

УДК 621:658.5

СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА В МАШИНОСТРОЕНИИ

С. Г. Селиванов¹, А. Ф. Шайхулова²

¹ S.G.Selivanov@mail.ru, ² shaihulova@inbox.ru

ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Поступила в редакцию 06.10.2013

Аннотация. Рассматриваются вопросы функционального моделирования в АСТПП. Предложена математическая модель управления инновационными проектами технического перевооружения производства.

Ключевые слова: системотехника; инновации; АСТПП; техническое перевооружение производства; функциональное моделирование; системы; IDEF0; IDEF3.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность данной публикации определяется требованиями Указа Президента Российской Федерации № 596 от 7 мая 2012 года «О долгосрочной государственной экономической политике», который определил цели развития национальной инновационной системы в соответствии со Стратегией инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 г. В этих документах намечено:

- создание и модернизация к 2020 г. 25 млн высокопроизводительных рабочих мест;
- увеличение к 2018 г. объема инвестиций не менее чем до 25 % внутреннего валового продукта к 2015 г. и до 27 %;
- увеличение доли продукции высокотехнологичных и наукоемких отраслей;
- увеличение производительности труда к 2018 г. в 1,5 раза относительно уровня 2011 г.

Цели и задачи. К основным видам инновационной деятельности относится техническое (технологическое) перевооружение производства. Для разработки и управления такими инновационными проектами в условиях АСТПП (автоматизированных систем технологической подготовки производства) необходимо применять современные методы математического моделирования на основе функционального моделирования процессов инновационной деятельности. Главной задачей настоящих исследований является разработка названных методов моделирования для условий действующего машиностроительного производства.

Научно-технический уровень. Основой математического моделирования инновационных процессов технического перевооружения предложено использовать системы *IDEF0*, *IDEF3* и интегральные уравнения Вольтерра.

Практическая полезность. Разрабатываемый метод предназначен для управления проектами технического перевооружения цехов и участков машиностроительных предприятий по всему горизонту бизнес-планирования.

1. СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА В АСТПП

Основным шагом к разработке методов управления инновационными проектами в условиях применения системотехники является создание функциональной модели процесса инновационной деятельности, которая позволяет выявить составляющие этой системы и связи между ними. С помощью функционального моделирования можно определить объекты, которые нуждаются в детальном исследовании, и выявить пути оптимизации работы создаваемой системы. Функциональная модель необходима также для разработки программного обеспечения технологической подготовки производства в АСТПП, так как позволяет:

- определить цели и задачи АСТПП на всех иерархических уровнях проектирования (управления проектами);
- определить функциональную структуру АСТПП и ее подсистем;

– выполнить моделирование и оптимизацию технологий в технологической подготовке производства – центральной части любой системы в системотехнике.

В конечном счете функциональная модель АСТПП позволяет сократить время технологической подготовки производства к выпуску нового изделия, что особенно необходимо в настоящее время для управления проектами.

Системотехника технологической подготовки производства является недостаточно исследованной областью инновационной деятельности [1], что не позволяет в настоящее время интенсивно разрабатывать и использовать современные *CRP*-системы (*Capacity Resource Planning* – системы объемного планирования ресурсов). Данная работа восполняет этот пробел.

Для построения функциональной модели АСТПП удобнее всего воспользоваться стандартами *IDEF0* и *IDEF3* [3–5]. Эти стандарты хорошо себя зарекомендовали как универсальные языки общения между системными аналитиками и разработчиками на международном уровне, они позволяют достаточно просто формализовать сложные системы.

Стандарт *IDEF3* используется для моделирования динамических систем, он позволяет не только отразить последовательность процессов инновационной деятельности, но и показать логику взаимодействия элементов (компонентов) системы.

Инструментарий стандарта *IDEF0* позволяет достаточно точно описать составляющие функции системы и связи между ними при помощи стандартных отношений между объектами.

В стандарте *IDEF0* [3, 4] дается строгое определение каждому блоку функциональной модели, каждая стрелка модели *IDEF0*, связывающая функциональные блоки, обозначает информационный или материальный поток. Так, например, исходная функциональная модель жизненного цикла нового изделия (инновационной продукции, продуктовой инновации), которая необходима для системотехнической, многоуровневой реализации *CALS*-технологий в АСТПП, в терминах *IDEF0* будет выглядеть следующим образом (рис. 1).

