

Применение методов экспертных оценок при выборе средств технического контроля

Рассматривается применение метода экспертных оценок при подборе технических средств входного контроля для снижения уровня дефектности выпускаемой продукции. Приводятся примеры использования метода общего свертывания критериев и метода с использованием соотношения «цена — баллы» в проектной деятельности при подготовке специалистов в области управления качеством. УДК статьи 007:519.816

В

Р.М. Хамитов¹
ФГБОУ ВО «Казанский
государственный энергетический
университет», канд. техн. наук,
доцент, hamitov@gmail.com

С.В. Морин²
ФГБОУ ВО «Сибирский
государственный
индустриальный университет»,
канд. техн. наук, доцент,
msv7@list.ru

¹ доцент кафедры, г. Казань,
Республика Татарстан, Россия

² доцент кафедры, г. Новокузнецк,
Россия

Для цитирования: Хамитов Р.М.,
Морин С.В. Применение методов
экспертных оценок при выборе
средств технического контроля // *Компетентность / Competency (Russia)*. — 2022. — № 6.
DOI: 10.24412/1993-8780-2022-6-16-21

ключевые слова

входной контроль, приемочный
контроль, лабораторный
комплекс, качество, выбор,
оборудование, технические
средства, проектная деятельность

последние годы в процессе образования активно используется метод проектного обучения. Этот метод дает опыт командной работы, умение решать более сложные задачи, глубже погружаться в специфику профессиональной деятельности, развивать коммуникативные компетенции. В рамках освоения дисциплины «Проектная деятельность» были реализованы проекты разработки комплекса для проведения входного контроля металлопроката (на примере ОАО «Трансмаш»), а также комплекса статистического приемочного контроля на производстве газоразрядных электродов (в условиях АО «Разряд»). Разработка проектов осуществлялась проектными группами в сроки, установленные заказчиками.

При реализации проектов по разработке комплексов для проведения входного и приемочного контроля важен многокритериальный выбор технических средств (ТС) и программного обеспечения (ПО), входящего в их состав. От правильности выбора зависят затраты на реализацию проектов, а также функционал и качество комплекса в целом. Для решения данной задачи авторами рекомендовано применение методов экспертной оценки. Рассмотрим их эффективность на примере упомянутых проектов.

Реализация проекта комплекса входного контроля

В ходе проектной деятельности были разработаны: техническое задание (ТЗ), устав проекта; определены полномочия и ответственность, составлен план-график и бюджет проекта [1–4], оценены риски [5] и определены критерии результативности.

В соответствии с ТЗ результатом работы должен был стать проект комплек-

са для проведения входного контроля металлопроката, включающий в себя средства проверки химического состава и механических свойств; 3D-сканер для определения геометрических размеров проката и наличия дефектов; программные средства для регистрации и обработки результатов проведенных испытаний и формирования сопроводительной документации к поступающей в производство продукции.

При реализации проекта были изучены специфика предприятия, процесс и нормативно-техническая документация [6–9] для входного контроля.

Выбор технических средств

При выборе технических и программных средств был использован метод экспертных оценок, который позволил разработать высокоэффективную методологию решения данной задачи. Для каждого ТС были выбраны критерии, проведено ранжирование и свертка критериев, рассчитан показатель качества варианта [14].

Рассмотрим использованный подход на примере выбора 3D-сканера по его характеристикам (табл. 1).

Проведем нормализацию критериев на множестве вариантов, то есть приведение числовых значений критериев к безразмерной шкале. Для расчетов выбора 3D-сканера нормализация рассчитывается с учетом максимизации-минимизации критериев.

Критерии максимума (чем их значение больше, тем лучше) — скорость сканирования, размер одного снимка, размер сканируемого объекта. Цена рассчитывается по формуле (1)

$$K(N, j) = \frac{Q(N, j) - Q_{\min}}{Q_{\max} - Q_{\min}}, \quad (1)$$

если $Q(N, j) \rightarrow \max$.

