

## **Функциональное моделирование процесса технологической подготовки производства для проектов создания новой техники**

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

Проанализированы требования стандартов к технологическому обеспечению создания продукции. Предложена функциональная модель процесса технологической подготовки производства, которая может стать основой информационной поддержки проектов создания новой техники. С целью реализации функций информационной системы проанализированы факторы, влияющие на объем и структуру технологических документов, определены их основной и вспомогательный состав. В рамках функционального моделирования разработана программа создания форм технологических документов, необходимых при формировании баз данных технологических процессов проектов новой техники.

**Ключевые слова:** проект создания новой техники, технологическая подготовка производства, функциональная модель, технологическая документация, формы документов.

*Постановка проблемы в общем виде.* Особенностями современных рыночных условий является то, что определяющим видом деятельности промышленных предприятий становятся проекты по разработке и созданию новой техники. Реализация подобных проектов – серьезная проблема, требующая организации непрерывного процесса подготовки новых изделий, характеризующихся технологической новизной (либо модификацией существующих технологических принципов), воплощающая научные открытия и изобретения [1].

Подготовка проекта – техническая подготовка производства объединяет комплекс научных, проектно-конструкторских, технологических и производственно-хозяйственных работ по созданию и освоению новых изделий и внедрению новых технологий. Все виды работ по технической подготовке производства проходят взаимосвязанные этапы конструкторской подготовки производства, технологической подготовки производства (ТПП) и организационной подготовки производства. В результате формируется комплект документов, определяющий взаимоотношения различных служб и производственных подразделений, являющийся фактором, обеспечивающим рост эффективности производства и повышения производительности труда [1, 2].

Проектная деятельность предполагает, что при создании новой техники необходимо разрабатывать индивидуальные технологические решения с целью оптимального по срокам и ресурсам обеспечения технологической готовности производства к изготовлению изделий в соответствии с требованиями заказчика или рынка данного класса техники. Однако даже у самой функциональной производственной системы есть существенный недостаток – инерционность и отсутствие ориентации на новую продукцию, когда каждый освоенный, прошедший технологическую подготовку продукт ставят в серийное (массовое) производство [1, 2, 3].

Проекты создания новой техники ориентированы на изделия, уникальные по конструкции, выполняемым задачам или другим важным признакам, выполняются в рамках маркетинговой стратегии предприятий при увеличении (сохранении) доли рынка. Возможность автоматизации процессов создания документации при реализации таких проектов практически полностью решает проблемы рутинности, трудоемкости и ресурсоемкости ее разработки, позволяет сократить длительность этапов проектирования и технологической подготовки производства, уменьшить

сроки реализации проекта. Наиболее актуальными являются технологии автоматизированной разработки документации на основе концепции единого источника [4, 5], идея которых для проектов создания новой техники представлена на рис. 1.

