

УДК 004.89+621.518.2

Smart-паспорт мехатронного технологического объекта. Концепт**А. К. Тугенгольд**

(Донской государственный технический университет),

А. А. Бердичевский

(Deloitte Consulting GmbH)

Представлен инновационный подход к интеллектуальному электронному интерактивному документированию мехатронных технологических объектов — созданию smart-паспортов. Актуальность подхода продиктована необходимостью для таких объектов организованного документооборота технологических данных, информационного обмена данными, содержащими, в частности, результаты испытаний на геометрическую точность технологического объекта и точность обработки изделий. Специфические особенности, которыми обладает каждый технологический объект, как правило, не учитываются при программировании обработки. Перспективным направлением развития является наделение информационной среды сопровождения таких объектов в виде smart-паспортов интеллектуальными возможностями с индивидуальной системы знаний для управления процессом обработки и, в целом, эксплуатации, включая обслуживание, ремонт. Обеспечивается возможность подключения к внешней сетевой коммуникационной среде. Приводится миссия smart-паспорта и задачи, решаемые при его функционировании. Особое внимание уделено методологическим вопросам формированию системы знаний паспорта. Приведены характеристики проблемной ситуации и задач планирования операций управления по состояниям продукта производства и решаемых подзадач в пространстве состояний технологической системы. Рекомендован подход к формированию методов получения последовательности решений в системе знаний. Обращено внимание на специфику терминологического характера построения системы знаний, свойственного такой предметной области мехатронного технологического оборудования как металлорежущие станки.

Ключевые слова: smart-паспорт, электронное документирование, технологические объекты, система знаний.

Введение. Широкое использование средств и методов современных информационных технологий во многом определяет стратегию развития сложных мехатронных объектов (МО). Это, как правило, наукоёмкие объекты, к которым относятся технологические машины и системы. Необходимость повышения качества выпускаемой продукции и возросшая конкуренция привела к заметному ужесточению требований, предъявляемых к технологическим машинам. Для того чтобы сохранить конкурентоспособность и вести эффективную экономическую деятельность, необходимо применять результативные системы информационного обеспечения, контроля и управления этими машинами на всех этапах жизненного цикла.

К недостаткам существующей системы ведения документальной информации многими предприятиями, выпускающими технологические мехатронные объекты (ТМО) и их эксплуатирующими, относятся:

- Отсутствие возможности организованного документооборота технологических данных; несистемное хранение данных.
- На практике полное отсутствие информационного обмена данными, содержащими результаты испытаний на геометрическую точность ТМО и точность обработки образцов изделий. Такие данные должны быть зафиксированы в сопроводительной документации в соответствии с ГОСТ 8-82, ГОСТ 27843-2006, устанавливающими показатели качества и методы испытаний (контроля) для их определения.
- Невозможность оперативного поиска данных из-за отсутствия в электронном виде паспортной и другой документальной информации. Специфические особенности, которыми обладает

каждый ТМО, не учитываются при программировании обработки, практически паспорт и другая сопроводительная информация при этом не используются.

Постановка задачи. Один из инновационных путей повышения эффективности технологического оборудования — интеллектуальное электронное документирование каждого ТМО на основе и в соответствии с подходом PLM (Product Lifecycle Management — технология управления жизненным циклом изделий) и ECM (Enterprise content management — управление информационными ресурсами) [1]. Электронное представление информации о сложном техническом объекте стало нормой на мировом рынке высокотехнологичной продукции. Процессы в PLM в современных условиях не мыслимы без применения интерактивных электронных технических руководств, технической и эксплуатационной документации, обучающих систем. Это особенно важно для предприятий, представляющих свои изделия на мировой рынок. Сегодня наличие интерактивной электронной эксплуатационной документации на изделие и каталогов запасных частей в электронной форме становятся обязательным условием выхода на международные рынки и необходимым условием конкурентоспособности продукции. Указанные факторы предопределили возникновение и активное развитие нового класса информационных и управленческих технологий, получивших название CALS-технологий¹, одной из составных частей которых является технология разработки и применения эксплуатационной документации на изделия в электронной форме.