Диаграмма жизненного цикла изделия для АСТПП является родительской диаграммой (0-уровень), ее декомпозиция показывает отдельные этапы и стадии разработки различных проектов создания и постановки на производство нового изделия (инновационной продукции, продуктовых инноваций), они регламентированы стандартами ИСО 9004-1-94 (Р 50-605-80-93), а также ГОСТ Р 50995.3.1 (96), стандартами

ЕСТПП, ЕСТД, СРПП, методикой [3] и др. Декомпозиция родительской диаграммы (0-уровень) обеспечивает разработку информационных технологий по всем функциям и задачам АСТПП для разработки методов управления проектами технического перевооружения производства (рис. 1). Отметим, что и на родительской диаграмме, и на диаграммах-потомках приведены подсистемы автоматизированного проектирования, которые используются на этапах жизненного цикла нового изделия. АСТПП так же от уровня к уровню подвергаются декомпозиции, оставаясь актуальными для текущего уровня (рис. 1).

На рис. 1, в центральным объектом исследований для управления проектами технического перевооружения машиностроительного производства является блок «Подготовка производства». Именно здесь заложены возможности по увеличению конкурентоспособности изделия, сокращению сроков подготовки производства к выпуску инновационной продукции, повышению качества изделия, увеличению показателей экономической эффективности всех инновационных проектов (создания продуктовых и технологических инноваций).

Декомпозиция блоков заводских систем АСТПП на функции и задачи позволяет построить функциональную модель АСТПП в терминах *IDEF0* [1, 2]. Такая модель позволяет не только четко понять, из каких основных элементов состоит АСТПП, но и как связаны компоненты этой системы, что необходимо для разработки методов управления инновационными проектами.

Входными данными для системотехнического инновационного проектирования технического перевооружения производства (рис. 2) являются ведомости производственной программы и проектные технологические процессы изготовления изделий-представителей, чертежи существующих компоновок и планировок технологического оборудования производственных подразделений, объем финансирования за счет заемных средств, собственных инвестиционных ресурсов предприятия, средств государственного бюджета и других источников финансирования [1, 2].

На основании сказанного выше можно выделить центральные функции АСТПП:

- технологический анализ производства;
- разработка проектных технологических процессов;
- разработка технологической части проекта технического перевооружения (реконструкции);
- организация и управление технологической подготовкой производства.

