

---

---

# Проектирование информационных систем

---

---

УДК 658.512

## Разработка и исследование информационных потоков в системах проектирования и согласования конструкторской документации при проектировании сложных технических изделий

© Авторы, 2020

© ООО «Издательство «Радиотехника», 2020

**Н.Н. Войт** – к.т.н., доцент, зав. лабораторией инновационных виртуальных технологий проектирования и обучения департамента научных исследований и инноваций, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет  
E-mail: n.voit@ulstu.ru

**М.Е. Уханова** – аспирант, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет  
E-mail: mari-u@inbox.ru

**С.Д. Канев** – к.т.н., начальник научно-технического отдела ИДДО, Ульяновский государственный технический университет  
E-mail: dima.kanev@gmail.com

**А.С. Степанов** – мл. науч. сотрудник, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет  
E-mail: step\_al\_ul@mail.ru

**В.А. Гордеев** – мл. науч. сотрудник, кафедра «Вычислительная техника», Ульяновский государственный технический университет  
E-mail: gorde-vlad@yandex.ru

---

### Аннотация

**Постановка проблемы.** Успешная реализация Государственной программы развития промышленности напрямую зависит от того, какой комплекс технологий будет обеспечивать создание новых образцов техники. В основе цифровой трансформации в промышленности лежит использование передовых производственных технологий, в том числе и виртуализация. Передовой технологией виртуализации, технологией-интегратором, вносящей значимый вклад в проектирование и создание в кратчайшие сроки новых образцов техники и обеспечивающей превосходство по техническим характеристикам над аналогами, является цифровой двойник (Digital Twin). Как правило, для создания цифровых двойников используют инвариантные инструменты, которые успешно применяются при решении сложных технических задач в разных высокотехнологических сферах промышленности (цифровые платформы, многоуровневые матрицы целевых показателей и ресурсных ограничений, виртуальные испытания, виртуальные стенды и виртуальные полигоны, системы интеллектуальных помощников).

**Цель.** Рассмотреть решение проблемы автоматизации проектирования потоков работ в плане разработки концептуальной модели для анализа на ошибки потока работ формирования и согласования конструкторской документации (КД) при проектировании сложных технических изделий в условиях крупного проектного предприятия.

**Результаты.** Исследованы бизнес-процессы конструкторской подготовки производства, включающие в себя разработку и согласование КД, в том числе соответствующие потоки работ. Разработана новая концептуальная модель процесса формирования КД, предназначенная для поиска семантических ошибок при моделировании потоков работ, а также нормативные и проектные составляющие. Приведен пример анализа согласования КД.

**Практическая значимость.** Предложенная новая концептуальная модель информационных потоков работ согласования КД, которая дает возможность формировать представление о конструкторских потоках проектирования и согласования КД, а также позволяет исследовать потоки работ, а именно: проводить анализ на эффективную реализацию, в том числе определять направления по совершенствованию этих процессов.

### Ключевые слова

*Конструкторская подготовка, потоки работ.*

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-07-01417.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ульяновской области в рамках научного проекта № 18-47-730032.

Исследование поддержано грантом Министерства образования и науки РФ, проект № 2.1615.2017/4.6.

DOI: 10.18127/j20700814-202001-02

## Введение

В эпоху цифровой экономики и цифрового производства для предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК), выпускающих технику специального назначения, становится актуальным процесс перехода на безбумажное производство. Первым шагом к такому производству является внедрение PLM-системы и электронного согласования конструкторской документации (КД). Наличие электронной модели изделия, электронное согласование документации конструкторской подготовки производства и собранная в единой системе полная документация по изделию с учетом его жизненного цикла (ЖЦ) являются одним из требований Индустрии 4.0.

Следует отметить, что большинство производственных предприятий не являются разработчиками КД – основной задачей конструкторского бюро (КБ) является сопровождение изделия в процессе производства. Документация от держателей подлинников приходит в бумажном виде. А в качестве разрабатываемой документации выступает документация на стендовое оборудование. Именно таким предприятием и является АО «Ульяновский механический завод». Начиная с 2015 г. на этом предприятии внедрен электронный архив КД, в котором представлена отсканированная КД. В настоящее время ведутся работы по внедрению системы электронного согласования конструкторских документов на базе PLM-системы Лоцман. Поскольку производственное предприятие не является основным разработчиком КД, то задача электронного согласования предварительных извещений (ПИ), направляемых держателям подлинников на внесение изменений в КД, является актуальной.

В процессе разработки ПИ возникает проблема поддержания актуальной версии электронной структуры изделия и актуальной версии электронной КД (ЭКД) с учетом вносимых изменений. По технологии безбумажного производства в производственных цехах должна быть актуальная версия ЭКД, однако согласно ГОСТ 2. 503-2013 [3] в документацию не вносятся изменения по ПИ, держатель копий не имеет право вносить изменения в документ сторонней организации и каждое изменение документа – это новая версия документа, поэтому возникает проблема версионности. Также следует отметить, что одним из условий результативной работы предприятия является эффективное взаимодействие всех составляющих его подразделений и структур, в том числе и информационное. Немаловажным фактором результативной работы является выявление и устранение ошибок в представлении и взаимодействии данных.

Ц е л ь р а б о т ы – рассмотреть решение проблемы автоматизации проектирования потоков работ в плане разработки концептуальной модели для анализа на ошибки потока работ формирования и согласования КД при проектировании сложных технических изделий в условиях крупного проектного предприятия.

## Информационные потоки работ процесса проектирования и согласования конструкторской документации

Проектирование сложных технических изделий представляет собой комплексную деятельность различных специалистов КБ. Каждая группа специалистов выполняет часть работы по проектированию изделия, проходя по цепочке выполнения множества задач бизнес-процесса конструкторской подготовки производства (КПП). Каждая задача может выполняться с помощью различных специализированных САПР. В результате проектная документация изделия представляется в нескольких продуктовых линейках, например, схемы электрические и перечень элементов разработаны в Altium Designer, инженерные расчеты произведены в Ansys, а конструкция изделия разработана в Компас-3D. Таким образом, КД сложного технического изделия представляет собой совокупность проектных решений независимых САПР, которая должна быть собрана в единой информационной базе проектных решений. В качестве единой информационной базы проектных решений, как правило, выступает PDM-система.