Аналогичная ситуация складывается и в процессах технического обслуживания и ремонта. Всё это обусловлено тем, что увеличение сложности наукоёмкой продукции приводит к такому росту объёма информации и документации, что управление ей в «бумажной» форме становится практически невозможным.

Наделение информационной среды сопровождения ТМО интеллектуальными возможностями является перспективным направлением их развития. Это направление предполагает создание для каждой единицы технологического оборудования интеллектуального электронного паспорта, иначе — интеллектуального электронного паспорта или smart² паспорта технологического мехатронного объекта (СП ТМО). Комплекс информационных средств и технологий, используемых в СП ТМО, даёт возможность использования индивидуальной системы знаний (СЗ) для управления ТМО, реализовать преимущества новой объектно-ориентированной технологии. Это позволяет сформировать оценки складывающейся ситуации в процессе преобразования **продукта**³, в том числе, оценку состояния системы и оценку достигаемых параметров качества изготовления, а также сделать правильный выбор из альтернативных вариантов управлений для обеспечения наибольшей эффективности [2]. Это даёт возможность реализовать принцип динамической самообучаемости и приспособляемости системы ТМО к реальным условиям, свойственный открытым системам.

СЗ, формализуемая в разработанной документации, создаёт возможность интеграции электронного паспорта в информационную инфраструктуру ТМО и технологическую систему предприятия. Таким путём обеспечивается информационная и интеллектуальная поддержка управления процессом обработки и, в целом, эксплуатации ТМО, включая обслуживание, ремонт и утилизацию. Развитие автоматизированных систем диагностики и контроля, как встроенных в

¹ CALS (Continuous Acquisition and Life Cycle Support) — это концепция, объединяющая принципы и технологии информационной поддержки жизненного цикла наукоемкого изделия (продукции) на всех его стадиях, основанная на использовании интегрированной информационной среды, обеспечивающая единообразные способы управления процессами взаимодействия всех участников этого цикла.

² Smart — интеллектуальный, smart robot — интеллектуальный робот [Словарь по ГПС и робототехнике. М.: Рус. яз., 1991, с. 392]. SMART (Specific, Measurable, Achievable, Realistic, Timely) — мнемоническая аббревиатура, используемая в менеджменте и проектном управлении (Определённый, Измеримый, Достижимый, Реалистический, Своевременный).

³ В стандарте STEP принято, что изделие в целом, комплекс, комплект, узел, сборочная единица, деталь, стандартное изделие и т.д. соответствуют одной сущности — **product** (изделие).

изделие, так и используемых при обслуживании, требует применения специфических программных средств обработки информации, и СП ТМО позволяет иметь соответствующее обеспечение и возможность подключения к внешней сетевой коммуникационной среде.

Указанное обосновывает целесообразность нового подхода к документированию ТМО и возможность его реализации.

Миссия smart-паспорта

Миссия интеллектуального электронного паспорта технологического мехатронного объекта (smart-паспорта) — документальная организация интегрированной интерактивной информационной среды технологического объекта в электронной форме, объединяющая технологические, эксплуатационные и ремонтные функции в течение всего жизненного цикла с доминантой мобилизации интеллектуальных ресурсов для обеспечения эффективного функционирования, конкурентоспособности и, в целом, управления жизненным циклом объекта. Индивидуальный электронный паспорт позволяет учитывать специфику конкретного технологического объекта и использовать его возможности для принятия решений и эффективного управления.

К совокупности **целей**, достигаемых при введении СП ТМО, относятся:

1. Повышение эффективности функционирования в производственных условиях в течение жизненного цикла.

2. Повышение качества выпускаемой продукции в условиях мировой тенденции ужесточения требований, предъявляемых к технологическим машинам.

3. Повышение конкурентоспособности.

В процессе функционирования СП ТМО решаются следующие **задачи**:

1. Интеграция СП в информационную инфраструктуру ТМО для осуществления транзакций между подсистемами и процессами и в коммуникационную среду предприятия.

2. Наделение информационной среды сопровождения ТМО интеллектуальными возможностями.

3. Формирование оценок складывающихся ситуаций, в том числе, оценок состояния системы и достигаемых параметров качества преобразования продукта.

