

УДК 338.31

10.17213/2075-2067-2019-3-75-85

## АНАЛИЗ ДОГОВОРНЫХ ОТНОШЕНИЙ РАЗРАБОТЧИКА И ИЗГОТОВИТЕЛЯ В КТПП

© 2019 г. А. С. Скоробогатов

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого*

*Статья посвящена анализу бизнес-процессов машиностроительных предприятий России в области конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП). Цифровая трансформация всех направлений экономики и развитие Индустрии 4,0 требуют пересмотра систем управления бизнес-процессами на предприятиях и перевода их из традиционной *sbcntvs* в цифровую.*

*В статье подробно исследована ситуация, часто встречающаяся на предприятиях ОПК при проведении КТПП. Взаимодействуя по традиционной схеме, при проведении работ «КБ-Разработчик» (Разработчик) и «Завод-Изготовитель» (Изготовитель) дублируют ряд операций, изготавливая совместно изделие. Таким образом, это порождает ряд негативных факторов: возникновение новых ошибок, увеличение срока на проведение КТПП и выпуск изделий, дополнительные финансовые и трудовые затраты. В цифровом поле при сквозном проектировании эти факторы можно исключить, решающим при этом является договор на конструкторское сопровождение, заключенный между двумя организациями — Разработчиком и Изготовителем. Автором рассмотрены бизнес-процессы конструкторско-технологической подготовки производства на операционном уровне и при помощи сравнительного анализа в цифровой среде перераспределены обязанности каждой организации. Также одним из основных факторов в традиционной КТПП, требующим внимания, является существующее разделение на конструкторскую и технологическую подготовку производства. В цифровом поле это разделение становится менее заметным, и обязанности конструкторов и технологов могут перераспределяться в зависимости от выполняемых задач. Распределение обязанностей на уровне различных взаимодействующих между собой организаций происходит путем изменения договорных отношений. Выявлены негативные и позитивные стороны операций в традиционной и цифровой системе конструкторско-технологической подготовки производства. Разработаны предложения по изменению договорных отношений, позволяющие оптимизировать трудовые, временные и финансовые затраты Разработчика и Изготовителя.*

*Ключевые слова: цифровая трансформация; конструкторско-технологическая подготовка производства; сквозное проектирование; машиностроительное предприятие; договорные отношения; разработчик; изготовитель.*

*The article is devoted to the analysis of business processes of machine-building enterprises of Russia in the field of design and technological preparation of production. The digital transformation of all areas of the economy and the development of Industry 4.0 require a revision of business process management systems in enterprises and transfer them from traditional to digital system.*

*The article examines in detail the situation often encountered at the enterprises of the military-industrial complex during the design and technological preparation of production. Interacting according to the traditional scheme, when carrying out the «Developer» (the Developer) and*

*«Manufacturer» (the Manufacturer) to duplicate the series of operations, jointly producing the product. Thus-this generates a number of negative factors: the emergence of new errors, an increase in the period for the design and technological preparation of production and production of products, additional financial and labor costs. In the digital field in the end-to-end design, these factors can be eliminated, while the decisive is the contract for design support concluded between the two organizations, the Developer and the Manufacturer. The author considers the business processes of design and technological preparation of production at the operational level and with the help of comparative analysis in the digital environment redistributed responsibilities of each organization. It is also one of the main factors in the traditional design and technological preparation of production, the existing division into design and technological preparation of production is requiring attention. In the digital field, this division becomes less noticeable and the duties of designers and technologists can be redistributed depending on the tasks performed. The distribution of responsibilities at the level of various interacting organizations occurs by changing the contractual relationship. The negative and positive aspects of operations in the traditional and digital system of design and technological preparation of production are revealed. Proposals to change the contractual relationship to optimize the labor, time and financial costs of the Developer and the Manufacturer.*

*Key words: digital transformation; design and technological preparation of production; end-to-end design; machine-building enterprise; contractual relations; developer; manufacturer.*

