

<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-2-91-96>

УДК 621.192

Обеспечение качества и надежности составных частей энергетического оборудования при их производстве и испытаниях в составе головного образца

Труханов В. М.^{1,2}, Султанов М. М.¹, Горбань Ю. А.^{1*}, Кухтик М. П.²

¹ Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском
пр. Ленина, 69, 404110, г. Волжский, Россия

² ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»
пр. им. В. И. Ленина, 28, 400005, г. Волгоград, Россия

Поступила / Received 10.12.2019

Принята к печати / Accepted for publication 02.06.2020

Объектом исследования является энергетическое оборудование тепловых электростанций. При разработке новых деталей и узловых элементов энергетического оборудования появляется проблема обеспечения качества и надежности на этапе их постановки на производство и в процессе серийного изготовления. Для решения этой проблемы поставлены задачи: разработать способы и методы обеспечения качества и надежности установочной партии оборудования; определить объем приработочных испытаний составных частей в составе головного образца при серийном изготовлении; показать влияние производственных факторов на качество и надежность выпускаемой продукции; определить номенклатуру показателей качества продукции и их влияние на технологичность и надежность изделий. Научная новизна состоит в обобщении методов, способов, математических моделей обеспечения качества и надежности вновь создаваемых подобных изделий. Теоретические подходы, предложенные в статье, могут быть направлены на создание современных условий для изготовления деталей, конструкций и узлов энергетического оборудования с новыми технологическими и материальными характеристиками по показателям надежности. Практическая значимость определяется внедрением разработанных методов, способов, математических моделей в нормативно-техническую документацию вновь создаваемого оборудования. Описан порядок проведения приработочных и приемочных испытаний сборочных единиц. Рассмотрены факторы, оказывающие влияние на качество и надежность составных частей энергетического оборудования тепловых электростанций. Описаны различные группы показателей для оценки качества выпускаемой продукции. Приведены формулы для расчета показателей технологичности, в частности, для трудоемкости, материалоемкости, коэффициента использования материала, себестоимости продукции, и для показателей стандартизации и унификации. Рассмотрены методы определения показателей качества продукции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: энергетическое оборудование, контроль качества, показатели надежности, установочная партия, приработочные испытания, приемочные испытания

Благодарности

Результаты исследований, представленные в статье, получены при финансовой поддержке в рамках государственного задания № 13.9602.2017/БЧ по теме 1041170.

Адрес для переписки:

Горбань Ю. А.
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», кафедра АПП
пр. им. В. И. Ленина, 28, 400005, г. Волгоград, Россия
e-mail: yuliya.bk.ru@mail.ru

Address for correspondence:

Gorban' Yu. A.
Volgograd State Technical University, Department AMP
Lenin av., 28, 400005, Volgograd, Russia
e-mail: yuliya.bk.ru@mail.ru

Для цитирования:

Труханов В. М., Султанов М. М., Горбань Ю. А., Кухтик М. П. Обеспечение качества и надежности составных частей энергетического оборудования при их производстве и испытаниях в составе головного образца. Надежность и безопасность энергетики. 2020. – Т. 13, №2. – С. 91 – 96.
<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-2-91-96>

For citation:

Trukhanov V. M., Sultanov M. M., Gorban' Yu. A., Kukhtik M. P. [Ensuring the quality and reliability of power equipment components during their production and testing as part of a prototype]. Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry. 2020. vol. 13, no. 2, pp. 91 – 96 (in Russian).
<https://doi.org/10.24223/1999-5555-2020-13-2-91-96>

Ensuring the quality and reliability of power equipment components during their production and testing as part of a prototype

Trukhanov V. M.^{1,2}, Sultanov M. M.¹, Gorban' Yu. A.^{1*}, Kukhtik M. P.²

¹ Volzhsky Branch of the National Research University «Moscow Power Engineering Institute»

