередь указывать «часы», а не «человек».

В связи со сказанным трудоемкость выполнения НИОКР должна определяться, как сумма трудоемкостей всех этапов, подэтапов, т.е. сумма произведений продолжительности их выполнения одним работником и количества задействованных работников. Последняя величина должна устанавливаться исходя не только из сложности этапа (подэтапа), времени, отводимого на выполнение данной НИОКР в целом, общей загруженности научно-исследовательского учреждения и его отдельных подразделений, но и с учетом «фронта работ» – максимального объема работ, к выполнению которого возможно привлечь заданное число сотрудников (см. [1]).

Для более точных расчетов трудоемкость выполнения этапов, подэтапов НИОКР может умножаться на поправочные

коэффициенты научного и должностного уровня работников.

Коэффициент научного уровня показывает, насколько уменьшается продолжительность этапа, подэтапа, выполняемого высококвалифицированными научными кадрами с большим опытом работы, по сравнению с молодыми научными работниками. Коэффициент должностного уровня работников позволяет учесть реальные затраты собственно научного труда для различных научно-административных должностей [2]. Наибольшее количество непроизводительных затрат предполагается у младшего звена научных работников, которые выполняют задачи, связанные с обеспечением научных исследований, оформлением их результатов, а также у руководителей научных подразделений, выполняющих административные, организационные, представительские и иные функции.

Возможные значения указанных коэффициентов приведены в табл. 7 и 8 [5].

Таблица 7

Значения коэффициента научного уровня

Значения коэффициента научного уровня работника					
Младший научный сотрудник с опытом научной работы менее 3 лет	Младший научный сотрудник с опытом научной работы более 3 лет	Кандидат наук	Кандидат наук, доцент	Доктор наук	Доктор наук, профессор
1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3

Таблица 8

Значения коэффициента должностного уровня

Значения коэффициента должностного уровня работника					
Младший научный сотрудник	Старший научный сотрудник	Начальник лаборатории, заместитель начальника отдела	Начальник отдела, заместитель начальника управления (центра)	Начальник управления (центра), заместитель начальника НИУ	Начальник НИУ
1,3	1,0	1,1	1,2	1,4	2,0

Полученные результаты по трудоемкости выполнения НИОКР в дальнейшем могут использоваться для определения объемов финансирования статьи расходов на оплату труда исполнителей. Для этого находится произведение трудоемкости НИОКР и средней заработной платы научных работников за один час.

При необходимости могут использоваться дифференцированные данные по зарплате отдельных должностных категорий научных работников. Все остальные статьи расходов (на материалы, спецоборудование, командировочные, накладные и т.п.) определяются в зависимости от трудозатрат научных работников и специфики выполняемой работы.

Обобщенная блок-схема оценки трудоемкости НИОКР в области безопасности жизнедеятельности представлена рис. 6.

Подводя итог положениям, изложенным в статьях [1–3, 22], можно сделать следующие выводы:

1. В настоящее время в связи с переходом бюджетных научно-исследовательских учреждений со сметного финансирования на финансирование государственных заданий по оказанию государственных услуг крайне важной является задача определения трудоемкости выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. В то же время анализ показал, что существующие подходы к оценке трудоемкости НИОКР не вполне корректны в связи с чрезмерным укрупнением видов работ, отсутствием учета специфики научных исследований в области ГО и ЗНТЧС, неадекватными нормативами трудозатрат.



Рис. 6. Блок-схема оценки трудоемкости и стоимости НИОКР

2. Наиболее значимыми факторами, влияющими на трудоемкость НИОКР в области безопасности жизнедеятельности, являются качество или уровень НТП, наличие НТЗ, конкурентоспособность НТП.

3. Качество НТП определяется мощностью применяемого НМА, его новизной, достоверностью получаемых с его использованием результатов.

4. Основными элементами НТЗ являются его содержательная близость, сходство с исследуемой предметной областью, а также вид задела.

5. Конкурентоспособность НТП, влияющую на затраты научного труда, определяют спрос и предложение. Спрос на НТП в области безопасности жизнедеятельности зависит в первую очередь от степени опасностей, на устранение которых она направлена, а также от ее инновационности, т.е. возможности быть введенной в хозяйственный оборот, приносить пользу с точки

зрения спасения людей и предотвращения материального ущерба. Такая составляющая конкурентоспособности продукции, как предложения по ней, представленные на рынке, определяются в основном ее качеством.

6. Трудоемкость НИОКР также зависит от кадрового потенциала, определяемого квалификацией исполнителей и сложившейся в организации научной средой.