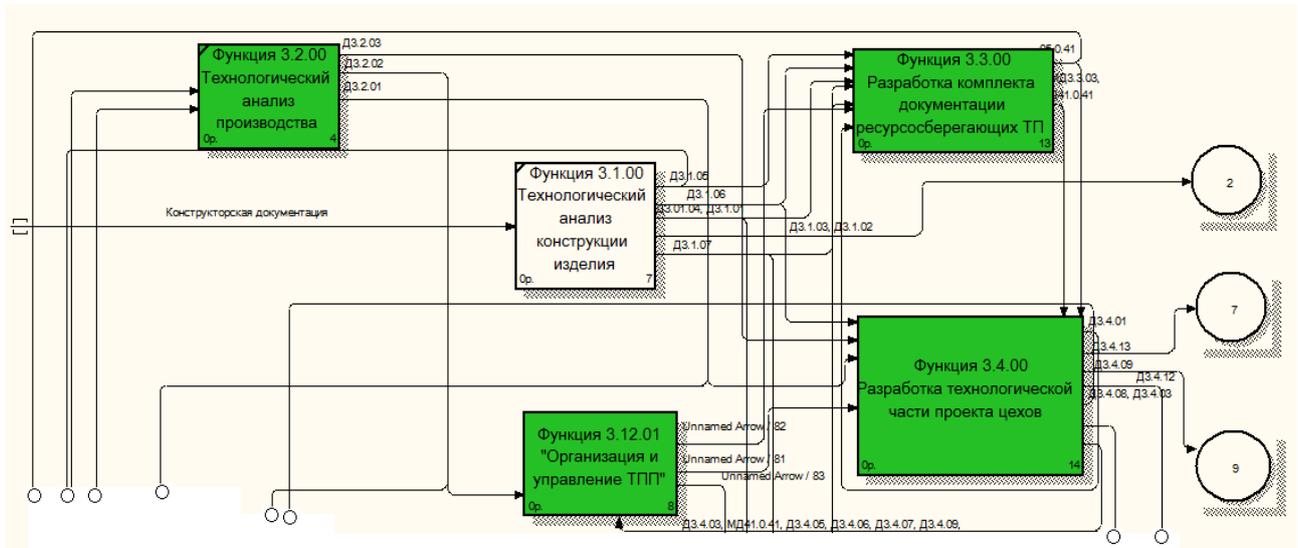


Рис. 2. Фрагмент функциональной модели системы технологической подготовки производства (3-й уровень декомпозиции диаграммы "Жизненный цикл изделия")

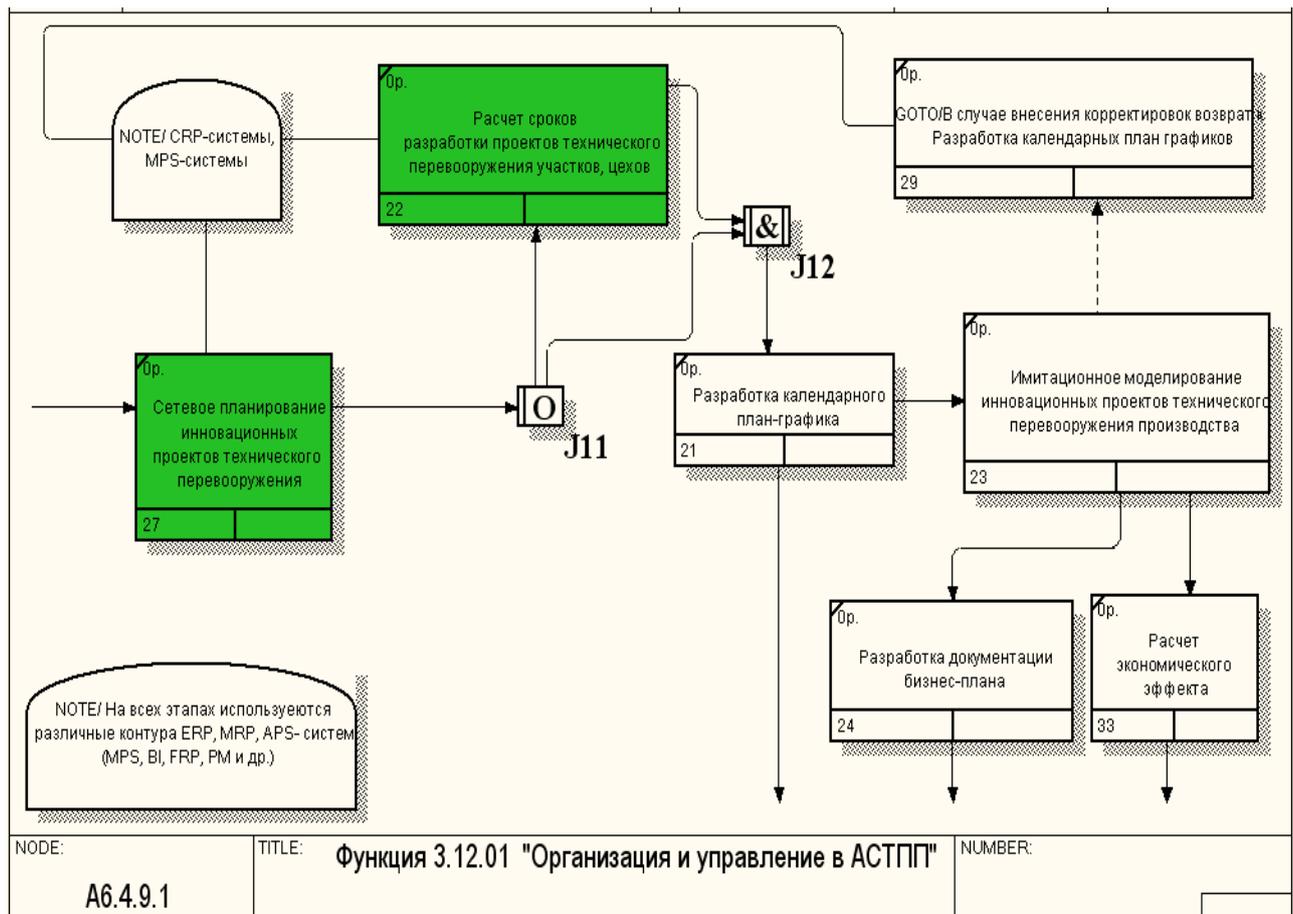


Рис. 3. Функциональная модель системы организации и управления в АСТПП (4-й уровень декомпозиции диаграммы "Жизненный цикл изделия")