69 Lenin av., 404110, Volzhsky, Russia

² Volgograd State Technical University

28 Lenin av., 400005, Volgograd, Russia

The object of study is the power equipment of thermal power plants. When developing new parts and components of power equipment, a problem arises of ensuring the quality and reliability at the stage of their putting into production and in the process of serial production. To solve this problem, the following tasks have been set: to develop ways and methods to ensure the quality and reliability of the development batch of equipment; to determine the scope of running-in tests of components as part of a prototype during serial production; to show the influence of production factors on the quality and reliability of the output product; to determine the nomenclature of production quality parameters and their impact on the manufacturability and reliability of products. The scientific novelty consists in generalization of methods, ways, mathematical models for ensuring the quality and reliability of newly created similar products. The theoretical approaches, which are proposed in the article, can be aimed at creation of state-of-art conditions for manufacturing of parts, structures and components of power equipment with new process and material characteristics in terms of reliability. The practical significance is determined by implementation of the developed methods, ways, mathematical models in the normative and technical documentation of newly created equipment. A procedure is described for holding running-in and acceptance tests. The factors, which affect the quality and reliability of components of power equipment of thermal power plants, are considered. Various groups of parameters for assessment of the quality of output products have been described. Equations are presented for calculation of manufacturability parameters, in particular, for labor-intensity, material consumption, material utilization rate, production prime cost, as well as for standardization and unification parameters. Methods are considered for determination of the product quality parameters.

KEYWORDS: power equipment, quality control, reliability parameters, development batch, running-in tests, acceptance tests

Acknowledgements

The results of research presented in the paper are obtained with financial support within the state assignment No. 13.9602.2017/BCh on subject 1041170.

Объектом исследования являются сложные технические системы энергетического оборудования, входящие в состав тепловых электростанций.

После окончания испытаний опытных образцов составных частей головного образца возникает необходимость серийного производства изделий. Перед началом серийного производства на предприятии-изготовителе проводится подготовка изделий с целью обеспечения качества и надежности их при эксплуатации. С этой целью, в зависимости от сложности и стоимости изготавливаемого изделия, назначают установочную партию определенного объема. В процессе изготовления установочной партии ведут отладку технологического процесса, изготовление и проверку необходимой оснастки, стендового оборудования. Для обеспечения достигнутых показателей надежности на этапе испытаний опытных образцов и поддержания их на заданном уровне в процессе серийного изготовления и эксплуатации предусматривают определенный объем приработочных испытаний, который записывают в техническую документацию (рекомендуемый объем приработочных испытаний составляет 2–3% от

назначенного ресурса). Цель этих испытаний — выявление скрытых производственных дефектов, а также притирка трущихся сопряжений, термотренировка элементов электроавтоматики, приработка узлов и механизмов и т. п. Приработочные испытания отдельных сборочных единиц или систем проводят на стендовом оборудовании. Объем этих испытаний определен в чертежах, технологических паспортах или технических условиях [1, 2].

После приработочных испытаний сборочных единиц проводят их монтаж на изделия (головному образцу), после чего изделие подвергают приемочным испытаниям. К таким испытаниям установочной партии допускают изделия, прошедшие приемку отдела технического контроля. Каждое изделие должно быть укомплектовано запасными частями и инструментом, а также технической документацией в соответствии с формуляром к данному изделию и удовлетворять по техническим требованиям параметрам технических условий.

В процессе проведения приемочных испытаний в составе головного образца ведут журнал учета наработки узлов, механизмов и сборочных единиц, в котором

фиксируют также замечания, неисправности и способы их устранения. Если изделие предназначено не только для выполнения работ в стационарных условиях на определенном объекте, но и для перевозки некоторого груза с одного объекта на другой, то приемочные испытания предусматривают три этапа — стационарные испытания изделия в цехе; транспортные испытания и вновь стационарные испытания в цехе после транспортных испытаний.

Общий объем приемочных испытаний каждой составной части головного образца изделия составляет 30–40% гарантийного ресурса [1]. Такой объем испытаний позволяет завершить отладку технологического процесса для серийного производства и произвести корректировку технологической документации.

Влияние производственных факторов на качество выпускаемой продукции

При изготовлении составных частей энергетического оборудования тепловых электростанций на их качество и надежность оказывают влияние многие факторы. Среди них важное место занимают следующие: используемые материалы, технологические процессы, качество выполняемой работы, условия хранения заготовок и комплектующих элементов, межцеховое транспортирование, обеспечение рабочих мест необходимой документацией, оснасткой и инструментом. Перечень факторов довольно большой, и, следовательно, необходимы направленные методы на создание качественной продукции [3, 4].