4. Применение результативных систем контроля и управления машинами на всех этапах жизненного цикла.

5. Накопление и обмен информацией на стадиях жизненного цикла с учётом специфики каждого конкретного технологического объекта.

Достижение указанных целей и решение задач требует разработки соответствующей информационной базы, научно-методического обеспечения и программно-технических решений.

К технологиям совершенствования процессов жизненного цикла изделия (**ИПИ-технологиям**) относят такие, которые имеют непосредственное отношение к обсуждаемому концепту:

- безбумажный документооборот-обмен данными (Paperless data interchange);
- управление проектом (Project Management);
- управление данными об изделии (Product Data Management);
- управление качеством (Quality Management);
- управление потоками работ (Workflow Management);
- управление изменениями производственных и организационных структур (Change Management) и др.

Состав программных продуктов в области управления документацией постоянно обновляется [3]. В последнее время появились следующие классы систем:

EDM (electronic/engineering document management — управление электронными/инженерными документами).

PDM (product data management — управление данными о продукции) позволяют структурировать, модифицировать и контролировать проектные данные, чертежи и документы.

TDM (technical data management) — термин, обозначающий управление техническими данными.

Среди программных средств разработки электронной технической документацией, выделяется программный комплекс Technical Guide Builder (TGB), который обеспечивает:

- подготовку документации в соответствии с российскими и международными стандартами (Р.50.1.029, Р.50.1.030, АЕСМА S1000D и пр.);
- автоматизированное формирование логических связей между частями и разделами документации;
- автоматизированное кодирование разделов документации и изделий в электронных каталогах в соответствии с выбранным стандартом;
- автоматизированный ввод исходных данных из PDM, CAD и офисных приложений;
- централизованное управление базой данных проектов документации на изделия;
- управление внесением изменений и сопровождение документации.

Перед изложением основных аспектов рассматриваемого концептуального подхода следует уточнить используемый в дальнейшем термин — технологическая система (ТС). Здесь ТС понимается как совокупность подсистемы заготовки производимого продукта, подсистемы инструмента и подсистемы ТМО, т. е. технологической машины. От состояния ТМО и его управления зависит качество исполнения движений рабочих органов объекта. В процессе функционирования эти три подсистемы образуют неразделимое единство, определяющее динамику системы при преобразовании продукта.

Формирование системы знаний smart-паспорта ТМО

Структура СП ТО включает две основные взаимосвязанные части [2] — базовую техническую документацию и систему знаний ТМО.

В базовую часть системы электронной документации ТМО входят технические характеристики, совокупность модулей данных конструкций и комплект эксплуатационной документации. В состав этого комплекта включены руководство по применяемому инструменту и оснастке, руководство по техническому обслуживанию ТМО и ремонту, каталог деталей и пр.

Методы построения базовой части технической документации достаточно регламентированы в соответствии с рекомендациями по интерактивным электронным техническим руководствам и стандартизации информационных технологий поддержки жизненного цикла продукции, в том числе, Р50.1.028, Р50.1.029, Р50.1.030 и др. В международной и отечественной практике часто используется система ENOVIA SmarTeam, которая предоставляет средства для автоматизации технического документооборота. Эта система существенно облегчает внесение изменений в конструкторскую и технологическую документацию, а также в другие сопутствующие документы.

Принципиальным отличием предлагаемого подхода к формированию интерактивных технических руководств мехатронных ТМО является системное включение интеллектуальной составляющей. В связи с этим в последующем изложении основное внимание уделено методологическим вопросам построения СЗ в системе СП объекта.

Концептуально СЗ, состоящая из традиционного сочетания БД и БЗ, включает следующие аспекты знаний:

- Знания *о себе* — особенности, характеристики, свойства, преимущества и недостатки.
- Знания о возможностях и способах достижения целей, обеспечении гибкого выбора сценариев (алгоритмов работы), информодинамика при инициализации потоков сообщений (по каналам связи с УЧПУ, внутренних и внешних систем очувствления, контроля результатов действий ТС и пр.).

• Знания о возможностях и способах получения новых знаний, извлечения, накопления и обобщения знаний.

