

Б.Н. МАКАРОВ¹, Г.П. ТОНКИХ^{2,3}

¹Государственное казенное учреждение Московской области «Специальный центр «Звенигород», г. Звенигород, Россия

²ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. Москва, Россия,

³Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия

ОЦЕНКА ВЕСОМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

***Аннотация.** В статье изложен авторский подход к определению весомости показателей технического состояния зданий и сооружений, позволяющий решить проблему повышения достоверности и результативности оценки их реальной готовности к использованию по назначению. Реализация такого подхода базируется на опыте решения практических задач по оценке технического состояния зданий и сооружений, когда весомость x показателей не поддается непосредственному измерению. В этом случае для её определения предлагается использовать экспертные методы ранжирования и непосредственной оценки. Эффективность их применения во многом зависит от компетентности оценивающих экспертов и согласованности их мнений по исследуемым вопросам, которые устанавливаются путем определения коэффициентов информированности и аргументации экспертов и поэтапного решения исследовательских задач на основе использования метода ранговой корреляции. Отличительной стороной изложенного подхода к оценке весомости показателей технического состояния зданий и сооружений является установление критерия определения их важности для решения поставленных задач, а также единых правил проведения их измерения. Предложенный порядок оценки весомости исследуемых проблем прошел успешную апробацию в ходе проведения обследования защитных сооружений органов исполнительной власти Российской Федерации. Он может быть рекомендован для определения достоверной оценки технического состояния зданий и сооружений различного назначения.*

***Ключевые слова:** весовой коэффициент, критерий оценки, компетентность экспертов, метод ранжирования, метод непосредственной оценки, метод ранговой корреляции, показатели готовности, экспертное оценивание.*

B.N. MAKAROV¹, G.P. TONKIKH^{2,3}

¹State public institution of the Moscow region "Special center "Zvenigorod", Zvenigorod, Russia

²All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Moscow, Russia

³National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

ASSESSMENT OF THE WEIGHT OF INDICATORS OF THE TECHNICAL CONDITION OF BUILDINGS AND STRUCTURES

***Abstract.** The article presents the author's approach to determining the weight of indicators of the technical condition of buildings and structures, which allows solving the problem of increasing the reliability and effectiveness of assessing their real readiness for use for their intended purpose. The implementation of this approach is based on the experience of solving practical problems in assessing the technical condition of buildings and structures, when the weight of their indicators cannot be directly measured. In this case, it is proposed to use expert ranking methods to determine it and direct evaluation. The effectiveness of their use largely depends on it depends on the competence of evaluating experts and the consistency of their opinions on the issues under study, which are established by*

determining the coefficients of awareness and argumentation of experts and step-by-step solution of research tasks based on the use of the rank correlation method. A distinctive aspect of the described approach to assessing the weight of indicators of the technical condition of buildings and structures is the establishment of a criterion for determining their importance for solving the tasks set, as well as uniform rules for measuring them. The proposed procedure for assessing the weight of the investigated problems has been successfully tested during the survey of protective structures of the executive authorities of the Russian Federation. It can be recommended to determine a reliable assessment of the technical condition of buildings and structures for various purposes.

Keywords: *weight coefficient, evaluation criterion, competence of experts, ranking method, direct assessment method, rank correlation method, readiness indicators, expert assessment.*

Введение

Сложившаяся практика экспертной оценки фактического состояния зданий и сооружений не в полной мере учитывает весомость показателей состояния отдельных элементов, как строительных конструкций, так и инженерно-технических систем и оборудования. Авторы статьи предлагают рассмотреть данный вопрос на примере экспертной оценки готовности защитных сооружений гражданской обороны (ЗС ГО) к приему укрываемых.

Предлагаемый порядок определения весомости исследуемых проблем базируется на следующих условиях [1,2,7]:

во-первых, устанавливается орган, принимающий решение (ОПР) по формированию оценки готовности ЗС ГО. В системе управления гражданской обороной таким органом является МЧС России;

во-вторых, определяется критерий оценки важности исследуемых показателей для решения проблемы. Опыт эксплуатации ЗС ГО позволяет рекомендовать в качестве такого критерия степень влияния исследуемого показателя на готовность ЗС ГО;

в-третьих, устанавливается правило, в соответствии с которым измерение весовых коэффициентов производится по шкале порядка, а их сумма на каждом исследуемом уровне

должна равняться единице ($\sum_{i=1}^n g_i = 1$).

