



Метрология

№ 4 (71) 2019

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



РГП «Казахстанский Институт Метрологии» запустил Интернет-магазин

С 8 января 2018 года РГП «Казахстанский Институт Метрологии» запустил Интернет-магазин по реализации методик поверок средств измерений (shop.kazinmetr.kz). Все методики представлены в электронном формате. Приобретенная методика после покупки получает индивидуальный QR код с описанием и ссылкой на подробности заказа.

Преимущества:

- Цена ниже по сравнению с бумажным вариантом;
- Доступно для приобретения более 7000 методик;
- Минимальные затраты по времени на приобретение.

Примечание:

Продажа осуществляется только для юридических лиц.

За более подробной информацией

- по приобретению методик поверок просим обращаться по следующим контактным данным: omargova@kazinmetr.kz, +7 7172/ 28-29-20;
- по техническим вопросам работы Интернет-магазина просим обращаться следующим контактным данным: admin@kazinmetr.kz +7/7172/25-48-19, +7-708-425-48-19.



ТРЕБОВАНИЯ К РУКОПИСЯМ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫМ В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «МЕТРОЛОГИЯ»

Рукопись статьи объемом от 5 до 10 страниц (включая иллюстрации и список литературы) представляется в бумажном и электронном видах на государственном, русском или английском языках, в редакторе Microsoft Word, шрифт Times New Roman, размер шрифта 14, одинарный интервал; для статей на государственном языке: шрифт KZ Times New Roman. Рукопись должна быть подписана всеми авторами.

1. К статье прилагаются следующие документы:

- разрешение на публикацию учреждения, где выполнена данная работа;
- рецензии ведущих специалистов в области освещаемой работы;
- акт экспертизы (выписка из протокола заседания кафедры или методического совета с рекомендацией к печати); аннотация, ключевые слова на казахском, русском и английском языках с указанием индекса МРНТИ;
- на отдельном листе указываются сведения об авторе: фамилия, имя, отчество, должность, звание, ученая степень, полное название учреждения, в котором выполнена работа, адрес, телефон, город, страна.

2. При написании статей в соответствии с требованиями ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов» и ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

- фамилия, имя, отчество авторов, с указанием полного официального названия учреждения места работы и его подразделения, должности, ученых званий и степени (если есть); Издательское оформление публикуемых материалов» необходимо придерживаться следующих требований:
 - фамилия, имя, отчество авторов, с указанием полного официального названия учреждения места работы и его подразделения, должности, ученых званий и степени (если есть);
 - название статьи прописными буквами;
 - индекс МРНТИ отдельной строкой слева;
 - резюме на других языках отличающихся от языка текста публикуемого материала. В конце резюме необходимо указать не более пяти ключевых слов. Желательно использовать общепринятые термины ключевых слов;
 - ссылки на литературные источники даются в тексте статьи цифрами в квадратных скобках ([1], [12-13]) по мере упоминания. Список цитируемой литературы оформляется на отдельной странице с указанием фамилии и инициалов автора (ов), полного названия книги (статьи), места издания, названия журнала (год, том, номер страницы). Ссылки на неопубликованные работы не допускаются. Иностранные фамилии и термины в тексте приводятся на языке статьи, в списке литературы – на языке оригинала;
 - не допускается сокращение слов, кроме обозначений единиц величин, а также общепринятых сокращений;
 - в названии статей аббревиатура не допускается.
 - таблицы числовых данных должны иметь порядковый номер, обозначенный арабскими цифрами, и заголовок, поясняющий ее содержание. В верхней части граф обязательно указываются названия величин и их размерность. Не допускается изложение одних и тех же данных в таблице и на рисунке;
 - математические формулы в тексте должны быть набраны как объект Microsoft Equation. Химические формулы и символы должны быть набраны при помощи инструментов Microsoft Word. Следует нумеровать лишь те формулы, на которые имеются ссылки.
- Текст должен быть тщательным образом выверен и отредактирован.

Рукописи, не удовлетворяющие настоящим требованиям, возвращаются авторам для исправлений. Датой поступления рукописи считается день ее получения в исправленном виде. Корректуре автору для просмотра не высылается. В случае отклонения статьи редакция оставляет за собой право вернуть ее автору.