Проектирование и сопровождение сложных технических изделий на крупных производственных предприятиях обладают рядом особенностей, а именно:

- 1) наличие большого числа номенклатурных позиций (например, состав некоторых изделий может состоять из 16 уровней и насчитывать до 150 000 номенклатурных позиций);
- 2) запуск изделия в производство влечет за собой высокую динамику изменений в документации;
- 3) крупное промышленное предприятие, как правило, выпускает продукцию по сторонней документации, что влечет за собой выпуск предварительных извещений для согласования изменений с держателями подлинников;
- 4) в случае обнаружения ошибок в КД производство не должно останавливаться, а продолжать выпускать продукцию с учетом предлагаемых изменений;
- 5) длительность производственного цикла одного изделия может быть более одного года.

Управление ЖЦ изделия и электронное согласование КД выполняются с помощью системы управления проектами (СУПР). СУПР позволяет перевести процесс согласования КД в электронный вид, используя документы электронные (ДЭ). Поскольку этапы согласования в электронном виде можно запустить параллельными потоками, то это позволяет сократить время на прохождение процедуры согласования. Более того, на любой момент времени руководитель может посмотреть, на какой стадии находится документ. Соблюдение сроков выполнения согласно графику разработки работ автоматически проверяется СУПР, и пользователи уведомляются о несоблюдении сроков, поэтому для эффективного размещения и накопления документации по изделию, а также ее использования необходима концептуальная модель проектирования и согласования КД. Наглядная форма модели призвана помочь спроектировать и провести анализ конструкторских потоков работ разработки и согласования КД.

#### **Разработка концептуальной модели проектирования и согласования конструкторской документации**

Рассмотрим более подробно, как происходит электронное согласование КД с использованием PLM-системы и СУПР. В первую очередь, требования, определенные в техническом задании, формируются как дерево требований в PLM-системе, которое в дальнейшем должно связаться с конструкторским составом разрабатываемого изделия. На основании сформированных требований и разработанного технического задания на проектирование в PLM-системе создается первичная компоновка изделия, к которой прикрепляется эскиз будущего изделия. С использованием разработанных документов выполняются необходимые инженерные расчеты и составляется календарный план работ. Выполненные работы оформляются в электронном виде и хранятся в PLM-системе вместе со всеми документами, прикрепленными к электронной структуре изделия.

После подписания приказа о начале работ начинается проектирование изделия согласно утвержденным графикам. В конструкторские сектора в электронном виде выдается задание на разработку, в процессе которого происходит поиск в PLM-системе аналогичных проектных решений и анализ соответствия проектного решения заявленным требованиям. Отсутствие подобного проектного решения или частичное соответствие требованиям по найденному проекту влияет на график выполнения работ. Поскольку внедрение PLM-системы позволяет перейти к технологии сквозного проектирования и безбумажного производства, то разработанная документация в электронном виде передается на согласование с подразделениями и службами завода в зависимости от типа согласуемого документа. Согласующие лица могут проверять как документацию в формате 2D, так и электронные модели изделия, анализируя собираемость и технологичность изделия. В качестве легитимной подписи согласующего лица используется либо цифровая подпись, либо удостоверяющий лист, получаемый из системы. Подписанная и утвержденная КД передается в отдел технической документации (ОТД), где подлиннику присваивается инвентарный номер и происходит постановка на абонентский учет согласно маршруту изготовления. Абонентам либо выдаются учтенные копии, либо предоставляется доступ в PLM-системе к КД. Концептуальная модель проектирования и согласования КД представлена на рис. 1.

Исследование информационных потоков в системах проектирования и согласования КД при проектировании сложного технического изделия на крупном проектом предприятии представлено рядом диаграмматических моделей потока работ согласования, формирования и др. (рис. 2–7).

