

На правах рукописи

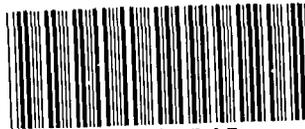
КОЛЫЧЕВ ВЛАДИМИР ДМИТРИЕВИЧ

**МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ
КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКОЙ
ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИМЕРЕ МЕЛКОСЕРИЙНОГО
МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в вычислительной технике)
05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в информационных системах)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Автор:



006649845

18 МАЙ 2016

Москва 2016

Работа выполнена в Национальном исследовательском ядерном университете «МИФИ»

- Научные руководители:** **Леонова Наталия Михайловна**
доктор технических наук, профессор кафедры «Информатика и процессы управления» НИЯУ МИФИ, г. Москва
- Румянцев Виктор Петрович**
кандидат технических наук, доцент кафедры «Системный анализ» НИЯУ МИФИ, г. Москва
- Официальные оппоненты:** **Бурдо Георгий Борисович**
доктор технических наук, заведующий кафедрой «Технология и автоматизация машиностроения» федерального бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Тверской государственный технический университет» (ГТУ), г. Тверь
- Галин Илья Юрьевич**
кандидат технических наук, руководитель департамента внедрения АО «Научно-исследовательский центр «Прикладная логистика», г. Москва
- Ведущая организация:** Акционерное общество «Военно-промышленная корпорация «Научно-производственное объединение машиностроения», г. Реутов, Московская область

Защита состоится «22» июня 2016 г. в 15.00 часов. на заседании диссертационного совета Д 212.130.03 на базе Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» по адресу: 115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» и на сайте: <http://ods.mephi.ru>.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просьба направлять по адресу: 115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31, диссертационные советы НИЯУ МИФИ (тел. +7(499)324-84-98).

Автореферат разослан «12» «06» 2016 года

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.130.03
доктор технических наук, доцент



Н.М. Леонова

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Создание инновационной продукции, внедрение эффективных ресурсосберегающих технологий производства, организация и управление технологической цепочкой на основе автоматизированных информационных систем являются основными инструментами и методами организации устойчивого экономического развития промышленных предприятий на основе концепции управления жизненным циклом изделия.

Методы поэтапного управления жизненным циклом используются в производственном и проектном менеджменте и позволяют повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции, эффективно управляя материальными и денежными потоками, особенно в условиях мелкосерийного многономенклатурного производства в рамках процессного подхода к управлению и автоматизации. Качество продукции промышленных предприятий существенным образом определяется стадиями жизненного цикла, связанными с конструкторско-технологической подготовкой производства, определяя показатели эффективности и эксплуатационно-технические характеристики изделий, их конструктивные параметры. При управлении производственными процессами необходимо учитывать уровень ресурсного обеспечения, требуемые материальные затраты, сроки производства, требования заказчиков и конечных потребителей к инновационной продукции. При сокращении объема партии и увеличении числа модификаций каждого вида продукции возрастает доля материальных и ресурсных затрат, приходящихся на этапы подготовки производства: проектирование, испытания, освоение – причем на изготовление изделия, как правило, будет затрачиваться незначительная часть всего времени выполнения заказа. Следовательно, основные резервы сокращения времени производственного цикла изделия и затрат на его производство лежат в сфере комплексной автоматизации производственных процессов.

В результате возникает задача автоматизированного планирования и управления стадиями жизненного цикла, используя проектно-ориентированный и системный подходы.

Разработке и исследованию математических моделей и методов управления производственными системами на основе информационных технологий, применению проектно-ориентированного подхода, созданию автоматизированных адаптивных систем управления промышленными предприятиями на основе концепции жизненного цикла изделия посвящены работы ведущих отечественных и зарубежных ученых Судова Е.В., Голенко-Гинзбурга Д.И., Туккеля И.Л., Левина А.И., Букова В.Н., Миронесецкого Н.Б., Соломенцева Ю.М., Братухина А.Г., Ильина В.В., Новикова Д.А., Новицкого Н.И., Первозванского А.А., Португала В.М., Энгельке У.Д., Фатрелл Р.Т., Татевосова К.Г., Разумова И.М., Саломатина Н.А., Седегова Р.С., Шкурбы В.В., Козловой О.А., Макмиллана Ч., Думлера С.А. и др.

Современные методы управления конструкторско-технологическим документооборотом Workflow существенно расширяют функциональность автоматизированных информационных систем.

Таким образом, задача автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства с использованием методов математического моделирования,

планирования и управления проектами по временным, стоимостным и ресурсным параметрам является актуальной.

Цель диссертационного исследования – разработка методов и средств автоматизированного управления жизненным циклом продукции на основе проектно-ориентированного подхода на этапе конструкторско-технологической подготовки производства в условиях мелкосерийного многономенклатурного производства.

Достижение поставленной цели предусматривает решение следующих **задач диссертационного исследования:**

- выбор и обоснование структуры системы автоматизации процессов управления конструкторско-технологической подготовкой в условиях мелкосерийного многономенклатурного производства;

- формирование частных и обобщенных критериев оценки процессов конструкторско-технологической подготовки производства, учитывающие стоимостные, временные и ресурсные показатели;

- разработка математических моделей жизненного цикла с использованием детерминированных и стохастических методов;

- анализ процессов управления конструкторско-технологической подготовкой производства с использованием методов математического моделирования;

- разработка методов проектирования автоматизированной системы управления с использованием концепции жизненного цикла;

- разработка программного обеспечения автоматизированной системы управления жизненным циклом продукции на этапе конструкторско-технологической подготовки производства.

Объектом диссертационного исследования являются процессы планирования и управления конструкторско-технологической подготовкой производства.

Методы исследования. В работе использовались методы структурного системного анализа, математического и компьютерного моделирования, моделирования бизнес-процессов, методы управления проектами, методы теории массового обслуживания, математические методы сетевого планирования и управления проектными разработками, методы математического программирования, методы проектирования программного обеспечения.

Научная новизна заключается в следующем:

- предложена, обоснована и реализована концепция автоматизации процессов управления жизненным циклом изделий в условиях мелкосерийного многономенклатурного производства, обеспечивающая достижение заданных временных, стоимостных и ресурсных показателей;

- разработана совокупность математических моделей жизненного цикла, позволяющая получать итоговые характеристики проектируемых изделий при варьировании структуры и параметров режимов управления производственными процессами;

- предложен метод анализа процессов управления на этапе конструкторско-технологической подготовки производства, который позволяет выявить и исследовать взаимное влияние параметров планирования и управления и обосновать

конфигурацию автоматизированной информационной системы на этапе математического моделирования;

– разработана методика проектирования автоматизированной информационной системы управления жизненным циклом продукции, позволяющая учитывать ряд основных критериев, требований и условий к производственным процессам.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

– разработаны информационные и функциональные модели процессов конструкторско-технологической подготовки производства, которые позволяют использовать технологию управления потоками работ – WorkFlow;

– разработано, протестировано и внедрено программное обеспечение автоматизированной информационной системы конструкторско-технологической подготовки в условиях мелкосерийного и многономенклатурного производства;

– реализован набор программных средств, реализующих функции календарного, стоимостного и ресурсного планирования комплекса работ проектов «TSR Planner», «LCS Analyst», «NetOptim», «Project Optimization SoftWare Tool», «ProRisk Analysis».

– автоматизированная информационная система реализует возможность адаптации и настройки подсистем управления данными об изделиях и документообороте, что обеспечивает переносимость программного обеспечения и расширяет возможности его использования в условиях различных видов производств, позволяя сократить сроки подготовки конструкторской документации до 10%, снизить себестоимость продукции до 10%, сократить сроки разработки и выпуска конкурентоспособной продукции до 15%.