### **Введение**

Машиностроительные предприятия России, начиная с 1991 года, ведут активную борьбу на мировых рынках товаров и услуг. Переход России от плановой к рыночной экономике заставил предприятия принять вызовы и работать, ориентируясь на передовые технологии, а также постоянно меняться [9]. К 2019 году действующие предприятия в России провели перевооружение производственных мощностей. Во многом этому факту способствовали принятые в ответ на санкции правительством России программы импортозамещения до 2020 года и Государственная программа развития вооружений на 2007–2015 годы (ГПВ-2015), получившая развитие уже в рамках ГПВ-2025, которые предоставили новые возможности для развития предприятий. Перевооружение производственных мощностей в России было произведено с внедрением цифровых технологий и привело к глобальным изменениям во всех сферах экономической деятельности предприятий.

Системы управления бизнес-процессами жизненного цикла изделия и стороннего взаимодействия на машиностроительных предприятиях России, принцип работы которых

был сформирован в Советские годы (1922–1991 гг.) и которые оставались неизменными до недавнего времени, сегодня требуют изменения. Очевидно, что для внедрения качественных изменений требуется проведение анализа систем, а также разработки и реализации мероприятий с применением научных подходов.

Не стали исключением процессы КТПП машиностроительных предприятий. Процесс сквозного проектирования изделий невозможно представить без его проведения в единой среде КТПП. В условиях рыночной экономики взаимодействие Разработчика и Изготовителя осуществляется на договорной основе. В большинстве случаев Изготовитель получает от Разработчика по договору комплект КД, на основании которой проводит свою внутреннюю конструкторско-технологическую подготовку производства. Такая система взаимодействия, сформированная еще в советские годы, предполагает, что Изготовитель на основании КД проводит полный цикл КТПП самостоятельно, что явно определяет разрыв процесса сквозного проектирования [10]. С внедрением цифровых технологий и появлением возможностей проведения сквозного проектирования такая

система взаимодействия между Разработчиком и Изготовителем требует изменений. Для понимания, в какой области требуется проведение изменений в договорных отношениях двух сторон по проведению КТПП, выполнен анализ схемы взаимодействия.

### 1. Анализ систем и бизнес-процессов наиболее эффективного управления КТПП

Анализ существующих знаний о бизнес-процессах, различных ученых и специалистов показывает, что применение цифровых технологий позволяет достичь наибольшей эффективности в управлении КТПП (рис. 1).

Из теории о бизнес-процессах следует, что они могут подвергаться изменениям

в двух направлениях: реинжинирингу и оптимизации с различными характерными показателями [6].

Из таблицы 1 следует, что для коренных изменений в бизнес-процессе наиболее эффективны информационные технологии. С приходом четвертой промышленной революции их интеграция в производство все заметнее. В настоящее время ключевыми компонентами информационных технологий для решения производственных задач, являются:

- промышленный Интернет (Industrial Internet);
- промышленный Интернет вещей (Industrial Internet of Things);
- облачные и туманные вычисления (Cloud and Fog Computing);

Таблица 1

#### Сравнение подходов реинжиниринга и оптимизации бизнес-процесса

№	Параметр сравнения	Параметры при реинжиниринге	Параметры при оптимизации
1	Степень изменений	радикальная	плановая
2	Отправная точка	нет	существующий бизнес-процесс
3	Частота изменений	разовое мероприятие	непрерывные/разовые изменения
4	Временные затраты	большие (длительные изменения)	малые (краткосрочные изменения)
5	Направление внедрения	сверху вниз	снизу вверх
6	Степень риска	высокая	умеренная
7	Основное средство	информационные технологии	статическое управление