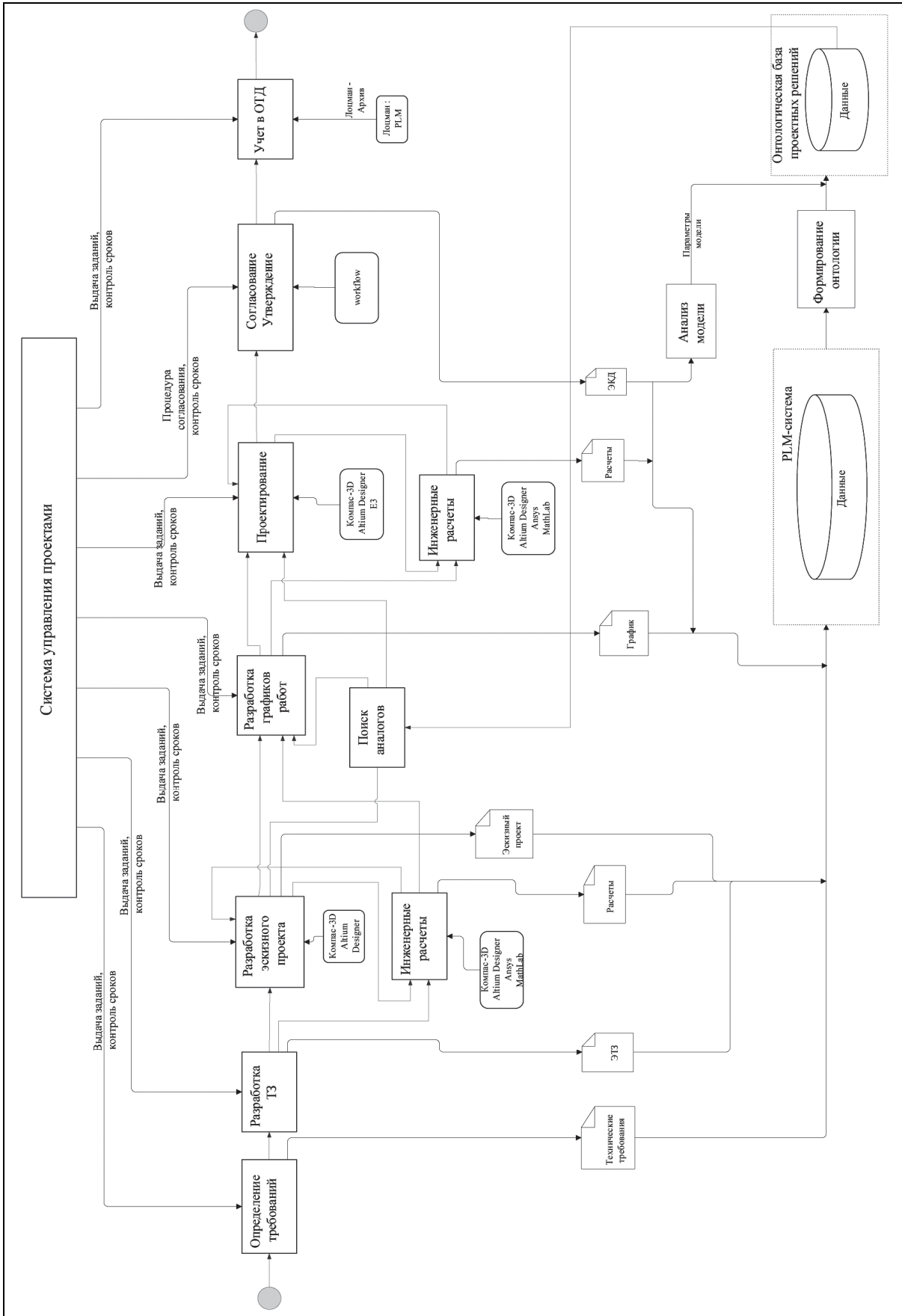


Рис. 1. Концептуальная модель потока работ согласования КД  
 Fig. 1. The conceptual model of the workflow of coordination of design documentation

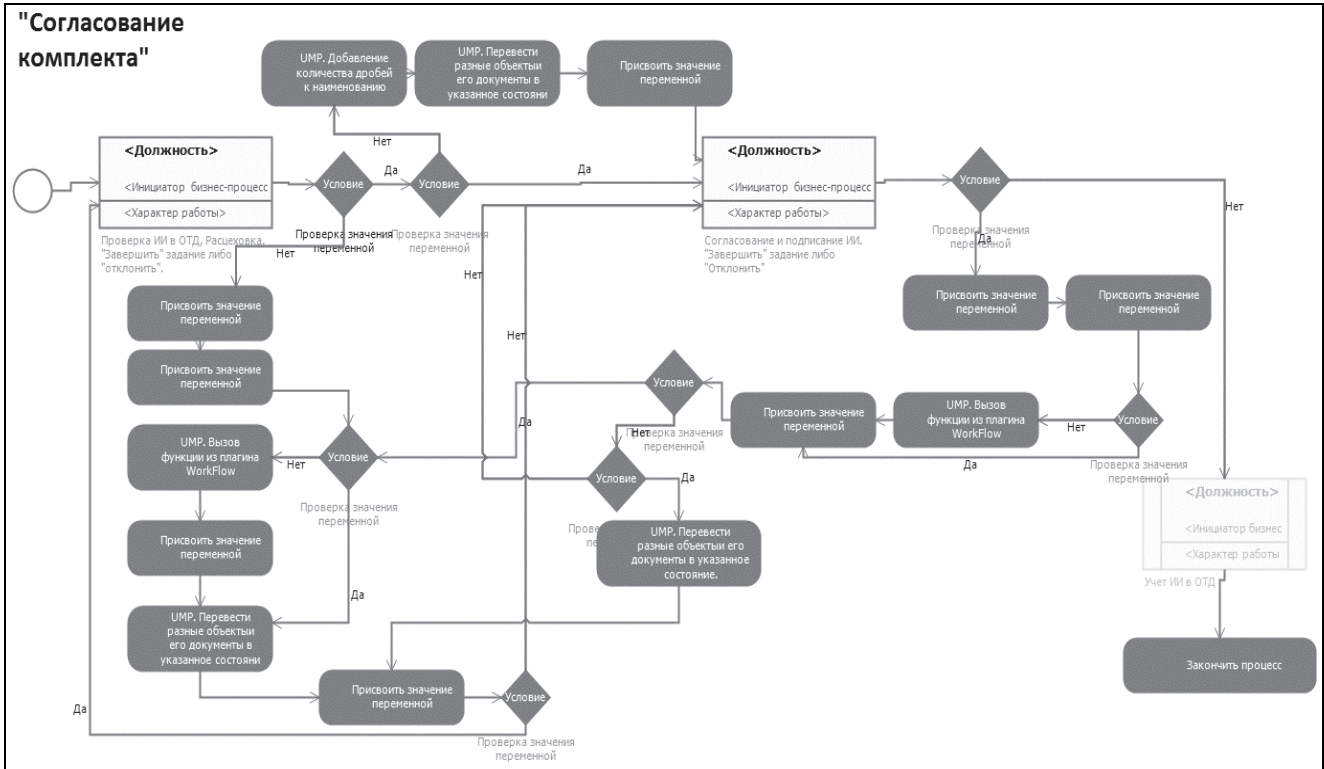


Рис. 2. Модель согласования комплекта КД  
 Fig. 2. Model for coordination of a set of design documentation