Основные положения, выносимые на защиту:

– детерминированные и стохастические математические модели процессов управления жизненным циклом изделий по временным, стоимостным и ресурсным параметрам;

– информационные и функциональные модели процессов планирования и управления данными об изделиях на этапе конструкторско-технологической подготовки производства;

– процедуры и результаты математического моделирования и параметрического анализа процессов управления жизненным циклом изделия;

– методика проектирования автоматизированной информационной системы управления жизненным циклом продукции, позволяющая сократить и повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции.

Внедрение результатов работы

Результаты диссертационного исследования использованы при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ между НИЯУ МИФИ и отраслевыми предприятиями при решении задач автоматизации деятельности опытного производства в условиях мелкосерийного многономенклатурного производства.

Теоретические и практические результаты, полученные в ходе выполнения диссертационной работы, использованы в учебном процессе НИЯУ МИФИ при разработке практических, лекционных, семинарских занятий и лабораторных работ по дисциплинам «Системный анализ», «Управление проектами», «Анализ инвестиционных проектов».

Получены акты о внедрении результатов диссертационной работы в научно-исследовательские и опытно-конструкторские предприятия, а также в рамках учебного процесса НИЯУ МИФИ.

Апробация работы:

Основные результаты диссертационного исследования докладывались на следующих конференциях:

Международной конференции «Высокотехнологичные малые предприятия HTSF 2015», г. Гронинген, Нидерланды, Университет Гронингена, 3-5 июня 2015 г.;

– Международной конференции «Высокотехнологичные малые предприятия HTSF 2014», г. Энсхеде, Нидерланды, Университет Твенте, 17-18 июня 2014 г.;

– Международной научно-практической конференции «Инновационные преобразования, приоритетные направления и тенденции развития в экономике, проектном менеджменте», Санкт-Петербург, 29-30 апреля 2014 г.;

– Международной научно-практической конференции «Современные направления развития гуманитарных наук», Пекин, КНР, 10-11 ноября 2011 г.;

– Конференции: «Экономические и правовые проблемы инновационного развития атомной отрасли», Москва, НИЯУ МИФИ, 3-5 февраля 2011 г.;

– XII международной научно-практической конференции «Системный анализ в проектировании и управлении», Санкт-Петербург, 24-26 июня 2008 г.;

– 2-ой международной конференции и выставке «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта CAD/CAM/PDM», Москва, 14-16 февраля 2002 г.

Результаты диссертационного исследования в составе демонстрационного стенда «Создание действующего макета интегрированной информационной среды на базе распределенного стенда виртуальной корпорации с использованием компонентов CALS – технологий» демонстрировались в качестве экспоната выставки «МИФИ-городу Москве–2004».

Достоверность результатов обеспечивается корректностью применяемого математического аппарата, доказанностью выводов, совпадением теоретических результатов с экспериментальными данными, а также успешной практической реализацией результатов в научно-практической и образовательной деятельности, апробацией на научно-практических конференциях, семинарах, выставках, внедрением результатов исследований в ряд разработок на промышленных предприятиях.

Публикации. Результаты диссертации отражены в 28 печатных работах, в числе которых 4 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 5 – в изданиях, индексируемых Scopus и в 7 свидетельствах об официальной регистрации программ для ЭВМ.

Личный вклад автора. Основные научные результаты, заключающиеся в разработке концепции автоматизации процессов управления жизненным циклом изделий в условиях мелкосерийного многономенклатурного производства, создании математических, информационных и функциональных моделей, разработке метода анализа процессов управления, проведении и выбора проектных решений на основе разработанной методики создания автоматизированной системы, получены автором лично.

Структура и объем работы. Диссертационная работа содержит 250 страниц машинописного текста, введение, четыре главы, заключение, список использованных источников и шесть приложений. Основная часть диссертации содержит 162 страницы текста, 84 рисунка и 12 таблиц. Список использованных источников включает 207 наименований, приложения составляют 74 страницы.

Основное содержание работы

Во введении рассматривается актуальность задачи автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства в условиях мелкосерийного и многономенклатурного характера выпуска продукции. Обосновывается необходимость поэтапного управления процессами жизненного цикла продукции с использованием методов анализа, проектирования и планирования, принимая во внимание показатели эффективности автоматизируемых процессов и конкурентоспособности выпускаемой продукции.

В первой главе обосновываются концепция и подходы к моделированию жизненного цикла изделия как основы построения автоматизированных информационных систем управления.

Показана целесообразность использования проектно-ориентированного и системного подходов к процессам планирования и управления проектами на современных промышленных предприятиях.

Рассматриваются наиболее распространенные виды задач управления жизненным циклом изделия в едином информационном пространстве предприятия с использованием методов управления проектами, основанных на концепции жизненного цикла изделия, рис. 1.

Предлагаются способы формирования нормативов на проектирование изделий на этапе КТПП, основанные на построении дерева изделия, а также методы расчета трудоемкости и сроков запуска-выпуска продукции в производство.

Раскрывается ведущая роль процессов конструкторско-технологической подготовки производства в планировании и управлении процессами жизненного цикла наукоемкой продукции.

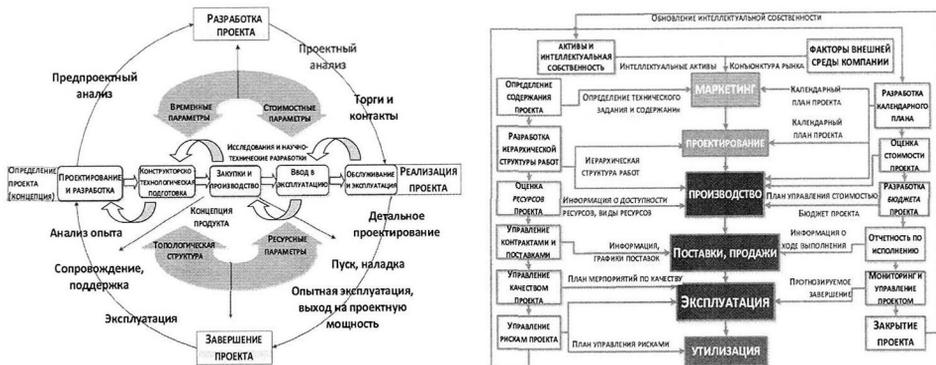


Рис. 1. Совмещенные модели ЖЦ изделия и проекта

Рассматриваются методы построения единой системы автоматизированного планирования и управления конструкторско-технологической подготовкой производства в условиях мелкосерийного и многономенклатурного выпуска продукции с использованием единой базы данных об изделиях, рис. 2.

