

## ЭЛЕКТРОННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ ИЗДЕЛИЯ

А. Я. БУЦЫК<sup>1</sup>, Ю. В. ДОНЕЦКАЯ<sup>1,2</sup>, Б. Л. ШАРЫГИН<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Концерн «ЦНИИ „Электроприбор“», 197046, Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: donetskaya\_julia@mail.ru

<sup>2</sup>Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия

Предложен подход к созданию электронного технологического паспорта изделия на примере паспорта гироскопа, изготавливаемого в ЦНИИ „Электроприбор“. Представлен результат анализа исходных данных и построена модель, отражающая связь между характеристиками прибора и производственными процессами его изготовления. Сформулирована цель создания электронного технологического паспорта, предназначенного для сбора, хранения и анализа параметров прибора и его составляющих на всех этапах изготовления, — документирование всех видов работ и измененных параметров. Сформулированы требования, предъявляемые к среде ведения и анализа электронного технологического паспорта, и обоснован выбор программного обеспечения Wonderware в качестве основной системы для его создания и реализации.

**Ключевые слова:** электронный технологический паспорт, технология изготовления гироскопа, параметры гироскопа, программное обеспечение Wonderware

**Введение.** Современные гироскопические чувствительные элементы представляют собой сложные образцы высокотехнологических изделий прецизионной электромеханики. Эффективность и надежность функционирования таких изделий зависят от большого количества конструкторских и технологических параметров, используемого оборудования и квалификации разработчиков и контролеров [1, 2].

Качество гироскопов определяется в первую очередь технологией изготовления. В этой связи, по опыту предприятий Министерства общего машиностроения СССР, в гироскопическом производстве ЦНИИ „Электроприбор“ в 1980-е гг. началось введение технологических паспортов, которые разрабатывались на базе ГОСТ 3.1503-74 и ГОСТ 3.1102-81. В этих документах для каждого экземпляра гироскопа фиксировалась информация о параметрах деталей, сборочных единиц и прибора в целом; был организован ввод данных о параметрах технологических процессов и датах выполнения их критичных операций. В настоящее время эта практика сохранилась в виде бумажных сопроводительных ярлыков, к которым прилагаются многочисленные протоколы, карты измерений деталей и сборочных единиц гироскопа. Кроме этого, оформляются таблицы проверок с указанием параметров прибора на различных стадиях его изготовления, регулировки и сдачи; организовано электронное документирование результатов испытаний прибора в гироскопическом производстве и в составе систем инерциальной навигации и стабилизации (СИНС).

К моменту завершения изготовления прибора результаты представлены несколькими сотнями страниц разнородных бумажных документов, а также данными в электронных фай-

лах, что существенно затрудняет мониторинг работы гироскопа и создает проблемы при исследовании отказов и установлении тенденций изменения параметров в мелкосерийном производстве.

С целью ликвидации этих трудностей была организована работа по созданию электронного технологического паспорта (ЭТП), предназначенного для сбора, хранения и анализа данных на всех этапах производства прибора — начиная с изготовления деталей и сборочных единиц до регулировки СИНС в стендовом зале предприятия.

Таким образом, внедрение ЭТП должно обеспечивать выполнение следующих функций:

— хранение идентификационной информации по многим сотням приборов и их составным частям;

— ручной ввод значений технологических и конструкторских параметров приборов и их составных частей на этапах изготовления и регулировки; эта функция предоставляется ограниченному числу сотрудников предприятия;

— ввод данных о картах разрешений на отступления от требований конструкторской документации, а также о решениях и технологических процессах изготовления гироскопа и его составных частей;

— автоматизированный ввод данных результатов испытаний СИНС, выполняемых в стендовом зале организации;

— формирование отчетных таблиц по совокупности параметров (до 10) для любых последовательностей заводских номеров приборов; эта функция предоставляется ограниченному числу сотрудников предприятия;

— реализация механизма анализа собранной информации с возможностью ее импорта для дополнительной обработки с помощью внешнего программного обеспечения.

Для обеспечения реализации указанных функций в ЭТП должны быть внесены основные параметры гироскопа и его составных частей на основе информации из маршрутных карт технологических процессов и из следующих действующих документов:

— таблиц градуировки термодатчика корпуса;

— паспорта датчика момента;

— паспортов датчиков угла;

— протокола выставки датчиков угла;

— паспортов опор;

— таблиц проверок поплавковой камеры;

— протоколов балансировки поплавковых камер;

— таблицы проверок прибора при регулировке.