Адрес РГП «КазИнМетр»:
010000, г. Нур-Султан, пр. Мәңгілік ел, 11, Эталонный центр
Тел.: (7172) 28 29 99 (приемная)
E-mail: info@kazinmetr.kz
www.kazinmetr.kz

РГП «КазИнМетр» осуществляет ежегодное издание и реализацию Указателя нормативных документов в области метрологии (далее – Указатель НД).

Указатель НД по состоянию на 1 января 2019 года является девятнадцатым изданием.

Указатель НД носит информационный характер и состоит из 6 разделов, по следующим направлениям: нормативные документы (национальные стандарты в области обеспечения единства измерений и др.), межгосударственные нормативные документы, методики поверки стран СНГ и зарубежные, допущенные к применению в Республике Казахстан, международные документы и нормативные правовые акты в области обеспечения единства измерений.

Указатель НД предназначен для работников метрологических служб, поверочных, калибровочных и испытательных лабораторий и других заинтересованных лиц.

По вопросу приобретения Указателя НД обращаться по адресу:
010000, г. Нур-Султан, Левый берег, проспект Мәңгілік ел,
здание «Эталонный центр», д. 11, тел. 8 (7172) 28-29-55, 28-29-99.

СОДЕРЖАНИЕ

НОВОСТИ

Молдыбаев Д.М., Акылбаева А.К. 16-е заседание ТК 1.5 КООМЕТ «Длина и угол» 17–18 сентября 2019 г. ГЕОСТМ, г. Тбилиси, Грузия2

Кемалова Е.И. Участие в 9-ом заседании рабочей группы по стандартным образцам научно-технической комиссии по метрологии (РГ СО НТКМЕТР) и 24-ом заседании ТК 1.12 КООМЕТ «Стандартные образцы»5

Туймекулова Н.А. Информационный обзор об участии в заседании технического комитета КООМЕТ ТК 1.3 «Электричество и магнетизм»10

ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Маулимгазинова Ш.Е. Оптимизация и автоматизация бизнес-процессов при оказании государственной услуги в области метрологии13

РАБОТА НА ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЭТАЛОНАХ ИЗМЕРЕНИЯ:

ПРАКТИКА, МЕТОДИКА, ТЕОРИЯ

Андрющенко Е.С., Искандеров М.Б., Ержигитов Е.С. Качественные характеристики точности при измерениях длины14

Александров В.В. Обзор результатов дополнительных и ключевых сличений государственного эталона молярной доли компонентов в газовых средах в период 2018 – 2019 г.г.18

Белоусов В.М. Понятия передачи единицы величины и метрологической прослеживаемости26

Ахатова Д.М. Необходимость создания в РК государственного эталона многофазных потоков29

Мулдагалиева Ж.С. Поверка расходомеров с диапазоном измерений до 5 м³/ч при помощи весов32

Джасинбеков О.А., Ержигитов Е.С. Повышение точности и формирования результата измерения при передаче единицы коэффициента и угла масштабного преобразования синусоидального тока34

ПРОМЫШЛЕННАЯ МЕТРОЛОГИЯ

Вдовин В.А., Кывыржик В.П., Назаров В.Н., Степаненко А.И. Модель погрешности измерений при взвешивании автодорожных транспортных средств по частям38

Булкунов Т.Ж. Современные потребности торговли, промышленности и общества в развитии метрологии45

Ratushnaya T.Yu., Savinkin V.V., Tomashets A.K., Tyukanko V.Yu. Substantiation of criteria for evaluation of substandard turbine blades of chp in the process of rejection47

ДЕЛИМСЯ ОПЫТОМ

Тулегенов А.Ж. Метрологическое обеспечение медицинской техники по Актыбинской области51

Орынтаева Ж.М., Ержигитов Е.С., Сериков М.С., Нургаалиева М.Т. Пример расчета неопределенности при определении тяжелого металла в воде методом атомно-абсорбционного спектрофотометра54