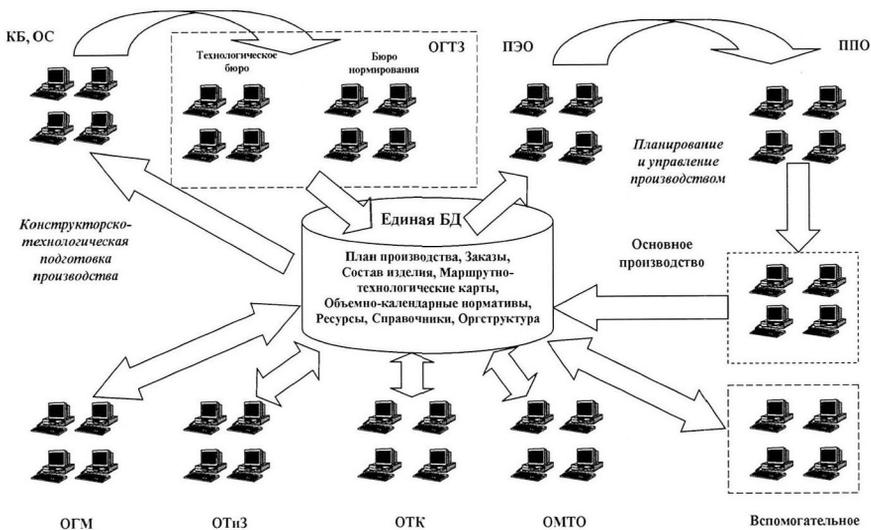


Рис.2. Структурная схема информационных потоков автоматизированной производственной системы

На основе характеристик промышленных предприятий с мелкосерийным и многономенклатурным характером производства подготовлены возможные проектные решения по созданию автоматизированной системы конструкторско-технологической подготовки производства, что представлено на рис.3.

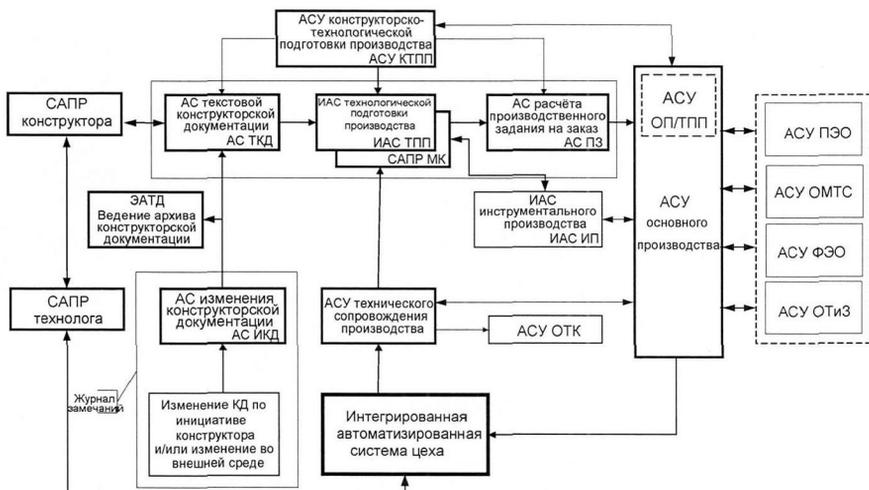


Рис. 3. Структура автоматизированной системы конструкторско-технологической подготовки производства промышленного предприятия

В результате формулируются направления совершенствования процессов конструкторско-технологической подготовки производства с использованием набора предлагаемых критериев. Вводимые критерии эффективности группируются в соответствии с системными принципами по следующим параметрам:

- временным: критический срок $T_{кр}$, число прерываний – ЧП, директивный срок t_d , момент начала проекта t_s , $T(i,j)$ – момент поставки ресурсов;
- стоимостным: $C_{кр}$ – затраты на реализацию комплекса работ, C_u – стоимость выполнения этапа ЖЦ, штрафы за задержку сроков реализации C^* и C^{**} и расходы C^{***} – в случае опережения сроков, C – потери, связанные с отказами в обслуживании, $C(i,j)$ – штраф за простой ресурсов, выделенных для работы (i,j) , в единицу времени;
- ресурсным: $R_k^0(t)$ – объем имеющихся в наличии ресурсов в период времени t , $r_{(i,j)k}$ – объем потребляемых ресурсов k -го вида работой (i,j) ;
- эксплуатационным (связанным с качеством, надежностью и долговечностью функционирования продукции).

Вторая глава посвящена созданию совокупности детерминированных и стохастических структурных моделей управления жизненным циклом продукции. С применением сетевых моделей планирования и управления проектами установлена структура жизненного цикла изделия.

Пример сетевой модели жизненного цикла представлен в виде графа цепочечного вида с упорядоченными событиями, рис. 4.

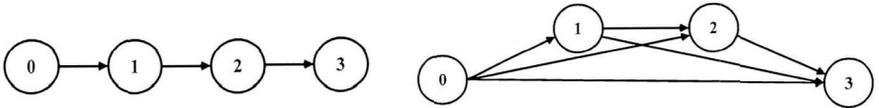


Рис. 4. Сетевые модели жизненного цикла изделия с упорядоченными событиями

На основе установленной структуры жизненного цикла формируется процедура укрупнения комплекса работ, эквивалентного по временным и стоимостным параметрам. Результаты выполнения данной процедуры представлены на рис. 5 и 6, где x_1 – граничное событие.

Здесь над дугами, соответствующим укрупненным операциям, приведены эквивалентные временные и стоимостные параметры.

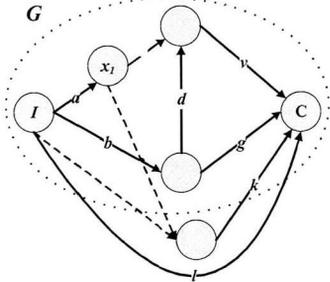


Рис. 5. Укрупняемый подграф

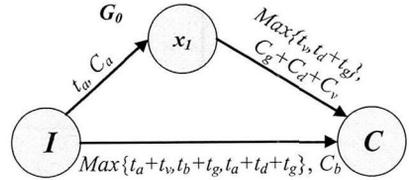


Рис. 6. Результат эквивалентного укрупнения по времени и стоимости

С использованием методов оптимизации вводятся и решаются задачи параметрического анализа процессов жизненного цикла по критериям временных затрат и издержек производства. Задача минимизации стоимости комплекса работ жизненного цикла формулируется в виде задачи параметрического линейного программирования:

$$C_{кр} = \sum_{u \in U} C_u(t_u) = \sum_{u \in U} (a_u - b_u t_u) \rightarrow \min$$

при ограничениях

$$\begin{cases} C_u(t_u) \geq 0, \forall u \in U, \\ \sum_{u \in \{L(I,C)\}} t_u \leq T_{кр}, T_{кр} \in [0, +\infty), \\ t_u^{\min} \leq t_u \leq t_u^{\max}, \forall u \in U, \end{cases} \quad (1)$$

где неизвестными являются длительности этапов ЖЦ – $t_u, u \in U$, а в качестве варьируемого параметра рассматривается продолжительность критического пути $T_{кр}, \{L(I,C)\}$ – множество полных путей сетевой модели с начальным событием I и заключительным C , a_u – затраты на выполнение этапа u , b_u – стоимость сокращение этапа u на единицу времени.

Визуальное представление областей допустимых решений задачи параметрического линейного программирования представлено на рис. 7 для последовательно-

го расположения стадий жизненного цикла и на рис.8 в случае параллельного их расположения ($u=1,2,3$).