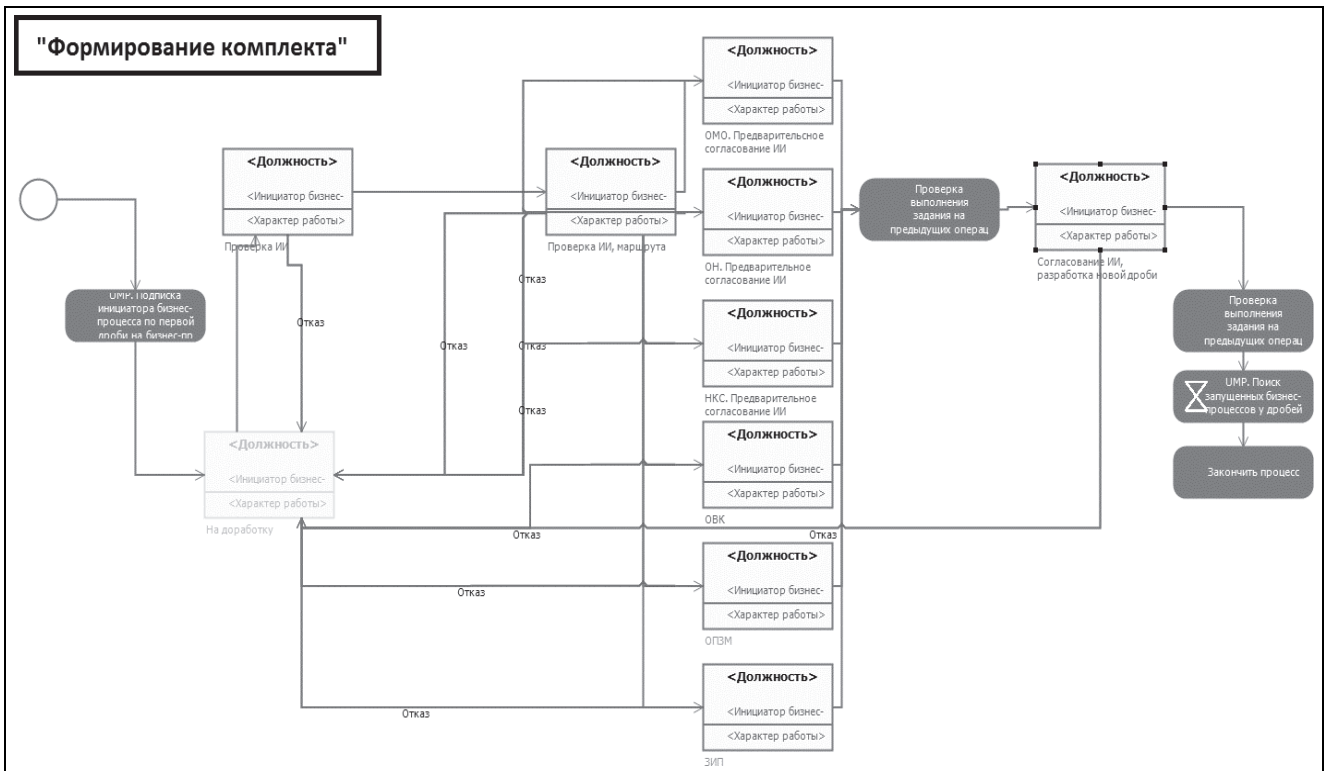


Рис. 3. Модель формирования комплекта КД  
 Fig. 3. Model for the formation of a set of design documentation

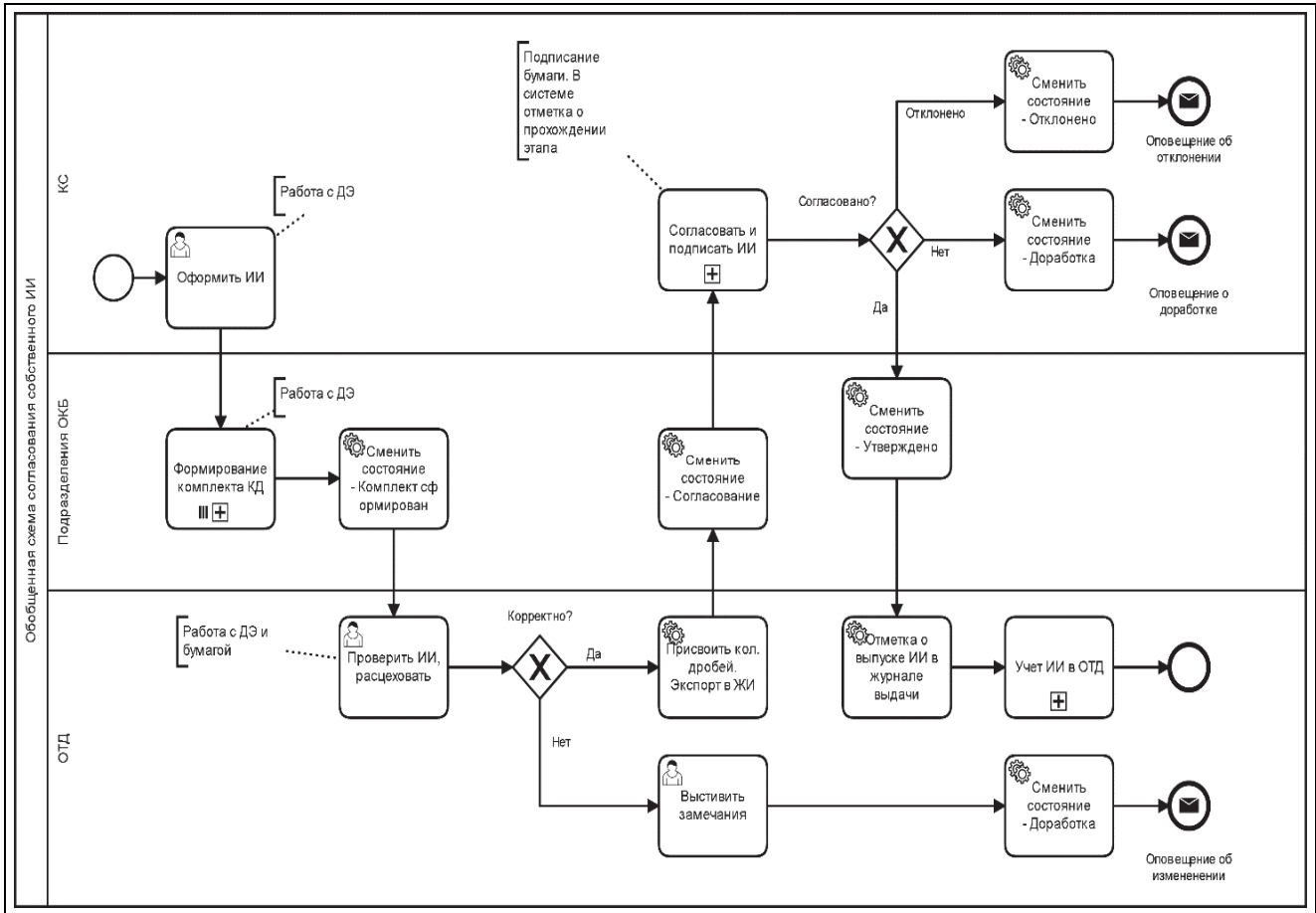


Рис. 4. Схема согласования собственного извещения об изменении (ИИ)  
 Fig. 4. Scheme for reconciling your own change notification