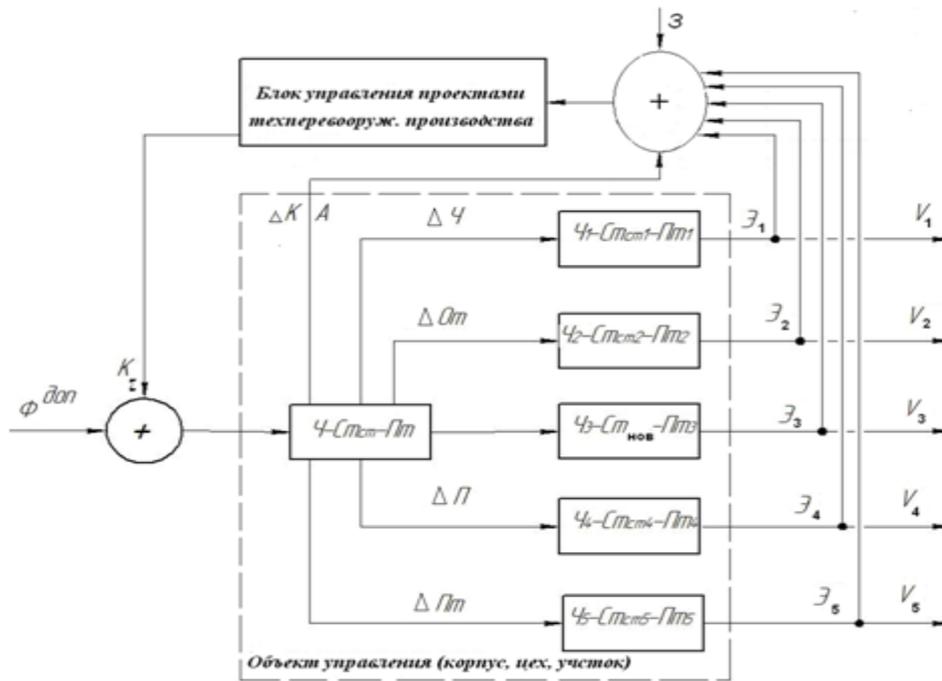


Рис. 4. Модель управления проектом технического перевооружения производства:
 A – амортизационные отчисления; ΔK – выручка от продажи, высвобожденного оборудования (имущества); 3 – заемные средства; \mathcal{E}_i – прибыль; V_i – объем выпуска

2. МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВОЛЬТЕРРА

Разработку и исследование этого метода управления можно осуществить с использованием следующей расчетной схемы (рис. 4).

Основные задачи управления проектами технического перевооружения с помощью данной схемы моделирования инновационной деятельности можно сформулировать следующим образом. Даны эмпирические точки изменения объемов выпуска продукции в цехе, определяемые постановкой на производство новой техники (инновационной продукции) и эмпирические точки изменения баланса производственных мощностей в том же цехе. Требуется определить:

а) сроки мероприятий по техническому перевооружению производства, которые за счет технологических инноваций обеспечивают устранение дисбалансов производственных мощностей;

б) объемы инвестиций по проекту технического перевооружения производства;

в) необходимый прирост производственной мощности по проекту технического перевооружения производства для обеспечения выпуска новых изделий.

Для решения данной задачи ранее были разработаны [2] методы анализа загрузки производственных мощностей. Недостатком этих методов является ограниченное использование современных методов математического моделирования для управления проектами. Предложенные в данной публикации методы расчета ориентированы на широкое использование современных систем математического моделирования *MatLab*, *Maple*, *Simulink* и др.