Методы

При решении практических задач по оценке состояния сложных свойств технического состояния зданий и сооружений их весомость не поддается непосредственному измерению. Для её определения предлагается использовать методы ранжирования и непосредственной оценки.

Метод ранжирования [3, 4, 5, 6, 8, 9-16, 18, 19, 20]. Его суть заключается в расстановке весомости исследуемых проблем в порядке их важности для выполнения поставленных задач. При этом каждому исследуемому сложному свойству на основе опытной эксплуатации зданий и сооружений устанавливается определенный ранг, который отражается в методических документах ОПР. Чем выше ранг, тем, важнее исследуемое свойство. Сумма рангов исследованных проблем, полученная в результате ранжирования n

проблем, будет равна сумме чисел натурального ряда, т.е. $S = \sum_{i=1}^n r_i = \frac{n(n+1)}{2}$. Если

ранжирование производится m экспертами, то для каждой проблемы исследования определяется $S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij}$, а затем устанавливается результирующий ранг для каждой проблемы.

В качестве примера рассмотрим порядок определения весовых коэффициентов для 4-х исследованных проблем (максимальный ранг равен 4), для которых ОПР установлены следующие ранги: $P_1 = 1$; $P_2, P_3 = 2 - 3$ (2,5); $P_4 = 4$. В этом случае весовые коэффициенты

исследованных проблем определяются по формуле $g_i = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}$. Их числовые значения:

$g_1 = 0,1; g_2 = 0,25; g_3 = 0,25; g_4 = 0,4$. Если принято условие, что все исследованные проблемы равнозначны, то их весовые коэффициенты $g_1 = g_2 = g_3 = g_4 = 0,25$.

Такая процедура оценки наиболее проста. Она применяется в том случае, когда количество исследуемых проблем $n < 10$, что соответствует условиям оценки технического состояния зданий и сооружений.

Метод непосредственной оценки [3, 4, 7, 8, 9-19]. Применяется при необходимости установления более четкого различия между весами исследуемых проблем. Он позволяет экспертам устанавливать оценку исследуемым проблемам в пределах принятой шкалы оценки от 0 до 10 (100) баллов, а затем проводить их ранжирование. В этом случае средний вес исследуемых проблем (g_i) может быть рассчитан по формулам (1,2):

$$g_i = \frac{\sum_{j=1}^m g_{ij}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n g_{ij}} ; \tag{1}$$

$$g_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{i=1}^n P_{ij}} , \tag{2}$$

где g_{ij} – вес i -ой проблемы, подсчитанный по оценкам экспертов;

n – число исследованных проблем;

m – число экспертов.

Порядок определения весомости исследуемых проблем на основе метода непосредственного оценивания приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Сводная таблица результатов экспертизы весомости исследуемых проблем на основе метода непосредственного оценивания

Эксперты	Оценка исследуемых проблем (баллы)			
	1	2	...	n
1	p_{11}	p_{21}	...	p_{n1}
2	p_{12}	p_{22}	...	p_{n2}
...
m	p_{1m}	p_{2m}	...	p_{nm}
S_i	S_1	S_2	...	S_n
$\sum S_i$	$\sum S_i = S_1 + S_2 + \dots + S_n$			
Результирующий ранг [$R = f(S_i)$]	R_1	R_2	...	R_n
Весомость проблем ($g_i = S_i / \sum S_i$)	g_1	g_2	...	g_n

Степень согласованности мнений экспертов по весомости исследованных проблем определяется на основе метода ранговой корреляции. Его применение предполагает поэтапное решение следующих задач [9-15]:

1) определение содержания входной и выходной информации, а также способов проведения экспертизы. В качестве входной информации следует принять количество привлекаемых экспертов, количество исследуемых проблем, таблицу с результатами опроса экспертов. В качестве выходной информации – средний ранг, определенный экспертами по направлениям исследования, отклонение обобщенного мнения экспертов по направлениям исследования от усредненного показателя обобщенного мнения экспертов по всем объектам экспертизы, оценку согласованности мнений экспертов;

