

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 2, Number 306 (2016), 38 – 46

**PROBLEMS OF RAIL QUALITY ASSESSMENT:  
PROBLEMS AND SOLUTIONS**

**Mashekov S.A.<sup>1</sup>, Absadykov B.N.<sup>2</sup>, Alimkulov M.M.<sup>3</sup>, Smailova G.A.<sup>4</sup>.**

<sup>1</sup> Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpaev, Almaty, Republic of Kazakhstan,

<sup>2</sup> Kazakh-British Technical University, Almaty, Republic of Kazakhstan,

<sup>3</sup> Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, Almaty, Republic of  
Kazakhstan

[Mashekov.1957@mail.ru](mailto:Mashekov.1957@mail.ru), [b\\_absadykov@mail.ru](mailto:b_absadykov@mail.ru)

**Key words:** rails, defects, quality assessment, qualimetry, qualimetric score.

**Abstract.** This work is devoted to the analysis of problems assessing the quality of rails of railway transport. It has been shown that the quality of rails is verified as a result by the whole complex of tests which must complement each other. This requires the use of statistical analysis of data about the entire life cycle of the rails on the railway network. The conclusion about the need to improve the methodology of operational tests of the rails, and a statistical analysis of their life cycle on the roads of the CIS countries. On this basis, an attempt to develop a comprehensive assessment of the quality of rails operated by the railways of the Republic of Kazakhstan was undertaken.

There are presented empirical relations for individual properties of the rail production (mechanical properties, chemical composition, structure, surface and internal defects), allowing to objectively characterize the quality of the rails. On the basis of qualimetric method of quality assessment the quality of rails produced in neighboring countries, has been evaluated. It is concluded that to improve the quality of rail it needs to develop new standards, thanks to which the quality assessment of rails would be carried out by a complex method.

УДК621.771.25/.26:669.1

**ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РЕЛЬСОВ: ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ**

**Машеков С.А.<sup>1</sup>, Абсадыков Б.Н.<sup>2</sup>, Алимкулов М.М.<sup>3</sup>, Смаилова Г.А.<sup>4</sup>.**

<sup>1</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, г.  
Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Казахстанско-Британский технический университет, г. Алматы, Республика Казахстан

<sup>3</sup>Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, г. Алматы, Республика  
Казахстан

[Mashekov.1957@mail.ru](mailto:Mashekov.1957@mail.ru), [b\\_absadykov@mail.ru](mailto:b_absadykov@mail.ru)

**Ключевые слова:** рельсы, дефекты, оценка качества, квалиметрия, квалиметрическая оценка.

**Аннотация.** Произведен анализ проблем оценки качества рельсов железнодорожного транспорта. Показано, что качество рельсов проверяется в результате целого комплекса испытаний, которые должны взаимно дополнять друг друга. При этом требуется использование статистического анализа данных обо всем жизненном цикле рельсов на сети железных дорог. Делается заключение о необходимости усовершенствования методики эксплуатационных испытаний рельсов и статистического анализа их жизненного цикла на дорогах стран СНГ. На основе этого предпринята попытка разработки комплексной оценки качества рельсов, эксплуатируемых на железных дорогах Республики Казахстан.

Представлены эмпирические зависимости для единичных свойств продукции рельсового производства (механические свойства, химический состав, структура, поверхностные и внутренние дефекты), позволяющих объективно характеризовать качество рельсов. На основе квалиметрического метода оценки качества оценено качество рельсов, выпускаемых в странах ближнего зарубежья. Делается вывод, что для повышения качества рельсов необходима разработка новых стандартов, благодаря которым оценка качества рельсов производилась бы комплексным методом.

## Введение

Ошибки технологии изготовления рельсов, дефекты, допущенные при производстве рельсов, проявляются в процессе эксплуатации в виде отказов, снижающих эффективность функционирования систем эксплуатации рельсов [1]. При рассмотрении причин, приводящих к отказам в жизненном цикле рельсов, важным является тот факт, что значительная часть отказов рельсов носит случайный характер и непосредственно связана со свойствами рельсов. Эти отказы, как правило, вызваны наличием скрытых дефектов, которые срабатывают под воздействием внутренних и внешних факторов.