Как вариант структурной, методической и программной организации может рассматриваться **мультиагентное моделирование** СЗ с нижеприведёнными принципами классификации агентов:

- о По используемому методу: ЭС, НЛ, НС, ГА и пр.
- о По функциональному назначению: производительность, надёжность, точность, техническое обслуживание и ремонт...
- о По факторам, влияющим на точность:
 - ✓ наследуемые факторы,
 - ✓ оперативные факторы,
 - ✓ деформации силовые,
 - ✓ деформации температурные,
 - ✓ погрешности координатных перемещений,
 - ✓ погрешности траекторных перемещений (многодвигательные).
- о По подсистемам ТС:
 - ✓ Заготовки производимого продукта,
 - ✓ Инструмента,
 - ✓ Технологической машины, т. е. подсистемы преобразования.

Проблемная ситуация.

При преобразовании продукта или обработке, например на металлорежущем станке, вариативный состав состояний ТС определяется спецификой процессов обработки, переходов от состояния к состоянию. Программа УЧПУ для обработки детали регламентирует конкретный состав состояний при движении от начала обработки к цели

$$C_1 \rightarrow C_2 \rightarrow \dots \rightarrow C_n$$

с промежуточными переходами

$$Y_1 \rightarrow Y_2 \rightarrow \dots \rightarrow Y_{n-1}$$

и траекториями изменения состояний, т. е. спецификой переходов с характеристиками $x_{ij}(t)$, $\dot{x}_{ij}(t)$, $\ddot{x}_{ij}(t)$. Здесь $x_{ij}(t)$ — множество векторов движений рабочих органов при выполнении перехода или траектории движений по координатам, i — номер технологического перехода, j — номер рабочего органа; $i \in P$, P — последовательность переходов.

К недостаткам такого планирования обработки продукта относится то, что обычно программа для ЧПУ металлорежущих станков составляется на основе нормативов режимов резания, которые соответствуют средним типовым условиям работы. Рекомендуемые при этом режимы резания, а именно скорость, подача и глубина резания приведены без учёта возможности адаптации к реальным ситуациям, в том числе состоянию ТО и технологической системы в целом. Нормативы сформированы на основе обобщённых экспериментальных исследований по обработке материалов.

Конкретную мехатронную технологическую систему можно отнести к таким, для которых методы ситуационного управления наиболее целесообразны на основе представлений, сформированных Д. А. Пospelовым [4]. Для этих систем характерны следующие свойства:

1. Уникальность. *Каждая мехатронная ТС обладает такой структурой и функционирует так, что система управления должна строиться с учётом всех качеств подсистем.*
2. Оптимальность в нечётком толковании (на основе экспертных оценок). *Критерии качества управления зависят от складывающихся ситуаций и нужны их экспертные оценки.*

3. Динамичность, динамика пути. Динамичность не только в традиционной характеристике систем управления, но и в изменении с течением времени структуры и функционирования ТС, она эволюционирует во времени.

4. Неполнота описания. Для таких ТС свойственна ограниченность получаемой информации, а именно такой, которой заведомо хватило бы для эффективного управления.

При интеллектуальном управлении полная ситуация может трактоваться как совокупность возможных состояний ТС и целей управления:

$$S = \langle S_I, S_{mr}, S_p, S_g \rangle,$$

где S_I, S_{mr}, S_p, S_g — совокупность состояний инструмента, рабочих движений ТО (станка), исходного продукта (заготовки) и целей управления.

В этом пространстве состояний ТС совокупность состояний продукта, например, можно представить в виде

$$S_p = \langle C_b, C_p(U), C_g \rangle,$$

где C_b — начальное состояние продукта, C_g — целевое состояние продукта как основная задача ТС, $C_p(U)$ — совокупность состояний продукта в процессе обработки (преобразования) при множестве U управлений преобразования на ТМО, в том числе:

последовательностью технологических переходов — U_{tr} ,

параметрами переходов — U_i ,

траекторными и позиционными перемещениями рабочих органов — U_w .

В целом

$$U = \langle U_{tr}, U_i, U_w \rangle.$$

Здесь U — множество управляющих действий, выполняемых по решениям ИСУ.