Таблица 1
Технические характеристики сканеров [Specifications of scanners]

Модель [Model]	Критерии [Criteria]							
	Точность снимка, мм [Image accuracy, mm]	Объемная точность, мм [Volumetric accuracy, mm]	Разрешение, мм [Resolution, mm]	Скорость сканирования, точек/с [Scanning speed, dots/s]	Размер снимка, мм ² [Image size, mm ²]	Размер объекта, мм [Object size, mm]	Источник света, шт. [Light source, pcs]	Цена, руб. [Price, rub.]
Free Scan x3	0,04	0,1	0,1	240000	70000	6000	6	2240000
Free Scan x5	0,035	0,02	0,1	350000	75000	8000	10	2700000
Free Scan x7	0,03	0,03	0,05	480000	82500	8000	14	3200000

Расчет критериев максимума:

► Скорость сканирования:

$$K(a1) = \frac{210000 - 240000}{480000 - 240000} = 0;$$

$$K(a2) = \frac{350000 - 240000}{480000 - 240000} = 0,4583;$$

$$K(a3) = \frac{480000 - 240000}{480000 - 240000} = 1.$$

► Размер одного снимка:

$$K(b1) = \frac{70000 - 70000}{82500 - 70000} = 0;$$

$$K(b2) = \frac{75000 - 70000}{82500 - 70000} = 0,4;$$

$$K(b3) = \frac{82500 - 70000}{82500 - 70000} = 1.$$

► Размер сканируемого объекта:

$$K(c1) = \frac{6000 - 6000}{8000 - 6000} = 0;$$

$$K(c2) = \frac{8000 - 6000}{8000 - 6000} = 1;$$

$$K(c3) = \frac{8000 - 6000}{8000 - 6000} = 1.$$

► Цена:

$$K(d1) = \frac{2240000 - 2240000}{3200000 - 2240000} = 0;$$

$$K(d2) = \frac{2700000 - 2240000}{3200000 - 2240000} = 0,47916;$$

$$K(d3) = \frac{3200000 - 2240000}{3200000 - 2240000} = 1.$$

По формуле (2) рассчитываются критерии минимума: точность снимка, объемная точность, разрешение и источник света

$$K(N, j) = \frac{Q_{\max} - Q(N, j)}{Q_{\max} - Q_{\min}}, \quad (2)$$

если $Q(N, j) \rightarrow \max$.

Критерии были свернуты методом общего свертывания аддитивной сверткой (3)

$$K_{cb}(N, j) = \sum \alpha(j) K_{cb}(N, j), \quad (3)$$

где α – вектор весовых коэффициентов, который позволяет при выборе варианта отдавать некоторое предпочтение более важным критериям.

Это является преимуществом данного метода. Однако необходимость при этом определения численных характеристик приоритета добавляет некоторые трудности. На практике $\alpha(j)$ задаются субъективно, например группой экспертов.

Целесообразно определять $\alpha(j)$ в пределах $[0...1]$, как и критерии. Если критериев много, значения $\alpha(j)$ предложено находить следующим способом. Следует задаться максимальным и минимальным значениями $\alpha(j)$, а промежуточные $\alpha(j)$ определить по прямой или экспоненте, проходящей через данные точки α_{\min} и α_{\max} .

Расчет критериев минимума:

► Точность снимка:

$$K(e1) = \frac{0,04 - 0,04}{0,04 - 0,03} = 0;$$

$$K(e2) = \frac{0,04 - 0,035}{0,04 - 0,03} = 0,5;$$

$$K(e3) = \frac{0,04 - 0,03}{0,04 - 0,03} = 1.$$

► Объемная точность:

справка

Предприятие ОАО «Трансмаш» производит путевую, вагонную, снегоуборочную технику, универсальные фитинговые платформы и другую продукцию [10]. Входит в состав ЗАО «Трансмашхолдинг» — крупнейшего поставщика подвижного состава для железнодорожной транспортной компании ОАО «Российские железные дороги». Основано в 1893 году. Место нахождения — город Энгельс, Саратовская область

$$K(f1) = \frac{0,01 - 0,1}{0,01 - 0,02} = 9;$$

$$K(f2) = \frac{0,01 - 0,02}{0,01 - 0,02} = 1;$$

$$K(f3) = \frac{0,04 - 0,03}{0,04 - 0,03} = 1.$$

► Разрешение:

$$K(g1) = \frac{0,1 - 0,1}{0,1 - 0,05} = 0;$$

$$K(g2) = \frac{0,1 - 0,1}{0,1 - 0,05} = 0;$$

$$K(g3) = \frac{0,1 - 0,05}{0,1 - 0,05} = 1.$$

► Источник света:

$$K(h1) = \frac{14 - 6}{14 - 6} = 1;$$

$$K(h2) = \frac{14 - 10}{14 - 6} = 0,4;$$

$$K(h3) = \frac{14 - 14}{14 - 6} = 0.$$

Ранжирование критериев в порядке приоритета:

- объемная точность — Q1(f);
- точность снимка — Q2(e);
- цена — Q3(d);

- скорость сканирования — Q4 (a);
- размер снимка — Q5 (b);
- источник света — Q6 (h);
- размер сканируемого объекта — Q7(c);
- разрешение — Q8 (g).

Ранжированные и нормированные критерии представлены в табл. 2. Проект учебный вектор весовых коэффициентов $\alpha(j)$ задан условно в порядке убывания значимости критериев в диапазоне от 0,9 до 0,1.

По результатам расчетов был выбран Free Scan x3, $K_{cb} = 7,5$.

Далее применен метод с использованием соотношения «цена — баллы». Используем формулу (4)

$$Z(N) = \frac{S_{отн}(N)}{K_{cb}(N)}. \quad (4)$$

В формуле $Z(N)$ — показатель качества варианта, $S_{отн}(N)$ — нормированная цена.

Необходимо исключить цену Q3 из разряда самостоятельных критериев и привести к безразмерной величине по формуле (5):

$$S_{отн}(N) = \frac{Q(N, j)}{Q_{max}}. \quad (5)$$

Чем меньше соотношение «цена — баллы», тем лучше вариант. Исходя из расчета наилучший вариант прибора — 3D-сканер марки Free Scan x3, $Z = 0,0933$ (см. табл. 3).

По аналогичной методике были выбраны и остальные технические средства, входящие в состав комплекса.

Реализация проекта комплекса приемочного контроля

Согласно разработанному командой проекта техническому заданию результатом работы

Таблица 2
Нормированные и ранжированные критерии 1 [Normalized and ranked criteria 1]

Модель [Model]	Критерии [Criteria]								K _{cb}
	A (Q4)	B (Q5)	C (Q7)	D (Q3)	E (Q2)	F (Q1)	G (Q8)	H (Q6)	
Free Scan x3	0	0	0	0	0	9	0	1	7,5
Free Scan x5	0,4583	0,4	1	0,47916	0,5	1	0	0,4	2,14
Free Scan x7	1	1	1	1	1	1	1	0	3,3
α	0,5	0,4	0,2	0,6	0,7	0,8	0,1	0,3	

Таблица 3
Нормированные и ранжированные критерии 2 [Normalized and ranked criteria 2]

Модель [Model]	Критерии [Criteria]									Цена, руб. [Price, rub.]	S _{отн}	K _{cb}	Z
	A (Q4)	B (Q5)	C (Q7)	D (Q3)	E (Q2)	F (Q1)	G (Q8)	H (Q6)					
Free Scan x3	0	0	0		0	9	0	1		2240000	0,7	7,5	0,0933
Free Scan x5	0,4583	0,4	1		0,5	0,01	0	0,4		2700000	0,8438	1,8592	0,4538
Free Scan x7	1	1	1		1	1	1	0		3200000	1	2,7	0,3704
α	0,5	0,4	0,2		0,7	0,8	0,1	0,3					

являлся проект комплекса статистического приемочного контроля на производстве газоразрядных электродов для АО «Разряд», включающий в себя люксметр, мультиметр, средства визуального оптического контроля; программные средства для регистрации и обработки результатов проведенных испытаний, а также выдачи сопроводительной документации к поступающей на предприятие продукции.

