

## ОРГАНИЗАЦИЯ ХРАНИЛИЩА ДАННЫХ ОБ ЭКЗЕМПЛЯРЕ ИЗДЕЛИЯ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЕ

Ю.В. Донецкая, Ю.А. Гатчин (Университет ИТМО)

*Рассматривается задача создания интегрированной среды, организуемой для формирования хранилища данных об экземпляре изделия; показаны основные недостатки существующих подходов. Замечено, что на отечественных предприятиях внедряются различные системы управления, поэтому выполняемая разработка должна являться частью информационного пространства и образовывать интегрированную среду обращения данных. Это обусловило выполнение анализа требований, предъявляемых к хранилищу данных, для выбора программных средств реализации. На примере интеграции PLM Windchill и Wonderware представлено решение поставленной задачи, позволяющее устранить проблемы, связанные с разрозненностью хранилищ информации и их неоднородностью.*

*Ключевые слова: интеграция, экземпляр изделия, управление данными, организация хранилища данных.*

**Введение**

В настоящее время руководством промышленных приборостроительных предприятий большое внимание уделяется сопровождению выпускаемой продукции, которое предполагает, в том числе контроль качества поставляемых заказчику изделий и их ремонт. Обеспечение качества достигается за счет контроля значений различных параметров изделий непосредственно в процессе изготовления деталей и сборочных единиц (ДСЕ); проведения испытаний и анализа фиксируемых качественных характеристик. После поставки продукции заказчику контроль предполагает исследование причин отказов и проведение мероприятий по предупреждению их возникновения, а сами ДСЕ подлежат замене или ремонту. При этом важным фактором является выявление периодичности и закономерности возникновения отказов в работе изделий, что требует организации базы знаний, содержащей следующую основную информацию о выпускаемой предприятием продукции:

- состав экземпляра изделия;
- идентификационные номера;
- отметки о предъявлении ДСЕ в отдел технического контроля (с указанием номеров версий конструкторской, программной и технологической документации);
- номера карт разрешений и дефектных ведомостей ДСЕ, входящих в состав изделия;
- номера различных актов, регистрируемых на ДСЕ;
- значения параметров, контролируемых при выполнении технологических операций изготовления и испытаний ДСЕ;
- замечания, записываемые на документацию и поступающие от сотрудников производства и технологического подразделения.

Поскольку комплексная автоматизация предприятий не является тенденцией, а различные системы управления используются для решения отдельных задач, указанная выше информация хранится в основном на бумажных носителях.

Так, например, значения параметров, контролируемых при выполнении технологических операций изготовления ДСЕ, фиксируются в документах на бумажных носителях на каждую ДСЕ, для которой предусмотрен этот контроль. Так же оформляются карты разрешений и дефектные ведомости. Таким

образом, к моменту окончания изготовления одного экземпляра изделия будет сформирован достаточно объемный комплект документов, содержащих информацию о процессе его производства. После фиксации факта отказа изделия необходимо проанализировать данные, содержащиеся в указанном комплекте документов, что является достаточно трудоемким процессом. Иногда для сокращения трудоемкости сотрудники предприятия в инициативном порядке переводят данные с бумажного носителя в электронный вид (например, таблицы Excel), формируя подобие БД. Очевидно, что при этом существует большая вероятность внести ошибочную информацию, обусловленную человеческим фактором, а также внести лишь часть данных, представляющих интерес для конкретного сотрудника. При этом возможна потеря полноты и достоверности информации, что может оказать негативное влияние на результаты анализа.

Кроме этого, запись замечаний и учет предъявлений ДСЕ в отдел технического контроля осуществляется в специализированные книги, представляемые также в бумажном виде. Изготовление одного изделия длится несколько месяцев, а на одном производственном участке одновременно изготавливается несколько ДСЕ. Поэтому указанные книги, даже при ограничениях сроков ведения, достаточно объемны. Это обуславливает естественные проблемы, связанные с поиском требуемой информации, оперативностью внесения новых записей в книги, а также обработкой замечаний. Причем перечисленные недостатки наиболее актуальны, если в составе предприятия имеются территориально разнесенные производственные площадки [1].