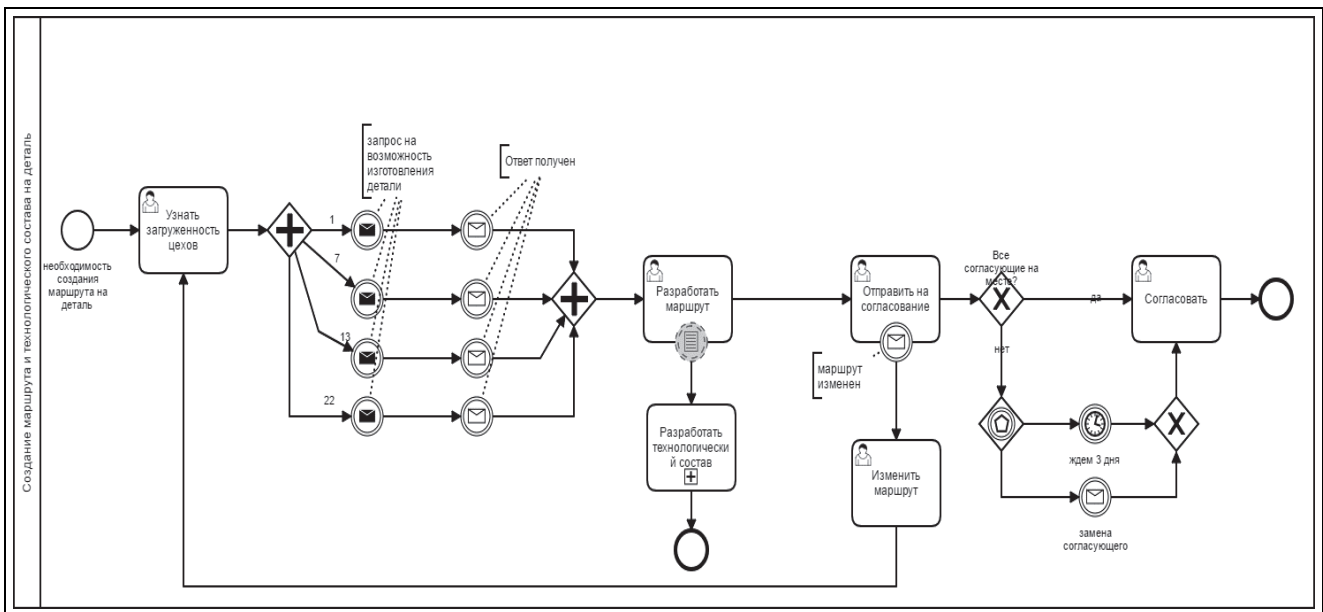


Рис. 5. Маршрутизация технологического состава на деталь  
 Fig. 5. Routing the technological composition to the part