Из материалов работ [1,2] известно, что с помощью проведения лабораторных, стендовых, полигонных и эксплуатационных испытаний проверяется качество рельсов. При этом требуется использование статистического анализа данных обо всем жизненном цикле рельсов на сети железных дорог. По мнению авторов вышеприведенных работ, данные виды испытаний не могут друг друга подменить. Они взаимно дополняют друг друга.

В работе [1] отмечено, что на недостаточно высоком уровне проводятся многие исследования, посвященные повышению и оценке качества рельсов. Это связано с тем, что недостаточно комплексно проводятся исследования для всех видов испытаний. По мнению авторов, отдельные специалисты и целые коллективы нацелены на проведение лишь отдельных полигонных, эксплуатационных, лабораторных или стендовых испытаний.

При этом авторы работ [1,2] рекомендуют рассматривать в комплексе изменение механических свойств в результате применения каких-либо технологических действий. По их мнению, повышение одного свойства не всегда приводит к повышению качества рельсов в целом. Они считают, что результаты перестраивания технологии производства рельсов часто приводят к разнонаправленному изменению их свойств.

В работе [2] приводится пример, связанный с отсутствием обыкновенной связи между механическими и потребительскими свойствами рельсов. В данном примере в качестве механических свойств используют ударную вязкость. У рельсов категории *B*, произведенных на японском заводе «Ниппон Стил», ударная вязкость ниже (минимальный норматив 15 Дж/см<sup>2</sup>), чем у рельсов категории *T1*, произведенных в России (минимальный норматив 25 Дж/см<sup>2</sup>). По мнению авторов работы [2], причиной этого является меньший размер аустенитных зерен и перлитных колоний у рельсов, закаленных с отдельного перекристаллизационного нагрева. У рельсов, закаленных с прокатного нагрева, размер аустенитных зерен и перлитных колоний больше. Однако полигонные испытания показали, что ресурс рельсов категории *B* вдвое больше, чем у рельсов категории *T1*.

По мнению авторов работ [1,2], большое значение имеет получение рельсов с большими величинами ударной вязкости. Однако при нахождении корреляционных зависимостей между отдельными свойствами и потребительскими свойствами очень важное значение имеет понимание физического смысла таких зависимостей. Авторы данных работ утверждают, что при этом необходимо понимать причины повышения одного конкретного свойства и его влияние на повышение потребительских качеств рельсов.

Авторы работы [3] отмечают, что научно-исследовательские институты железнодорожного транспорта (НИИЖТ) стран СНГ в настоящее время не обеспечены современным оборудованием для проведения лабораторных испытаний. Для определения отдельных свойств данные институты не используют передовое оборудование, которое используется в научно-исследовательских центрах и рельсопрокатных заводах дальнего зарубежья. По их мнению, НИИЖТ стран СНГ недостаточно используют компьютерную технику, позволяющую исключить человеческий фактор.

Из материалов, приведенных в работе [2], следует, что многочисленные значения свойств рельсов, полученные исследованием, необходимо уметь статистически обрабатывать. При этом необходимо определять параметры, характеризующие разброс свойств, минимальный уровень свойств. По мнению авторов [2], это особенно важно при определении величины  $(1 - \gamma)$ . Так как  $\gamma$ -процентный ресурс рельсов невелик и не превышает 4 – 10%, то сплошная смена рельсов происходит после выхода из строя 4 – 10% рельсов, в число которых попадают рельсы с минимальными свойствами.

Известно, что в России полигонные испытания рельсов производятся на Экспериментальном

Кольце (ЭК) ОАО «ВНИИЖТ» по типовой методике [1,2]. По мнению авторов работ [1,2], данную методику в настоящее время необходимо пересмотреть и совершенствовать. И необходимость такого изменения в методике связана с устойчивым сохранением разницы в структуре отказов на ЭК ОАО «ВНИИЖТ» и железных дорогах России (таблица 1). По материалам работ [2], на ЭК образуются трещины в болтовых отверстиях в 8–16 раз больше, чем в среднем на железных дорогах (дефект 53.1). При этом полностью отсутствует изъятие рельсов из-за бокового износа, дефектов сварки и термомеханических повреждений. По мнению авторов работ [2], все это говорит о том, что на ЭК недостаточно точно производится имитация всего своеобразия эксплуатационных нагрузений рельсов в реальном пути. По их мнению, недостаточной является интенсивность полигонных испытаний. Годовая грузонапряженность за последние 7 лет существенно упала. Это привело к определенному падению осевых нагрузок.