Сагындыков Д.А., Рынковский Р.П. Об общей теории относительности58

Айтжанова С.А. Развитие метрологического обеспечения в Актыбинской области.....69

Научно-технический журнал «Метрология»
Издается с мая 2001 г.
№ 4 (71) 2019 г.
ISSN 2522-1744

Учредитель:
Республиканское государственное предприятие
«Казахстанский институт метрологии»

Председатель редакционного совета:
А.А. Шаккалиев, член-корреспондент
Международной инженерной академии

Члены редакционного совета:
Г.Б.О. Мейрбаева, к.т.н.
Т.Д. Токанов, заслуженный метролог Республики Казахстан
Д.Ж. Шарипов
Б.Ж. Мухамеджанов
Б.У. Байхожаева, д.т.н., профессор
(по согласованию)
В.В. Савинкин, д.т.н. (по согласованию)
Р.К. Ниязбекова, д.т.н. (по согласованию)

Е.Т. Абсеитов, к.т.н. (по согласованию)
Е.С. Ержигитов, к.с.-х.н., член-корреспондент
академии «Национальная академия наук машино-
строения и транспорта Республики Казахстан»
Г.К. Бектурганова, к.х.н.

Главный редактор:
Д.С. Жумакаева
Ответственным секретарь:
А.У. Касымбеков

Свидетельство о регистрации
№ 1996 Ж от 17 мая 2001 года,
выданное Министерством культуры,
информации и общественного согласия
Республики Казахстан

Адрес редакции:
Республика Казахстан,
010000, г. Нур-Султан, пр. Мәңгілік ел, 11,
E-mail: info@kazinmetr.kz

Перепечатка опубликованных
в журнале материалов допускается
только с разрешения редакции.
При использовании материалов
ссылка на журнал обязательна.
Присланные материалы
не рецензируются и не возвращаются.
Точка зрения автора может
не совпадать с мнением редакции.
Редакция не несет ответственности
за достоверность рекламной информации.

Подписной индекс 76003 - каталог «Казпочта»
Отпечатано в типографии:
ТОО «Комек Азат», г. Нур-Султан,
ул. К. Байсеитовой 72
тел.: +7(7172) 78-38-18

Подписано в печать 11.12.2019 г.
Бумага мелованная гляцевая 60*90/8.
Печать офсетная. Усл. п.л. 8.
Тираж 200.

SUBSTANTIATION OF CRITERIA FOR EVALUATION OF SUBSTANDARD TURBINE BLADES OF CHP IN THE PROCESS OF REJECTION

АННОТАЦИЯ

В процессе производства и восстановления лопаток турбин ТЭЦ контролю подлежат большое количество геометрических параметров. В производственной практике сортировка рабочих лопаток турбины производится на основе сравнения показателей, приводимых в нормативных документах, но они не учитывают скрытые дефекты, которые невозможно оценить визуально или традиционными методами неразрушающего контроля.

Система предлагаемых критериев оценки учитывает влияние физико-механических свойств материала лопаток на их усталостную и вибрационную долговечность. Для решения поставленной задачи, в таблице 3 приведены основные критерии оценки физико-механических свойств материала лопатки.

Ключевые слова: лопатки турбин ТЭЦ, плазменное восстановление, критерии оценки лопаток.

ЖЭО турбиналарының қалақтарын өндіру және қалпына келтіру процесінде геометриялық параметрлердің көп саны бақылауға жатады. Өндірістік практикада турбинаның жұмыс қалақтарын сұрыптау нормативтік құжаттарда келтірілген көрсеткіштерді салыстыру негізінде жүргізіледі, бірақ олар бұзбайтын бақылаудың көзбен немесе дәстүрлі әдістерімен бағалау мүмкін емес жасырын ақауларды ескермейді.

Ұсынылған бағалау критерийлерінің жүйесі қалақша материалының физикалық-механикалық қасиеттерінің олардың шаршаңқы және дірілді беріктігіне әсерін ескереді. Берілген тапсырманы шешу үшін 3-кестеде қалақша материалының физикалық-механикалық қасиеттерін бағалаудың негізгі өлшемдері келтірілген.