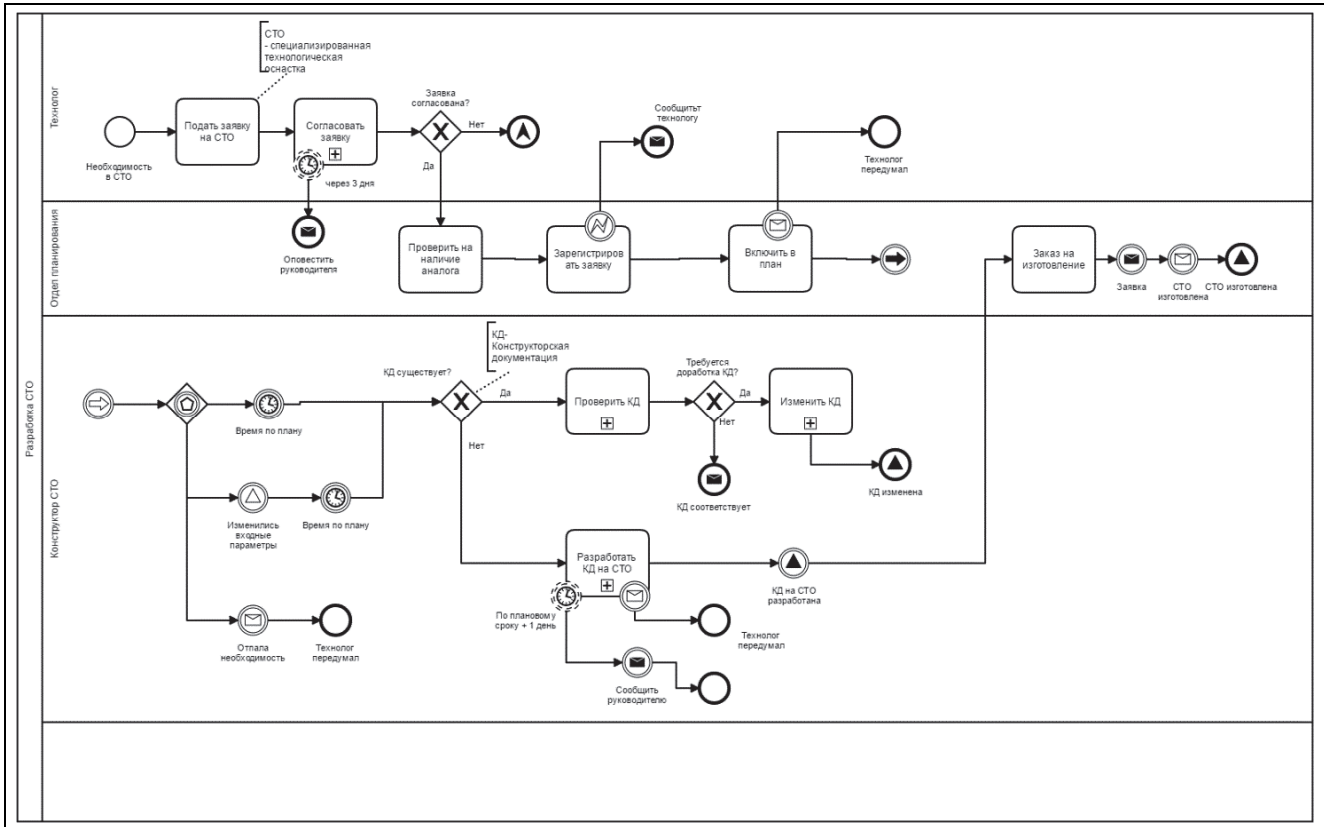


Рис. 6. Схема разработки специальной технологической оснастки (СТО)  
 Fig. 6. The scheme for the development of special technological equipment

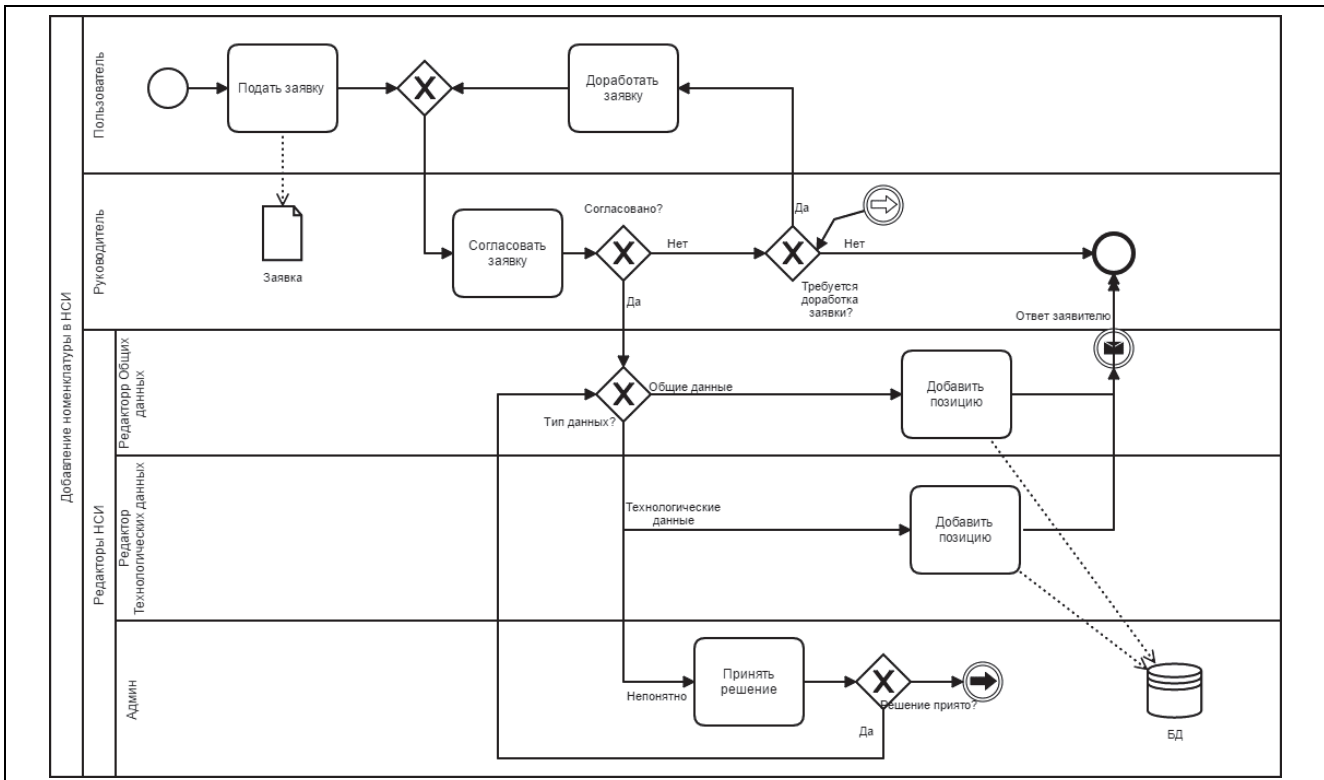


Рис. 7. Схема добавления позиции в справочник  
 Fig. 7. Scheme for adding a position to the directory





ющей потоки работ, а также формализованы критерии определения процесса проектирования сложных технических изделий. Авторами предложена новая концептуальная модель информационных потоков работ согласования КД, которая дает возможность формировать представление о конструкторских потоках проектирования и согласования КД, в также позволяет исследовать потоки работ, а именно: проводить анализ на эффективную реализацию, в том числе определять направления по совершенствованию этих процессов.

Будущие работы авторов будут направлены на проектирование потоков работ по разработке и согласованию изменений КД.