В работе [2] приводятся данные многолетних полигонных испытаний рельсов. Сделано прямое сравнение разных партий рельсов, уложенных на различных участках ЭК. Отмечается, что из-за чрезмерного многообразия радиусов кривых на различных участках ЭК, проблематично сравнивать полученные данные.

В работе [1] с помощью тензометрической колесной пары определены нагруженности второго пути ЭК ОАО «ВНИИЖТ». Результаты эксперимента показали, что боковые силы на разных участках по длине ЭК существенно различаются. По мнению авторов данной работы, полученные результаты объясняют устойчивую разницу в соотношении выхода рельсов на левой и правой нитках пути ЭК на кривых и прямых участках (таблица 2).

Таблица 1 - Виды дефектов на Экспериментальном Кольце (ЭК) ОАО «ВНИИЖТ» и железных дорогах

ВИДЫ ДЕФЕКТОВ	ЭК 2001-2008	ЭК 2009- 2011	ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ
ВЫКРАШИВАНИЯ(10,11,17)	40	44	39
ТРЕЩИНЫ (20,21)	35,6	19	17
ТРЕЩИНЫ В БОЛТ.ОТВ-ЯХ (53)	24	50	3
СВАРКА(18,26,38,46,56,66,86)	-	0	10
ИЗНОС (44 И ДР.)	-	0	17
ТМП (14,24,27)	-	0	14

Таблица 2 - Соотношение выхода рельсов на левой и правой нитках пути ЭК

ПЛАН ПУТИ	ВЫХОД РЕЛЬСОВ НА НИТКЕ, %	
	ЛЕВАЯ	ПРАВАЯ
КРИВЫЕ	73	27
ПРЯМЫЕ	33	67

В работе [2] сделано сопоставление особенностей проведения полигонных испытаний рельсов в ЭК ОАО «ВНИИЖТ» (г. Щербинка) и ТТСИ в г. Пуэбло (США). Сделанное сопоставление свидетельствует о преимуществах американского центра по шести позициям (одинаковость радиусов кривых, возможность испытывать рельсы на износ, реверсивное движение, осевая нагрузка, равная 35,5 тс, большее количество сварных стыков и т.д.) и проигрышу по сравнению с российским только по одной позиции (грузонапряженность).

На основе материалов вышеприведенных работ можно сделать следующее заключение:

- для проведения полигонных испытаний необходимо разработать новую методику рельсов взамен действующей;
- необходимо переоборудовать ЭК ОАО «ВНИИЖТ»;
- для удлинения протяженности пути с одинаковыми условиями эксплуатации необходимо уменьшить разнообразие радиусов кривых;
- создать несмазываемый участок для испытания рельсов на износ;
- определять скорость и продолжительность развития в рельсах поперечных усталостных трещин путем периодического изменения направления движения поезда на ЭК;
- необходимо усовершенствовать методику эксплуатационных испытаний рельсов и статистического анализа их жизненного цикла на дорогах стран СНГ.

Целью работы является комплексная оценка качества рельсов, эксплуатируемых на железных дорогах Республики Казахстан.

### Методика исследования

Из всех известных в квалиметрии методик по нормированию свойств [4-9] в настоящей работе можно использовать методику комплексной оценки качества рельсов, где производится числовая оценка показателей экспертным путем на базе преобразования натуральных значений частных откликов в безразмерную шкалу предпочтения.

В таком случае необходимо использовать специально разработанную шкалу соответствия (таблица 3) между отношениями в эмпирической и числовой системах. Базовые отметки на шкале  $d$  получают из уравнения [6,10]

$$d = \exp[-\exp(-y^*)] \quad (1)$$

при значениях  $y^* = -0,5; 0; 0,85; 1,5; 3$  соответственно.

Для перевода натурального значения  $\bar{r}_i$  в размерность  $d$  уравнение нормирования имеет вид [6,10]:

$$d = \exp\{-\exp[-y^*(\bar{r})]\}, \quad (2)$$

Заметим, что при детальном анализе рассмотренные выше модели вызывают возражение вследствие неопределенности выбора эталонов для единичных свойств качества, одним из очевидных следствий которой может стать субъективизм [6,10]. По-видимому, удачное решение этого вопроса зависит от того, насколько полно удастся формализовать процедуру назначения квалиметрических оценок.