В ходе проектной деятельности также был разработан устав проекта, распределены полномочия и ответственность, составлен план-график и бюджет проекта [1–4], оценены риски [5] и определены критерии результативности. При реализации проекта были изучены специфика предприятия, процесс и нормативно-техническая документация [6–9] для входного контроля.

Выбор технических средств

При выборе технических и программных средств применялись аналогичные методы экспертных оценок. Для каждого технического средства были определены критерии, выполнено ранжирование и свертка критериев, рассчитаны показатели качества вариантов [14].

Рассмотрим использованный подход на примере выбора люксметра по его характеристикам (табл. 4).

Расставим критерии по приоритетам:

1. Диапазон измерения (a) = 0,1.
2. Точность (b) = 0,4.
3. Отклик (c) = 0,3.
4. Вес (d) = 0,2.

Первой операцией является нормализация критериев на множестве вариантов, то есть приведение численных критериев к единой шкале, где уже в нормирующих операциях вводятся (или, по крайней мере, предполагаются) типовые объекты. Для расчетов выбора люксметра нормализация рассчитывается с учетом максимизации-минимизации критериев.

По формуле критериев максимума (1) рассчитаем диапазон измерения

$$K(a1) = \frac{100000 - 100000}{291854 - 100000} = 0;$$

$$K(a2) = \frac{291854 - 100000}{291854 - 100000} = 1;$$

$$K(a3) = \frac{200000 - 100000}{291854 - 100000} = 0,355.$$

По формуле минимизации критериев (2) рассчитываются критерии «точность», «отклик», «вес».

► Точность:

$$K(b1) = \frac{10002 - 5010}{10002 - 5010} = 1;$$

$$K(b2) = \frac{10002 - 500}{10002 - 5010} = 1,9;$$

$$K(b3) = \frac{10002 - 10002}{10002 - 5010} = 1.$$

► Отклик:

$$K(c1) = \frac{0,4 - 0,4}{0,4 - 0,25} = 0;$$

$$K(c2) = \frac{0,4 - 0,25}{0,4 - 0,25} = 1;$$

$$K(c3) = \frac{0,4 - 0,4}{0,4 - 0,25} = 0.$$

► Вес:

$$K(d1) = \frac{200 - 200}{200 - 90} = 0;$$

$$K(d2) = \frac{200 - 150}{200 - 90} = 0,45;$$

справка

АО «Разряд» — предприятие федеральной собственности России, один из основных изготовителей газоразрядных приборов («разрядников») в России: разрядников неуправляемых; разрядников-обострителей; изделий квантовой электроники; ламп накачки; источников высокоинтенсивного оптического газоразрядного излучения; электродов газоразрядных для местной дарсонвализации; товаров народного потребления [11]. Предприятие создано в 1961 году и находится в ведении ГК «Ростехнологии»

Таблица 4

Модели приборов и их характеристики [Models of devices and their characteristics]

Модель [Model]	Критерии [Criteria]				
	Диапазон измерения [Measuring range, lux]	Точность [Accuracy, lux]	Отклик, с [Response, s]	Вес, г [Weight, g]	Цена, руб. [Price, rub.]
LX-1010BS	0...100 000	5010	0,4	200	2300
SP-216	0...291854	500	0,25	150	2250
TM-213 UVAB	20...200000	10002	0,4	90	5000

Таблица 5

Итоговая таблица выбора прибора [Instrument selection summary table]

Модель [Model]	Критерии [Criteria]				$K_{св}$	$S_{отн}$	Z
	a	b	c	d			
LX-1010BS	0	1	0	0	0,4	0,98	2,45
SP-216	1	1,9	1	0,45	1,305	1	1,305
TM-213 UVAB	0,355	1	0	1	0,571	0	0,571

$$K(d3) = \frac{200 - 90}{200 - 90} = 1.$$

Светоотдача газоразрядной лампы — 400–700 LUX, поэтому критерий «диапазон измерения» имеет низкий коэффициент $\alpha = 0,2$.