Для обеспечения хорошего качества и надежности составных частей используют два метода. Первый заключается в тщательной разработке технологии, второй — в тщательном контроле изготовленной продукции. Хорошо отработанная технология не позволяет допускать брак при изготовлении деталей, а также в процессе сборки узлов и механизмов. Контроль качества продукции осуществляют на различных стадиях производственного цикла, т. е. проводят как пооперационный контроль, так и контроль готовой продукции. Наиболее приемлемым контролем качества является пооперационный контроль, так как этот метод является, с одной стороны, наиболее экономичным, а с другой стороны, — и более надежным. Лучше всего проверять качество изготовления составной части во время самого процесса изготовления, чем вносить исправления после того, как составная часть изготовлена [5, 6].

Задача контроля качества составных частей состоит в обеспечении его работы хорошего качества независимо от того, чем оно было обусловлено — хорошей технологией или эффективным контролем.

Важные факторы, влияющие на надежность составной части, — применяемые материалы, их хранение и транспортировка. Неправильное хранение материалов также вызывает их порчу и соответственно снижает надежность изделия. Неправильное транспортирование деталей и узлов при межцеховой обработке приводит к их повреждению, что отрицательно сказывается

на надежности головного образца в целом.

В процессе монтажа нового изделия на объекте, эксплуатации, в период капитальных ремонтов особое значение для качества изготовления имеют условия, создаваемые на рабочем месте (ремонтных цехах). Некачественная техническая документация (например, чертежи) или плохое освещение на рабочем месте являются причиной изготовления бракованных деталей. Отсутствие оснастки или непроверенный по эталону мерительный инструмент также влияют на качество выпускаемой продукции.

Номенклатура показателей качества продукции, влияние показателей технологичности на надежность головного образца

В общем виде качество выпускаемой продукции можно оценивать десятью показателями. К ним относятся показатели назначения, которые определяют основные функции продукции, обуславливающие область ее применения. В свою очередь, показатели назначения подразделяют на классификационные, функциональной и технической эффективности, конструктивные, состава и структуры. К классификационным показателям можно, например, отнести мощность двигателя, предел прочности металла, грузоподъемность транспортного средства, коэффициент усиления радиопередатчика и т. д. [3]

В качестве показателей функциональной и технической эффективности могут быть использованы производительность технического устройства, точность показания прибора и т. п. Конструктивные показатели определяют удобство монтажа, взаимозаменяемость, габаритно-массовые характеристики и т. д., показатели состава и структуры — процентное содержание, например, вредных включений в составе высококачественной марки стали или твердых, жидких и газообразных компонентов в топливе [7, 8].

К показателям надежности относят показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости и комплексные показатели.

Эргономические показатели определяют систему взаимодействия "человек – изделие". Эти показатели характеризуют работоспособность человека при воздействии на него на рабочем месте температуры, влажности, освещенности, магнитного и электрического полей, запыленности, излучения, токсичности, шума, вибрации, перегрузок и т. д.

Эстетические показатели определяют информационную выразительность, рациональность формы, целостность композиции, стабильность товарного вида, например, тщательность покрытий и отделки, четкость исполнения фирменных знаков и сопроводительной документации.

С помощью показателей технологичности оценивают оптимальность затрат материалов, денежных средств, трудовых и временных ресурсов при изготовлении изделий [9, 10].

Суммарная (общая) трудоемкость T составной части

характеризуется временем, затрачиваемым на изготовление одной составной части. Суммарная трудоемкость (в нормо- или машино-часах) выражается формулой (1):

$$T = \sum_{i=1}^k t_i, \quad (1)$$

где t_i — трудоемкость i -го вида работ (по участкам и цехам) в технологическом процессе изготовления составной части;

k — число отдельных видов работ (по участкам и цехам).

Составными частями суммарной трудоемкости составной части являются трудоемкости: удельная, сравнительная и относительная.

Удельную трудоемкость $t_{уд}$ (в нормо- или машино-часах) рассчитывают на единицу определяющего параметра B составной части данной группы по формуле (2):

$$t_{уд} = \frac{T}{B}. \quad (2)$$

Сравнительную трудоемкость определяют из отношения (3):

$$t_{сп} = \frac{T}{T_6}, \quad (3)$$

где T_6 — базовая трудоемкость по заданному показателю технологичности составной части.