Таблица 3 Шкала соответствий между отношениями в эмпирической и числовой системах

Желательность	Отметки по шкале $d$
Очень плохо	0,00 - 0,20
Плохо	0,20 - 0,37
Удовлетворительно	0,37 - 0,63
Хорошо	0,63 - 0,80
Очень хорошо	0,80 - 1,00

Эти соображения явились предпосылкой для усовершенствования методики нормирования простых свойств качества, отличающейся от известных разработок, следующей формулировкой [6,8]:

$$d = \exp\{-\exp[-y^*(\bar{r}, A_j)]\}, \quad (3)$$

где  $\bar{r}$  – натуральное значение показателя единичного свойства;  $A_j$  – эмпирические константы ( $j = 1, \bar{6}$ ).

Для параметра  $y^*$  при  $A_j \succ A_{j+1}$  справедливы соотношения [6,8]:

$$\begin{aligned} y^* &= (\bar{r} - A_2)/(A_1 - \bar{r}) - 0,5; & \bar{r} \in [A_1, A_2]; \\ y^* &= (\bar{r} - A_3)/[2(A_3 - A_2)] - 0,5; & \bar{r} \in [A_2, A_3]; \\ y^* &= 0,85(\bar{r} - A_3)/(A_4 - A_3); & \bar{r} \in [A_3, A_4]; \\ y^* &= 0,65(\bar{r} - A_4)/(A_5 - A_4) + 8,5; & \bar{r} \in [A_4, A_5]; \\ y^* &= (\bar{r} - A_5)/(A_6 - \bar{r}) + 1,5; & \bar{r} \in [A_5, A_6]. \end{aligned}$$

Для случая, когда  $A_j < A_{j+1}$ , имеем:

$$y^* = (A_2 - \bar{r})/(A_1 - \bar{r}) - 0,5; \quad \bar{r} \in [A_1, A_2].$$

Для интервалов  $[A_2, A_3]$ ,  $[A_3, A_4]$ ,  $[A_4, A_5]$  и в этом случае справедливы вышеприведенные формулы.

Константы в формуле (3) равны:

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= \bar{r} + \alpha_1(S/\sigma_N); & A_2 &= \bar{r} + \alpha_2(S/\sigma_N); \\ A_3 &= \bar{r} - 2S; & A_4 &= \bar{r} + 2S; \\ A_5 &= \bar{r} - \alpha_2(S/\sigma_N); & A_6 &= \bar{r} - \alpha_1(S/\sigma_N); \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где  $\bar{r}$  – среднее арифметическое показателя  $\bar{r}_i$ , полученное по выборке их  $N$  опытных значений;  $S$  – среднеквадратичное отклонение:

$$\alpha_1 = y_N - 7,565\sigma_N/\sqrt{N} - 2,97; \alpha_2 = y_N - 2,97;$$

$$y_N = a + b \cdot \ln N; \sigma_N = c + d \cdot \ln N,$$

$a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$  – коэффициенты, представляющие собой результат математической обработки данных из работ [6,10], значения которых для различных  $N$  приведены в таблице 4.

Таблица 4 Значения коэффициентов  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $d$  для различных  $N$

$N$	$a$	$b$	$c$	$d$
$0 < N < 40$	0.490	0.0144	0.725	0.1134
$40 < N < 80$	0.473	0.0192	0.862	0.0757
$80 < N < 150$	0.504	0.0121	0.923	0.0616

Следует отметить, что множество  $N$  значений единичного показателя  $\bar{r}_i$  всегда рассматривается как банк данных, накапливаемых в процессе функционирования объекта квалиметрии и предназначенных для использования при оценке качества рельсов.

Зависимости (4) определены для уровня вероятности  $P = 0,95$  из следующих соображений [6,10]. Во-первых, считается, что выборочному ряду значений  $\bar{r}_i (i = 1, \bar{N})$  отвечает отклонение границы доверительного интервала от центра, равное  $\pm 2S$ , что соответствует значениям  $A_3$  и  $A_4$ . Во-вторых, постулируется, что распределение крайних членов выборки из  $N$  элементов подчиняется двойному показательному закону; для заданного уровня вероятности  $P$  при экстремальных значениях  $\bar{r}_i$  это эквивалентно величинам  $A_5$  и  $A_6$ .