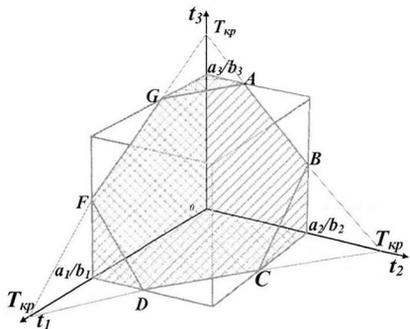


Рис. 7. Область допустимых решений задачи для последовательного расположения стадий

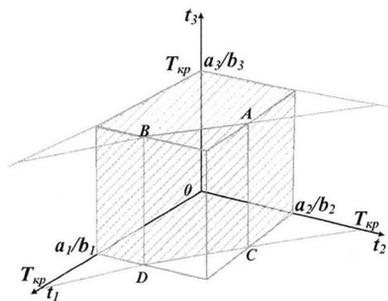


Рис. 8. Область допустимых решений задачи в случае совмещения последовательного и параллельного расположения стадий

В результате решения задачи параметрического линейного программирования (1) получены параметрические зависимости (2) и (3) между затратами на выполнение комплекса работ и продолжительностью его выполнения. Для графа печечной структуры эта зависимость представлена в аналитическом виде ($b_j \neq 0$)

$$C_{\text{опт}}(T_{\text{кр}}) = \sum_{i \in \{1, \dots, n\} \setminus \{j\}} a_i + \min_{i \in \{1, \dots, n\} \setminus \{j\}} \{b_i\} \left(\frac{a_j}{b_j} - T_{\text{кр}} \right), \quad (2)$$

где $j = \arg(\max_{1 \leq j \leq n} \{b_1, b_2, \dots, b_j, \dots, b_n\})$, n – число этапов ЖЦ, а в случае сетевой модели жизненного цикла с упорядоченными событиями зависимость между затратами и продолжительностью комплекса работ носит следующий характер

$$C_{\text{опт}}(T_{\text{кр}}) = \sum_{i \in \{1, \dots, n\} \setminus \{j\}} a_i + \min_{i \in \{1, \dots, n\} \setminus \{j\}} \{b_i\} \left(\frac{a_j}{b_j} \right) - \left(\sum_{i \in \{1, \dots, n\} \setminus \{j\}} b_i \right) T_{\text{кр}}. \quad (3)$$

Решение задачи ресурсного планирования состоит в следующем. Составляется множество логически допустимых фронтов $\{F_l\}_L$, содержащих последовательно выполняемые стадии жизненного цикла, причем каждый фронт будет содержать ровно одну работу. Далее определяется множество ресурсно-допустимых фронтов $\{F_i\}_R$. Осуществляется проверка обеспеченности логически допустимых фронтов воспроизводимыми ресурсами при различных режимах выполнения операций.

Решение задачи минимизации длительности критического пути сведена к задаче линейного программирования. Длительность выполнения элемента множества $F_i \in \{F_l\}_R$ обозначается как x_i , $i=1, \dots, |\{F_l\}_R|$. Тогда целевая функция задачи линейного программирования примет вид: $T_{\text{кр}} = \sum_{i: F_i \in \{F_l\}_R} x_i \rightarrow \min$ (4)

$$\text{при ограничениях } \begin{cases} x_l \geq 0, l \in \overline{1, \{F_l\}_R}, \\ \sum_{l \in E_l, l_{(u)}} x_l = 1, u \in U, \end{cases} \quad (5)$$

где $i(l)$ – номер способа выполнения работы u в составе фронта F_l .

В результате находятся оптимальные величины длительностей фронтов $\{x_l^*\}$, обеспечивающие минимизацию $T_{кр}$. Из множества $\{F_l\}_R$ оставляют только те F_l^* , для которых $x_l^* > 0$. Это множество обозначается $\{F_l^*\}_R$.

Минимизация числа прерываний – ЧП работ из $\{F_l^*\}_R$ сводится к задаче коммивояжера. В результате находится минимальное число прерываний:

$$\text{ЧП} = \left(\sum_{l_1, l_2 \in \sigma} d_{l_1, l_2} - 2|U| \right) / 2, \quad (6)$$

где $|U|$ – количество всех работ комплекса, d_{l_1, l_2} – расстояние между фронтами F_{l_1} и F_{l_2} , а σ – последовательность фронтов от начального к конечному и содержащая по одному разу фронт из множества $\{F_l^*\}_R$.

Таким образом, определяется решение задачи ресурсного календарного планирования (4)-(5), обладающее двумя свойствами: минимальной продолжительностью $T_{кр}$ и при $\min_{\{x_l^*\}} \{T_{кр}\}$ наименьшим числом прерываний работ (6).

Применение алгоритма перераспределения ограниченных ресурсов A (поставляемых до начала реализации проекта и потребляемых некоторыми работами комплекса) и B (имеющихся в наличии на складе и арендуемых) – видов для сетевой модели со стохастическими временными параметрами, позволяет определить оптимальное расписание комплекса работ. В состав параметров, подлежащих оптимизации, входят:

- начальный момент выполнения проекта S ;
- суммарные объемы B -ресурсов (по каждому из видов ресурсов);
- заранее построенный график поставки A -ресурсов для выполнения некоторых работ проекта.

Модель оптимизации перераспределения ресурсов включает в себя:

- имитационную модель процесса реализации проекта;
- подмодель поиска экстремума на основе метода покоординатной циклической оптимизации;
- подмодель распределения наличных B -ресурсов методом целочисленного программирования.

Определить:

- заранее, до начала хода работ по проекту, детерминированные оптимальные значения $\{R_k\}$, $1 \leq k \leq m$;
- в процессе реализации проекта необходимо определить случайные значения моментов начала – $t_S(i, j)$ и окончания – $t_F(i, j)$ работ $(i, j) \in G(X, U)$, получая значения t_S и t_F для оптимизации значения целевой функции:

$$\min_{\{t_S, j, \{R_k\}, T, \{k_A, j_{k_A}\}} \bar{C} \quad (7)$$

при ограничениях

$$P(t_F \leq t_D) \geq p^*; \quad (8)$$

$$t_S(i_{\xi_A}, j_{\xi_A}) \geq T(i_{\xi_A}, j_{\xi_A}), \quad 1 \leq \xi \leq n_A < n; \quad (9)$$

$$t_S(i, j) \geq T(i), \quad \forall (i, j) \in G(X, U); \quad (10)$$

$$\sum_{\eta=1}^q r_{i_{\eta B}, j_{\eta B}} \leq R_k^0(t), \quad t = t_S(i_{\eta B}, j_{\eta B}), \quad 1 \leq \eta \leq q \leq n_B < n, \quad 1 \leq k \leq m. \quad (11)$$

Случайная величина C удовлетворяет соотношению

$$C = \sum_{(i_{\xi_A}, j_{\xi_A})} [c(i_{\xi_A}, j_{\xi_A}) [t_S(i_{\xi_A}, j_{\xi_A}) - T(i_{\xi_A}, j_{\xi_A})] + \sum_{k=1}^m c_k R_k(t_F - t_S) + [C^* + C^{**}(t_F - t_D)]\delta + [C^{***}(t_D - t_F)](1 - \delta)], \quad (12)$$

где

$$\delta = \begin{cases} 1, & \text{при } t_F > t_D; \\ 0, & \text{при } t_F \leq t_D, \end{cases} \quad (13)$$

где $T(i)$ – обозначает момент свершения события $i \in G(X, U)$, c_k – стоимость хранения и поддержки работоспособности ресурса, t_F – момент завершения проекта.

С применением сетевых моделей комплексов работ со стохастической структурой проводится параметрический анализ по временным, стоимостным и ресурсным параметрам.

С целью анализа различных вариантов разработки вводится стохастическая сетевая модель управления процессом создания изделий на основе обобщенных логических типов событий, рис. 9.