2) установление рангов исследуемых проблем. Из возможных методов проведения экспертизы целесообразно выбрать метод простого ранга и (или) метод непосредственной оценки. При применении метода простых рангов каждой эксперт проводит ранжирование исследуемых проблем, обозначив их числами натурального ряда (от 1 до n) таким образом, что наиболее важное свойство получает более высокий ранг (ранговый балл), менее важное – меньший ранг. Если имеются одинаковые ранги, то их числовые значения устанавливается равными среднему арифметическому числовых значений соответствующих рангов;

3) определение показателя обобщенного мнения m экспертов по каждому из n объектов экспертизы путем определения суммы рангов, присвоенным исследованным проблемам, по формуле (3):

$$S_i = \sum_{j=1}^m r_{ij}, \text{ где } j = 1, 2, \dots, n; \quad (3)$$

4) определение усредненного показателя обобщенного мнения m экспертов по каждому из n объектов экспертизы путем определения средней арифметической суммы рангов исследованных проблем, по формуле (4):

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n}; \quad (4)$$

5) определение отклонения показателя обобщенного мнения m экспертов по каждому из n объектов экспертизы от усредненного показателя обобщенного мнения m экспертов по n объектам экспертизы, по формуле (5):

$$dS_i = S_i - \bar{S}; \quad (5)$$

б) определение согласованности мнений m экспертов по n исследованным проблемам на основе метода ранговой корреляции с определением коэффициента конкордации Кендала (W) по формуле (6):

$$W_i = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (6)$$

где S – сумма квадратов отклонений всех оценок рангов каждого объекта экспертизы от усредненного значения;

m – число экспертов;

n – число исследуемых проблем (объектов экспертизы).

Для практических целей лучшим условием согласованности мнений экспертов может служить значение $W > 0,6$. Если $W = 0$, то это означает полную несогласованность мнений экспертов, если $W = 1$, то – полную согласованность. Рассчитанную величину коэффициента конкордации целесообразно взвешивать по критерию Пирсона (X^2) с определением уровня значимости (B), характеризующего максимальную вероятность неправильного результата работы экспертов. Уровень B задается таблично по критерию Пирсона и находится в пределах 0,005 – 0,05. Значения величины $X_{табл}^2$ приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Табличные величины критерия Пирсона ($X_{табл}^2$) [4, 5]

Уровни значимости (B)	Число степеней свободы (S)								
	1	2	5	7	10	15	20	25	30
0,005	7,8	13	17	30,5	25	33	40	47	54
0,025	5	9,3	12,7	16	20,5	27,5	34	40	47
0,050	3,8	7,8	11	14	18,5	25	31	38	44

Расчетная величина $X_{расч}^2$ определяется по формуле (7):

$$X_{расч}^2 = W m (n-1), \quad (7)$$

где W – коэффициент конкордации;

m – число экспертов;

S – число степеней свободы;

n – число исследуемых проблем.

Мнения экспертов считаются согласованными, если выполняется условие, что $X_{расч}^2 > X_{табл}^2$. Если $X_{расч}^2 < X_{табл}^2$, то опросы следует повторить;

7) оформление сводной таблицы результатов экспертизы (таблица 3).

Таблица 3 – Сводная таблица экспертизы исследуемых проблем зданий и сооружений [4, 5]

Эксперты	Ранги исследуемых проблем				Σ
	1	2	...	n	
1	r_{11}	r_{21}	...	r_{n1}	–
2	r_{12}	r_{22}	...	r_{n2}	–
...	–
m	r_{1m}	r_{2m}	...	r_{nm}	–
S_i	S_1	S_2	...	S_n	ΣS_i
\bar{S}	$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n}$				
dS_i	dS_1	dS_2	...	dS_n	–
dS_i^2	dS_i^2	dS_i^2	...	dS_i^2	ΣS_i^2
W_i	$W_i = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}$				

8) определение весомости исследованных проблем:

а) если $W > 0,6$ и $X_{расч}^2 > X_{табл}^2$, то весомость исследованных проблем определяются, как отношение суммы рангов исследованных проблем по каждому направлению исследования – S_i к сумме рангов исследованных проблем по всем направлениям исследования – ΣS_i , по формуле (8):

$$g_i = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^n S_i}; \quad (8)$$

б) если $W < 0,6$ и $X_{расч}^2 < X_{табл}^2$ или $W > 0,6$, но $X_{расч}^2 < X_{табл}^2$, то принимаются специальные меры для его повышения согласованности мнений экспертов. Они сводятся к коллективному обсуждению разбору ошибок и при необходимости проведению дополнительной подготовки экспертов. После этого проводятся повторные туры опроса о тех пор, пока согласованность мнений экспертов не повысится до заранее выбранного значения ($W > 0,6$), а расчетная величина критерия Пирсона будет выше табличной ($X_{расч}^2 > X_{табл}^2$). Если возможности для дополнительной подготовки экспертов нет, то для повышения объективности результатов опроса может быть использован метод Дельфы. В этом случае эксперты не встречаются друг с другом, но после каждого тура опроса знакомятся с мнением других экспертов и при необходимости представляют письменные обоснования своих точек зрения. После каждого тура проверяется согласованность мнений экспертов. С практической точки зрения целесообразно проводить не более трех туров опроса экспертов, а затем принимать решение на использование полученных экспертами последних данных опроса или изменения их состава. Весомость исследованных проблем определяется с использованием выражения 8.

Результаты и их обсуждения

Пример заполнения сводной таблицы результатов экспертизы весовых показателей 4-х исследованных проблем экспертной группой в составе 5-ти человек приведен таблице 4.

Таблица 4 – Сводная таблица результатов экспертизы

Эксперты	Ранги исследуемых проблем				Σ
	1	2	3	4	
1	1	2	3	4	–
2	2	1	3	4	–
3	1	3	2	4	–
4	1	2	3	4	–
5	1	3	2	4	–
S_i	6	11	13	20	50
\bar{S}	12,5				
dS_i	-6,5	-1,5	0,5	7,5	
dS_i^2	42,25	2,25	0,25	56,25	101
W_i	0,782				
$X_{рас}^2$	11,73				
g_i	0,12	0,22	0,26	0,4	1

Эффективность использования рассмотренных методов оценки весомости показателей исследуемых проблем технического состояния зданий и сооружений во многом зависит от принятого порядка формирования состава экспертной группы, оценки её компетентности и согласованности мнений оценивающих экспертов. Количество экспертов, обеспечивающее заданную точность измерений, можно установить, зная закон распределения мнений экспертов и максимально допустимую стандартную ошибку оценки d . С экономической и практической точки зрения экспертные группы должны включать минимально необходимое количество подготовленных экспертов (N_{min}), которое определяется по формуле (9) [7, 16, 18, 20]:

$$N_{min} = 0,5 (3/d + 5), \tag{9}$$

где d –возможная ошибка результата экспертизы ($0 < d < 1$).

Исходя из опыта эксплуатации зданий и сооружений, в состав экспертных групп следует включать специалистов, имеющих практический опыт проведения экспертиз зданий и сооружений и прошедших подготовку в АГЗ МЧС России. Окончательный состав экспертных групп определяется ОПР на основе оценки их компетентности и профпригодности, которые устанавливаются по результатам проведения тестирования, самооценки, взаимной оценки и проверки согласованности мнений экспертов по исследуемым проблемам [2-4, 6, 7].

Компетентность экспертов устанавливается путем определения коэффициента их компетентности k с использованием выражения (10) [4, 5]:

$$k = \frac{1}{2} (k_u + k_a), \tag{10}$$

где k_u – коэффициент информированности эксперта по исследуемым проблемам;

k_a – коэффициент аргументации эксперта по исследуемым проблемам.

Коэффициент информированности эксперта по исследуемым проблемам определяется на основе самооценки эксперта по десятибалльной шкале и умножения этой оценки на 0,1. Самооценка эксперта состоит в том, что он в ограниченное время отвечает на вопросы специально составленной анкеты. Такое испытание проводят на компьютере и затем получают балльную оценку. Опытным путем установлено, что экспертные группы с высокими показателями самооценки экспертов ошибаются в меньшей степени. Эксперты могут проводить взаимную оценку друг друга при наличии опыта их совместной работы.

Показателем оценки надежности экспертов могут служить сведения о результатах их работы в других экспертных группах. Совокупное использование приведенного порядка отбора экспертов способствует повышению достоверности оценки.

Коэффициент аргументации эксперта определяется путем суммирования баллов после наложения заполненной им таблицы, которая выдается эксперту без цифр, на эталонную таблицу с источниками аргументации по градациям В, С, Н. Предлагаемые источники аргументации применительно к исследуемым проблемам зданий и сооружений и степень их влияния на мнение эксперта, приведены в таблице 5 [1, 4, 5].