Таким образом, ЭТП можно рассматривать как частный случай „больших данных“, которые представляют собой совокупность инструментов и методов для обработки структурированной и неструктурированной информации [3, 4], что и является предметом исследований, результаты которых представлены в настоящей статье.

**Анализ исходных данных и построение модели процесса ведения ЭТП.** Итак, согласно вышеизложенному ЭТП используется для обеспечения сотрудников организации данными, которые отражают связь между характеристиками приборов и производственными процессами их изготовления [5, 6]. В конструкторской документации определена структура гироскопа, детали и сборочные единицы (СЕ) которого оказывают наибольшее влияние на качество готового прибора. Им ставятся в соответствие перечни параметров и операций технологических процессов, отражающих основные результаты этапов изготовления, регулировки и различных видов испытаний, включая проверку работы приборов в составе СИНС.

Согласно изложенным выше условиям реализации ЭТП и модели процесса его ведения, представленной на рис. 1, для каждой сборочной единицы на первом этапе в электронный паспорт вводят результаты выполнения технологических операций (ТО), регулировки гироскопов,

контрольных (КИ) и приемосдаточных испытаний (ПСИ). После этого готовый прибор передается в стендовый зал предприятия, где выполняется проверка его работы в составе СИНС. Причем если при введении результатов ТО, КИ и ПСИ значения параметров регистрируются в ЭТП частично вручную, то при проверке приборов в составе СИНС регистрация выполняется автоматически; результаты сохраняются в файлах, после чего переносятся в ЭТП.

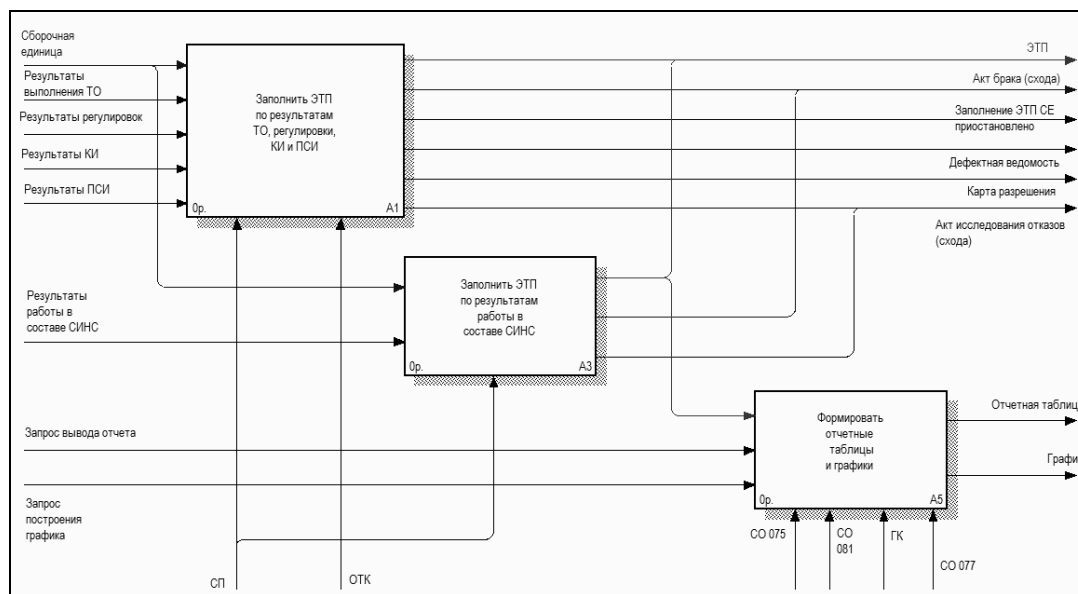


Рис. 1

Таким образом, на первом этапе задаются технологические операции и конструкторские технологические параметры, включая дополнительные анализируемые данные, значения которых фиксируются в ЭТП. При этом номера актов и ведомостей регистрируются в том случае, если после ввода значений параметров принято решение о необходимости ремонта (переборки) гироскопа по результатам выполнения предыдущих технологических операций. В свою очередь, регистрация номеров карт разрешений выполняется при принятии решений о продолжении сборочных операций в случае фиксирования незначительных и допустимых отклонений значений параметров от требований, диктуемых конструкторскими или технологическими документами. Кроме этого, необходимо отметить, что в ЭТП для каждой сборочной единицы фиксируется не более трех ремонтов (переборок), т.е. возможно не более трех возвратов SE на какие-либо операции, включая повторную сборку. При превышении этого числа сборочная единица текущей комплектации передается на склад бракованной продукции (изоляция брака).