Далее принимается, что гипотетически наилучшему и абсолютно не приемлемому состояниям объекта квалиметрии соответствуют величины  $A_6$  и  $A_1$ , которые получают как отклонения на величину  $(7,565/\sqrt{N})S$  от экстремальных значений. Следует отметить, что величина параметра  $A_6$  в настоящей работе трактуется как эталонная.

При крайних фиксированных значениях  $A_j (j = 1$  или  $j = 6)$  для каждого из интервалов  $[A_1, A_3]$ ,  $[A_4, A_6]$  можно определить условное среднеквадратичное отклонение  $S^* = \sigma_N (\bar{r} - A_j) / \alpha_1$ .

Тогда выражение (1) приводится к виду

$$r^* = k_j + (\bar{r} - A_j)(k_{j+1} - k_j)(A_{j+1} - A_j)^{-1},$$

где величинам  $j = 1 - 6$  соответствуют следующие значения  $k_j$ : 0; 0,2; 0,37; 0,63; 0,8; 1,10. Таким образом, при квалиметрической оценке любого изделия между отношениями в эмпирической и числовой системах имеет место соответствие, определяемое таблицей 5.

Таблица 5 – Квалиметрическая оценка в эмпирической и числовой системах

$\bar{F}$ для различных соотношений $A_j$		$d$	Шкала отношений
$A_j < A_{j+1}$	$A_j > A_{j+1}$		
$A_1$	$A_6$	0,00	Очень плохо
$A_2$	$A_5$	0,20	Плохо
$A_3$	$A_4$	0,37	Удовлетворительно
$A_4$	$A_3$	0,63	Хорошо
$A_5$	$A_2$	0,80	Очень хорошо
$A_6$	$A_1$	1,00	Отлично

С учетом изложенного, заключительный этап количественной оценки качества для  $n$  различных показателей единичных свойств  $r_i (i = 1, \bar{n})$  должен представлять вычислительную процедуру с использованием следующего соотношения:

$$f^* = \omega(r_1, \dots, r_n) \sum_{i=1}^n \left[ \frac{\sum_{j=1}^k l_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n l_{ij}} \right] r_i, \quad (5)$$

где  $\omega$  – функция, значение которой равно нулю, если хотя бы один из показателей  $r_i$  находится на неприемлемом уровне, и равно единице в остальных случаях;  $k_i$  – число единичных свойств, определяющих значение показателя  $r_i$  сложного свойства;  $l_{ij}$  – ненормированный весовой коэффициент  $j$ -го единичного свойства с показателем  $r_{ij}$ , входящего в  $i - j$  сложное свойство.

При этом, как отмечено в работе [6], в случае использования формулы (5) однозначность в количественных оценках гарантируется, если выполняется ряд следующих ограничений:

$$f^*(r_1, \dots, r_k, \dots, r_l, \dots, r_n) = f^*(r_1, \dots, r_l, \dots, r_k, \dots, r_n); f^*[f(r_1, r_2), r_3] = f^*[r_1 f(r_2, r_3)],$$

где  $f(\cdot)$  – некоторая функция; если  $0 \leq r_i \leq 1$ , то  $0 \leq f^*(r_1, \dots, r_i, \dots, r_n) \leq 1$ ; если хотя бы одно значение

$$r_i = 0, \text{ то } f^*(r_1, \dots, r_i, \dots, r_n) = 0; \text{ если}$$

$$f^*(r_1, \dots, r_i, \dots, r_n) = 1, \text{ то } r_i = 1, i = 1, \bar{n}$$

$$f^*(r_1, \dots, r_i, \dots, r_n) \leq \max \{r_i\}$$

Таким образом, для определения комплексного показателя качества рельсов необходимо соблюдать ряд ограничений:

1) порядок расположения единичных показателей не должен оказывать влияние на значение обобщенного показателя качества;

2) обобщенный показатель не должен зависеть от способа группирования простых свойств;

3) показатели качества, как единичные, так и обобщенные, являются безразмерными величинами на отрезке  $[0, 1]$ ;

4) для обращения в нуль обобщенного показателя достаточно, чтобы хотя бы один из единичных показателей обращался в нуль;

5) обобщенный показатель принимает максимальное значение при максимальных значениях всех входящих в него единичных показателей;

6) обобщенный показатель по абсолютной величине не должен превышать наибольшего из исходных единичных показателей.