Таблица 5 – Предлагаемая эталонная таблица аргументации эксперта

Источники аргументации	Степень влияния источника на мнение эксперта		
	В (высокая)	С (средняя)	Н (низкая)
Знание требований документов по проблеме	0,40	0,30	0,20
Практический опыт	0,50	0,40	0,20
Теоретический анализ	0,05	0,05	0,05
Интуиция	0,05	0,05	0,05

При этом, если $Ka=1$, то степень влияния всех источников высокая, если $Ka=0,8$, то – средняя, если $Ka=0,5$, то – низкая.

В состав экспертной группы отбираются эксперты, коэффициент аргументации которых по решаемым проблемам, определенным в соответствии с таблицей 5, составляет не менее 0,6 ($Ka \geq 0,6$).

В целях повышения эффективности работы экспертных групп должны соблюдаться следующие условия:

мнения экспертов должны быть независимыми;

вопросы, поставленные перед экспертами, не должны допускать различного толкования;

эксперты должны быть компетентны в решаемых вопросах;

ответы экспертов должны быть однозначными и обеспечивать возможность их математической обработки;

перед проведением экспертизы с привлекаемыми экспертами должно быть проведено предварительное обучение или инструктаж.

Выводы:

1. Проведение экспертного оценивания технического состояния зданий и сооружений без учёта весомости их показателей существенно снижает достоверность и результативность результата их оценки.

2. В случаях, когда весомость показателей оценки технического состояния сооружений (зданий) не поддается непосредственному измерению, для её определения целесообразно использовать экспертные методы ранжирования и непосредственной оценки.

3. Эффективность использования предлагаемых экспертных методов ранжирования и непосредственной оценки во многом зависит от компетентности оценивающих экспертов и согласованности их мнений по проверяемым вопросам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анфилов В.С. и др. Системный анализ в управлении: Учебное пособие / Под ред. А.А. Емельянова. М.: Финансы и статистика, 2002. 368 с.
2. Басовский Л.Е., Протасьев В.Б. Управление качеством: учебник. М.: ИНФРА-М, 2000. 212 с.
3. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1980.
4. Бешелев С.Д. Методы экспертных оценок. М.: Наука, 1973. 158 с.
5. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа: Учебник. Изд. 2-е переработанное и дополненное. СПб: Изд-во СПбГТУ, 2003. 512 с.
6. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия, термины и определения. – Введ. 01.07.79. М.: Изд-во стандартов, 2002. 22 с.
7. Макаров Б.Н. Квалиметрический подход к оценке эксплуатационной технического состояния защитных сооружений гражданской обороны // Сборник материалов VII всероссийской научно-практической конференции «Совершенствование гражданской обороны в Российской Федерации», МЧС России. М: 2010. С. 173-175.
8. Макаров Б.Н. Способы и методы, используемые при организации работ по оценке оперативно-технических свойств защищенных объектов гражданской обороны // Материалы XVII международной научно-практической конференции. Предупреждение. Спасение. Помощь. Часть 2 - Химки: АГЗ МЧС России, 2008. С. 103-110.
9. Мишин В.М. Управление качеством: учебное пособие. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. 303 с.
10. Мишин В.М. Исследование систем управления: Учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. 527 с.
11. Мухин В.И., Малин А.С. Исследование систем управления: Учебник для вузов. М: Издательский дом ГУ ВШЭ, 2005. 399 с.
12. Мухин В.И. Методология исследования систем управления: Курс лекций. Химки: АГЗ МЧС России, 1999.
13. Мухин В.И. Основы теории управления: Учебное пособие. М.: АГЗ МЧС России, 2000. 252 с.
14. Мухин В.И., Малинин В.С. Исследование систем управления: Учебник для вузов. М: Издательство «Экзамен», 2003. 384 с.
15. Найденов И.В., Малин А.С. Исследование систем управления: Учебное пособие. Калининград: КГУ, 2000.
16. Садовников И.В. Квалиметрия: учебное пособие. Чита: ЧитГУ, 2009. 150 с.
17. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати (Пер. с англ.). М.: Радио и связь, 1993. 320 с.
18. Федюкин В.К. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции: учебное пособие. М: Филинъ, 2004. 296 с.
19. Фомин В.Н. Квалиметрия. Управление качеством. Сертификация: курс лекций. М.: Изд-во ЭКМОС, 2000. 320 с.
20. Шмердинг Д.С. Дубровский С.А. и др. Экспертные оценки. Методы и применение. М.: Наука, 1977. 368 с.