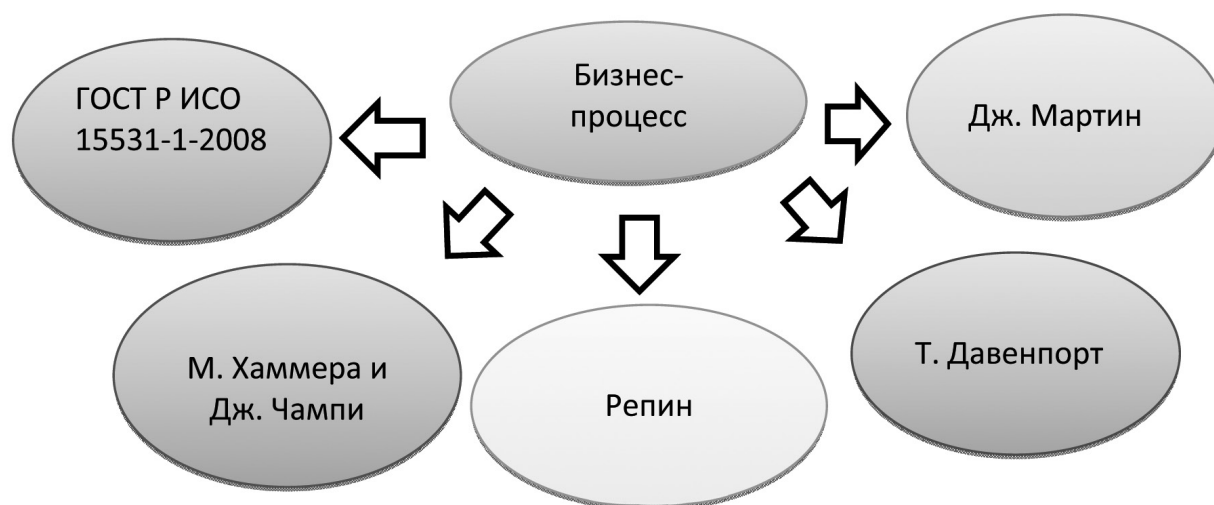


Рис. 1. Определение бизнес-процессов

- умные сети (Smart Grid);
- машинное обучение (Big Data);
- дополненная реальность (Augmented Reality);
- глубокий анализ данных (Date Mining);
- цифровые предприятия (Digital Enterprise).

## 2. Анализ процессов традиционной и цифровой КТПП

Классическая схема КТПП на машиностроительных предприятиях предполагает прохождение цепочки создания ценностей, где в основе лежит конструкторская документация изделия, а на выходе — изделие, соответствующее ей. Данная схема существовала при централизованной системе управления, где указания, что, когда и в каких количествах необходимо изготовить, приходили «сверху». В современных условиях, когда внешние условия диктует рыночная среда для предприятий машиностроения, проведение КТПП по такой схеме не охватывает интересы всей цепочки создания ценностей [3]. Все участники производственного процесса (снабжение, производственные площадки, КБ и ТБ) имеют возможность влиять на результат [5], но для реализации данных возможностей не-

обходима реорганизация КТПП на предприятиях и перевод в цифровое поле [2].

На базе платформы, обеспечиваемой единым информационным пространством, для проведения КТПП применяются CAE/CAD/CAM-системы [1].

CAE/CAD/CAM-системы относятся к системам автоматизированного проектирования. Такими учеными, как И. П. Норенков, Е. Ф. Жигалов, Я. Е. Львович, П. В. Митрохин, В. Т. Лещев, М. М. Егоров, А. В. Казакова, Т. Я. Кроль и др. было изучено и решено много вопросов, касающихся функционирования данных систем. Для работы систем CAE/CAD/CAM в единой информационной среде на машиностроительных предприятиях применяют PDM-системы [12]. Системы PDM могут быть как самостоятельными, так и входить в состав какой-либо из конкретных САПР [16].