## Литература

1. *Афанасьев А.Н., Войт Н.Н., Уханова М.Е., Ионова И.С., Епифанов В.В.* Анализ конструкторско-технологических потоков работ в условиях крупного радиотехнического предприятия // Радиотехника. 2017. № 6. С. 49–58.
2. *Workflow Handbook 2005 / Ed. by Layna Fischer.* Workflow Management Coalition. 2005.
3. ГОСТ 2. 503-2013 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Правила внесения изменений.
4. *Карпов Ю.Г.* MODEL CHECKING. Верификация параллельных и распределенных программных систем. СПб.: БХВ-Петербург. 2010. 560 с.
5. *Калянов Г.Н.* Моделирование, анализ, реорганизация и оптимизация бизнес-процессов: Учеб. пособие. М.: Финансы и статистика. 2006. 240 с. URL = <http://www.twirpx.com/file/2204790/> (дата обращения: 13.11.2017).
6. *Стратилатова Н.Н., Скимунт В.К., Егоров А.С., Юрыгина Ю.С., Анисимов А.С., Лахин О.И., Чехов А.В.* Создание системы управления интеллектуальной собственностью на основе использования баз знаний (онтологий) и мультиагентных технологий // Труды Междунар. научно-технич. конф. «Перспективные информационные технологии (ПИТ-2016)». 26–28 апреля 2016 г. Самара, Россия. Самара: СамНЦ РАН. 2016. С. 374–377.
7. *Лахин О.И., Юрыгина Ю.С., Анисимов А.С.* Принципы построения системы управления знаниями предприятий ракетно-космической промышленности // Онтология проектирования. 2017. Т. 7. № 3(25). С. 270–283.
8. *Скобелев П.О.* Онтологии деятельности для ситуационного управления предприятием в реальном времени // Онтология проектирования. 2012. № 1(3). С. 26–48.
9. *Гончарук Ю.О.* Проблемы создания и внедрения модели бизнес-процессов предприятия в форме Workflow System // Сб. научных трудов VI Всерос. конф. «Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых». 22–24 апреля 2015 г. Томск. С. 263–272.
10. *Афанасьев А.Н., Войт Н.Н.* Разработка и исследование средств извлечения из САПР КОМПАС-3D и представления в веб-системах конструкторского описания, 3D-моделей промышленных деталей и сборок // Труды Междунар. конф. «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM-2015)» / Под ред. *А.В. Толока*. 2015. С. 208–212.
11. *Войт Н.Н., Кириллов С.Ю., Уханова М.Е., Бочков С.И., Ионова И.С., Бригаднов С.И.* Метод извлечения проектных характеристик изделия из систем управления жизненным циклом сложных технических объектов // Радиотехника. 2019. Т. 83. № 9(14). С. 100–107. DOI: 10.18127/j00338486-201909(14)-15.
12. *Nikolay Voit, Maria Ukhanova, Sergey Brigadnov, Dmitry Kanev* Method to Get Assembly Design Parameters // INTERACTIVE SYSTEMS: Problems of Human–Computer Interaction. Collection of scientific papers. 2019. P. 82–96.
13. *Nikolay Voit, Maria Ukhanova, Sergey Kirillov, Semen Bochkov* Method to Create the Library of Workflows // INTERACTIVE SYSTEMS: Problems of Human–Computer Interaction. Collection of scientific papers. 2019. P. 97–207.
14. *Уханова М.Е.* Разработка семантической модели организационно-технических компонентов конструкторского проектирования на основе онтологии // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2018. Т. 16. № 11. С. 98–107. DOI: 10.18127/j20700814-201811-16.
15. *Афанасьев А.Н., Бригаднов С.И., Канев Д.С.* Разработка автоматизированной системы анализа проектных решений в САПР КОМПАС-3D // Автоматизация процессов управления. 2018. № 1(51). С. 108–117.

Поступила 28 ноября 2019 г.

# Development and research of information flows in design systems and agreement of design documents for designing complex technical products

© Authors, 2020

© Radiotekhnika, 2020

**N.N. Voit** – Ph.D.(Eng.), Associate Professor, Head of Laboratory of Innovative Virtual Design and Training Technologies of Department of Scientific Research and Innovation, Department «Computer Engineering», Ulyanovsk State Technical University  
E-mail: n.voit@ulstu.ru

**M.E. Ukhanova** – Post-graduate Student, Department «Computer Engineering», Ulyanovsk State Technical University  
E-mail: mari-u@inbox.ru

**D.S. Kanev** – Ph.D.(Eng.), Head of Scientific and Technical Department, Ulyanovsk State Technical University  
E-mail: dima.kanev@gmail.com

**A.S. Stepanov** – Junior Research Scientist, Department «Computer Engineering», Ulyanovsk State Technical University  
E-mail: step\_al\_ul@mail.ru

**V.A. Gordeev** – Junior Research Scientist, Department «Computer Engineering», Ulyanovsk State Technical University  
E-mail: gordevlad@yandex.ru

## Abstract

Successful implementation of the State program for the development of industry directly depends on which set of technologies will ensure the creation of new models of equipment. As the President of the Russian Federation V.V. Putin: «the world is experiencing a real revolution in the economy, technology, knowledge. Obviously, such profound transformations will affect – they cannot but affect, they will certainly affect – the military sphere, the condition of the armies of the leading countries of the world. And we need to not only take these trends into account, but take military planning and construction as the basis» (an expanded meeting of the Russian Defense Ministry board on December 22, 2017). The digital transformation in industry is based on the use of advanced manufacturing technologies, including virtualization. The advanced virtualization technology, the integrator technology, which makes a significant contribution to the design and creation of new types of equipment in the shortest possible time and to ensure superior technical characteristics over analogs, is the Digital Twin. As a rule, invariant tools are used to create digital doubles, which are successfully used to solve complex technical problems in various high-tech industries (digital platforms, multi-level matrices of target indicators and resource limitations, virtual tests, virtual stands and virtual polygons, intelligent assistant systems).

For enterprises of the military-industrial complex (MIC), producing special-purpose equipment, the process of transition to paperless production becomes relevant. The first step to such a production is the introduction of a PLM system and electronic approval of design documentation (CD). The presence of an electronic product model, electronic approval of documentation for design preparation of production, and complete documentation on the product, collected in a single system, taking into account its life cycle (LC), is one of the requirements of Industry 4.0. It should be noted that most manufacturing enterprises are not developers of design documentation, the main task of the design bureau (design bureau) is to accompany the product during production. Moreover, the documentation from the holders of the originals comes in paper form, and the documentation for stand equipment acts as the developed documentation. Since the manufacturing enterprise is not the main developer of CD, the task of electronic approval of preliminary notifications (PIs) sent to holders of scripts to make changes to the CD is relevant. In the process of developing PI, the problem arises of maintaining the current version of the electronic structure of the product and the current version of the electronic CD (ECD), taking into account the changes. According to the technology of paperless production, the current version of the electronic documentation should be in the production workshops, however, according to GOST 2. 503-2013 [3], the documentation does not change according to the PI, the copy holder does not have the right to make changes to the document of a third-party organization, and each change to the document is new version of the document, so there is a problem. It should also be noted that one of the conditions for the efficient operation of an enterprise is the effective interaction of all its constituent units and structures, including information. An important factor in effective work is the identification and elimination of errors in the presentation and interaction of data.