Введенные таким образом данные должны обрабатываться и представляться в виде графиков и отчетов по различным наборам параметров для задаваемого диапазона заводских номеров гироскопов. Это позволяет сформулировать требования, предъявляемые к среде ведения и анализа ЭТП.

**Выбор среды ведения и анализа ЭТП.** В ЦНИИ „Электроприбор“ эксплуатируются несколько автоматизированных систем управления данными, образующих интегрированную среду. К ним относятся система управления жизненным циклом изделия PLM Windchill, автоматизированная система управления производством (АСУПр) и комплексная информационная система „Галактика“, средствами которых реализовано управление данными об изделии, содержащимися в его электронной структуре, включая электронные трехмерные модели сборочных единиц и единый интегрированный информационный ресурс. Кроме того, автоматизирована процедура оформления и направления на согласование технической документации и некоторые другие. Это позволило, в частности, сформировать базу знаний о структуре гироскопа с соответствующими ей технологическими данными [7—9].

Следовательно, указанные системы обладают достаточной программной функциональностью для построения ЭТП. Однако их применение потребовало бы длительной и дорогостоящей разработки интерфейсов пользователей, систем формирования отчетов и построения графиков, удовлетворяющих предъявляемым требованиям. Кроме этого, такой ЭТП было бы сложно модернизировать для проектирования ЭТП других изделий, так как любая доработка требует дополнительной программной реализации.

Перечисленные недостатки обусловили необходимость поиска более универсальных средств создания ЭТП. При этом рассматривались система Windchill Quality Solution [10], которая хорошо интегрируется с PLM Windchill и предоставляет возможность хранения информации, а также система анализа типа Pentaho [11], позволяющая строить графики и формировать отчеты, удовлетворяющие предъявляемым требованиям. Однако обе названные системы требуют значительной и дорогостоящей доработки, а также организации разграничения прав доступа к вводимым данным; кроме того, они характеризуются трудоемкостью поддержки и дальнейшего расширения функциональных возможностей.

Еще одним вариантом является программное обеспечение (ПО) Wonderware [12], которое предоставляет такие возможности, как настройка интерфейса пользователя; ввод и хранение совокупности технологических операций и параметров; интеграция с имеющимися на предприятии системами; построение отчетов, удовлетворяющих предъявляемым требованиям. ПО Wonderware предоставляет гибкий инструмент для создания без больших временных затрат ЭТП на любые изделия, характеризующиеся собственными и независимыми друг от друга контролируемыми технологическими операциями с набором различных параметров, включая реализацию отчетной системы.

Указанные достоинства ПО Wonderware обусловили его выбор в качестве основной системы для создания ЭТП.

**Создание ЭТП с применением ПО Wonderware.** ПО Wonderware характеризуется модульной структурой (рис. 2), основой которой является базовая платформа Wonderware System Platform. Средствами Wonderware Application Server, входящего в ее состав, регистрируются производственные подразделения организации, где осуществляется технологические операции сборки гироскопа и его составных частей, а также регистрируется склад готовой продукции. В первом случае фиксируются операции ввода и считывания значений параметров, во втором — операции считывания данных о готовой продукции. Кроме того, средствами этого сервера выполнены разработка графического интерфейса для модуля Wonderware MES (Manufacturing Execution System — система управления производственной деятельностью), отображаемого с использованием InTouch for Application Server, а также разработка программных компонентов для считывания и обработки файлов СИНС. После этого основная настройка выполнялась непосредственно в модуле Wonderware MES, где введена структура гироскопа; определены все технологические операции и перечни контролируемых параметров в соответствии с результатами анализа исходных данных.