В этой связи предлагается определять значения интервалов и сроков проведения технического перевооружения при реконструкции (модернизации) производства (t_{\min}, t_{\max}) следующим образом:

$$k \int_{t_1}^{t_{\min}} v(t) dt = \int_{t_1}^{t_{\text{ок}}} M_{t1}(t) dt, \quad (1)$$

$$V(t_{\max}) = S_{t_1} \cdot F + M(t) \Big|_{t_1}^{t_{\max}}, \quad (2)$$

где t_{\min} – наиболее ранний срок осуществления проекта технического перевооружения производства цеха (интегральное уравнение Вольтерра); t_{\max} – наиболее поздний срок осуществления проекта технического перевооружения производства или реконструкции производства цеха; $t_{\text{ок}}$ – расчетный срок окупаемости капиталовложений, определенный в акте ввода дополнительных производственных мощностей в момент t_1 ;

t_1 – срок предшествующей реконструкции, расширения или строительства цеха (создания участка); $V(t)$ – функция изменения объемов выпуска продукции во времени; k – коэффициент изменения приведенных затрат с момента t_1 ; M – производственная мощность (пропускная способность) цеха; S – функция изменения от минимума до максимума числа единиц оборудования в цехе или на производственном участке; F – годовой действительный (эффективный) фонд времени работы единицы оборудования за год.

Для того чтобы решать эти уравнения в численном виде, необходимо знать зависимости изменения функции $V(t)$. Другие величины можно определить из акта о вводе в действие производственных мощностей в момент t_1 , а величина k обосновывается либо статистически на основе данных по результатам реконструкции (технического перевооружения, расширения) других аналогичных цехов, либо рассчитывается по величине дефлирующего множителя, применяемого в бизнес-планировании или в инновационных проектах технического перевооружения цехов и участков предприятий.

Постановка задачи определения объемов инвестиций по проекту технического перевооружения (K_{Σ}) может быть осуществлена на основе схемы, приведенной на рис. 4.

На этой схеме величина капиталовложений (K_{Σ}), которая согласно инновационному проекту технического перевооружения производства может быть за счет собственных средств направлена на инвестирование прироста выпуска объемов производства продукции (инновационной продукции, продуктовых инноваций), в момент t_{\max} с помощью интегральных уравнений Вольтерра (3) и уравнений (1) и (2) может быть определена следующим образом:

$$K = k_u \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} \mathcal{E}_i(t) dt + \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} A(t) dt + \int_{t_1}^{t_{\max}} \Delta K(t) dt, \quad (3)$$

где K – капиталовложения в инновационный проект для момента времени t_{\max} ; k_u – доля от чистой прибыли ($\Sigma \mathcal{E}_i$), направляемая на техническое перевооружение производства, полученная в интервале $(t_{\min}; t_{\max})$ как от реализации инновационного (инвестиционного) проекта, осуществленного в момент (t_1) , так и от суммы организационно-технических мероприятий по техническому перевооружению отдельных рабочих мест («узких мест») цеха или участка в интервале $(t_1; t_{\max})$.

В условиях реального управления проектами реконструкции и технического перевооружения

производства рассмотренная схема позволяет осуществлять инвестиционные и инновационные проекты даже без использования заемных средств инновационных фондов и инвестиционных банков, т. е. кредиты на техническое перевооружение производства, как показывает практика, могут быть привлечены только в экстраординарных условиях.

Перейдем к вопросу определения объемов капитальных вложений в проектах технического перевооружения.

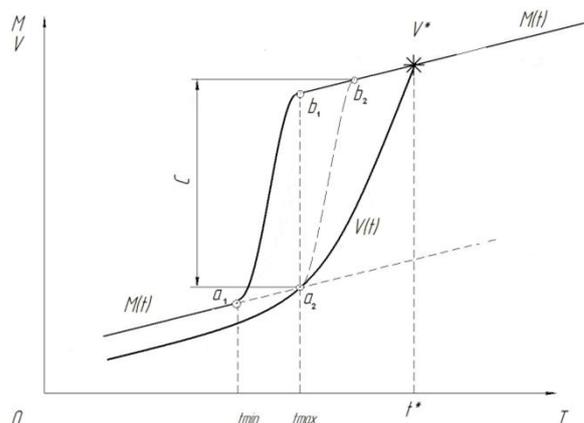


Рис. 5. Схема для анализа и определения объемов капитальных вложений по проекту технического перевооружения производства

На рис. 5 изображены аналитические зависимости изменения как объемов производства в цехе (участке) – $V(t)$, так и кривая роста производственной мощности – $M(t)$ за счет технического перевооружения производства и проведения других организационно-технических мероприятий по модернизации и/или совершенствованию производства.