REFERENCES

1. Anfilatov V.C. et al. System analysis in management: A textbook/ Edited by A.A. Emelyanov. M.: Finance and Statistics, 2002. 368 s.
2. Basovsky L.E., Protasyev V.B. Quality management: textbook. M.: INFRA-M, 2000. 212 p.
3. Beshelev S.D., Gurvich F.G. Mathematical and statistical methods of expert assessments. M.: Statistics, 1980.
4. Beshelev S.D. Methods of expert assessments. M.: Nauka, 1973. 158 p.
5. Volkova V.N., Denisov A.A. Fundamentals of systems theory and system analysis: Textbook. Ed. 2nd revised and supplemented. St. Petersburg: Publishing House of SPbSTU, 2003. 512 p.
6. GOST 15467-79. Product quality management. Basic concepts, terms and definitions. - Introduction. 01.07.79. Moscow: Publishing House of Standards, 2002. 22 p.
7. Makarov B.N. Qualimetric approach to the assessment of the operational technical condition of protective structures of civil defense // Collection of materials of the VII All-Russian scientific and practical conference "Improvement of civil defense in the Russian Federation", EMERCOM of Russia. M: 2010. pp. 173-175.
8. Makarov B.N. Methods and methods used in the organization of work on the assessment of operational and technical properties of protected objects of civil defense // Materials of the XVII International scientific and practical conference. Warning. Salvation. Help. Part 2 - Khimki: AGZ EMERCOM of Russia, 2008. pp. 103-110.

9. Mishin V.M. Quality management: textbook. M.: UNITY-DANA, 2000. 303 p.
10. Mishin V.M. Research of control systems: Textbook for universities. M.: UNITY-DANA, 2005. 527 p.
11. Mukhin V.I., Malin A.S. Research of control systems: Textbook for universities. Moscow: Publishing House of the Higher School of Economics, 2005. 399 p.
12. Mukhin V.I. Methodology of control systems research: A course of lectures. Khimki: AGZ EMERCOM of Russia, 1999.
13. Mukhin V.I. Fundamentals of management theory: Textbook. M.: AGZ EMERCOM of Russia, 2000. 252 p.
14. Mukhin V.I., Malinin V.S. Research of control systems: Textbook for universities. M: Publishing house "Exam", 2003. 384 p.
15. Naidenov I.V., Malin A.S. Research of control systems: Textbook. Kaliningrad: KSU, 2000.
16. Sadovnikov I.V. Qualimetry: textbook. Chita: Chitgu, 2009. 150 p.
17. Saati T. Decision-making. Method of hierarchy analysis / T. Saati (Translated from English). M.: Radio and Communications, 1993. 320 s.
18. Fedyukin V.K. Fundamentals of qualimetry. Product quality management: textbook. M: Filin, 2004. 296 p.
19. Fomin V.N. Qualimetry. Quality management. Certification: a course of lectures. M.: EKMOS Publishing house, 2000. 320 p.
20. Schmerding D.S., Dubrovsky S.A. et al. Expert assessments. Methods and application. M.: Nauka, 1977. 368 p.

Информация об авторах:

Макаров Борис Николаевич

Государственное казенное учреждение Московской области «Специальный центр «Звенигород»,
г. Звенигород, Россия,
кандидат технических наук, начальник отделения оперативной службы.
E-mail: b.makarov@umcgo.ru

Тонких Геннадий Павлович

ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), г. Москва, Россия,
Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Россия,
доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), профессор
кафедры ЖБК НИУ МГСУ.
E-mail: 5059144@mail.ru

Information about authors:

Makarov Boris N.

State State Institution of the Moscow Region «Special Center «Zvenigorod», Zvenigorod, Russia,
candidate of technical sciences, head of the department of Operational Service.
E-mail: b.makarov@umcgo.ru

Tonkikh Gennady P.

All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Moscow, Russia,
National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,
DSc, Professor, chief scientific officer, All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Chief
Researcher of the Research Center, Professor of the Department of Housing and Communal Services of NRU MGSU.
E-mail: 5059144@mail.ru