This work contributes to solving the problem of automation of designing workflows in terms of developing a conceptual model of the workflow of the formation and coordination of design documentation for the design of complex technical products.

## Keywords

*Design preparation of production, work flows.*

**The study was carried out with the financial support of the Russian Federal Property Fund in the framework of the scientific project № 17-07-01417.**

**The study was financially supported by the Russian Federal Property Fund and the Government of the Ulyanovsk Region as part of a scientific project № 18-47-730032.**

The study was supported by a grant from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, project № 2.1615.2017/4.6.

DOI: 10.18127/j20700814-202001-02

## References

1. *Afanasev A.N., Voit N.N., Ukhanova M.E., Ionova I.S., Epifanov V.V.* Analiz konstruktorsko-tehnologicheskikh potokov rabot v usloviyakh krupnogo radiotekhnicheskogo predpriyatiya. Radiotekhnika. 2017. № 6. S. 49–58. (In Russian).
2. Workflow Handbook 2005. Ed. by *Layna Fischer*. Workflow Management Coalition. 2005.
3. GOST 2. 503-2013 Edinaya sistema konstruktorskoj dokumentatsii (ESKD). Pravila vneseniya izmenenii. (In Russian).
4. *Karpov Yu.G.* MODEL CHECKING. Verifikatsiya parallelnykh i raspredelennykh programnykh sistem. SPb.: BKHV-Peterburg. 2010. 560 s. (In Russian).
5. *Kalyanov G.N.* Modelirovanie, analiz, reorganizatsiya i optimizatsiya biznes-protsessov: Ucheb. posobie. M.: Finansy i statistika. 2006. 240 s. URL = <http://www.twirpx.com/file/2204790/> (data obrashcheniya: 13.11.2017). (In Russian).
6. *Stratilatova N.N., Skirmunt V.K., Egorov A.S., Yurygina Yu.S., Anisimov A.S., Lakhin O.I., Chekhov A.V.* Sozdanie sistemy upravleniya intellektualnoi sobstvennostyu na osnove ispolzovaniya baz znaniy (ontologii) i multiagentnykh tekhnologii. Trudy Mezhdunar. nauchno-tekhnich. konf. «Perspektivnye informatsionnye tekhnologii (PIT-2016)». 26–28 aprelya 2016 g. Samara, Rossiya. Samara: SamNTs RAN. 2016. S. 374–377. (In Russian).
7. *Lakhin O.I., Yurygina Yu.S., Anisimov A.S.* Printsipy postroeniya sistemy upravleniya znaniyami predpriyatii raketno-kosmicheskoi promyshlennosti. Ontologiya proektirovaniya. 2017. T. 7. № 3(25). S. 270–283. (In Russian).
8. *Skobelev P.O.* Ontologii deyatelnosti dlya situatsionnogo upravleniya predpriyatiem v realnom vremeni. Ontologiya proektirovaniya. 2012. № 1(3). S. 26–48. (In Russian).
9. *Goncharuk Yu.O.* Problemy sozdaniya i vnedreniya modeli biznes-protsessov predpriyatiya v forme Workflow System. Sb. nauchnykh trudov VI Vseros. konf. «Resursoeffektivnym tekhnologiyam – energiyu i entuziazm molodykh». 22–24 aprelya 2015 g. Tomsk. S. 263–272. (In Russian).
10. *Afanasev A.N., Voit N.N.* Razrabotka i issledovanie sredstv izvlecheniya iz SAPR KOMPAS-3D i predstavleniya v veb-sistemakh konstruktorskogo opisaniya, 3D-modelei promyshlennykh detalei i sborok. Trudy Mezhdunar. konf. «Sistemy proektirovaniya, tekhnologicheskoi podgotovki proizvodstva i upravleniya etapami zhiznennogo tsikla promyshlennogo produkta (SAD/CAM/PDM-2015)». Pod red. *A.V. Toloka*. 2015. S. 208–212. (In Russian).
11. *Voit N.N., Kirillov S.Yu., Ukhanova M.E., Bochkov S.I., Ionova I.S., Brigadnov S.I.* Metod izvlecheniya proektnykh kharakteristik izdeliya iz sistem upravleniya zhiznennym tsiklom slozhnykh tekhnicheskikh obiektov. Radiotekhnika. 2019. T. 83. № 9(14). S. 100–107. DOI: 10.18127/j00338486-201909(14)-15. (In Russian).
12. *Nikolay Voit, Maria Ukhanova, Sergey Brigadnov, Dmitry Kanev* Method to Get Assembly Design Parameters. INTERACTIVE SYSTEMS: Problems of Human–Computer Interaction. Collection of scientific papers. 2019. P. 82–96.
13. *Nikolay Voit, Maria Ukhanova, Sergey Kirillov, Semen Bochkov* Method to Create the Library of Workflows. INTERACTIVE SYSTEMS: Problems of Human–Computer Interaction. Collection of scientific papers. 2019. P. 97–207.
14. *Ukhanova M.E.* Razrabotka semanticheskoi modeli organizatsionno-tehnicheskikh komponentov konstruktorskogo proektirovaniya na osnove ontologii. Informatsionno-izmeritelnye i upravlyayushchie sistemy. 2018. T. 16. № 11. S. 98–107. DOI: 10.18127/j20700814-201811-16. (In Russian).
15. *Afanasev A.H., Brigadnov S.I., Kanev D.S.* Razrabotka avtomatizirovannoi sistemy analiza proektnykh reshenii v SAPR KOMPAS-3D. Avtomatizatsiya protsessov upravleniya. 2018. № 1(51). S. 108–117. (In Russian).