На рис. 5 $V(t)$ – это кривая изменения объемов выпуска изделий, V^* – объем производства, на который предприятие намерено (планирует) выйти к моменту времени t^* . Задача математического моделирования для управления этим процессом заключается в определении сроков и объемов вводимых мощностей S за счет разработки и реализации проекта технического перевооружения цеха (участка, корпуса), которая должна обеспечить намеченную стратегию развития и модернизации производства:

– $(a_1; b_1)$ – кривая переходного процесса реализации проекта технического перевооружения за счет заемных средств (кредита);

– $(a_2; b_2)$ – кривая переходного процесса реализации проекта технического перевооружения за счет собственных средств предприятия (прибыли).

Внутри этого интервала возможны комбинированные схемы управления из различных источников финансирования.

Искомую величину C можно определить следующим уравнением:

$$C = V^* - (S_{t_{\max}} F + \Delta M(t) \Big|_{t_1}^{t^*}). \quad (4)$$

Потребный прирост производственной мощности C и соответствующие им капиталовложения в техническое перевооружение производства могут превосходить высвобождаемые ресурсы в ходе технического перевооружения предшествующего этапа инвестиционного процесса ($\Delta K, A, \Sigma \mathcal{E}_i$), тогда величина необходимых заемных средств (кредита) в инвестиционных банках или инновационных фондах будет зависеть от разности капиталовложений в проект технического перевооружения, определенный по величинам C и $f(t) = (\Delta K, A, \Sigma \mathcal{E}_i)$, которая определяет возможности инвестиций за счет собственных средств предприятия.

Переходный участок кривой $M(t)$ (кривые $a_1 b_1, a_2 b_2$) (рис. 5) отражает нелинейное изменение производственной мощности в период реализации проекта технического перевооружения цеха или участка. В этом случае предприятие может столкнуться с ситуацией профицита производственной мощности и, как следствие, с некоторой недогрузкой оборудования при освоении производственных мощностей, введенных в ходе выполнения проекта технического перевооружения производства (в условиях серийного производства нормативная величина загрузки оборудования в цехах механосборочного типа обычно колеблется в интервале от 0,7 до 0,9). При этом желательно, чтобы этот профицит мощности был связан с допустимыми значениями нормативных коэффициентов загрузки оборудования.

Обобщая вышесказанное, можно построить математическую модель развития производства средствами его технического перевооружения:

$$\left\{ \begin{array}{l} k \int_{t_1}^{t_{\min}} v(t) dt = \int_{t_1}^{t_{ок}} M_{t_1}(t) dt, \\ V(t_{\max}) = S_{t_{\max}} \cdot F + M(t) \Big|_{t_1}^{t_{\max}}, \\ K = k_u \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} \mathcal{E}_i(t) dt + \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} A(t) dt + \int_{t_1}^{t_{\max}} \Delta K(t) dt, \\ C = V^* - (S_{t_{\max}} F + \Delta M(t) \Big|_{t_{\max}}^{t^*}). \end{array} \right. \quad (5)$$

Здесь:

– первое уравнение системы определяет ранние сроки начала осуществления проекта

технического перевооружения производства (t_{\min}),

– второе – поздние сроки осуществления проекта технического перевооружения производства (t_{\max}),

– третье уравнение определяет величину капиталовложений за счет собственных средств предприятия, которые можно использовать для развития производства средствами его технического перевооружения,

– четвертое уравнение позволяет определить прирост производственной мощности цеха или участка для проведения технического перевооружения производства с помощью инновационного (инвестиционного) проектирования.

Представленную математическую модель для динамического моделирования можно реализовать в пакетах *MatLab* и *Simulink*. При этом *Simulink* – это интерактивный инструмент для моделирования, имитации и анализа динамических систем. Он дает возможность строить графические блок-диаграммы, имитировать динамические системы, исследовать работоспособность систем и совершенствовать тем самым управление проектами. *Simulink* полностью интегрирован с системой *MATLAB*, таким образом он обеспечивает доступ к широкому спектру инструментов математического моделирования и проектирования.