Критерии «точность» и «отклик прибора» имеют самую высокую зна-

чимость для выбора, поэтому точность имеет коэффициент $\alpha = 0,4$, а отклик — коэффициент $\alpha = 0,3$.

Критерий «вес прибора» в нашем случае имеет небольшое значение, поэтому коэффициент α для веса равен 0,1.

Следующая операция — использование метода общего свертывания критериев для нахождения значения $K_{cb}(3)$.

Далее используется метод соотношения «цены — баллы», где за баллы рекомендуется брать, например, свернутый критерий — K_{cb} , а за цену — показатель стоимости варианта, при этом не возникает проблемы со стоимостью как с самостоятельным критерием, которому необходимо отвести свое место в ряду приоритета. Чем больше баллы, тем лучше вариант, но он может оказаться слишком дорогим, в этом случае нужно ориентироваться на данное соотношение, чем оно меньше, тем лучше вариант. Данный метод рассчитывается по формуле (4):

$$S_{отн}(1) = 0,98;$$

$$S_{отн}(2) = 1;$$

$$S_{отн}(3) = 0.$$

Таким образом, исходя из расчета Z , наилучший вариант прибора — это люксметр марки ТМ-213 UVAV (табл. 5), $Z = 0,571$.

Заключение

В ходе реализации проектов были решены следующие задачи: проведено ознакомление с нормативными документами предприятия; разработаны проекты комплексов для проведения входного и приемочного контроля продукции; методом многокритериального выбора произведен подбор технических и программных средств; подготовлена необходимая проектная документация [12, 13]. Методы экспертных оценок могут успешно применяться в проектной деятельности при решении задачи многокритериального выбора в ходе разработки сложных технических комплексов для производственного контроля качества продукции [15, 16]. ■