При наступлении отказа экземпляра изделия в адрес предприятия поступает акт об отказе в бумажном виде совместно с самим изделием, который регистрируется в установленном на предприятии порядке и передается в службу качества для исследования. В результате сотрудники службы оформляют комплект документов, являющихся основанием для ремонта изделия и корректировки его конструкторской, программной и технологической документации. Для хранения документов с результатами исследований на предприятиях могут формироваться электронные файловые архивы с ограничением доступа к ним.

Такая разрозненность хранилищ информации и их неоднородность приводит среди прочего к:

- 1) сложности оперативного доступа сотрудника к требуемой информации;
- 2) сложности анализа достоверных данных;
- 3) трудоемкости поиска информации по определенному изделию;
- 4) большой трудоемкости анализа значений параметров для определения причин возникновения отказов в работе конкретного экземпляра или групп изделий;
- 5) сложности объединения разнородной информации по всем ДСЕ, входящим в состав одного изделия.

Таким образом, перечисленные недостатки обуславливают необходимость организации электронного хранилища данных [2]. Для этого необходимо решить вопросы, связанные с выбором программных средств, на основе которых будет реализовываться хранилище, а также разработать модель «как должно быть» (To-Be).

Поскольку реализация процессов, связанных с данными об экземпляре изделия, уникальна для каждого отечественного предприятия, в статье предложен обобщенный подход к решению задач выбора программных средств и создания на их основе хранилища информации об экземпляре изделия.

#### Анализ требований, предъявляемых к хранилищу данных

В связи с тем, что на отечественных предприятиях внедряются различные системы управления, логично предположить, что создаваемое хранилище данных об экземпляре изделия должно явиться частью информационного пространства предприятия и образовать интегрированную среду обращения данных [1,3,4]. Поэтому введем:

$S = (s_1 \dots s_M)$  — множество из  $M$  систем управления, используемых на предприятии;

$F^{S_j} = (f_1^{S_j} \dots f_K^{S_j})$ ,  $j = \overline{1, M}$  — множество из  $K$  функциональных возможностей, определяемое для каждой из  $M$  систем управления.

Кроме этого, для непосредственного выбора программных средств, требуется определить множество требований сотрудников предприятия, предъявляемых к хранилищу, то есть  $U = (u_1 \dots u_b)$ . Пусть применительно к поставленной задаче имеем:

$u_1$  — хранение состава экземпляра изделия в виде его структуры;

$u_2$  — присвоение идентификационных номеров каждому экземпляру ДСЕ, входящего в состав изделия;

$u_3$  — фиксирование факта предъявления экземпляра ДСЕ в отдел технического контроля;

$u_4$  — сопоставление экземплярам ДСЕ версий документации, по которой они были изготовлены;

$u_5$  — фиксирование номеров карт разрешений на экземпляры ДСЕ (при наличии);

$u_6$  — фиксирование номеров дефектных ведомостей на экземпляры ДСЕ (при наличии);

$u_7$  — фиксирование номеров актов на экземпляры ДСЕ (при наличии);

$u_8$  — хранение перечней технологических операций изготовления ДСЕ и связанных с ними перечней контролируемых параметров;

$u_9$  — запись и хранение замечаний, поступающих на документацию.

Здесь логично предположить, что число систем управления должно быть достаточным для выполнения всех требований, а число требований, обеспечиваемых заданной системой управления, — максимальным. Следовательно, запишем:

$$\sum_{j=1}^M s_j \rightarrow \min; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^b w_i x_{ij} \leq W_{s_j}; j = \overline{1, M}. \quad (2)$$

В соответствии с вышеизложенным система управления может использоваться для реализации хранилища данных об экземпляре изделия согласно выражению (1) при условии, что функциональные возможности заданной системы управления обеспечивают требования пользователей, то есть

$$s_j = \begin{cases} 0, & \overline{F^{s_j}} \not\subset U \\ 1, & \overline{F^{s_j}} \subset U \end{cases}; j = \overline{1, M}. \quad (3)$$