Относительная трудоемкость определяет долю трудозатрат по определенному виду работ в суммарной (общей) трудоемкости и выражается формулой (4):

$$t_{от} = \frac{t_i}{T}, \quad (4)$$

где t_i — трудоемкость i -го вида работ.

Суммарную (общую) материалоемкость составной части находят по общей массе ее отдельных деталей, сборочных единиц, узлов и т. п. по формуле (5):

$$M = \sum_{i=1}^k m_i, \quad (5)$$

где m_i — материалоемкость i -й детали, сборочной единицы, узла и т. п.;

k — общее число деталей, сборочных единиц, узлов и т. п.

Удельную материалоемкость составной части рассчитывают на единицу определяющего параметра B составной части группы по формуле (6):

$$m_{уд} = \frac{m_i}{B}. \quad (6)$$

Сравнительная материалоемкость определяется выражением (7):

$$m_{сп} = \frac{M}{M_6}, \quad (7)$$

где M_6 — базовая материалоемкость для некоторой базовой составной части.

Относительная материалоемкость рассчитывается по формуле (8):

$$m_{от} = \frac{m_i}{M}. \quad (8)$$

Показателем технологичности конструкции является коэффициент использования материала для отдельных видов (типов, сортов, марок) материалов, определяется выражением (9):

$$K_{и.м.} = \frac{M_r}{M_0}, \quad (9)$$

где M_r — масса материала, затраченного на изготовление составной части;

M_0 — масса заготовок.

Суммарную (общую) себестоимость S обычно определяют по отраслевым методикам и инструкциям; в самом общем виде она включает в себя издержки на материал, заработную плату и косвенные расходы. Структурная себестоимость S_i определяет затраты по отдельным видам работ, выполняемым на отдельных линиях и участках или в цехах, входящих в технологический процесс изготовления данной составной части.

Удельная себестоимость продукции находится по формуле (10):

$$S_{уд} = \frac{S}{B}, \quad (10)$$

где S — общая (суммарная) себестоимость единицы продукции;

B — определяющий параметр продукции.

Сравнительная себестоимость продукции определяется выражением (11):

$$S_{сп} = \frac{S}{S_6}, \quad (11)$$

где S_6 — себестоимость базового образца продукции.

Относительная себестоимость продукции рассчитывается по формуле (12) и определяет долю себестоимости, например, по отдельным линиям, участкам и цехам в общей (суммарной) себестоимости:

$$S_{от} = \frac{S_i}{S}. \quad (12)$$

По показателям стандартизации и унификации оценивают насыщенность составной части стандартными, унифицированными и оригинальными деталями, сборочными единицами, механизмами. Для применения типовых методов расчета показателей качества данной группы детали, сборочные единицы, механизмы принято подразделять на стандартные, унифицированные и оригинальные. К стандартным деталям, сборочным единицам, механизмам относят такие, которые выпускают по государственным, республикан-

ским или отраслевым стандартам; к унифицированным — те, которые используются, по крайней мере, в двух различных составных частях, выпускаемых одним предприятием; к оригинальным — детали, сборочные единицы, механизмы, разработанные только для данной составной части. К показателям стандартизации и унификации относятся коэффициенты: применяемости, повторяемости, взаимной унификации для групп составных частей.

Коэффициент применяемости составных частей головного образца рассчитывается по формуле (13):

$$K_{\text{пр}} = \frac{n - n_0}{n}, \quad (13)$$

где n — общее число типоразмеров составных частей; n_0 — число типоразмеров оригинальных частей головного образца.

Коэффициент повторяемости составных частей головного образца определяется выражением (14):

$$K_{\text{п}} = \frac{N}{n} \cdot 100\%, \quad (14)$$

где N — общее число составных частей головного образца.

Коэффициент взаимной унификации для групп составных частей головного образца определяется формулой (15):

$$K_{\text{в.у}} = \left[\frac{\left(\sum_{i=1}^m n_i - z \right)}{\sum_{i=1}^m n_i} - n_{\text{max}} \right] \cdot 100\%, \quad (15)$$

где n_i — число типоразмеров составных частей в головном образце;

z — общее число неповторяемых типоразмеров составных частей, из которых состоит головной образец;

n_{max} — максимальное число типоразмеров составных частей головного образца;

m — общее число рассматриваемых составных частей в головном образце.