По всей видимости, не стоит особенно доказывать актуальность обсуждаемой в настоящей работе вопросов объективной оценки качества рельсов. По нашему убеждению, применительно к рельсам при имеющемся разбросе в их механических характеристиках и дефектности, объективная

оценка качества рельсов является важным вопросом в условиях обостряющейся конкуренции на промышленном рынке стран СНГ.

### Анализ полученных результатов

В статье для объединения и сравнения разнородных аргументов оценки единичных свойств производили, используя известную методику в виде формулы (3). Руководствуясь рекомендациями литературы [6,10], функцию дефектности  $y^*(r, A_i)$  назначали таким образом, чтобы базовым отметкам  $r_k$ , равным 0,20; 0,37; 0,63; 0,80 и 1,0, соответствовали реперные значения функции  $y^*(r, A_i)$ , равные 0,0; 0,50; 0,85; 1,5 и 3,0. Если теперь соотношение (3) охарактеризовать как аналог известной функции Харрингтона, то систему оценок качества рельсов можно представить в виде обобщенной таблицы (таблица 6).

Таблица 6 – Система оценки качества рельсов

Желательность	Отметки по шкале $r^*$	Уровень качества
Очень хорошо	Св. 0,80 до 1 вкл.	Эталон
Хорошо	Св. 0,63 до 0,80 вкл.	Высший сорт
Удовлетворительно	Св. 0,37 до 0,63 вкл.	Первый сорт
Плохо	Св. 0,20 до 0,37 вкл.	Второй сорт
Очень плохо	Св. 0,0 до 0,20 вкл.	Брак

С использованием соотношения (3), стандартов и каталога дефектов рельсов была оформлена шкала оценок в виде 41 таблицы (в связи с большим объемом в статье не приведены). При оформлении шкалы оценок дефекты, в зависимости от требования стандарта и технического условия, были разделены на отдельные дефекты и группы дефектов.

Для изучения качества рельсов была проанализирована информация о распределении дефектов 165 рельсов. При этом для оценки качества выпускаемой продукции использовались данные для одной группы рельсов, прокатанных из одной плавки. Таким образом, механические свойства, дефекты структуры, полученные в лабораториях Казахской академии транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, образовали статистические массивы, которые подверглись квалиметрической оценке для выявления качества рельсов.

Было принято, что в рассматриваемом случае ненормируемые весомеры единичных свойств равны между собой, т.е. свойства по своему влиянию на оценку качества равнозначны. На рисунке 1 изображены частотные распределения обобщенного показателя качества исследованных рельсов.

Среднее значение обобщенного показателя качества для рельсов составляет 0,61. При этом величина исправимого брака (от 0,2 до 0,37 по шкале Харрингтона) составляет 6,51 % всего объема массива. Процент выполнения требований стандарта для рельсов составил 66,21 %. Перевод в повышенный класс точности наблюдается на 26,04 % стандартных рельсах. Достижение гипотетически желательных свойств достигало 1,24 % (гипотетический уровень свойств – от 0,8 до 1,0 по шкале Харрингтона). Дисперсия обобщенного коэффициента качества составляет 0,3921. Полученные результаты показывают, что качество рельсов удовлетворяет стандартам стран СНГ.

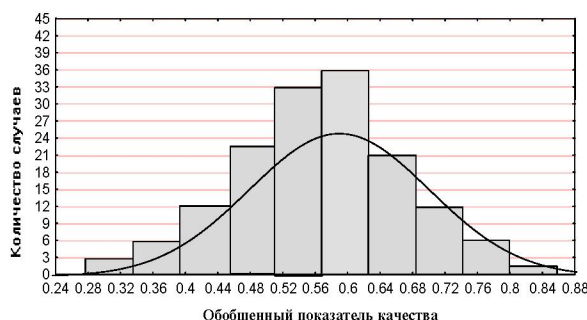


Рисунок 1. Частотное распределение обобщенного показателя для рельсов,  
 $y = 165 \cdot 0.055 \cdot \text{normal}(x, 0.60834, 0.3921)$

На основе вышеприведенных материалов нами предлагается, что, если для рельсов типа Р65 и более тяжелых типов, категорий ДТЗ70ИК, ОТЗ70ИК, ДТЗ50, ОТЗ50, НТЗ20 после лабораторных и стендовых испытаний величина среднего обобщенного показателя качества равняется 0,6, 0,7 и 0,8, то при полигонных испытаниях процентный ресурс рельсов в целях подтверждения соответствия должен составлять не менее 150, 100 и 50 млн. т брутто, соответственно, при  $\gamma$  равной 100 %.