Поскольку сформулированная задача (1)-(3) является задачей ранцевого типа, то в соответствии с ней каждое требование пользователя  $i$ ,  $i = \overline{1, b}$  из выражения (2) характеризуется весом  $w_i$ . Для организуемого хранилища данных об экземпляре изделия все требования являются равнозначными, поэтому запишем

$$w_i = 1; i = \overline{1, b}. \quad (4)$$

Кроме этого, каждая система управления характеризуется вместимостью  $W_{s_j}$ ,  $j = \overline{1, M}$ , значение которой должно соответствовать функциональными возможностями конкретной системы. Следовательно, запишем

$$W_{s_j} = \left[ \overline{F^{s_j}} \right]; j = \overline{1, M}. \quad (5)$$

Также в выражении (2) определена переменная  $x_{ij}$ ,  $i = \overline{1, b}$ ,  $j = \overline{1, M}$ , характеризующая возможность применения системы управления в том случае, если ее функциональные возможности удовлетворяют требованиям пользователей, то есть

$$x_{ij} = \begin{cases} 0, & \overline{F^{s_j}} \cup U = \emptyset \\ 1, & \overline{F^{s_j}} \cup U \neq \emptyset \end{cases}; j = \overline{1, M}. \quad (6)$$

Таким образом, используя способы решения задач ранцевого типа [5–7], сформируем минимальное множество систем управления, удовлетворяющих заданным требованиям пользователей.

В качестве примера выполним анализ по (1) — (6) для четырех продуктов, включая систему управления жизненным циклом изделия, две системы управления производственной деятельностью и корпоративную систему анализа данных. В результате получим, что два продукта лишь частично удовлетворяют заданным требованиям  $u_1$ – $u_2$ , требуют длительной и дорогостоящей доработки функционала и последующего технического сопровождения. Элементами же искомого множества могут являться PLM Windchill и Wonderware, обеспечивающих совместную реализацию требований  $u_1, u_2, u_3, u_5$  и  $u_6$ , включая выполнение требований  $u_4, u_7$  (PLM Windchill) и  $u_8, u_9$  (Wonderware), что делает необходимым построение интегрированной среды для устранения недостатков, связанных с разрозненностью хранилищ информации и их неоднородностью.

**Организация хранилища данных об экземпляре изделия в интегрированной среде**

Известно, что построение интегрированной среды предполагает предоставление информации любому участнику жизненного цикла в любое время, в независимости от того где, когда и кем эта информация была введена [4]. Для этого определим жизненный цикл экземпляра изделия в соответствии с рис. 1.

Каждый этап указанного жизненного цикла характеризуется процессом, управляемым PLM Windchill и/или Wonderware. Так, на этапе подготовки производства осуществляется формирование структуры изделия (например, средствами PLM Windchill), в состав которой включаются только те ДСЕ, которые будут изготавливаться на предприятии; на каждую