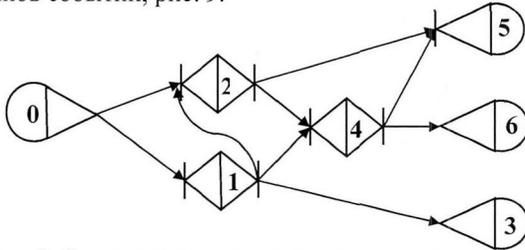


Рис. 9. Стохастическая сетевая модель проекта с альтернативами

Основной задачей при анализе комплексов работ жизненного цикла по временным и ресурсным параметрам (с возобновляемыми ресурсами) является минимизация ожидаемой длительности проекта:

$$\min E[T(G | t_S^*(i, j), J_{rt}^{opt})] \quad (14)$$

$$\text{при ограничении: } R_k^{max}(t | t_S^*(i, j), J_{rt}^{opt}) \leq R_k^0(t), \quad \forall t \geq 0, \quad 1 \leq k \leq n, \quad (15)$$

где J_{rt}^{opt} – оптимальный вариант реализации проекта в момент времени t для сетевой модели с альтернативной структурой, $t_S^*(i, j)$ – момент начала выполнения работы. Данная задача (14) - (15) относится к стохастическим моделям оптимизации для проектов с альтернативной структурой и случайными параметрами и решается с применением эвристических методов.

Разработанные математические модели и метода анализа процессов жизненного цикла предназначены для выбора структуры автоматизированной системы управления конструкторско-технологической подготовки производства.

В третьей главе предлагается методика, обосновываются проектные решения по созданию автоматизированной информационной системы управления конструкторско-технологической подготовкой производства. Разрабатываются функциональные и информационные модели процессов, позволяющие выбирать параметры управления, удовлетворяющие заданным значениям временных, стоимостных и ресурсных показателей.

Модель выбора проектных решений по созданию автоматизированной информационной системы представлена на рис. 10. Проектные решения, выбранные в ходе выполнения исследования, позволяют реализовать автоматизированное управление потоками работ и процессами согласования, проектирования и разработки изделий в электронном виде на основе единого информационного пространства предприятия.

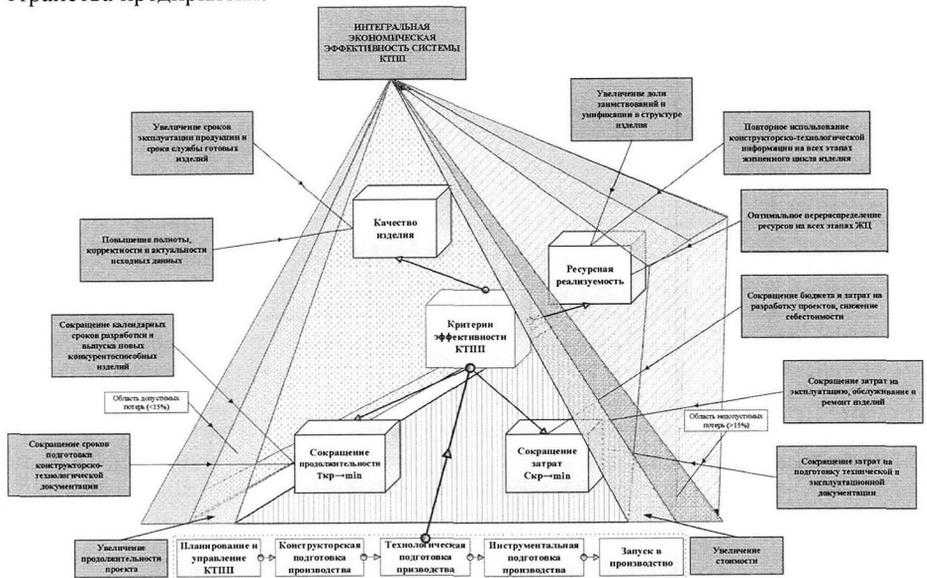


Рис. 10. Модель выбора проектных решений по созданию автоматизированной системы конструкторско-технологической подготовки производства на основе временных, стоимостных и ресурсных критериев

В ходе выполнения функционального моделирования предметной области исследований разрабатываются схемы бизнес-процессов жизненного цикла конструкторской документации, описывающие процесс передачи и согласования документов в системе конструкторско-технологической подготовки производства.

Конфигурирование автоматизированной системы конструкторско-технологической подготовки производства выполняется с использованием мето-

дов теории массового обслуживания с учетом показателей эффективности процессов жизненного цикла и отказов в обслуживании, используя в качестве критерия минимизацию экономических потерь (16).

Функции, выполняемые в рамках автоматизации процесса конструкторско-технологической подготовки производства, а также процессы интеграции с внешними приложениями, формируются и детализируются на основе разработанных функциональных и информационных моделей, рис. 11.

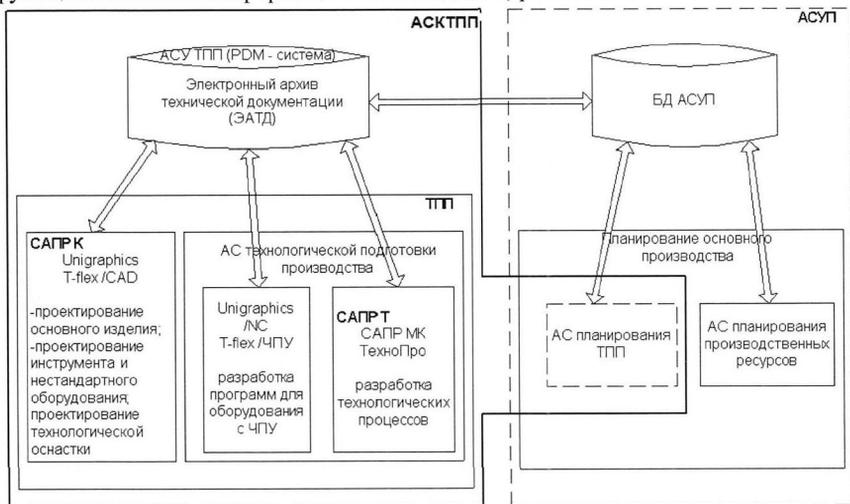


Рис. 11. Структура интегрированной АСКТПП промышленного предприятия

Рассмотрим задачу определения рационального числа АРМ, при котором суммарные потери от простоев заданий в единицу времени минимальны.

В качестве критерия эффективности используем следующее выражение:

$$C = C_1 M_1 + C_2 M_2 = C_1 \sum_{k=N+1}^H (k-N) P_k + C_2 \sum_{k=0}^{N-1} (N-k) P_k \rightarrow \min, \quad (16)$$

где C_1 – экономические потери от ожидания в очереди, приходящиеся на одно задание в единицу времени; C_2 – экономические потери от простоя АРМ, приходящиеся на один канал обслуживания в единицу времени; M_1 – среднее число требований в очереди; M_2 – среднее число незанятых обслуживанием АРМ (каналов обслуживания). Для определения величины P_k – (вероятности наличия в системе k – заданий на разработку) можно воспользоваться следующими соотношениями:

$$P_k = \begin{cases} \frac{H!}{k!(H-k)!} \rho^k P_0, & 1 \leq k \leq N, \\ \frac{H!}{N^{k-N} (H-k)! N!} \rho^k P_0, & N < k \leq H, \end{cases} \quad (17)$$

$$P_0 = 1 - \sum_{k=1}^H P_k, \rho = \lambda/v, \quad (18)$$

где H – количество обслуживаемых объектов (заданий на проектирование, разработку), N – количество АРМ (каналов – узлов обслуживания), λ – интенсивность входного потока требований на обслуживание со стороны конструкторов или технологов, ν – интенсивность обслуживания ($\nu \neq 0$).