Обобщенную концептуальную математическую модель (5) схематично можно представить на рис. 6 в терминах *SADT-IDEF0*, построенной на основании общепринятой методики разработки информационных технологий P50.1.028.

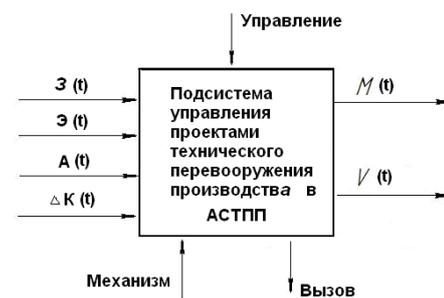


Рис. 6. Концептуальная модель автоматизированной системы управления проектами технического перевооружения производства

Таким образом, решаемая задача может быть сведена к применению двух типов систем компьютерного моделирования для автоматизации разработки и управления проектами технического перевооружения производства по всему их жизненному циклу:

1. Функционального моделирования проектов технического перевооружения производства в *SADT-IDEFO* с помощью *BPWin 4.1.*;

2. Компьютерного моделирования в *MATLAB 7.3* и *Simulink* – это пакеты прикладных программ для технических вычислений и одноименный язык программирования, используемый для формирования опции «Вызов» (рис. 6), в данном случае – пакетов прикладных программ, осуществляющих математическое моделирование процессов технического перевооружения производства.

Разработку рассмотренной выше системы автоматизированного проектирования технологической подготовки производства рекомендуется осуществлять в рамках известных *ERP*-, *CRP*-, *MES*-, *PLM*-систем (рис. 7). На этом рисунке представлена взаимосвязь названных функций и систем управления и программно-методических комплексов [6–8].



Рис. 7. Взаимосвязь представленной математической модели и существующих систем АСТПП

Предложенная модель автоматизации управления проектами технического перевооружения производства в АСТПП может быть разработана в рамках *CRP*-систем, которые предназначены для управления производственными мощностями предприятий, но в настоящее время существенно отстают от других систем по своему контенту.

Предлагаемая разработка позволяет восполнить этот пробел в такой актуальной сфере АСТПП, как модернизация производства средствами его технического перевооружения. Практика использования изложенной концепции управления проектами технического перевооружения и реконструкции действующего производства позволяет констатировать следующие результаты, полученные на одном из авиаприборостроительных предприятий. Внедрение методов управления инновационной деятельностью с ис-

пользованием рассмотренных разработок показало реальное удвоение объемов выпуска новых изделий на тех же площадях и при той же численности работающих, обеспечившее за 5 лет постановку на производство 52 новых изделий авиационной и космической техники, конкурентоспособной на мировых рынках.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Техническое перевооружение и реконструкция действующего производства в отличие от экстенсивных способов его развития в виде проектов нового строительства и расширения действующих предприятий позволяет на основе модернизации всех производственных подразделений решать задачи интенсификации производства. Основой управления проектами технического перевооружения является не только коренное переустройство производственных процессов и технологий, решение задач подготовки производственных мощностей и организации выпуска новой конкурентоспособной продукции на существующих производственных площадях и при той же или даже меньшей численности работающих, но также использования современных методов управления инновационными проектами в АСТПП. Данные свойства позволяют относить рассматриваемые проекты к эффективным методам организации производства инновационной продукции, техники новых поколений (продуктовых инноваций), которые, как правило, обеспечивают более высокую экономическую, коммерческую, бюджетную, социальную и экологическую эффективность производства при более низких значениях инвестиционных рисков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Селиванов С. Г., Гузаиров М. Б. Системотехника инновационной подготовки производства в машиностроении. М.: Машиностроение, 2012. 568 с. [S. G. Selivanov and M. B. Gusairov, *System engineering of innovative preparation of manufacturing*, (in Russian). Moscow: Mashinostroenie, 2012.]
2. Селиванов С. Г., Гузаиров М. Б., Кутин А. А. Инноватика: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2007. 721 с. [S. G. Selivanov, M. B. Gusairov, and A. A. Kutin, *Science of innovations*, (in Russian). Moscow: Mashinostroenie, 2007.]
3. Р 50.1.028-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. – Введ. 2001-06-02.- М.: Изд-во стандартов, 2001. – 53 с.:ил.; 29 см. [P 50.1.028-2001 *Information technologies of product life circle support. Methods of functional modeling*, (in Russian), Enacted. 2001-06-02. – Moscow: Standards Publishing, 2001]
4. **Announcing** the Standart for Integration definition for function modeling (IDEFO). Draft Federal Information Processing Standarts Publication 183, 1993 December 21. [Announcing the Standart for Integration definition for function