Статья поступила
в редакцию 3.04.2022

Список литературы

1. Романова М.В. Управление проектами: учебное пособие. — М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. ISBN 978-5-8199-0308-7; <https://new.znaniium.com/catalog/product/391146> (дата обращения: 14.05.2021).
2. Назарова О.Б. Моделирование бизнес-процессов: учебник / О.Б. Назарова, О.Е. Масленникова. — 2-е изд. — М.: ФЛИНТА, 2017. ISBN 978-5-9765-3700-2; <https://e.lanbook.com/book/104923> (дата обращения: 27.04.2021).
3. ГОСТ Р 54869–2011. Проектный менеджмент. Требования к управлению проектом: национальный стандарт. — М.: Стандартинформ, 2015.
4. Куценко Е.И. Проектный менеджмент: учебное пособие. — Оренбург: ОГУ, 2017. ISBN 978-5-7410-1835-4; <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785741018354.h> (дата обращения: 25.05.2021).
5. Музафарова Т.Р. Риск в управлении проектами / Т.Р. Музафарова, К.Р. Путищева // ЭГО: Экономика. Государство. Общество. — 2018. — № 2. ISSN 2906-0029; <https://e.lanbook.com/journal/issue/311338> (дата обращения: 14.05.2021).
6. ГОСТ 16504–81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения (с изменением № 1): межгосударственный стандарт: утвержден и введен Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 8.12.1981 № 5297; дата введения 1982-01-01. — М.: Стандартинформ, 2015.
7. ГОСТ 15.309–98. Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения: межгосударственный стандарт: принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 13 от 28.05.1998); дата введения 2000-01-01. — М.: Стандартинформ, 2015.
8. ГОСТ Р ИСО 10012–2008. Менеджмент организации. Системы менеджмента измерений. Требования к процессам измерений и измерительному оборудованию: национальный стандарт. — М.: Стандартинформ, 2015.
9. ГОСТ 26828–86. Изделия машиностроения и приборостроения. Маркировка: государственный стандарт Союза ССР. — М.: Стандартинформ, 2015.
10. ОАО «Трансмаш»; <http://www.transmash.com/> (дата обращения: 14.05.2021).
11. Официальный сайт АО «Разряд», Республика Северная Осетия — Алания; <http://zavod-razryad.ru/> (дата обращения: 14.05.2021).
12. Акимов А.А., Вечканова Э.И., Князева А.Н. [и др.]. Разработка комплекса для проведения входного контроля металлопроката (в условиях ОАО «Трансмаш», г. Энгельс) // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / под общ. ред. проф. М.В. Темлянцева. — Новокузнецк: СГИУ, 2020.
13. Каплина А.А. Разработка комплекса применения статистического приемочного контроля на производстве (в условиях АО «Разряд», Республика Северная Осетия — Алания) // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / под общ. ред. проф. М.В. Темлянцева. — Новокузнецк: СГИУ, 2020.
14. Подиновский В.В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. ISBN 978-5-9221-0743-3; <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922107433.html> (дата обращения: 14.05.2021).
15. Designing of a laboratory complex for spectral analysis of measurement data of different materials / R. Khamitov, M. Kolchurina, I. Kolchurina [et al.] // Studies in Systems, Decision and Control. — 2021. — Vol. 351. DOI 10.1007/978-3-030-68103-6_15.
16. Laboratory complex for studying the quality of materials using spectral analysis of signals / R.M. Khamitov, M.A. Kolchurina, I.Y. Kolchurina [et al.] // Journal of Physics: Conference Series, St. Petersburg, Virtual, 2020. — SPb: Virtual, 2021. — P. 012009. DOI 10.1088/1742-6596/1728/1/012009.

The Use of Expert Assessment Methods in the Selection of Technical Control Tools

R.M. Khamitov¹, FSBEI HE Kazan State Power Engineering University, Assoc. Prof. PhD, hamitov@gmail.com
S.V. Morin², FSBEI HE Siberian State Industrial University, Assoc. Prof. PhD, msv7@list.ru

¹ Associate Professor, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

² Associate Professor, Novokuznetsk, Russia

Citation: Khamitov R.M., Morin S.V. The Use of Expert Assessment Methods in the Selection of Technical Control Tools, *Kompetentnost' / Competency (Russia)*, 2022, no. 6, pp. 16–21. DOI: 10.24412/1993-8780-2022-6-16-21

key words

entrance control, acceptance control, laboratory complex, quality, selection, equipment, technical means, project activity

We have studied the effectiveness of applying the method of expert assessments in the selection of technical means of input control to reduce the level of defectiveness of manufactured products. As a part of the project activities, we have developed a project for a complex for incoming inspection of rolled metal products and a project for a complex for statistical acceptance control in the production of gas discharge electrodes. For the successful implementation of projects in both cases, a multi-criteria choice of hardware and software included in their composition was carried out. We got acquainted with the regulatory documents of the enterprise; developed projects of complexes for carrying out input and acceptance control of products; using the method of multi-criteria selection, selected the appropriate hardware and software; prepared the necessary project documentation. Thus, it has been established that the methods of expert assessments can be successfully applied in project activities when solving the problem of multi-criteria choice in the course of developing complex technical systems for production quality control of products.