Для определения конфигурации системы с учетом отказов в обслуживании совокупные потери системы обслуживания составят:

$$C = C_1 N_{\text{св}} t_{\text{ф}} + C_2 T_{\text{ож}} + C_3 \lambda P_{\text{отк}} t_{\text{ф}} \rightarrow \min, \quad (19)$$

где C_3 – доход от обслуживания одного требования, $N_{\text{св}}$ – определяется в соответствии с соотношением $N - M_{\text{зан}}$. $M_{\text{зан}}$ определяется исходя из соотношения (20), $T_{\text{ож}}$ – определяется на основании соотношения (21), $P_{\text{отк}}$ – вычисляется исходя из соотношения (22).

$$M_{\text{зан}} = \sum_{k=0}^{N-1} k P_k + N P_{\text{зан}} = P_0 \left(\rho \sum_{k=1}^{N-1} \frac{\rho^{k-1}}{(k-1)!} + \frac{\rho^N (N - \rho) \left(\frac{\rho}{N}\right)^S}{(N-1)!(N-\rho)} \right); \quad (20)$$

$$T_{\text{ож}} = \sum_{k=0}^{N+S} \frac{k+1}{N\nu} P_{N+k} = \frac{1}{N\nu} (M_{\text{оч}} + P_{\text{зан}}); \quad (21)$$

$$P_{\text{отк}} = P_{N+S} = \frac{\rho^{N+S}}{N^S N!} P_0. \quad (22)$$

На основании выполненных расчетов формируются графические зависимости совокупных потерь системы от интенсивности обслуживания для различных значений числа каналов обслуживания, что позволяет определить конфигурацию автоматизированной информационной системы конструкторско-технологической подготовки производства на основе создаваемого комплекса автоматизированных рабочих мест.

Методика проектирования АСКТПП позволила сформировать конфигурацию автоматизированной информационной системы конструкторско-технологической подготовки производства, опираясь на критерии, условия и требования к производственным процессам. В состав автоматизированной системы входят система управления данными об изделиях, система управления электронным архивом конструкторско-технологической документации и управления потоком работ, система планирования и управления процессами инструментальной подготовки производства.

Четвертая глава содержит результаты программной реализации и внедрения разработанных проектных решений по автоматизации планирования и управления процессами жизненного цикла. Архитектура интегрированного решения по автоматизации процессов КТПП представлена на рис. 12.

Система управления технологическим документооборотом и система управления электронным архивом конструкторско-технологической документации реализована с использованием технологии WorkFlow и поддерживается базой данных Oracle. На основе разработанных функциональных моделей процесса конструкторско-технологической документации и схем бизнес-процессов создаются модели потоков работ – WorkFlow в нотации IDEF3 (рис. 13).



Рис. 12. Архитектура интегрированного решения по автоматизации процессов КТПП

Модели бизнес-процессов в формате потоков работ запускаются в автоматизированном режиме в системе управления потоками работ. Для настройки, адаптации и внедрения разработанных программных систем в практическую деятельность ряда производственных предприятий разработаны необходимые приложения, использующие объектно-ориентированный интерфейс.

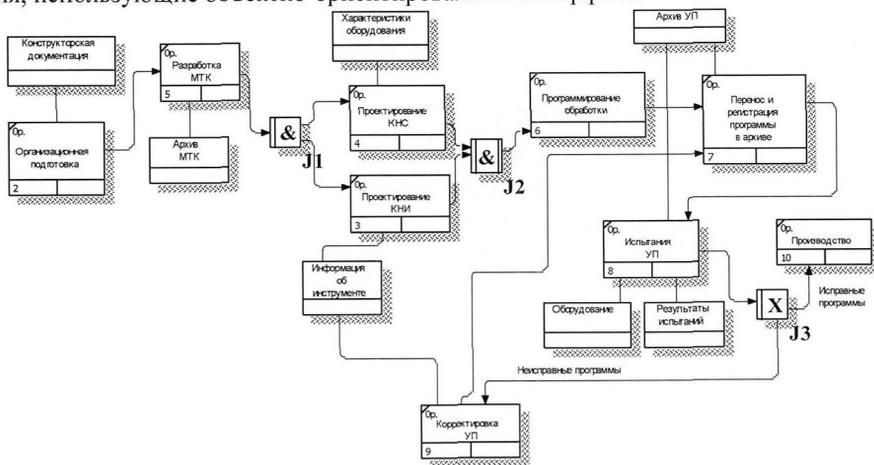


Рис. 13. Модель процесса подготовки управляющей программы для ЧПУ в нотации IDEF3

Созданные программные комплексы обеспечивают решение задач анализа, планирования и управления процессами жизненного цикла изделия по временным, стоимостным и ресурсным параметрам. Приложение, реализующее функции ресурсного планирования комплексов работ проектов, основано на эвристических алгоритмах перераспределения ограниченных ресурсов.

Визуализация линейной диаграммы проекта осуществляется при помощи разработанного программного средства решения задач календарного ресурсного пла-

нирования проектов (рис. 14). Программный продукт реализует следующие функции:

- табличный ввод информации о проекте;
- визуализация сетевой и линейной моделей проекта;
- решение задачи ресурсного календарного планирования эвристическими методами планирования, созданными на основе разработанных алгоритмов;
- может быть использован в качестве программного тренажера.

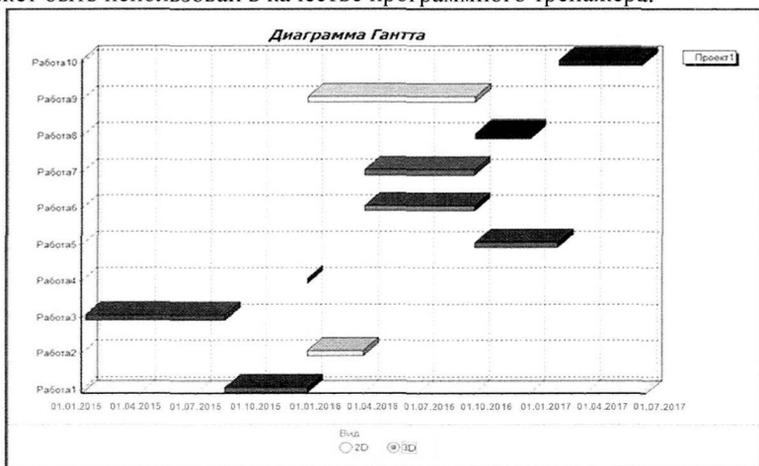


Рис. 14. Визуализация линейной диаграммы создаваемого проекта

Функции визуализации исходных данных (представленных в табличном виде), сетевой и линейной моделей оптимального расписания проекта поддерживаются соответствующим программным средством. Результаты работы программного средства в формате ресурсной и стоимостной диаграмм приведены на рис. 15, 16.