### Выводы

1. Для условий современного производства рельсов все более настоятельно требуются надежные методы количественной оценки качества.
2. В методическом аспекте достаточно обоснованное решение проблем количественной оценки качества рельсов дает комплексная оценка качества.
3. Получены эмпирические зависимости для единичных свойств продукции рельсового производства (механические свойства, химический состав, структура, поверхностные и внутренние дефекты), позволяющих объективно характеризовать качество рельсов.
4. С помощью квалитметрического метода оценки качества оценено качество рельсов, выпускаемых в странах ближнего зарубежья.
5. Для повышения качества рельсов необходима разработка новых стандартов, благодаря которым оценка качества рельсов производилась бы комплексным методом.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Повышение требований к качеству железнодорожных рельсов в новом национальном стандарте / А.А. Дерябин, В.А. Рабовский, Е.А. Шур и др. // Сталь. - 2000. - № 11. - С. 82 - 85.
- [2] Шур Е.А., Долгих Л.В. О вопросах оценки повышения качества важнейших элементов транспортных конструкций (на примере железнодорожных рельсов). Бюллетень ОУС ОАО «РЖД», 2013, №3. С. 1-13.
- [3] Марков А.А., Шпагин А.А. Ультразвуковая дефектоскопия рельсов. – СПб.: «Образование – Культура», 1999. – 230 с.
- [4] Андрионов Ю.М., Субсто А.И. Квалитметрия в приборостроении и машиностроении. Л.: Машиностроение, 1990. – 216 с.
- [5] Мигачев Б.А. Принципы квалитметрии в технологических и конструкторских разработках. Предпринт. Свердловск: УРО АН СССР. 1988. – 53 с.
- [6] Мигачев Б.А. Квалитметрия на базе мониторинга математическими и аппаратными методами. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. 176 с.
- [7] Фомин В.Н. Квалитметрия. Управление качеством. Сертификация / Курс лекций – М.: «ТАНДЕМ», 2000. 320 с.
- [8] Мигачев Б.А. Проблематика в измерительной квалитметрии. Предпринт. Свердловск: УРО АН СССР, 1988. – 74 с.
- [9] Швандер В.А. Стандартизация и управление качеством. – М.: ИНФРА-М 2001. 348 с.
- [10] Нормирование количественных оценок железнодорожного пути / Машеков С.А., Омаров А.Д., Мигачев Б.А. и др. // Международная научно-практическая конференция «Транспорт Евразии: Взгляд в XXI век». - Алматы, КазАТК, 2000, Т.2. С 39-44.

### REFERENCES

- [1] Improving the quality requirements of railway tracks in the new national standard / A.A. Deryabin, V.A. Rabovsky, E.A. Shur, et al. // Steel. - 2000. - № 11. - p. 82 - 85. (in Russ.).
- [2] Shur E.A., Dolgikh L.V. On issues of assessment to improve the quality of the most important elements of transport structures (for example, rails). Bulletin DSB JSC "Russian Railways", 2013, №3. p. 1-13. (in Russ.).
- [3] Markov A.A., Shpagin A.A. ultrasonic inspection of rails. - SPb.: "Education - Culture", 1999. - 230 p. (in Russ.).
- [4] Andrionov Yu.M., Substo A.I. Qualimetry in instrument making and mechanical engineering. L.: Engineering, 1990. - 216 p. (in Russ.).
- [5] Migachev B.A. The principles of quality control in the technological and design developments. Predprint. Sverdlovsk: Ural Branch of the USSR. 1988. - 53 p. (in Russ.).
- [6] Migachev B.A. Qualimetry on the basis of mathematical methods and hardware monitoring. Ekaterinburg, Ural Branch of Russian Academy of Science, 2000. 176 pp. (in Russ.).
- [7] Fomin V.N. Qualimetry. Quality control. Certification / Lecture Course - M.: "TANDEM", 2000. 320 p. (in Russ.).
- [8] Migachev B.A. The problems in the measurement of quality control. Predprint. Sverdlovsk: Ural Branch of the USSR, 1988. - 74 p. (in Russ.).
- [9] Schwander V.A. Standardization and quality control. - M.: INFRA-M 2001. 348 p. (in Russ.).
- [10] Rationing quantitative estimates of the railway track / Mashekov S.A., Omarov A.D., Migachev B.A., etc. //