Коэффициент унификации для групп составных частей в головном образце рассчитывается по формуле (16):

$$K_{\text{у}} = \frac{\sum_{i=1}^m K_{\text{пр.}i} D_i C_i}{\sum_{i=1}^m D_i C_i}, \quad (16)$$

где $K_{\text{пр.}i}$ — коэффициент применяемости для i -й составной части головного образца;

D_i — годовая программа выпуска i -й составной части;

C_i — оптовая цена i -й составной части.

При определении показателей унификации исключают из расчета крепежные детали (болты, винты, шурупы), пробки, заглушки.

Показатели транспортабельности характеризуют

приспособленность продукции к транспортированию железнодорожным, воздушным, водным или автомобильным транспортом. Показатели транспортабельности в зависимости от вида транспортного средства определяются соответствующими затратами на перевозку и относятся к единице продукции или к какой-либо определенной группе единиц продукции. К показателям транспортабельности относят среднюю стоимость типовых операций при упаковывании продукции данного вида в определенную тару, среднюю стоимость перевозки единицы продукции на единицу пути (например, на 1 км) конкретным видом транспорта, среднюю продолжительность погрузки или разгрузки одной партии определенной численности продукции данного вида.

Патентно-правовые показатели определяют патентную защиту и патентную чистоту продукции, они характеризуют конкурентоспособность продукции на мировом рынке.

Экологические показатели определяют уровень вредных воздействий на окружающую среду при производстве, эксплуатации и потреблении продукции. К экологическим показателям относят количество вредных компонентов (газа, жидкости, различных излучений и т. д.), выбрасываемых в окружающую среду в процессе производства, эксплуатации и использования. Нормы на экологические показатели определяются стандартами и правилами международных организаций, занимающихся вопросами экологии окружающей среды.

Продукция, которая не отвечает принятым нормам по охране окружающей среды, подлежит снятию с производства.

Показатели безопасности определяют способность продукции обуславливать безопасность человека при ее эксплуатации и потреблении.

К показателям безопасности относят: вероятность безопасной работы человека в течение определенного времени (например, времени срабатывания блокировочных и защитных устройств), электропрочность высоковольтных линий передач и т. д. Нормы и показатели безопасности определяются государственными стандартами по безопасности труда, нормами и правилами по технике безопасности, пожарной и радиационной безопасности, производственной санитарии и т. д.

Экономические показатели представляют собой группу показателей, определяющих затраты на разработку, производство и эксплуатацию некоторой составной части или группы составных частей. К ним относятся материальные и временные затраты. Экономический эффект определяется стоимостью затрат на производство и эксплуатацию составной части (или группы составных частей) за определенный срок.

Рассмотренные показатели качества продукции могут быть определены различными методами — измерительными, регистрационными, органолептическими, расчетными, экспертными, социологическими и статистическими [1].

Измерительный метод основан на непосредствен-

ном измерении показателя качества с помощью измерительных приборов (например, датчиков давления, скорости, расхода топлива и т. п.).

Регистрационный метод заключается в использовании информации о подсчете конкретных событий, чисел, предметов, затрат каких-либо ресурсов (денежных, трудовых, временных и материальных) и т. д. В качестве примера можно привести подсчет числа дефектных изделий в партии или успешных испытаний в серии опытов.

В органолептическом методе используют информацию о качестве продукции, получаемую органами чувств человека (зрением, слухом, обонянием, осязанием, вкусом).

Расчетный метод определения показателей качества является самым распространенным, и с его помощью рассчитывают показатели качества групп функционального назначения, надежности и др.

Экспертный метод используют при определении эстетических и эргономических показателей, патентной чистоты. Для проведения этих работ создают экспертные группы из специалистов различных специальностей — конструкторов, технологов, дизайнеров и т. д.

Социологический метод определения показателей качества применяют при определении качества продукции потенциальными ее потребителями в результате формирования соответствующих мнений. Эти мнения формируют на основе устных вопросов или заполнением анкет на специальных конференциях и выставках.

Статистическим методом определяют показатели качества, которые имеют вероятностную природу (например, показатели надежности).

Выводы

Рассмотрены и представлены способы и методы обеспечения качества и надежности установочной партии составных частей головного образца энергетического оборудования тепловых электростанций. Определен объем приработочных испытаний для установочной партии составных частей и составных частей при серийном изготовлении. Показано влияние конкретных производственных факторов на качество выпускаемой продукции. Представлена номенклатура показателей качества продукции и их влияние на технологичность и надежность составной части.