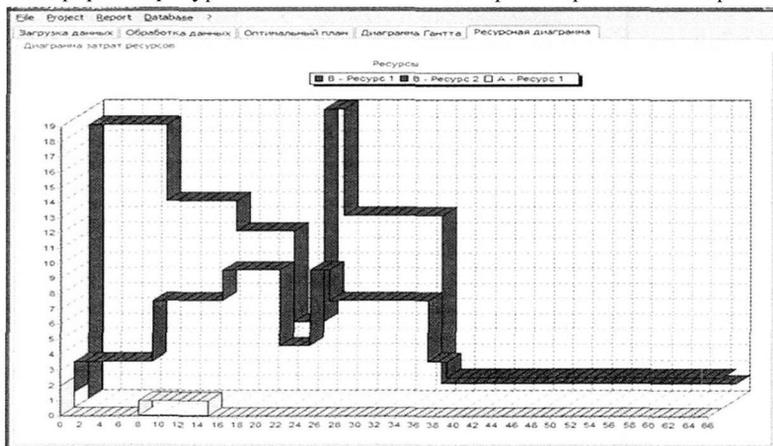


Рис. 15. Ресурсная диаграмма выполнения комплекса работ

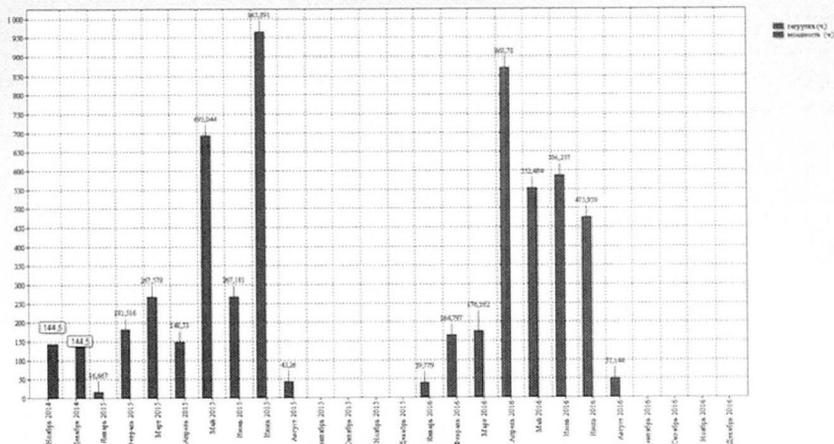


Рис. 16. Визуализация информации о загрузке ресурсов проекта

В рамках диссертационного исследования выполнена разработка программной системы анализа и планирования жизненного цикла проектов с применением сетевых моделей с альтернативной структурой. Соответствующий программный продукт выполняет функции визуального графического анализа сетевой модели типа GERT на основе числовых исходных данных и позволяет получить возможные варианты реализации проекта с учетом наиболее вероятных исходов. Визуальные сетевые модели проекта с указанием вероятностных числовых параметров операций, параметров математического ожидания продолжительности и дисперсии времени выполнения работы представлены на рис. 17.

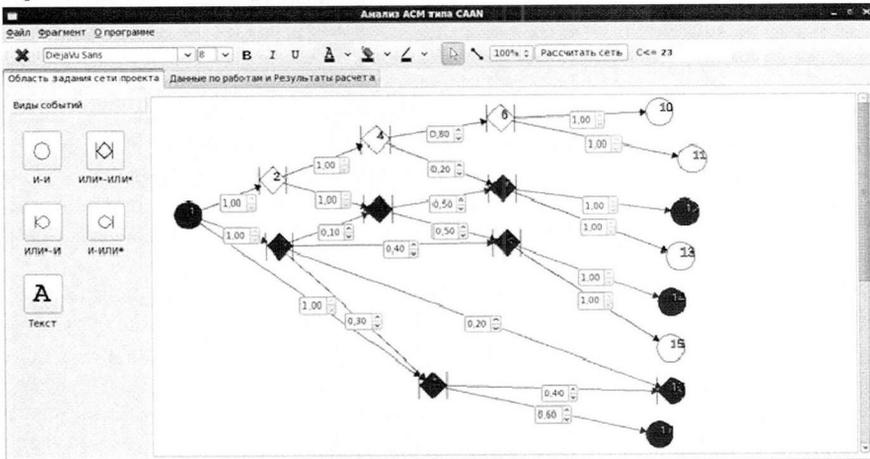


Рис. 17. Интерфейс программного средства создания визуальной модели проекта в форме сетевой модели с неопределенной структурой

Разработанные авторизированные информационные системы используются в производственной деятельности предприятий ЗАО «Элитрон», ОАО «Корпорация ВНИИЭМ» и обеспечивают достижение требуемых значений стоимостных, временных и ресурсных параметров, а также в учебном процессе НИЯУ МИФИ, что подтверждается актами о внедрении результатов диссертационного исследования.

В заключении приводятся основные теоретические, экспериментальные и практические результаты диссертационного исследования.

Приложение содержит акты о внедрении результатов диссертационного исследования, результаты функционального и информационного моделирования, дополнительные сведения о математическом моделировании и выборе параметров процессов управления жизненным циклом, а также полученные свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В диссертационной работе решена актуальная научно-техническая задача управления жизненным циклом изделий на этапе конструкторско-технологической подготовки в условиях мелкосерийного многономенклатурного производства в рамках проектно-ориентированного и системного подхода к автоматизации производственных процессов, что позволяет обеспечить высокое качество продукции в условиях ограниченных материальных и временных ресурсов.

Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем:

1. Исследована, предложена и обоснована структура системы автоматизации процесса управления конструкторско-технологической подготовкой с использованием моделей жизненного цикла на основе методов управления проектами, включающая информационную систему для управления технологическим документооборотом, систему управления данными об изделиях, адаптированную к виду создаваемой продукции. Разработан программный комплекс, обеспечивающий решение задач календарного, ресурсного и стоимостного планирования и управления.

2. Введены критерии оценки параметров управления жизненным циклом продукции на этапе конструкторско-технологической подготовки производства, учитывающие временные, стоимостные и ресурсные показатели процесса создания продукции. С их использованием решается задача управления конструкторско-технологической подготовкой производства на основе процессов жизненного цикла изделия.

3. Разработана совокупность детерминированных и стохастических математических моделей жизненного цикла изделий, учитывающая изменение структуры и параметров процесса разработки на этапе конструкторско-технологической подготовки производства.

4. Проведен параметрический анализ жизненного цикла изделий по разработанным критериям и математическим моделям с упорядоченными событиями, позволяющий решить задачу перераспределения ресурсов и определить зависимости между издержками и временем, затрачиваемым на создание продукции.

5. Установлены и исследованы аналитические зависимости влияния частных критериев эффективности этапов жизненного цикла на обобщенные показатели. Полученные зависимости позволяют оценить степень влияния частных показателей на обобщенный показатель и провести структурно-параметрическую оптимизацию жизненного цикла.

6. Разработан метод выбора конфигурации автоматизированной системы конструкторско-технологической подготовки производства, основанный на моделировании процессов жизненного цикла с учетом критериев экономических потерь и отказов.

7. Разработана методика проектирования автоматизированной системы конструкторско-технологической подготовки производства, позволяющая определить структуру и параметры процессов управления жизненным циклом изделия с учетом стоимостных, временных и ресурсных критериев.

8. Создана автоматизированная информационная система для управления процессами инструментального производства, управления производственными процессами и электронным документооборотом на основе технологии Workflow. В ней предусмотрена возможность адаптации и настройки автоматизированной системы на различные виды выпускаемой продукции в условиях мелкосерийного производства.

9. Разработано программное обеспечение автоматизированной системы управления жизненным циклом изделий, реализующее методы календарного, ресурсного и стоимостного планирования производственных процессов. В ходе выполнения диссертационного исследования было получено 7 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ.

10. Разработанное методическое и программное обеспечение позволило повысить эффективность подготовки и освоения производства новых изделий. Внедрение результатов диссертационной работы в практику промышленных предприятий позволило сократить календарные сроки разработки и выпуска новых изделий на 10 %, увеличить срок эффективной эксплуатации на 5%, сократить сроки подготовки конструкторско-технологической документации на 30%, снизить себестоимость наукоемкой продукции на 10% и улучшить ряд других основных показателей, что подтверждается актами о внедрении.