На практике выбор и применение САПР зависит от многих факторов, начиная от предпочтений пользователей и заканчивая возможностями выделенного бюджета. 80% российских машиностроительных предприятий используют отечественные продукты (Компас, Adem, T-FLEX) [8, 13], остальные применяют зарубежные аналоги

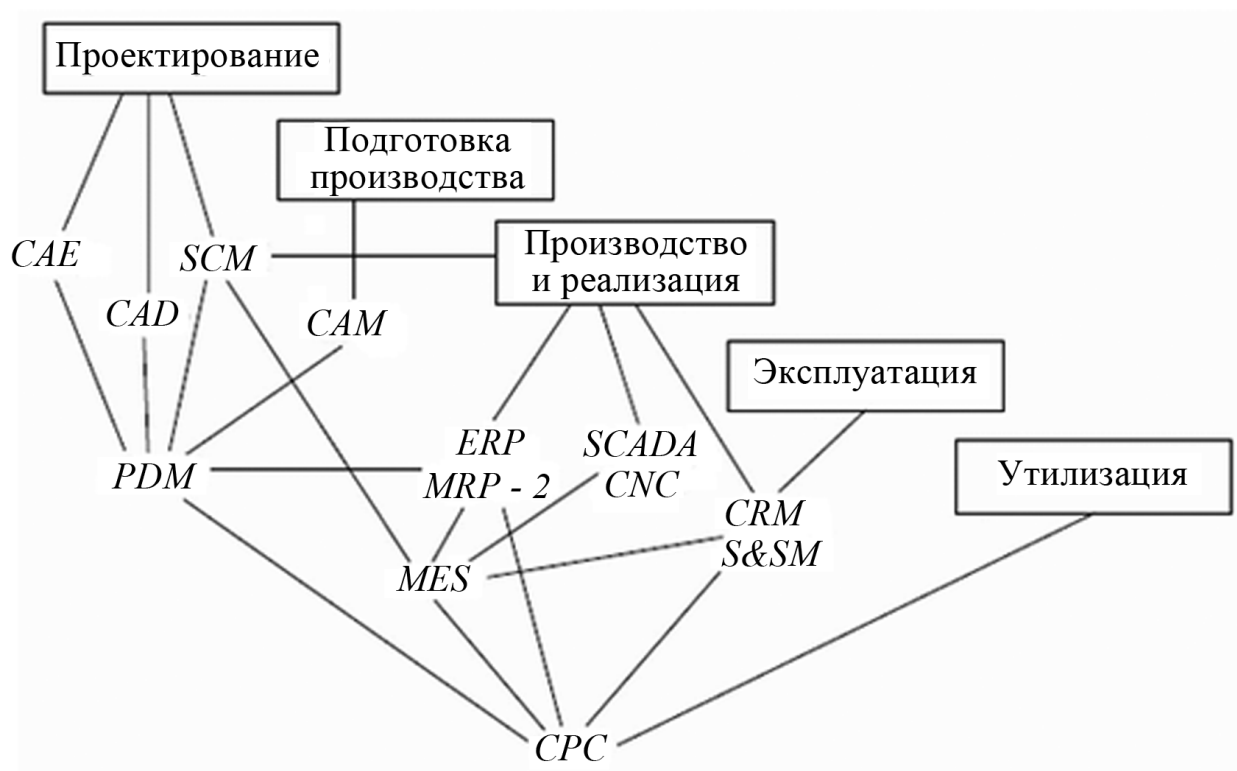


Рис. 2. Этапы жизненного цикла изделий и используемые цифровые технологии

(SolidWorks, Solid Edge, AutoCAD, Inventor) [7, 11, 15, 18–20].

Основной задачей компьютерного проектирования является построение пространственной геометрической модели (3D-модели) с максимальным количеством приближений по характеристикам к изделию. Такая модель может быть применена на различных стадиях жизненного цикла изделия (изготовлении, испытаниях и т.п.), что позволяет снизить себестоимость при изготовлении изделия (рис. 3).

САПР позволяет повысить качество изделия, снизить все виды материальных затрат, сроки проектирования и число инженерно-технических работников, занятых КТПП на машиностроительном предприятии [14].

В таблице 2 приведены системы САПР машиностроительных предприятий для проведения КТПП.

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) получают 2D/3D-модели из САД-системы и позволяют провести доработку под оборудование машиностроительного предприятия.

САМ-системы позволяют также строить геометрические модели, для чего в сис-

темах встроен редактор. Системы для управления технологическими процессами при проведении КТПП представлены в таблице 3 [17].