7. Процедура оценки затрат научного труда в области безопасности жизнедеятельности позволяет учесть:

- тип НЗ, к которой может быть отнесена тематика НИОКР;
- оценки трудоемкости этапов и подэтапов НИОКР;
- качественные значения (уровни) факторов, влияющих на трудоемкость НИОКР;
- оценки коэффициентов увеличения трудоемкости этапов и подэтапов НИОКР с учетом уровней факторов;

– научный и должностной уровни научных работников и другие факторы.

Таким образом, разработанный подход позволяет детализировать виды выполняемых работ, учитывать специфику научных исследований в области безопасности жизнедеятельности, определять адекватные нормативы трудозатрат и может служить основой для разработки методики оценки трудоемкости НИОКР в области гражданской обороны и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и военного характера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимов В.А., Дурнев Р.А., Жданенко И.В. В очередной раз об оценке трудоемкости НИОКР в области безопасности жизнедеятельности: предпосылки и допущения к определению трудозатрат // Технологии гражданской безопасности. – 2012. – Вып. 2.
2. Акимов В.А., Дурнев Р.А., Жданенко И.В. В очередной раз об оценке трудоемкости НИОКР в области безопасности жизнедеятельности: анализ основных факторов // Технологии гражданской безопасности. – 2011. – Вып. 4.
3. Акимов В.А., Дурнев Р.А., Жданенко И.В. В очередной раз об оценке трудоемкости НИОКР в области безопасности жизнедеятельности: анализ основных факторов (продолжение) // Технологии гражданской безопасности. – 2012. – Вып. 1.
4. Нормирование трудоемкости НИР и его особенности в АСНИ / В.К. Беклешев и др. // Основные направления совершенствования организации и нормирования труда в НИИ и КБ: материалы всесоюзных семинаров. – М., 1989.
5. Белов А.А. Возможно ли нормирование научного труда? // Военная мысль. – 1991. – № 7.
6. Оценка трудоемкости, накладных расходов и прибыли исполнителей НИОКР, выполняемых по государственным контрактам (договорам) с МЧС России за счет средств федерального бюджета: методические рекомендации. – М.: ВНИИ ГОЧС, 2002. – 36 с.
7. Заборский П.Л., Нусенбаум Д.М. Практика сетевого планирования научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. – М.: Экономика, 1967.
8. Планирование боевых действий и управление войсками с помощью сетевых графиков; под общ. ред. П.Г. Скачко. – М.: Воениздат, 1968.
9. Электронный справочник (база данных) НИОКР, выполненных с 1995 по 2008 год. – М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009.
10. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1980.
11. Об утверждении Положения об организации научно-технической деятельности в МЧС России на 2011–2013 годы: приказ МЧС России от 26.10.2009 №611.
12. О научно-технической деятельности МЧС России в 2009 году и направлениях развития науки, техники и технологий в системе МЧС России на 2011–2013 годы: решение Коллегии МЧС России, март 2010.
13. Об утверждении Плана научно-технической деятельности МЧС России на 2011–2013 гг.: приказ МЧС России от 05.03.2011 №107.
14. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. – М.: Высшая школа, 1989.
15. Саати Т. Принятие решений: метод анализа иерархий: пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993.
16. Методика технико-экономической оценки мероприятий по совершенствованию системы спасения пострадавших в ДТП / Р.А. Дурнев, Д.В. Колесников, В.П. Сломанский, Е.А. Хапалов // Проблемы безопасности при ЧС. – 2000. – № 2.
17. Нормирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ: методическое руководство. – Л.: ОНТИ ВИТР, 1974.
18. Методика оценки результатов НИОКР (проект). – М.: ВНИИ ГОЧС, 2005.
19. Елизаров В.С. О методике количественной оценки качества военно-теоретических научно-исследовательских работ // Военная мысль. – 1991. – Вып. 3.
20. Подготовка и аттестация научных и научно-педагогических кадров в системе МЧС России / В.А. Акимов, Р.А. Дурнев, Е.М. Мещеряков, И.Т. Севрюков. – М.: ВНИИ ГОЧС, 2011.
21. Акимов В.А., Быков А.А., Щетинин Е.Ю. Введения в статистику экстремальных значений и ее приложения. – М.: ВНИИ ГОЧС, 2009.
22. Акимов В.А., Дурнев Р.А. В очередной раз об оценке трудоемкости НИОКР в области безопасности жизнедеятельности: анализ состояния вопроса // Технологии гражданской безопасности. – 2011. – Вып. 3.