11. Результаты диссертационного исследования внедрены и используются в практической деятельности высокотехнологичных предприятий, выпускающих наукоемкую продукцию: ЗАО «Элитрон», ОАО «Корпорация ВНИИЭМ», а также в рамках учебного процесса НИЯУ МИФИ, что подтверждается актами о внедрении результатов диссертационного исследования и свидетельствует о значительном улучшении характеристик производственных процессов и параметров выпускаемой продукции.

Основные публикации по теме диссертации

I. Публикации, представленные в международной базе цитирования

Scopus:

1. Колычев В.Д. Система визуальных моделей управления проектами / В.Д. Колычев, В.П. Румянцев // Научная визуализация. – 2014. – № 3(6). – С. 14-54.
2. Kolychev V.D. Application of road mapping for hi-tech projects commercialization in corporate innovative entrepreneurship / V.D. Kolychev, I.V. Prokhorov // Ecology Environment & Conservation, 2014, vol. 20(4). – pp. 1895-1906.
3. Kolychev V.D. Specificity of the product's life-cycle management models / V.D. Kolychev, V.P. Rummyantsev // Non-ferrous metals, 2014, vol. 2. – pp. 3-7.
4. Kolychev V.D. Conception, technology and methods of development of university system of innovation projects commercialization based on effectuation / V.D. Kolychev, I.V. Prokhorov // Asian Social Science, 2015, vol. 11 (8). – pp. 44-51. – (DOI: 10.5539/ass.v11n8p44).
5. Kolychev V.D. Procedure of Equivalent Enlargement and Aggregation of Product's Life-cycle Network Model / V.D. Kolychev, V.P. Rummyantsev // Ecology Environment & Conservation, 2015, vol. 21 (S). – pp.87-98.

II. Публикации в журналах, включенных в перечень периодических изданий ВАК Российской Федерации:

6. Колычев В.Д. Параметрический анализ жизненного цикла изделия по критериям время-стоимость // Экономика в промышленности. – 2015. – № 1 (25). – С. 70-76.
7. Колычев В.Д. Программная реализация визуальных моделей управления проектами // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. – С.56. – (<http://www.science-education.ru/117-13219>).
8. Колычев В.Д. Об особенностях математических моделей полного жизненного цикла инновационных изделий / В.Д. Колычев, В.П. Румянцев // Интеграл. – 2012. – № 1. – С. 50-51.
9. Колычев В.Д. Планирование и анализ инновационных проектов с использованием сетевых моделей с альтернативной структурой // Естественные и технические науки. – 2012. – № 1. – С. 278-284.

III. Публикации в других изданиях и материалы конференций

10. Колычев В.Д. Планирование и управление процессами жизненного цикла изделия с использованием сетевых моделей со стохастической структурой // Труды научной сессии НИЯУ-МИФИ 2010. – М.: МИФИ, 2010. – Том 6. – С. 77-81.
11. Колычев В.Д. Финансовый и инвестиционный анализ инновационных проектов в сфере нанотехнологий на примере атомной отрасли // Сборник трудов меж-

дународной научно-практической конференции «Современные направления развития гуманитарных наук». 05-13 ноября 2011., Пекин, Китайская народная республика. – Москва, 2011. – С. 101-108.

12. Колычев В.Д. Задача укрупнения сетевой модели жизненного цикла проекта / В.Д. Колычев, В.П. Румянцев // Сборник научных статей по итогам международной заочной научно-практической конференции «Инновационные преобразования, приоритетные направления и тенденции развития в экономике, проектном менеджменте» 29-30 апреля 2014., Санкт-Петербург, Россия. – Санкт-Петербург: НОУ ДПО «Санкт-Петербургский институт проектного менеджмента», 2014. – С. 80-81.

13. Колычев В.Д. Организация учебного процесса на базе виртуального предприятия учебно-научного центра МИФИ по CALS-технологиям / В.П. Румянцев, В.Г. Елисеев, П.В. Ковардыков, В.Д. Колычев // Научная сессия МИФИ – 2003. Сборник научных трудов. – М.: МИФИ, 2003. – Т.11. – С.172-176.

14. Колычев В.Д. Создание действующего макета интегрированной информационной среды на базе распределенного стенда виртуальной корпорации с использованием компонентов CALS-технологий / С.В. Бастанов, В.Г. Елисеев, В.Д. Колычев // Научная сессия МИФИ – 2003. Сборник научных трудов. – М.: НИЯУ МИФИ, 2003. – Т.6. – С.253-255.

15. Колычев В.Д. Принципы построения автоматизированной системы конструкторско-технологической подготовки вспомогательного производства на основе CALS-технологий/ В.Д. Колычев, В.В. Щербаков // Научная сессия МИФИ - 2003. Сборник научных трудов. – М.: МИФИ, 2003. – Т.6. – С.256-257.

16. Колычев В.Д. Автоматизированная система плановых расчетов производства на опытном заводе / В.Д. Колычев, В.В. Щербаков // Научная сессия МИФИ – 2002. Сборник научных трудов. – М.: МИФИ, 2002. – Т.6. – С.200-201.

17. Колычев В.Д. Об оценке экономического эффекта полного жизненного цикла продукции / В.Д. Колычев, В.П. Румянцев // Научная сессия МИФИ - 2004. Сборник научных трудов. – М.: МИФИ, 2004. – Т.13. – С.115-116.

18. Колычев В.Д. Создание технологии экспертизы инновационных проектов // Научная сессия МИФИ – 2007. Сборник научных трудов. – М.: МИФИ, 2007. – Т.13. – С.113-114.

19. Колычев В.Д. Об особенностях математических моделей полного жизненного цикла изделия // Научная сессия МИФИ – 2007. Сборник научных трудов. – М.: НИЯУ МИФИ, 2007. – Т.13. – С.117-118.

20. Колычев В.Д. Моделирование стохастических сетей управления проектной деятельностью / С.С. Харебов, В.Д. Колычев // Научная сессия МИФИ – 2005. Сборник научных трудов. – М.: МИФИ, 2005. – Т.13. – С.101-103.

21. Колычев В.Д. Опыт реинжиниринга АСУ приборостроительного предприятия с учетом требований CALS-технологий / П.В. Ковардыков, В.Д. Колычев, К.А.Лазуков // Сборник научных трудов 2-ой Международной конференции и выставки CAD/CAM/PDM. – М.: ИПУ РАН им В.А. Трапезникова, 2002. – Т.1. – С. 55-57.

IV. Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

22. Колычев В.Д. «Программная система анализа жизненного цикла инновационной продукции». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014613572, 28.03.2014.
23. Колычев В.Д. «Программная система календарного ресурсного планирования инновационных проектов (TSR Planner)». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014611524, 19.05.2014.
24. Колычев В.Д. «Программная система анализа и планирования проектов с альтернативной структурой». Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2012613420, 11.04.2012.
25. Колычев В.Д. «Программная система решения задач сетевой оптимизации (NetOptim)». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011613776, 16.05.2011.
26. Колычев В.Д. «Web-ориентированная система экспертизы инновационных проектов (ASOE Project)». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011613607, 10.05.2011.
27. Колычев В.Д. «Программная система анализа рисков инновационных проектов «ProRisk Analysis». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011615795, 25.07.2011.
28. Колычев В.Д. «Пакет анализа и оптимизации проектов по временным, стоимостным и ресурсным параметрам (Project Optimization Software Tool)». Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2011613606, 10.05.2011.

Подписано в печать: 21.04.2016

Заказ № 11343 Тираж - 100 экз.

Печать трафаретная. Объем: 1,5 усл.п.л.

Типография «11-й ФОРМАТ»

ИНН 7726330900

115230, Москва, Варшавское ш., 36

(977) 518-13-77 (499) 788-78-56

www.autoreferat.ru