modeling (IDEF0). Draft Federal Information Processing Standards Publication 183, 1993 December 21.]

5. **Information** Integration for concurrent engineering (IICE) IDEF3 process description capture method report / Richard J. Mayer, Ph. D; Cristopher P. Menzel, Ph. D.; Michael K. Painter; Paula S. de Witte, Ph. D; Thomas Blinn; Benjamin Perakath, Ph. D – Interim Technical report for period April 1992 – September 1995.- 224p. [*Information Integration for concurrent engineering* (IICE) IDEF3 process description capture method report, Richard J. Mayer, Ph.D; Cristopher P. Menzel, Ph.D.; Michael K. Painter; Paula S.de Witte, Ph.D; Thomas Blinn; Benjamin Perakath, Ph.D. Interim Technical report for period April 1992 – September 1995.]

6. **Яблочников Е. И.** Методологические основы построения АСТПП. СПб: СПбГУ ИТМО, 2005. 84 с. [E. I. Yablochnikov, *Methodical basics of ASTPP projecting*, (in Russian). St. Petersburg: SPbGU ITMO, 2005.]

7. **Кульга К. С.** Автоматизация технологической подготовки и управления производства на основе PLM-системы. М.: Машиностроение, 2008. 256 с. [K. S. Kulga, *Automatization of technique preparation and manufacturing management using PLM-systems*, (in Russian). Moscow: Mashinostroenie, 2008.]

8. **Загидуллин Р. Р.** Системные решения на базе систем CRP, APS, MES и SCADA // Автоматизация и управление технологическими и производственными процессами: матер. Всерос. науч.-практ. конф. (Уфа, 27 мая 2013г.). Уфа: УГАТУ, 2013. С. 57–65. [R. R. Zagidullin, "System clues based on CRP, APS, MES and SCADA systems," (in Russian), in *Proc. Automatization and management of technique and manufacturing processes*, pp. 57-65, Ufa, Russia, 2013.]

ОБ АВТОРАХ

СЕЛИВАНОВ Сергей Григорьевич, проф. каф. технологии машиностроения. Дипл. инж. по автоматиз. и компл. механ. машиностр. (УАИ, 1970). Д-р техн. наук по технол. машиностр. (Мосстанкин, 1991). Иссл. в обл. технол. подг. и организ. пр-ва.

ШАЙХУЛОВА Айгуль Фазировна, асп. каф. технологии машиностроения. Дипл. спец. в обл. технол., оборуд. и автоматиз. машиностроительного производства (Уфимский государственный авиационный технический университет, 2013).

METADATA

Title: System modeling and management of technical reconstruction projects of manufacturing in engineering.

Authors: S.G. Selivanov¹, A.F. Shayhulova²

Affiliation: Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹S.G.Selivanov@mail.ru ²shaihulova@inbox.ru.

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 18, no. 2 (63), pp. 125-133, 2014. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: Article obtains questions of functional modeling and system engineering in ASTPP. Presenting a model of managing technical reconstruction of innovative projects.

Key words: system engineering innovations; ASTPP; technical reconstruction; functional modeling; systems; IDEF0; IDEF3.

About authors:

SELIVANOV, Sergey Grigorievich, Dr. of Technical Sciences, Professor, the honored worker of science of BR, the author more than 350 publications, including textbooks for higher education institutions (2), monographs (7). Manuals (6), State standards (5), techniques of all-machinebuilding application (12), foreign editions (12).

SHAYHULOVA, Aygul Fazirovna, Postgrad. (PhD) Student, Dept. of Engineering Technologies. Master of Technologies, equipment and automatization of manufacturing (USATU, 2013).