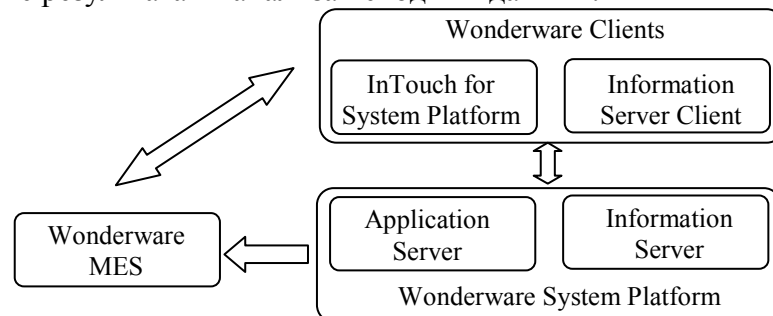


Рис. 2

Структура данных о гироскопе, загруженных в ЭТП, показана на рис. 3. Каждой составной части изделия поставлены в соответствие перечни технологических операций, а операциям,

в свою очередь, — производственные подразделения, в которых они выполняются, а также перечни контролируемых в ходе этих операций конструкторских и/или технологических параметров.

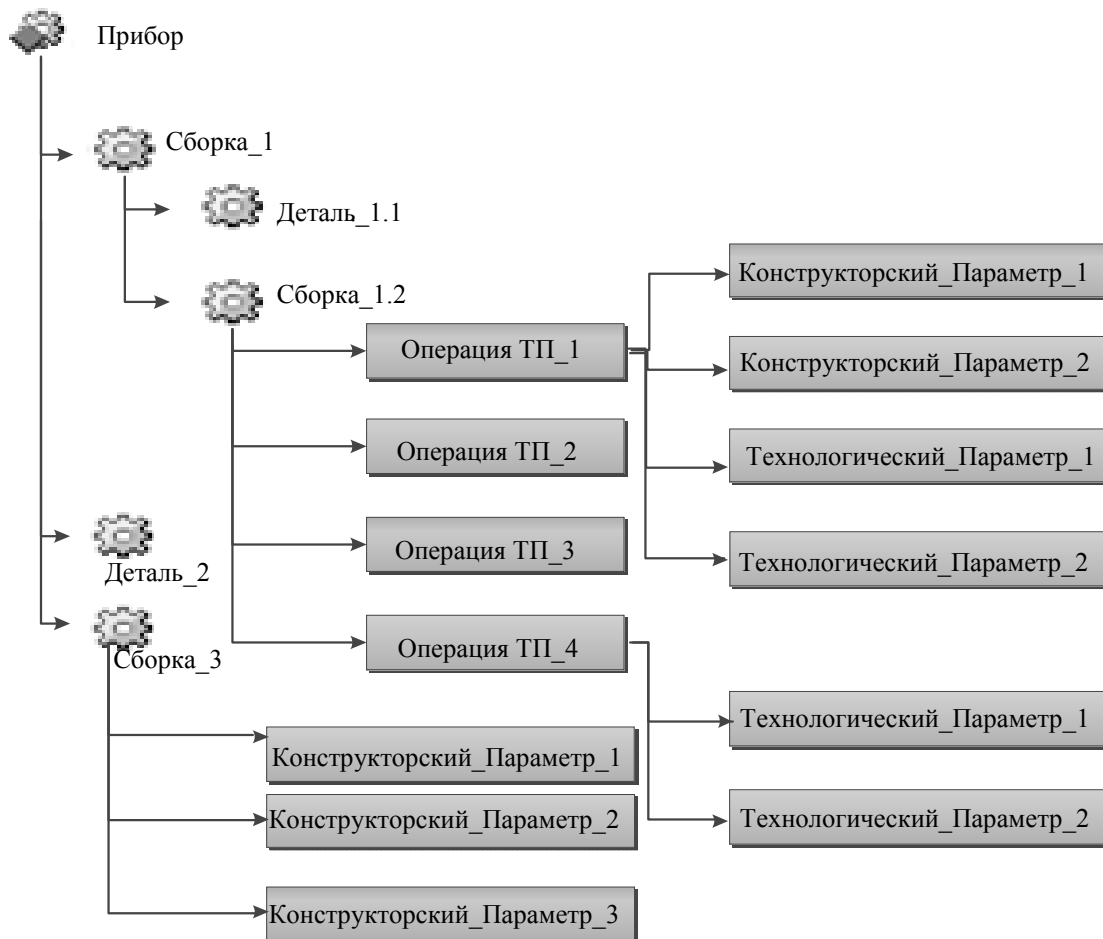


Рис. 3

Такая структура позволила определить типы сотрудников предприятия, имеющих доступ к ЭТП: администратор, оператор и пользователь ЭТП. Администратор выполняет настройки ПО Wonderware и, как следствие, обладает неограниченными правами на систему ввода и анализа данных ЭТП. Оператор ЭТП вводит значения параметров, фиксируемых на технологических операциях, данные о сотрудниках производства и отдела технического контроля, а также, при необходимости, номера карт разрешений, дефектных ведомостей, актов фиксации брака и актов исследований отказов. Определено несколько типов операторов с разграниченными зонами ответственности, что обеспечивается соответствующими паролями. Пользователи ЭТП ничего в него не вводят, но имеют доступ к просмотру и анализу любой информации ЭТП и могут импортировать часть данных, представленную средствами Wonderware Information Server (см. рис. 2) в виде отчетных таблиц.

Согласно исходным данным отчетные таблицы разработаны для анализа конструкторских и технологических параметров, а также результатов проверки СИНС. Каждая из таблиц разработана таким образом, чтобы пользователь ЭТП имел возможность средствами Wonderware Information Client осуществлять выборку данных по любому набору параметров как для единичного заводского номера гироскопа, так и диапазона.

**Результаты реализации ЭТП.** На основе реализованного ПО было выполнено тестирование ЭТП на примере процесса изготовления нескольких гироскопов E32-148 с учетом типов пользователей.

В рамках тестирования администраторами было организовано четыре рабочих места операторов ЭТП. Тремя операторами выполнялся ввод значений конструкторских параметров, причем одним из них выполнялся ввод значений по параметрам сборочных единиц, входящих в состав гироскопа, другим — ввод значений по параметрам самого гироскопа, а третьим — ввод данных о работе гироскопа в составе СИНС. В свою очередь, четвертый оператор выполнял ввод технологических параметров как гироскопа, так и всех его составных частей. Таким образом, ввод данных в ЭТП производился каждым оператором независимо от другого при наличии технологического процесса на заданную сборочную единицу. В результате была введена информация по изготовлению трех гироскопов.