Список использованных источников

1. Труханов В. М., Султанов М. М. Надежность энергетического оборудования тепловых электростанций. М.: ООО Издательский дом «Спектр» 2019; 375.
2. Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. Математические методы в теории надежности. Основные характеристики надежности и их статистический анализ. М.: Эдиториал УРСС 2019; 584.
3. Труханов В. М., Султанов М. М., Кухтик М. П., Горбань Ю. А. Математическая модель прогнозирования отказов статистическим методом при испытаниях головных образцов энергетического

оборудования ТЭС. Надежность и безопасность энергетики 2018; 11(3): 235 – 240.

4. Гвоздев Е. В., Бутузов С. Ю., Сулима Т. Г., Арифджанов С. Б. Формализованная модель оценки надежности функционирования тепловых электрических станций. Пожаровзрывобезопасность 2019; 28(2): 47 – 56.

5. Ebeling C. E. An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering. Long Grove: Waveland Press, Inc. 2019; 658.

6. Modarres M., Kaminskiy M. P., Krivtsov V. Reliability Engineering and Risk Analysis: A Practical Guide. Boca Raton: CRC Press 2016; 522.

7. Birolini A. Reliability Engineering: Theory and Practice. Berlin, Heidelberg: Springer 2017; 651.

8. Grin' E. A., Chernyshev V. V., Bochkarev V. I. Topical Problems Associated with Reliability and Safety of Equipment at Thermal Power Stations. Thermal Engineering 2018; 65(8): 515 – 523.

9. Bhangu N. S., Pahuja G. L., Singh R. Enhancing reliability of thermal power plant by implementing RCM policy and developing reliability prediction model: a case study. International Journal of System Assurance Engineering and Management 2017; 8(2): 1923 – 1936.

10. Rimov A. A., Chukanova T. I., Trofimov Y. V. Practical application of the benchmarking technique to increase reliability and efficiency of power installations and main heat-mechanic equipment of thermal power plants. Thermal Engineering 2016; 63(14): 1040 – 1045.

References

1. Trukhanov V. M., Sultanov M. M. Reliability of power equipment of thermal-power plants. M.: LLC Spektr Publishing house 2019; 375. (In Russ.)
2. Gnedenko B. V., Belyaev Y. K., Solovjov A. D. Mathematical methods in reliability theory. Main characteristics of reliability and their statistical analysis. M.: Editorial URSS 2019; 584. (In Russ.)
3. Trukhanov V. M., Sultanov M. M., Kukhtik M. P., Gorban' Y. A. Mathematical model of failure prediction by statistical method at testing of prototypes of heat-power equipment. Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki 2018; 11(3): 235 – 240. (In Russ.)
4. Gvozdev E. V., Butuzov S. Y., Sulima T. G., Arifjanov S. B. Formal model of evaluating the reliability of thermal power plants. Pozharovzryvobezopasnost' 2019; 28(2): 47 – 56. (In Russ.)
5. Ebeling C. E. An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering. Long Grove: Waveland Press, Inc. 2019; 658. (In Eng.)
6. Modarres M., Kaminskiy M. P., Krivtsov V. Reliability Engineering and Risk Analysis: A Practical Guide. Boca Raton: CRC Press 2016; 522. (In Eng.)
7. Birolini A. Reliability Engineering: Theory and Practice. Berlin, Heidelberg: Springer 2017; 651. (In Eng.)
8. Grin' E. A., Chernyshev V. V., Bochkarev V. I. Topical Problems Associated with Reliability and Safety of Equipment at Thermal Power Stations. Thermal Engineering 2018; 65(8): 515 – 523. (In Eng.)
9. Bhangu N. S., Pahuja G. L., Singh R. Enhancing reliability of thermal power plant by implementing RCM policy and developing reliability prediction model: a case study. International Journal of System Assurance Engineering and Management 2017; 8(2): 1923 – 1936. (In Eng.)
10. Rimov A. A., Chukanova T. I., Trofimov Y. V. Practical application of the benchmarking technique to increase reliability and efficiency of power installations and main heat-mechanic equipment of thermal power plants. Thermal Engineering 2016; 63(14): 1040 – 1045. (In Eng.)