Түйінді сөздер: ЖЭО турбиналарының жауырыны, плазмалы қалпына келтіру, жауырынды бағалау критерийлері

In the process of production and restoration of CHP turbine blades a large number of geometric parameters are subject to control. In production practice, the sorting of turbine blades is performed on the basis of comparison of indicators given in regulatory documents, but they do not take into account hidden defects that can not be assessed visually or by traditional methods of non-destructive testing.

The system of the proposed evaluation criteria takes into account the influence of physical and mechanical properties of the blade material on their fatigue and vibration durability. To solve this problem, table 3 presents the main criteria for evaluating the physical and mechanical properties of the blade material.

Key words: CHP turbine blades, plasma recovery, the evaluation criteria of the blades

One of the main indicators of any gas turbine installation is the resource and reliability [1-4]. In many respects, these indicators determine the working blades, as they are the most loaded element of the turbine. During the operation of the power plant, the working blades experience cyclic, dynamic and static alternating loads. In addition, working in an aggressive environment, the blades are highly susceptible to corrosion activity. The blades of the first stages of the turbine are exposed to centrifugal force, a strong influence of the working environment, which causes the vibration of the blades with the possible occurrence of resonant oscillations [5-8].

In the last stages, the inlet edges of the turbine blades are corroded by water particles in the wet steam. These conditions require a responsible approach to the design and design of the blades, the choice of materials for their manufacture, as well as to the careful organization of their production. Also, due to constant temperature changes, large thermal stresses occur in the blades [9]. The development of advanced technologies of repair and restoration inevitably entails the need to improve and develop new diagnostic methods, and therefore the expansion

of indicators for assessing the quality of restoration, regulated by GOST 4.424-86.

The introduction of new indicators into the register of normative documents requires justifications not only of new techniques, but also of technical requirements for metrological support with indication of specific boundaries of the sensitivity area of the device. To date, the main material from which blades are made is Nickel – based alloys [10]. Such alloys have a complex structure and phase composition. The main properties depend on the structure – fatigue resistance, plasticity, heat strength, etc.

The design of the turbine blades is quite rigid and consists of a profile part and a tail. The peculiarity is the presence of a screw-shaped turbine blade feather. When performing the plasma reduction process, it is most carefully necessary to perform all the dimensions forming the shapes of the blades and comply with the technical requirements established for their manufacture. Deviations from the drawings and specifications can cause additional stresses in the blades, which, in turn, can lead to turbine failure [11, 12].

In the process of production of turbine blades CHP control is subject to a large number of geometric parameters of the blades, determined by the requirements of design and technological documentation, specifications, approved samples and delivery conditions. The blade profile is measured using templates or coordinate measuring machines in several sections: on the blade feather on all elements of the profile back, turbine blade trough, input and output edges. If the blade has a bandage shelf, its profile is also measured using control and measuring machines. The profile of the end and root of the turbine blades feather are also should be measured. A separate independent task is to control the profile of the blade shank.

Researchers of the turbine operation indicators allowed us to conclude that the pressure (absolute) of fresh steam; P MPa, nominal turbine power, N MW and the coefficient of readiness K_g directly depend on the technical condition of the turbine blades. Resources durability and vibration reliability of the turbine blades depends on fatigue processes and defects in the structure of the blade material and its surface coating. However, GOST 4.424 – 86 and

other regulatory documents (ND) do not provide a deep technical assessment of the main elements of the turbine. In the same document there are no indicators characterizing the structural changes of the turbine blade. Gaps in this direction do not allow to adequately assessing the effective life of the turbine elements with minimal maintenance and operation costs. Existing measuring equipment does not have the ability to measure fatigue performance and determine defects at the stage of their occurrence.

Thus, it is necessary to solve the scientific and technical problem of developing a unified system of criteria for assessing the technical condition of turbine blades, taking into account the spent resource.

Currently, there are no strict requirements for an objective assessment of the technical suitability of the blades for further operation or repair work.

In production practice, sorting of turbine blades is performed on the basis of comparison of indicators [12] presented in table 1.