Администраторами было зарегистрировано также три рабочих места пользователей ЭТП для работы с отчетными таблицами. Проверка функциональности ЭТП выполнялась несколькими сотрудниками, принимавшими непосредственное участие в формировании исходных данных для его создания. Каждый участник тестирования сформировал собственный перечень замечаний к ЭТП, который впоследствии был обработан администраторами, ответственными за его реализацию. В результате был получен обобщенный перечень замечаний, на основе которого сформировано техническое задание с подробным указанием способов их устранения.

**Заключение.** Результаты тестирования показали успешность применения ПО Wonderware для ведения ЭТП и анализа данных, а также продемонстрировали в частности:

- оперативность сбора и анализа данных о результатах изготовления гироскопов;
- возможность накопления информации по сколь угодно большому числу экземпляров гироскопа;

- оперативность расширения функциональности ЭТП как для новых изделий, производимых предприятием, так и при корректировке уже введенных параметров и операций.

На основе последнего из перечисленных результатов в настоящее время организуется работа по расширению функциональности ЭТП с целью его применения для ввода и анализа данных по другим гироскопам. Кроме этого, планируется корректировка перечня параметров по результатам функционирования уже изготовленных гироскопов, что позволит повысить их качество и значительно сократить материальные затраты.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ландау Б. Е. Модель дрейфа поплавкового интегрирующего гироскопа, имеющего трение и упругий момент в опорах оси подвеса поплавковой камеры // Морское кораблестроение. Сер. Навигация и гироскопия. 1974. № 13(135). С. 25—27.
2. Ландау Б. Е., Малтинский И. М. Разработка ПИГовских чувствительных элементов // Морское кораблестроение. Сер. Навигация и гироскопия. 1977. № 27(147). С. 111—115.
3. Черняк Л. Большие данные — новая теория и практика // Открытые системы. СУБД. 2011. № 10.
4. Morrison A. Builder a bridge to the rest of your data // Technologyforecast. 2010. Iss. 3. P. 22—33.
5. Шаховцев Е. В., Баландин А. И. Система информационной поддержки разработки, производства и испытаний гироскопических приборов // Гироскопия и навигация. 2014. № 2(85).
6. Бочанинов Д. Г., Ермаков Р. В. Комплексный подход к организации хранения данных в программном обеспечении контрольно-измерительной аппаратуры // Гироскопия и навигация. 2014. № 2(85).
7. Донецкая Ю. В. Метод формирования электронных структур изделия // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. 2008. № 46. С. 40—43.
8. Мухин С. А., Свечинская Г. В. Использование единого интегрированного информационного ресурса организации в качестве системы информационного обеспечения процессов проектирования // Навигация и управление движением: Материалы докл. XVI конф. молодых ученых / Под общ. ред. В. Г. Пешехонова. СПб: ЦНИИ „Электроприбор“, 2014. С. 164—169.