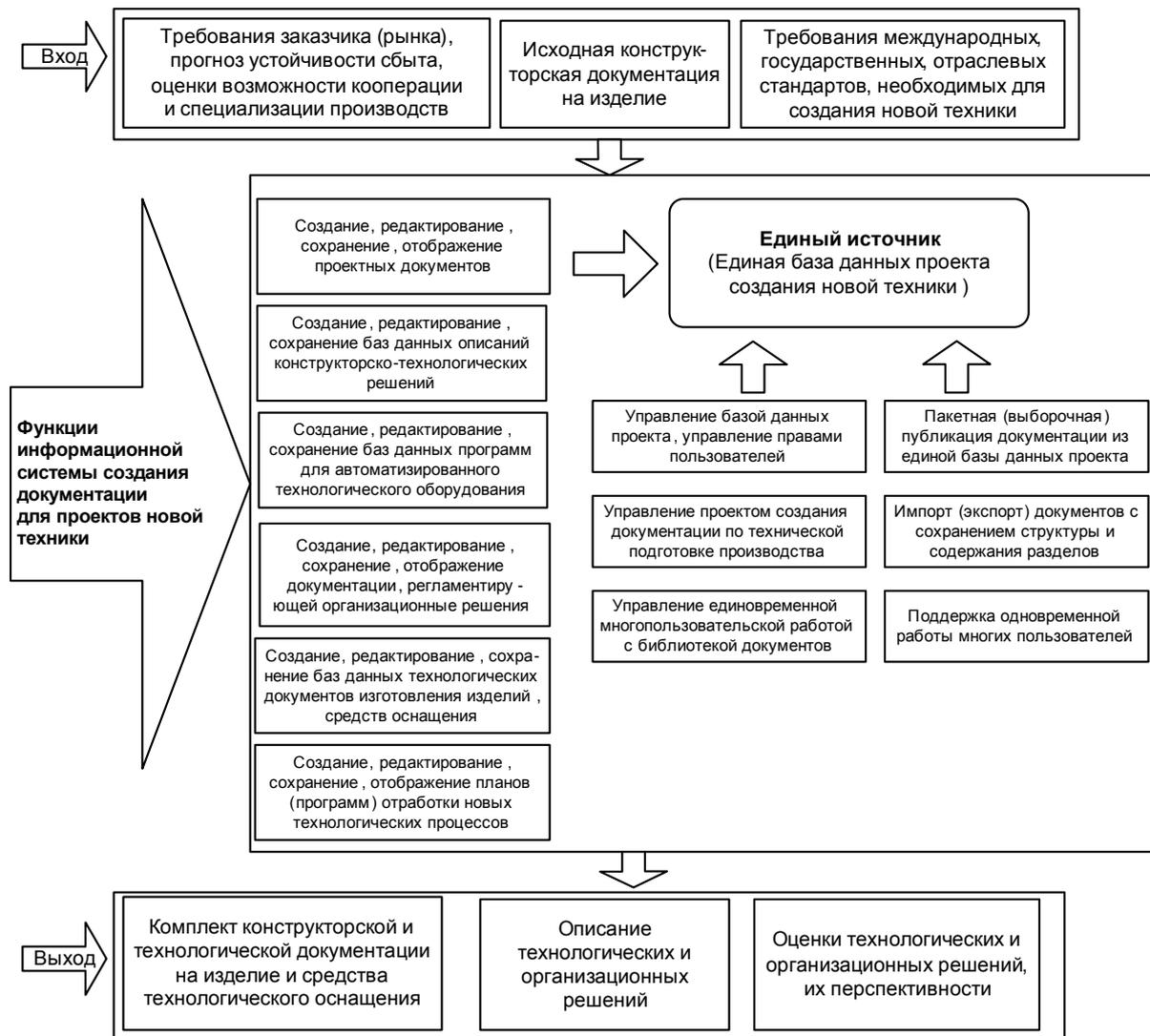


Рис. 1. Концепция единого источника для проектов создания новой техники

Информационные системы, реализующие концепцию единого источника, позволяют создавать и поддерживать в актуальном состоянии единую базу данных проектов, что в рамках выделенного бюджета обеспечивает быструю технологическую готовность производства к изготовлению новых изделий. К сожалению, разработка подобных информационных систем связана с определенными трудностями, одной из которых является отсутствие единого подхода к описанию процессов технологической подготовки производства.

Поэтому *целью* статьи является разработка модели процесса технологической подготовки производства, использование которой в рамках единой информационной системы позволит эффективно реализовать проекты создания новой техники.

*Основной материал.* Стандарт ISO/IEC 12207 в жизненном цикле информационных систем разделяет этапы проектирования и написания программного кода, что позволяет на начальных стадиях разработки проанализировать пред-

метную область, сформировать концептуальную модель системы с описанием основных выполняемых функций [5, 6]. При этом за основу берут модели бизнес-процессов, выполняемых при создании новой техники.