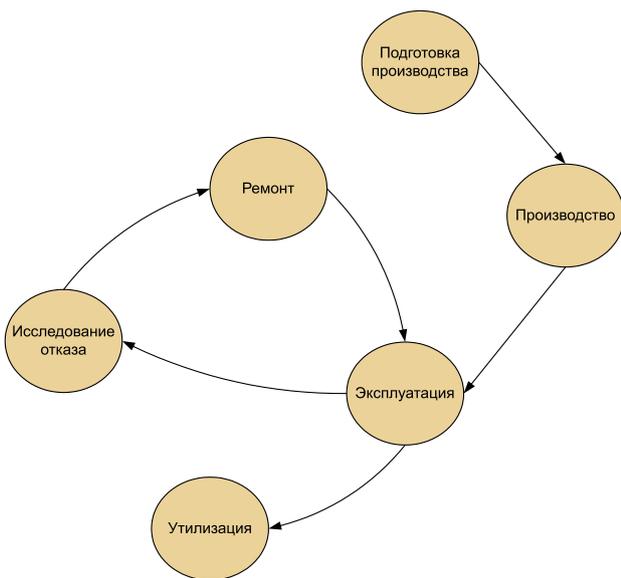


Рис. 1. Жизненный цикл экземпляра изделия

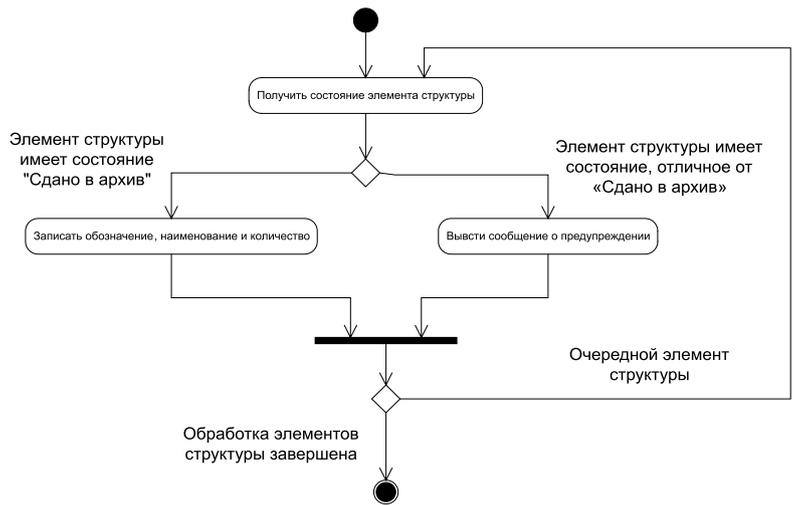


Рис. 2. Диаграмма деятельности для передачи структуры изделия в Wonderware

такую ДСЕ разрабатывается технологическая документация средствами специализированного ПО или САПР ТП. В результате создаются перечни технологических операций и задаются те параметры, значения которых должны вводиться при их выполнении.

Технологические документы передаются в PLM Windchill для последующего согласования и сдачи в архив [8], а структура изделия и перечни технологических операций — в Wonderware. Процедура передачи реализуется согласно диаграмме деятельности на рис. 2.

Прежде всего, для элемента структуры определяется его текущее состояние. Если состояние архивное, то в Wonderware передается наименование и обозначение ДСЕ, причем в системе создаются записи, соответствующие числу ДСЕ в структуре. После чего переход осуществляется к следующему элементу структуры при его наличии.

Требуется заметить, что в Wonderware передается не вся структура и перечень операций, а только те из них, которые требуют контроля. Кроме этого, для каждого параметра в заданной операции устанавливается диапазон допустимых значений в соответствии с конструкторской и технологической документацией.

Далее, на этапе производства средствами Wonderware для каждой ДСЕ ведется контроль выполнения операций; фиксируются значения параметров, одним из которых является «Идентификационный код». Если введенное значение параметра не соответствует границам диапазона допустимых значений на текущей операции, то при подтверждении ее выполнения система требует ввода значения «№ карты разрешения» (если будет осуществлен переход на следующую операцию) или «№ дефектной ведомости» (если фиксируется брак ДСЕ). Здесь необходимо отметить, что действие по подтверждению соответствует факту предъявления экземпляра ДСЕ в отдел технического контроля, выполняемое его сотрудником.

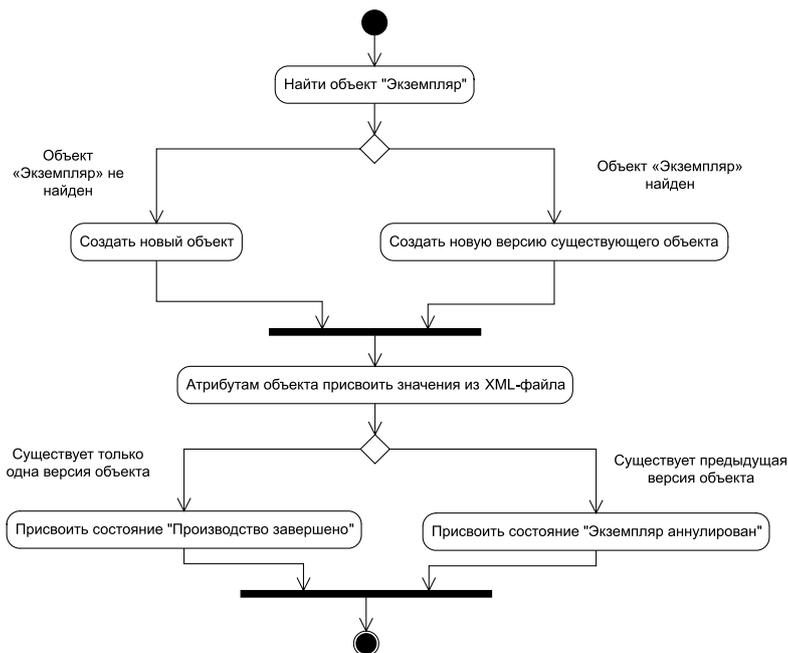


Рис.3. Диаграмма деятельности для формирования структуры экземпляра изделия в PLM Windchill

После завершения изготовления ДСЕ в PLM Windchill из Wonderware должны быть переданы значения параметров «Идентификационный код», «Результат предъявления», «№ карты разрешения» или «№ дефектной ведомости».