Целевое состояние продукта, получаемого в результате преобразования, оценивается соответствием получаемых параметров качества и предъявляемых требований. В частности для обработки на металлорежущих станках целевое состояние формообразования детали это соответствие допустимым отклонениям геометрических форм, размеров и взаиморасположения поверхностей, а также их шероховатости.

Таким образом **проблемная ситуация** приводит к задаче планирования операций управления по состояниям $C_p(U)$ продукта и по подзадачам в пространстве состояний ТС [1]. Целесообразное преобразование ситуаций неразрывно связано с изменением состояний ТС, переходы между которыми определяются допустимыми управляющими воздействиями, которыми обладает ТМО.

При необходимости и целесообразности использования методов интеллектуального управления СЗ осуществляется поиск совокупности управляющих решений, обеспечивающих преобразование гипотетически выявленного пространства состояний (на основе экспертных представлений, наследуемых и оперативных параметров СЗ) к заданному целевому. Этот поиск осуществляется исходя из анализа знаний о функциональных возможностях конкретной ТС как индивида.

$$C^* \in C \rightarrow (u \in U, C_g \in C): C^* \xrightarrow{u} C_g,$$

где C^* — гипотетически выявленный класс состояний.

Такой подход позволяет сформулировать некоторую правдоподобную гипотезу об организации целесообразного поведения ТС [4].

$$S_i; Q_j \xrightarrow{U_k} Q_l; I_l.$$

Здесь I_l — те изменения, которые нужно внести в описание полной ситуации на стадии преобразования l после того, как текущая ситуация Q_j перешла в текущую ситуацию Q_l при принятом решении и соответствующем управлении U_k .

Текущая ситуация на стадии / определяется наступившим состоянием подсистемы продукта (заготовки) P_i , прежде всего, а также подсистем инструмента — T_i и ТО — M_i , то есть:

$$Q_i = \langle P_i, T_i, M_i \rangle.$$

В СЗ текущая ситуация в ТС определяется совокупностью знаний о структуре ТС и её функционировании в данный момент времени, а вектор U_k формируется на основе логико-трансляционных или корреляционных правил выводов для управления преобразованиями.

Принципиальный подход к формированию методов получения последовательности решений СЗ; языки описания ситуаций

В методике формирования и пополнения знаний в соответствии с теорией ситуационного управления важным этапом является обследование изучаемой системы, в данном случае ТС, и методов управления ей с целью формирования языка описания ситуаций, словарей понятий и отношений, характерных для функциональных задач. Особенность ТМО требует для описания структуры ТС, её функционирования и особенностей управления специальными семантическими и прагматическими формальными моделями. А это соответственно требует специальных языковых средств для описания моделей, способных отображать семантику и прагматику описываемых ситуаций и их преобразований в соответствии с характерными особенностями ТМО.

Терминологический характер СЗ, свойственный такой предметной области как металлорежущие станки, определяется понятиями, отношениями и действиями, принятыми в технологии машиностроения, станковедении, резании металлов и инструментальном обеспечении. Необходимой частью предметной терминологии является совокупность кодов, форм и обозначений, принятых в системах программирования станков — ЧПУ.

Большинство эксплуатируемых в настоящее время станков оснащены УЧПУ, программируемыми на основе стандарта ISO 6983 (DIN 66025) на языке ISO-7bit. На смену вводится программирование в соответствии со стандартом STEP NC, ISO 14649 [5]. Поскольку здесь геометрия заготовки и готового изделия описывается с использованием STEP-синтаксиса, создаётся возможность прямого обмена информацией между CAD/CAM/CNC системами и СП. Новые языки программирования работают с технологическими задачами, привязанными к типовым формам (*features*). Геометрические и другие данные могут быть непосредственно импортированы в систему ЧПУ, при этом должна быть добавлена технологическая информация, чтобы сгенерировать управляющую программу.