9. *Донецкая Ю. В.* Автоматизация формирования структуры экземпляра изделия как часть процесса управления конфигурациями // *Гироскопия и навигация*. 2014. № 2(85).
10. Windchill Quality Solution [Электронный ресурс]: <[http://ep-audit.spb.ru/page/windchill\\_qs](http://ep-audit.spb.ru/page/windchill_qs)>.
11. Pentaho Data Intergation [Электронный ресурс]: <<http://www.aplanadc.ru/home/vendors/pentaho/page3.html>>.
12. Wonderware [Электронный ресурс]: <[http://www.wonderware.ru/htm/Wonderware\\_System\\_Platform.htm](http://www.wonderware.ru/htm/Wonderware_System_Platform.htm)>.

#### Сведения об авторах

- Александр Яковлевич Буцык** — ЦНИИ „Электроприбор“, отдел технологической подготовки производства; главный специалист по технологиям изготовления гироскопических приборов; E-mail: butsyk\_ay@elprib.ru
- Юлия Валерьевна Донецкая** — канд. техн. наук, доцент; ЦНИИ „Электроприбор“, отдел интегрированных информационных систем; Университет ИТМО, кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем; ст. научный сотрудник; E-mail: donetskaya\_julia@mail.ru
- Борис Леонидович Шарыгин** — канд. техн. наук; ЦНИИ „Электроприбор“, главный конструктор; E-mail: harygin\_bl@elprib.ru

Рекомендована кафедрой  
проектирования и безопасности  
компьютерных систем Ун-та ИТМО

Поступила в редакцию  
11.11.16 г.

**Ссылка для цитирования:** Буцык А. Я., Донецкая Ю. В., Шарыгин Б. Л. Электронный технологический паспорт изделия // *Изв. вузов. Приборостроение*. 2017. Т. 60, № 3. С. 280—286.

### ELECTRONIC TECHNOLOGICAL PASSPORT OF THE PRODUCT

A. Ya. Butsyk<sup>1</sup>, Yu. V. Donetskaya<sup>1,2</sup>, B. L. Sharygin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Concern CSRI Elektropribor, 197046, St. Petersburg, Russia  
E-mail: donetskaya\_julia@mail.ru

<sup>2</sup>ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia

The proposed approach to creation of electronic technological passports of a product is demonstrated by an example of the passport of the gyroscope manufactured in CSRI Elektropribor. Result of analysis of the raw data is presented and a model showing the relationship between the characteristics of the device and the manufacturing processes is developed. The goal of the electronic technological passports creation is formulated as collection, storage, and analysis of parameters of the device and of its components at all stages of manufacture, — the documentation of all activities and settings. Requirements to the environment for management and analysis of electronic technological passports are formulated, and the choice of Wonderware software as the primary system for the passports creation and implementation is justified.

**Keywords:** electronic technological passport, technology of gyroscope manufacturing, gyroscope parameters, Wonderware software

#### Data on authors

- Alexander Ya. Butsyk** — CSRI Elektropribor, Department of Technological Preparation of Production; Chief Specialist on technology of Gyroscopic Devices Manufacturing; E-mail: butsyk\_ay@elprib.ru
- Yulia V. Donetskaya** — PhD, Associate Professor; CSRI Elektropribor, Department of Integrated Information Systems; ITMO University, Department of Computer System Design and Security; Senior Scientist; E-mail: donetskaya\_julia@mail.ru
- Boris L. Sharygin** — PhD; CSRI Elektropribor; Chief Designer; E-mail: harygin\_bl@elprib.ru

**For citation:** Butsyk A. Ya., Donetskaya Yu. V., Sharygin B. L. Electronic technological passport of the product // *Journal of Instrument Engineering*. 2017. Vol. 60, N 3. P. 280—286 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2017-60-3-280-286