Цифровая КТПП, в отличие от традиционной, позволяет решить следующие задачи прикладного характера:

- индивидуального подхода при выпуске изделий;
- применения технологий с минимальным временем переналадки;
- минимизации времени на выпуск изделий;
- организации цифрового планирования с цепями поставок;
- организации гарантийного и постгарантийного обслуживания изделия.

Вступление в Индустрию 4.0 дает новые возможности по организации и управлению КТПП на новом уровне, отличном от традиционного подхода. Технологии, позволяющие изготавливать различные детали, узлы и изделия с минимальными временными интервалами в подготовке производства, — это то перспективное направление, которое требует внимания.

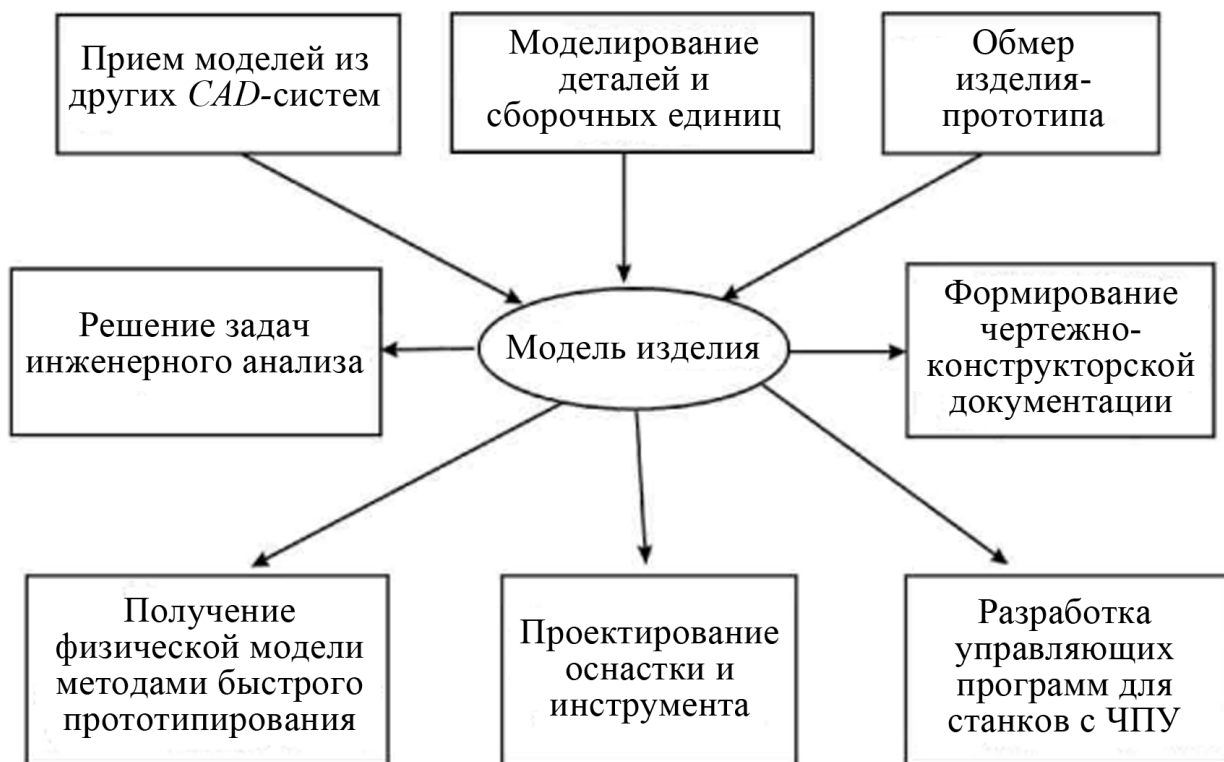


Рис. 3. Пространственная геометрическая модель проектируемого изделия

Таблица 2

## Системы САПР для проведения КТПП

№	Название системы	Компания-изготовитель	Страна-изготовитель	Описание системы	Примечание
1	SolidWorks	Corp.	США	Система гибридного 3D-моделирования, позволяющая проводить различные экспресс-анализы разрабатываемых моделей, оформлять конструкторскую документацию согласно ЕСКД	
2	AutoCAD	Autodesk Inventor	США	Многофункциональная базовая система для выполнения задач автоматизированного проектирования, которая сочетает функции как 2D, так и 3D-моделирования	Autodesk Inventor — программный продукт Autodesk, предназначенный для трехмерного моделирования
3	КОМПАС	Аскон	Россия	Система для процесса объемного и параметрического проектирования — от идеи к созданию ассоциативной 3D-модели, а от модели — к подготовке конструкторской документации	
4	ADEM	ADEM	Россия	Система, позволяющая решать задачи, начиная с формирования идеи изделия и заканчивая выпуском комплекта конструкторской и технологической документации, а также УП для станков с ЧПУ	
5	T-Flex CAD	Топ Системы	Россия	Система не разделяет файлы на чертежи, детали и сборки. Документ T-FLEX CAD может содержать любые типы объектов, с которыми работает: конструктор — 3D-модели и сборки, конечно элементные задачи, задачи динамического анализа, 2D-чертежи деталей и сборочных конструкций, спецификации и другую текстовую документацию	

Окончание таблицы 2

6	Solid Edge	Siemens	США	Система предлагает инструменты для разработки деталей и сборок, а также создания чертежей, управления конструкторскими данными, обладает встроенными средствами конечно элементного анализа (МКЭ)