В STEP стандартизован ряд онтологий AP (Application Protocol — Прикладных Протоколов), в том числе для представления технологических данных. AP определены в качестве международных стандартов. Одним из соответствующих обсуждаемой предметной области для планирования станочной обработки служит протокол AP224: Mechanical product definition for process plans using machining features. В нём имеются средства для описания типовых форм конструкции деталей (например, отверстий, бобышек, буртов, карманов), требований к качеству обработки, свойств материалов, геометрической формы и др. В протоколе выделены особенности объекта обработки и свойства обрабатываемых заготовок, включающие такие сущности, как выступы, фаски, путь обработки, параметры материала. Для наглядности ниже приведены примеры терминов, используемых в протоколах стандарта STEP: *toolpath* — траектория движения режущего инструмента, *planar face* — плоская лицевая поверхность, *hole* — отверстие, *socket* — карман, *slot* — паз, *profile* — профиль, *step* — шаг, *multistep drilling* — многошаговое сверление, *boring* — расточка, *reaming* — развёртывание, *tapping* — нарезание резьбы метчиком, *milling* — фрезерование...

Огромный объём терминологической информации в этой области упорядочивается применением фреймовых языков [6]. Рекомендация применения фреймовых языков в задачах управления [4] породила типологию основных фреймов-прототипов. Это фреймы технологий, фреймы

конфликтности, фреймы продукции и фреймы показателей. Их назначение применительно к обсуждаемой предметной области:

Фрейм технологии — описание знаний и данных, связанных с технологическими моделями и протеканием процессов обработки в объекте управления — ТМО.

Фрейм конфликтности — выявление конфликтных ситуаций, возникающих при решениях о невозможности получения продукта заданного качества при намеченных показателях эффективности, причин, вызвавших их, способов обнаружения и устранения конфликтных ситуаций.

Фрейм продукции — описание причинно-следственных связей, лежащих в основе процесса обработки и получения конечного продукта как цели управления.

Фрейм показателей — представление структуры показателей оценивания процесса, в том числе, производительности, точности и надёжности.

Следует отметить, что каждый фрейм — это некоторая готовая структура (что может быть использовано при представлении типовых ситуаций — features), которая при соответствующем заполнении слотов значениями превращается в описание конкретного факта, события или процесса. Это приводит к понятиям фрейма-прототипа и конкретного фрейма. Фреймы-прототипы хранят знания о типовых ситуациях, а конкретные фреймы пополняют эти единицы знания реальными данными.

Применяемые по умолчанию значения соответствуют ожиданиям, которые складываются на основании опыта в отношении некоторой типовой ситуации — features. Соответствующие действия управляемого объекта, определяющие образец поведения, называются «поведением по умолчанию». А после того, как обнаруживается новая неординарная ситуация, СЗ осуществляет модификацию подходящих фреймов, что позволяет проще приспособиться к ситуации и изменить поведение в процессе достижения цели. Такой подход хорошо сочетается с использованием рекурсивного метода для наращивания БЗ.

Заключение. Представленный инновационный подход к интеллектуальному электронному интерактивному документированию МТО основывается на необходимости организованного документооборота технологических данных таких объектов, информационного обмена данными. Информационная среда сопровождения таких объектов в виде smart-паспортов наделяется интеллектуальными возможностями с индивидуальной системы знаний для управления процессом обработки и эксплуатации, включая обслуживание, ремонт. Проанализированы характеристики проблемной ситуации и операций управления технологической системой по состояниям продукта производства, рекомендован подход к формированию системы знаний и методов получения последовательности решений.

Последующая часть изложения концепта будет посвящена анализу возникающих проблемных ситуаций, их моделированию и методам получения последовательностей решений, синтезируемых системой знаний СП.

Библиографический список

1. Тугенгольд, А. К. Оценка ситуации и принятие решений интеллектуальной системой управления технологическим объектом // А. К. Тугенгольд // Вестник ДГТУ. — 2010. — Т. 10, № 6. — С. 860—867.
2. Тугенгольд, А. К. Интеллектуальное электронное документирование технологических объектов в системе PLM / А. К. Тугенгольд [и др.] // Вестник ДГТУ. — 2011. — Т. 11, № 3. — С. 860—867.
3. Веретехина, С. В. Методика разработки интерактивной электронной эксплуатационной документации для наукоёмких изделий отрасли связи и информатизации / С. В. Веретехина. — Москва: ВНИИ ПВТ, 2008. — 128 с.