Table 1 - Criteria of maintainability of turbine blades regulated by normative documents [13]

№ p/n	Control parameters	Indicator	Limit value	Notes
1.	Mechanical damage	The depth of the scratches, mm	0,5–1	
		Number of nicks per 1 mm	$n \leq 1$	
		equiaxial mechanical nicks on 1 mm, H_{oc} , pc	$H_{oc} \leq 2$	
		- position of touches; - deformation of the output and input edges and periphery of the working parts	Lack	Are determined visually by the operator-diagnostician
2.	Metal washing	The depth of the whole process, h_{np} mm	$h_{np} \leq 2$	
3.	Corrosive ulcers	Diameter of ulcers, mm	$\Delta_{\pi 3} \leq 0,5$	3 score and above
4.	Erosive wear	Diameter of erosion spot, mm	$\Delta_{\pi 3} \leq 0,5$	
5.	Continuity of welded joints	No weld defects	The presence of the welded joints continuity	The presence of the welded joints continuity
6.	Fatigue damage	Cracks		The crack length does not exceed 3 mm. the depth does not exceed 0.5 mm.

From the analysis of the main known indicators characterizing the maintainability of turbine blades, it is established that they all have an indirect character and do not reflect the objectivity of the technical condition of the blades that have passed the operational period. For example, mechanical damage is random and has a wide range of manifestations. It is

impossible to estimate their real impact on the work resource. Technical sources recommend to estimate the depth of holes, count the number of nicks, etc. This stage of rejection is realized only visually without metrological support and is subjective. Moreover, erosion wear is determined by the diameter of the erosion spot within sight of the operator. However,

to determine the progressive development of latent pitting or the origin of fatigue microcracks is not possible without special equipment and reasonably selected techniques. The widely used method of ultrasonic testing is very laborious and does not allow to determine and interpret the presence of fatigue defects in the structure of the turbine blades.

Thus, a system of criteria for an adequate assessment of the turbine blades technical condition was developed not only by design parameters (shape, design geometry, linear dimensions and roughness) but also taking into account the features of fatigue

changes in the blades structure. The complexity of developing the criteria was in necessity to create a system of hidden defects identification and interpretation with the possibility of forming recommendations for operation or restoration.

The system of the proposed evaluation criteria takes into account the influence of physical and mechanical properties of the blade material on their vibration and fatigue life. To solve this problem, table 2 presents the main criteria for evaluating the physical and mechanical properties of the blade material.

Table 2 - The main criteria for turbine blades selection to be rejected for subsequent restoration of their properties

Control parameters	Symbol	Acceptable value	Determination method
Magnetic field intensity, A/m	H_x	$54 \pm 1,42$	Measurement
The hardness of the blade material, HRC	HRC	55-62	Measurement
The microhardness of the turbine blade material, HV	HV	746-1200	Measurement
Cross-sectional area of corrosion-erosion-worn blade, mm^2	$\sum F_{\text{общ}}$	$0,3 \pm 5\%$	$\sum F_{\text{общ}} = F + 0,7 d_p (\delta'_l + b'_l R_a) n_{\text{уч}}$ где d_p – the site diameter with changes of erosion and corrosion, mm; δ'_l – the thickness of the profile, in the area with changes erosion and corrosion, mm; b'_l – the depth of the blade profile in the area with changes erosion and corrosion, mm; R_a – surface roughness of the site with erosion and corrosion changes, μm.
Fatigue limit, N/m^2	σ_{-1}	$40 \cdot 10^6$	$\sigma_{-1} = 4000 + \frac{1}{6} \sigma_{\text{max}}$ где σ_{max} – maximum stresses in the range of stress concentrations.
The stress concentration factor	a_σ	$1 \pm 0,05$	$a_\sigma = \frac{\sigma_{\text{max}}}{\sigma_H}$
Оптимальная длина некондиционной лопатки, пригодная для восстановления, м	$L_{\text{хв}}^{\text{кр}}$		где $L_{\text{хв}}^{\text{кр}} \geq k_{\text{пр}} \cdot h_{\text{кр}}^*$ where $L_{\text{хв}}^{\text{кр}}$ – critical length of the blade, m; $k_{\text{пр}}$ – coefficient of suitability for recovery; $h_{\text{кр}}^*$ – critical height of the blade, $h_{\text{кр}}^* = 0,2 \dots 0,4L$, L – blade length, m.