7	NX	Siemens PLM Software	США	Система «высокого» уровня, решающая весь комплекс задач КТПП при создании изделий любой сложности
8	NanoCAD	Нанософт	Россия	Система графическая чертежная
9	CREO Parametric	Parametric Technology Corporation (PTC)	США	Система, позволяющая разрабатывать изделия любого уровня сложности и разнообразной специфики

Таблица 3

**Системы САПР для управления технологическими процессами при проведении КТПП**

№	Название системы	Компания-изготовитель	Страна-изготовитель	Описание системы
1	EdgeCAM	Pathtrace Engineering Ltd	Великобритания	Система для моделирования, создания, проверки и оптимизации УП для станков с ЧПУ, являющаяся мощным инструментом для решения всех задач производственного процесса от создания компьютерной модели детали до получения и передачи управляющей программы на станки с ЧПУ
2	ГеММа-3D	НТЦ ГеММа	Россия	Система геометрического моделирования и создания УП для оборудования с ЧПУ
3	CncKad	Metalix CAD/CAM Ltd	Израиль	Система, комбинирующая средства для черчения и обработки: они взаимозависимы таким образом, что при внесении изменений в КД данные изменения автоматически отразятся в размерах и обработке
4	PowerMill	Delcam Plc.	Великобритания	Система подготовки УП для фрезерной обработки изделий
5	SprutCAM	СПРУТ-Технология	Россия	Система, предназначенная для разработки УП для обработки деталей различной степени сложности на различных станках (фрезерном, токарном, режущем)

### 3. Исследование факторов, влияющих на качественную КТПП в цифровом пространстве

Традиционно сложившаяся система взаимодействия Разработчика и Изготовителя, представленная на рисунке 4, показывает, что происходит дублирование ряда процессов.

Построение 3D-модели у разработчика необходимо при проектировании изделия, а у Изготовителя — при разработке технологии. Разработчик при составлении спецификации формирует состав изделия, и Изготовитель при составлении маршрутной технологии вынужден формировать состав изделия.

Наиболее целесообразно в этом случае объединить усилия Разработчика и Изготовителя и при помощи существующих цифровых технологий сквозного проектирования производить ряд процессов единовременно [4].

На рисунке 5 представлена авторская модель взаимодействия Разработчика и Изготовителя, которая позволяет исключить дублирование процессов.

Вся работа производится в цифровом поле, что делает ее прозрачной. Внесение изменений в ходе проведения работ в авторской модели также распределено между организациями.