Обмен данными между системами реализуется на основе XML-файла определенной структуры; при этом в PLM Windchill формируется структура экземпляра изделия на основе объектов «Экземпляр» [8] согласно диаграмме деятельности на рис. 3.

Согласно предложенной диаграмме процедура начинается с поиска, существующего в PLM Windchill, объекта «Экземпляр», соответствующего наименованию и обозначению ДСЕ, полученного на производстве. Если объект был создан ранее, то изменение структуры связано с необходимостью устранения брака продукции. При этом создается новая версия объекта; в ином случае — новый объект «Экземпляр».

Каждый из них характеризуется идентификационным номером, значение которого указывается в XML-файле, и является его обозначением. Вместе с номером указанный файл содержит номера карт разрешений и дефектных ведомостей при их наличии, а также результат предъявления готовой продукции сотруднику отдела технического контроля.

После этого новому созданному объекту присваива-

ется состояние «Производство завершено». При этом, если в PLM Windchill хранится предыдущая версия объекта «Экземпляр», то ей присваивается состояние «Экземпляр аннулирован».

Значения контролируемых в процессе изготовления параметров хранятся в Wonderware и могут быть проанализированы с использованием набора специализированных отчетов, разработка которых выполняется по требованиям эксплуатирующей систему предприятия.

В дальнейшем на этапе исследования отказов в PLM Windchill регистрируются акты отказов и акты исследований отказов [9]. Это подразумевает, например, хранение отсканированных документов. Непосредственное сканирование может осуществляться в канцелярии предприятия при обработке входящей корреспонденции и в службе качества при обработке оформленных результатов исследований.

На этапе ремонта средствами PLM Windchill регистрируется замена одного экземпляра ДСЕ на другой, в соответствии с процессом, представленным на рис. 4.

Также при подготовке производства и непосредственном производстве осуществляется регистрация замечаний, включая контроль корректировки документации согласно принятым по этим замечаниям решениям [9].

**Пример реализации**

Предложенный подход использован для реализации системы ввода и анализа данных об изделии в процессе его производства. В качестве изделия взят прибор, образованный несколькими сборочными единицами и деталями. Цикл его производства достаточно длителен, поскольку любая операция технологического процесса прибора и его сборочных единиц может выполняться

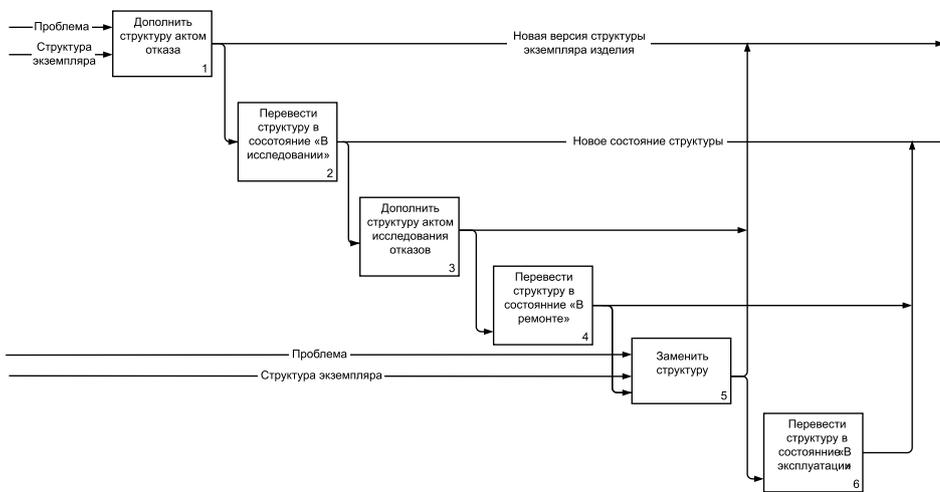


Рис.4. Процесс изменения (уточнения) структуры экземпляра изделия

несколько дней. Это обуславливает неравномерность по времени ввода значений контролируемых параметров в период, составляющий несколько месяцев.

В процессе сборки прибора и образующих его единиц значения некоторых параметров могут контролироваться на нескольких операциях. В то же время за один производственный цикл выполняется сборка нескольких приборов, но партии не являются большими. С точки зрения анализа это сделало возможным разработать отчеты, которые позволили отслеживать динамику изменения любого заданного сотрудником предприятия параметра для перечня идентификационных номеров или для технологических операций определенного идентификационного номера прибора и его сборочных единиц.