4. Поспелов, Д. А. Ситуационное управление: теория и практика / Д. А. Поспелов. — Москва: Наука, 1986. — 312 с.

5. Сосонкин, В. Л. Системы числового программного управления: учеб. пособие / В. Л. Сосонкин, Г. М. Мартинов. — Москва: Логос, 2005. — 296 с.

6. Тугенгольд А. К. Моделирование базы знаний системы управления мехатронным объектом / А. К. Тугенгольд, А. А. Кузьмин // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. — 2009. — Спец. вып. «Мехатроника. Современное состояние и тенденции развития». — С. 69–73.

Материал поступил в редакцию 30.07.2012.

References

1. Tugengold, A.K. *Otsenka situatsii i prinyatiye resheniy intellektualnoy sistemoy upravleniya tekhnologicheskimi ob'yektami*. [Intellectual control system of the technological object: situation assessment and decision-making.] *Vestnik of Don State Tech. University*, 2010, vol. 10, no. 6, pp. 860–867 (in Russian).

2. Tugengold, A.K., et al. *Intellektualnoye elektronnoye dokumentirovaniye tekhnologicheskikh ob'yektov v sisteme PLM*. [Intellectual electronic documentation of technological objects in PLM system.] *Vestnik of Don State Tech. University*, 2011, vol. 11, no. 3, pp. 860–867 (in Russian).

3. Veretekhina, S.V. *Metodika razrabotki interaktivnoy elektronnoy ekspluatatsionnoy dokumentatsii dlya nauchnykh izdeliy otrasli svyazi i informatizatsii*. [Development methods of interactive PC-based in-line documentation for scientific products of communication and informatization industry.] Moscow: VNII PVT, 2008, 128 p. (in Russian).

4. Pospelov, D.A. *Situatsionnoye upravleniye: teoriya i praktika*. [Situation control: theory and practice.] Moscow: Nauka, 1986, 312 p. (in Russian).

5. Sosonkin, V.L., Martinov, G.M. *Sistemy chislovogo programmogo upravleniya. Ucheb. posobiye*. [Numerical control systems. Study guide.] Moscow: Logos, 2005, 296 p. (in Russian).

6. Tugengold, A.K., Kuzmin, A.A. *Modelirovaniye bazy znaniy sistem upravleniya mekhatronnyimi ob'yektami*. [Knowledgebase modeling of mechatronic object management system.] *Izvestiya vuzov. Severo-Kavkazskiy region. Tekhnicheskiye nauki. Spetsialnyy vypusk «Mekhatronika. Sovremennoye sostoyaniye i tendentsii razvitiya»*, 2009, pp. 69–73 (in Russian).

SMART-PASSPORT OF MECHATRONIC PRODUCTION FACILITY. CONCEPT

A. K. Tugengold

(Don State Technical University),

A. A. Berdichevskiy

(Deloitte Consulting GmbH)

An innovative approach to the intelligent electronic interactive documentation of the mechatronic production facilities — the creation of smart-passports is presented. The approach relevancy is dictated by the need for such facilities to have an organized document flow of the tooling data, information exchange of data containing in particular test results for the geometrical accuracy of the production facility and the product machining accuracy. Specific features of every production facility under the operation programming are usually left out. The prospective line of the development is endowing the information maintenance environment of such facilities as smart-passports with the intellectual capacity, and the unique knowledge system to control the treatment process, and, in all, the operation including field maintenance. The possible connection to the external net communication media is provided. The smart-passport mission and tasks solved under its operation are presented in the paper. Special emphasis is put on the methodologies of the passport knowledge system formation. Characteristics of the problem situation and tasks on the control operation planning of the ware conditions, and solvable subproblems in the technological system state space are performed. The approach to the generation of the solution sequence technique in the knowledge system is recommended. The terminological nature specificity of the knowledge system building typical of such object domain of the mechatronic processing equipment as machine tools is emphasized.

Keywords: smart-passport, electronic documentation, production facilities, knowledge system.