### 4. Итоговые выводы по результатам исследования и рекомендации по изменению договорных отношений между Разработчиком и Изготовителем

Разработчик и Изготовитель должны работать в единой системе сквозного проектирования. Разработчик и Изготовитель, работая в цифровом пространстве, могут брать на себя различные функции по КТПП. С применением цифровых технологий идет перераспределение функций в КТПП.

1. В отношении 3D-моделей взаимодействие складывается следующим образом. 3D-модель, сформированная конструктором Разработчика, является рабочей моделью для технолога Изготовителя и не подвергается изменению без Разработчика, только сам Разработчик вносит изменения. Данная 3D-модель применяется также и для станков с программным управлением, при помощи которых изготавливаются детали. Изготовитель получает возможность экономить время на проектировании 3D-моделей.

2. В отношении состава изделия в электронном виде: спецификация и состав изделия в электронном виде тоже едины для Разработчика и Изготовителя, что позволяет



Рис. 4. Цикл КТПП модель традиционного процесса





**Рис. 5.** Цикл КТПП модель цифровой системы

объединить в цифровой системе работу двух организаций. При проведении изменений Разработчик автоматически проводит изменения для Изготовителя. При работе в цифровой системе происходит перераспределение обязанностей.

Опасность потери общей информации Изготовителем возможно исключить программным способом путем периодического сохранения последней актуальной версии в системе. Также происходит возложение ответственности на ту организацию, в обязанности которой войдут те или иные функции. Ответственность за ошибки в 3D-модели или составе изделия несет Разработчик, что требует внедрения процедуры проверки.

Закрепление обязанностей за Разработчиком и Изготовителем происходит при помощи процедуры договорных отношений. В договоре указываются обязанности каждой организации и степень ответственности.

В заключение можно обозначить положительные и отрицательные стороны перераспределения обязанностей Разработчика и Изготовителя при проведении КТПП с применением методов сквозного проектирования.

Положительные стороны:

- 1) позволяет ускорить процессы КТПП;
- 2) позволяет ускорить процесс изготовления изделий;
- 3) уменьшает количество ошибок на стадии КТПП;
- 4) позволяет организовать централизованное управление изменениями;
- 5) уменьшает трудозатраты технологов Изготовителя при проведении КТПП.

Отрицательные стороны:

- 1) увеличение трудозатрат Разработчика;
- 2) увеличение ответственности Разработчика;
- 3) увеличение для Изготовителя рисков, связанных с расторжением договора на конструкторское сопровождение, что приводит к отсутствию возможности управлять информацией по изделию.

### Литература

1. Быков А. В. АДЕМ: История достижения цели / А. В. Быков [Текст] // САПР и графика. — 2012. — №3. — С. 64–67.
2. Жигалова Е. Ф. Автоматизация конструкторского и технологического проектирования: учебное пособие / Е. Ф. Жигалова.

[Текст] — Томск: ФДО, ТУСУР, 2016. — 201 с.

3. Кобзев В. В., Измайлов М. К. Состояние машиностроительного комплекса, проблемы и особенности воспроизводства основных фондов [Текст] // Организатор производства. — 2017 — №1 (25). — С. 69–83.

4. Кобзев В. В., Радаев А. Е. Инструментарий управления высокотехнологичным производством промышленных предприятий на основе имитационного моделирования [Текст] // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. — 2013. — №6-2 (185). — С. 138–144.

5. Оно Т. Производственная система Тойоты. Уходя от массового производства. [Текст] / Пер. с англ. — М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2005. — 192 с.

6. Радаев А. Е., Кобзев В. В. Система показателей для выбора и реализации управленческих решений в высокотехнологичном производстве предприятия машиностроения [Текст] // Теория и инструментарий развития инновационной экономики в период глобальной рецессии: коллективная монография; под ред. А. В. Бабкина. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. — С. 681–711.

7. Серавкин А. Autodesk Inventor Series — проблемы выбора не существует! / А. Серавкин [Текст] // САПР и графика. — 2002. — №6.