The proposed criteria for assessing the blades technical condition in conjunction with the use of standard parameters should fully characterize the fatigue changes in the structure of the blades after their operation. For example, the accumulated fatigue of a metal can be determined based on known physical phenomena of magnetic field scattering in the metal structure. As an evaluation criterion, the measurement of the magnetic field strength, A/m, followed by the determination of the fatigue limit, N/m² of the blade metal is proposed.

The peculiarity of the proposed criteria (table 2) is that their assessment will allow not only to identify

and interpret hidden defects, but also to reasonably approach the choice of technological modes of the recovery process.

Researchers on improving the recovery technology should be carried out in conjunction with designers to solve the problems of combining the shape of the turbine blades profile, determining scientifically justified tolerances from the design dimensions of the profile parts.

REFERENCES

- 1 Levin A. V. Strength and vibration of blades and disks of steam turbines/ A.V. Levin, K.M. Borshansky, E.D. Conson. - L.: Mashinostroenie, 1981. -710 PP.
- 2 Savinkin V.V., Ratushnaya T. Yu., Kuznetsova V.N., Shakirova M.A. Justification of criteria of energy-efficient operation of the turbine of the CHP taking into account specific costs for recovery of consequences of failure // «Vestnik Kaznitu» No. 5 (135) 2019. KazNTU. – Almaty. - 2019. - Pp. 276-285.
- 3 Chiang W.C., B. E. Pinfold Operational envelopes for plasma keyhole welded titanium // Welding and Metal Fabrication. 1979. Vol. 47. No. 9. P. 661-673.
- 4 Ryzhenkov V.A. State of the problem and ways of increasing the wear resistance of power equipment of thermal power plants // Teploenergetika. - 2000. - No. 6. - Pp. 20-21.
- 5 Savinkin V.V., Ratushnaya T. Yu., Ivanova O.V., Kenzhetaeva L.D. on methods of diagnostics of hidden defects by FMEA-analysis method // Scientific and technical journal «News of state standard». - Astana. - 2018. - No. 1 (71). - Pp. 22-24.
- 6 Savinkin V.V., Ratushnaya T.Yu., Ivanova O. V. Statistical analysis of the causes of structural defects of steam and gas turbine blades // Materials of MNPK «Science 2017: results, achievements, prospects». - Stavropol: Logos. - 2017. - Pp. 13-16.
- 7 Ryzhenkov V.A., Sidorov S.V., Thabisimov A.B., Kachalin G.V., Mednikov A.F. // Natural and technical Sciences. - 2013. - No. 1 (63). - pp. 171-177.
- 8 Maughan J.R. Development of the dense pack steam turbine: a new design methodology for increased efficiency / Maughan J.R., Willey L.D., Hil J.M., Goel.
- 9 Papshev D.D. Technological methods to improve the reliability and durability of machine parts surface hardening / studies. benefit./ – Kuibyshev.: Kuibyshev Polytechnical Institute. in-t them. V.V. Kuibyshev. - 1983. - 81 p.
- 10 RD 24.260.09-87-RD 24.260.12-87 Selection of design, size limit deviations and roughness parameters of the main structural elements of the blades of axial turbomachines in the design: a Collection of guidelines. - L.: NPO TSKTI, 1988.
- 11 Savinkin V.V., Kuznetsova V.N., Ratushnaya T.Yu., Kiselev L.A. study of fatigue stresses in the phase structure of the blade pen and evaluation of resource reliability of the turbine // Scientific journal «Vestnik Mashinostroeniya», No. 6 2019. Moscow RF, Pp. 34-40.
- 12 Redozubov A. Yu., Krivonogova A. S. quality Control of turbine blades in the production process // Young scientist. - 2016. - No. 12.3. Pp. 68-71. - URL <https://moluch.ru/archive/116/31855/> accessed 25.11.2018.
- 13 GOST 34497 – 2018 Blades for steam turbines. Basic requirements for replacement.: M: STANDARTINFORM, 2019. - 28 p.