References

1. Romanova M.V. Upravlenie proektami: uchebnoe posobie [Project management], Moscow, *FORUM. SPC Infra-M*, 2013, 256 P. ISBN 978-5-8199-0308-7; <https://new.znaniy.com/catalog/product/391146> (acc.: 14.05.2021).
2. Nazarova O.B., Maslennikova O.E. Modelirovanie biznes-protsessov: uchebnik. 2 red. [Modeling of business processes: textbook], Moscow, *FLINTA*, 2017, 261 P. ISBN 978-5-9765-3700-2; <https://e.lanbook.com/book/104923> (acc.: 27.04.2021).
3. GOST R 54869–2011 Project management. Project management requirements: national standard, Moscow, *Standartinform*, 2015.
4. Kutsenko E.I. Proektnyy menedzhment: uchebnoe posobie [Project management: study guide], Orenburg, *OSU*, 2017, 265 P.; <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785741018354.h> (acc.: 25.05.2021).
5. Muzafarova T.R., Putimtseva K.R. Risk v upravlenii proektami [Risk in project management], *EGO: Economics. State. Society*, 2018, no. 2, pp. 1–8. ISSN 2906-0029; <https://e.lanbook.com/journal/issue/311338> (acc.: 14.05.2021).
6. GOST 16504–81 System of state testing of products. Testing and quality control of products. Basic terms and definitions (with change N 1): interstate standard: approved and introduced by the Decree of the USSR State Committee for Standards of December 8, 1981 N 5297: introduction date 1982-01-01, Moscow, *Standartinform*, 2015.
7. GOST 15.309–98 System for the development and production of products (SDPP). Testing and acceptance of manufactured products. Basic provisions: interstate standard: adopted by the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (minutes N 13 of May 28, 1998): introduction date 2000-01-01, Moscow, *Standartinform*, 2015.
8. GOST R ISO 10012–2008 Organisation management. Measurement management systems. Requirements for measurement processes and measuring equipment: national standard, Moscow, *Standartinform*, 2015.
9. GOST 26828–86 Mechanical engineering and instrumentation products. Marking: state standard of the USSR, Moscow, *Standartinform*, 2015.
10. OJSC Transmash; <http://www.transmash.com> (acc.: 5.14.2021)
11. JSC Razryad, Republic of North Ossetia — Alania; <http://zavod-razryad.ru/> (acc.: 14.05.2021).
12. Akimova A.A., Vechkanova E.I., Knyazeva A.N., ets. Razrabotka kompleksa dlya provedeniya vkhodnogo kontrolya metalloprokata (v usloviyakh OAO «Transmash», g. Engel's) [Development of a complex for the application of rolled metal products (Transmash OJSC, Engel's)], *Science and youth: problems, searches, solutions: Proceedings of the All-Russian scientific conference of students, postgraduates and young scientists*. Total edited by prof. M.V. Temlyantsev, Novokuznetsk, *SSIU, Siberian State Industrial University*, 2020, pp. 49–53.
13. Kaplina A.A. Razrabotka kompleksa primeneniya statisticheskogo priemchnogo kontrolya na proizvodstve (AO Razryad, Respublika Severnaya Osetiya — Alaniya) [Development of a complex for the application of statistical acceptance control in production (JSC Razryad, Republic of North Ossetia — Alania)], *Science and youth: problems, searches, solutions: Proceedings of the All-Russian scientific conference of students, postgraduate and young scientists*. Total edited by prof. M.V. Temlyantsev, Novokuznetsk, 2020, pp. 262–266.
14. Podinovskiy V.V. Vvedenie v teoriyu vazhnosti kriteriev v mnogokriterial'nykh zadachakh prinyatiya resheniy [Introduction to the theory of the importance of criteria in multi-criteria decision-making problems], Moscow, *FIZMATLIT*, 2007; <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922107433.html> (acc.: 14.05.2021).
15. Khamitov R., Kolchurina M., Kolchurina I. [et al.]. Designing of a laboratory complex for spectral analysis of measurement data of different materials, *Studies in Systems, Decision and Control*, 2021, vol. 351, pp. 169–177. DOI 10.1007/978-3-030-68103-6_15.
16. Khamitov R.M., Kolchurina M.A., Kolchurina I.Y. [et al.]. Laboratory complex for studying the quality of materials using spectral analysis of signals, *Journal of Physics: Conference Series*, St. Petersburg, *Virtual*, 2021, p. 012009. DOI: 10.1088/1742-6596/1728/1/012009.