8. Силин В. В. ADEM — недостающее звено в автоматизации процесса КТПП / В. В. Силин, А. В. Быков [Текст] // Рациональное Управление Предприятием. — 2006. — №1. — С. 46–48.

9. Скоробогатов А. С. Проблемы обоснования эффективности конструкторско-технологических изменений на предприятиях машиностроения [Текст] / А. С. Скоробогатов, В. В. Кобзев, А. Е. Радаев // Новая экономическая реальность, кластерные инициативы и развитие промышленности (ИН-ПРОМ-2016): тр. межд. науч.-практ. конф. 19–26 мая 2016 / под ред. д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. — С. 384–389.

10. Скоробогатов А. С. Подход к решению задачи обоснования технологии изготовления готовой продукции промышленного предприятия [Текст] / А. С. Скоробогатов,

В. В. Кобзев // Цифровая экономика и «Индустрия 4.0»: проблемы и перспективы; труды научно-практической конференции с международным участием / под ред. д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2017. — С. 662–667.

11. Филиппов А. Edge САМ — автоматизированное проектирование с большой буквы / А. Филиппов [Текст] // САПР и графика. — 2003. — №8.

12. Яблочников Е. И. Организация единого информационного пространства технической подготовки производства с использованием PDM SmarTeam. [Текст] // Информационные технологии в проектировании и производстве / Яблочников Е. И. — 2006. — №3. — С. 22–29.

13. T-FLEX CAD: Пользователи работают, конкуренты отдыхают [Текст] / САПР и графика. — 2007. — №1. — С. 56–76.

14. Weisberg D. E. The Engineering Design Revolution. [Text] — 2008.

15. McFarlane B. Modelling with AutoCAD 2002 [Text] / Bob McFarlane. — Curriculum Manager CAD and New Media, Motherwell College, Autodesk Educational Developer. Oxford. — 2002.

16. Норенков И. П. «Основы САПР». Электронный образовательный ресурс МГТУ им Н. Э. Баумана [Электронный ресурс] / И. П. Норенков, В. А. Трудоношин, М. Ю. Уваров, Е. В. Федорук. Параметрическая САПР T-Flex. — 2002. — Режим доступа: <http://bigor.bmstu.ru>. (Дата обращения: 25.03.2019 г.).

17. Филиппов А. Edge САМ 9: революция в программном обеспечении для станков с ЧПУ продолжается [Электронный ресурс] / А. Филиппов — Режим доступа: [http://www.cad.ru/ru/presscentre/publication/detail.php?ID=2243&sphrase\\_id=28011](http://www.cad.ru/ru/presscentre/publication/detail.php?ID=2243&sphrase_id=28011). (Дата обращения: 26.03.2019 г.).

18. Ярес Э. Почему так важен Solid Edge. Часть 1. Немного истории [Электронный ресурс] / Ярес Эван — Режим доступа: [http://isicad.ru/ru/articles.php?article\\_num=15373](http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=15373). (Дата обращения: 23.03.2019 г.).

19. Autodesk Inventor: Новый взгляд на машиностроительное проектирование [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.cad.dp.ua/obzors/inventor.php>. (Дата обращения: 24.03.2019 г.).

20. Inventor-3D-САПР для машиностроительного проектирования — Autodesk [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.autodesk.ru/adsk/servlet/pc/index?siteID=871736&id=14569066>. (Дата обращения: 26.03.2019 г.).

Поступила в редакцию

15 декабря 2018 г.



**Скоробогатов Андрей Сергеевич** — аспирант Высшей школы управления и бизнеса ИПМЭиТ Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

**Skorobogatov Andrey Sergeevich** — post-graduate student of the Higher school of management and business Institute of industrial management, Economics and trade of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.

195251, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29  
29 Polytekhnicheskaya st., 195251, Saint-Petersburg, Russia  
Тел.: +7 (812) 775-05-30; e-mail: [office@spbstu.ru](mailto:office@spbstu.ru)