Кроме этого, средствами PLM Windchill реализован механизм управления внесением изменений, позволяющий записывать замечания сотрудникам производства, службы снабжения и технологического подразделения на конструкторскую, программную и технологическую документацию [1,9]. Отметим, что указанная процедура осуществляется ограниченным перечнем сотрудников, что контролируется в системе на уровне прав доступа.

Записанное замечание передается по специализированному маршруту сотруднику тематического, конструкторского или технологического подразделения для записи и подписания решения. После чего выполняется корректировка документации в соответствии с действующими на предприятии нормативными документами. Если в процессе корректировки внесены изменения в состав прибора или перечень технологических операций, то эти изменения вносятся в Wonderware путем вызова специализированной процедуры.

Для управления процессом корректировки документации разработаны специализированные отчеты, позволяющие отобразить, например, замечания, записанные на заданный документ или замечания, обрабатываемые в заданном подразделении.

#### Заключение

Таким образом, совместное использование систем управления позволяет создать интегрированную среду управления данными об экземпляре изделия, в том числе для сокращения временных задержек на доступ к информации об экземпляре изделия; повышения управляемости процесса записи и контроля отработки замечаний; а также реализации процедур анализа информации, используя различные отчеты. Это подтверждается результатами внедрений на одном из приборостроительных предприятий. Созданная среда характеризуется распределением информации между указанными системами, причем PLM Windchill

как основное хранилище поддерживает связь между структурой экземпляра, разрабатываемой на изделие документацией и регистрируемыми на нее замечаниями с их последующей обработкой.

В свою очередь Wonderware содержит сведения о процессе производства деталей и сборочных единиц из структуры экземпляра изделия с указанием значений контролируемых параметров.

Тем самым формируется единое информационное пространство данных об экземпляре изделия, требуемое предприятию для улучшения контроля качества его продукции.

#### Список литературы

1. *Донецкая Ю.В.* Автоматизация процесса управления внесением изменений // Материалы докладов XIV конференции молодых ученых «Навигация и управление движением» / Науч. редактор д.т.н. О.А. Степанов. Под общ. ред. академика РАН В.Г. Пешехонова. СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2012. С.377-382.
2. *Донецкая Ю.В.* Интеграция систем управления. Возможности и перспективы // Тр. XII Всероссийского совещания по проблемам управления ВСПУ-2014. ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. 9616 с.
3. *Донецкая Ю.В.* Цели и задачи разработки интегрированных систем управления данными // Информационные технологии в профессиональной деятельности и научной работе: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 2 ч. Ч. 2. Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2012. 194с. С. 8 -11.
4. *Норенков И.П., Кузьмик П.К.* Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 320 с.: ил.
5. *Martello Silvano, Toth Paolo.* Knapsack Problems: Algorithms and Computer Implementations. — John Wiley & Sons Ltd, 1990. 306p.
6. *Колпаков Р.М., Посыпкин М.А.* Об оценках вычислительной сложности варианта параллельной реализации метода ветвей и границ для задачи о ранце // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2011. С. 74-82.
7. *Коган Д.И., Федорин А.Н.* Задачи о нескольких ранцах: постановки и алгоритмы синтеза решений // Информационные технологии моделирования и управления, 2008, №7(50), с. 780-789.
8. *Донецкая Ю.В.* Интеграция систем для формирования полного электронного описания изделия // Материалы докладов XV конференции молодых ученых «Навигация и управление движением» / Науч. редактор д.т.н. О.А. Степанов. Под общ. ред. академика РАН В.Г. Пешехонова. СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор». 2013. С.176-181.
9. *Донецкая Ю.В.* Управление жизненным циклом технической документации // Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции МОРИНТЕХ-ПРАКТИК «Информационные технологии в судостроении 2012». С.48-52.

*Донецкая Юлия Валерьевна — канд. техн. наук, доцент, Гатчин Юрий Арменакович — д-р техн. наук, заведующий кафедрой Проектирования и безопасности компьютерных систем Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий,*

*механики и оптики  
Контактный телефон (906) 248-39-85.  
E-mail: donetskaya\_julia@mail.ru*