## РЕЛЬСТЕРДІҢ САПАСЫН БАҒАЛАУ МӘСЕЛЕЛЕРІ: МӘСЕЛЕЛЕРІ МЕН ОЛАРДЫҢ ШЕШІМДЕРІ

Машеков С.А.,<sup>1</sup> Абсадықов Б.Н.<sup>2</sup>, Алимқұлов М.М.,<sup>3</sup> Смаилова Г.А.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Қ.И. Сәтпаев ат. Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы

<sup>2</sup> Қазақ-Британ техникалық университеті, Алматы қ., Қазақстан Республикасы

<sup>3</sup> М. Тынышпаев ат. Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан Республикасы  
[Mashekov.1957@mail.ru](mailto:Mashekov.1957@mail.ru), [b\\_absadykov@mail.ru](mailto:b_absadykov@mail.ru)

**Түйін сөздер:** рельстер, кемістіктер, сапасын бағалау, квалиметрия, квалиметриялық бағасы.

**Аннотация.** Бұл жұмыс теміржол көлігі рельстерінің сапасын бағалау мәселелерін талдауға арналған. Рельстердің сапасы бір бірін толықтыруға қажетті сынақтардың бүкіл кешені нәтижесінде тексерілетіні көрсетілді. Бұл темір жол желісі бойынша рельс бүкіл өмірлік циклі туралы деректерді статистикалық талдаудың пайдалануын талап етеді. ТМД елдерінің рельс жолдарында жедел сынақтардың әдістемесін жақсарту қажеттілігі, сондай-ақ олардың өмірлік циклінің статистикалық талдауы туралы қорытынды жасалынады. Соның негізінде Қазақстан Республикасының темір жол пайдаланатын темір жол сапасын кешенді бағалау дамытуға талпыныс қамданды.

Объективті рельс сапасын сипаттайтын мүмкіндік беретін теміржол өндірістің жеке қасиеттерінің эмпирикалық байланыстары (механикалық қасиеттері, химиялық құрамы, құрылымы, жер үсті және ішкі ақаулар) ұсынылған. Көрші елдерде өндірілетін рельс сапасын бағалау квалиметриялық әдіс негізінде сапасы бағаланған. Бұл темір жол сапасын жақсарту үшін жаңа стандарттарын әзірлеу қажет деп жасалады, рельстер сапасын бағалау болатын арқасында кешенді әдісімен жүргізілді.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. **Машеков Серик Акимович** – доктор технических наук РФ и РК.

Место работы: НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», профессор кафедры «Станкостроение, материаловедение и технология машиностроительного производства» 050013. г. Алматы, ул. Сатпаева 22, НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, кафедра «Станкостроение, материаловедение и технология машиностроительного производства» e-mail: [mashekov.1957@mail.ru](mailto:mashekov.1957@mail.ru)

2. **Абсадықов Бахыт Нарикбаевич** - доктор технических наук, член-корреспондент Национальной академии наук РК.

Место работы: Заместитель генерального директора АО «Институт топлива, катализа и электрохимии имени Д.В. Сокольского», профессор АО «Казахстанско-Британский технический университет. 050010, г. Алматы, ул. Кунаева, 142, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии имени Д.В. Сокольского». e-mail: [b\\_absadykov@mail.ru](mailto:b_absadykov@mail.ru)

3. **Алимқұлов Мурат Маметқұлович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспорт, транспортная техника и технологии»

Место работы: Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева.

Адрес: 050012, г. Алматы, ул. Шевченко 97, Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева. e-mail: [alimkulov\\_murat@mail.ru](mailto:alimkulov_murat@mail.ru)

4. **Смаилова Гүлбаршын Абилқасымовна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Станкостроение, материаловедение и технология машиностроительного производства».

Место работы: НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева». 050013. г. Алматы, ул. Сатпаева 22, НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, кафедра «Станкостроение, материаловедение и технология машиностроительного производства» e-mail: [gulbarshyn@mail.ru](mailto:gulbarshyn@mail.ru)

Поступила 21.03.2016 г.