Процесс создания технической документации на основе концепции единого источника описывается теоретико-множественным представлением вида [4]:

$$TD = ( X, S, Y, \varphi, \psi ), \quad (1)$$

где  $X = \{ x_1, x_2, \dots, x_n \}$  – множество исходных данных, необходимых для разработки технической документации;

$S = \{ s_1, s_2, \dots, s_m \}$  – множество требований, регламентирующих процесс разработки технической документации и определяющий ее состояние;

$Y = \{ y_1, y_2, \dots, y_k \}$  – множество документов, получаемых на выходе при реализации процесса разработки технической документации;

$\varphi: X \times S \rightarrow S$  – функция переходов, в результате реализации которой составляется и утверждается техническое задание на разработку;

$\psi: X \times S \rightarrow Y$  – функция выходов, формируемая в процессе трансформации исходных данных в выходной комплект документов с учетом требований технического задания.

Следовательно, информационная система должна реализовывать функцию выходов, для определения которой воспользуемся методом функционального моделирования IDEF 0 [5, 6], позволяющим наглядно представить предметную область и исследовать информационные потоки. Рассмотрим особенности формирования функции выхода на примере ТПП.

ТПП направлена на разработку и реализацию мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства [7]. В соответствии с ГОСТ Р 50995.3.1-96 при проведении ТПП разработчики и изготовители на основе требований нормативной документации (Системы разработки и постановки продукции на производство (СРПП), Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), Единой системы технологической документации (ЕСТД), систем качества, рекомендаций и пр.) преобразуют требования заказчика (рынка) на основе проектной документации с учетом объема выпуска и имеющихся материалов (комплектующих) в конструкторскую и технологическую документацию, обеспечивающую изготовление деталей и сборочных единиц. Функциональная модель этого процесса в виде контекстной диаграммы IDEF 0 представлена на рис. 2 [6].

ГОСТ Р 50995.3.1-96 определяет функциональные области ТПП. Это [8]:

- технологическая подготовка производства при проектировании изделия;
- технологическая подготовка производства опытных образцов и единичных изделий;
- технологическая подготовка производства серийных изделий.

Следовательно, общая функциональная модель процесса ТПП разбивается на ряд дочерних диаграмм, определяющих последовательность осуществления технологической подготовки производства (рис. 3). В результате формируется комплект документации, который служит средством организации труда рабочих и несет информацию для служб управления производством при определении плановой и фактической себестоимости изделия (его сборочных единиц), производительности труда, производственной мощности и загрузки оборудования участков, цехов и предприятия в целом. Являясь носителем информации о нормах расхода материалов, эта документация обеспечивает планирование и подготовку произ-

водства, определяет функции участников производства, устанавливает определенные отношения между различными участками производства [1, 8].



Рис. 2. Общая функциональная модель процесса ТПП

При этом необходимо помнить, что объем работ и документации, создаваемой при ТПП, зависит от стадии разработки конструкторской документации (КД) [9]. При этом для уникальных проектов изделий новой техники не всегда технологическая документация будет проходить все стадии разработки, что нужно иметь в виду, формируя базы данных, указанные в функциональной модели ТПП. А документация, полученная на ранних стадиях, будет уточняться и расширяться в процессе реализации этапов ТПП. Так, например, определяющие технологические и организационные решения по производству изделия на стадии проектирования в общем случае будут содержать характеристику конструкторско-технологических решений по изделию с учетом технологичности, реализуемости в производстве и конкурентоспособности. Эти же решения на стадии опытных образцов и единичных решений будут формироваться с учетом результатов отработки ранее не освоенных и наиболее ответственных технологических процессов, с учетом требований к качеству и к надежности изделий серийного производства и т.д.

Особое значение документация приобретает в условиях автоматизированного управления производством, выполняя роль обратной связи и создавая основу информационного обеспечения проектов создания новой техники.

Существует ряд отраслевых стандартов, которые определяют правила и порядок создания подсистем автоматизированной системы ТПП [10]. Однако, рекомендации, изложенные в них, не учитывают современные тенденции в развитии ИТ-технологий, направленных на информационную поддержку процессов, не содержат алгоритмов адаптации созданных баз данных с новыми программами, не позволяют интегрировать современные требования к документам с уже имеющимися базами. Эти недостатки требуют переработки существующих рекомендаций, а, следовательно, и существующего программного обеспечения, направленного на автоматизацию процессов технологической подготовки производства.

41

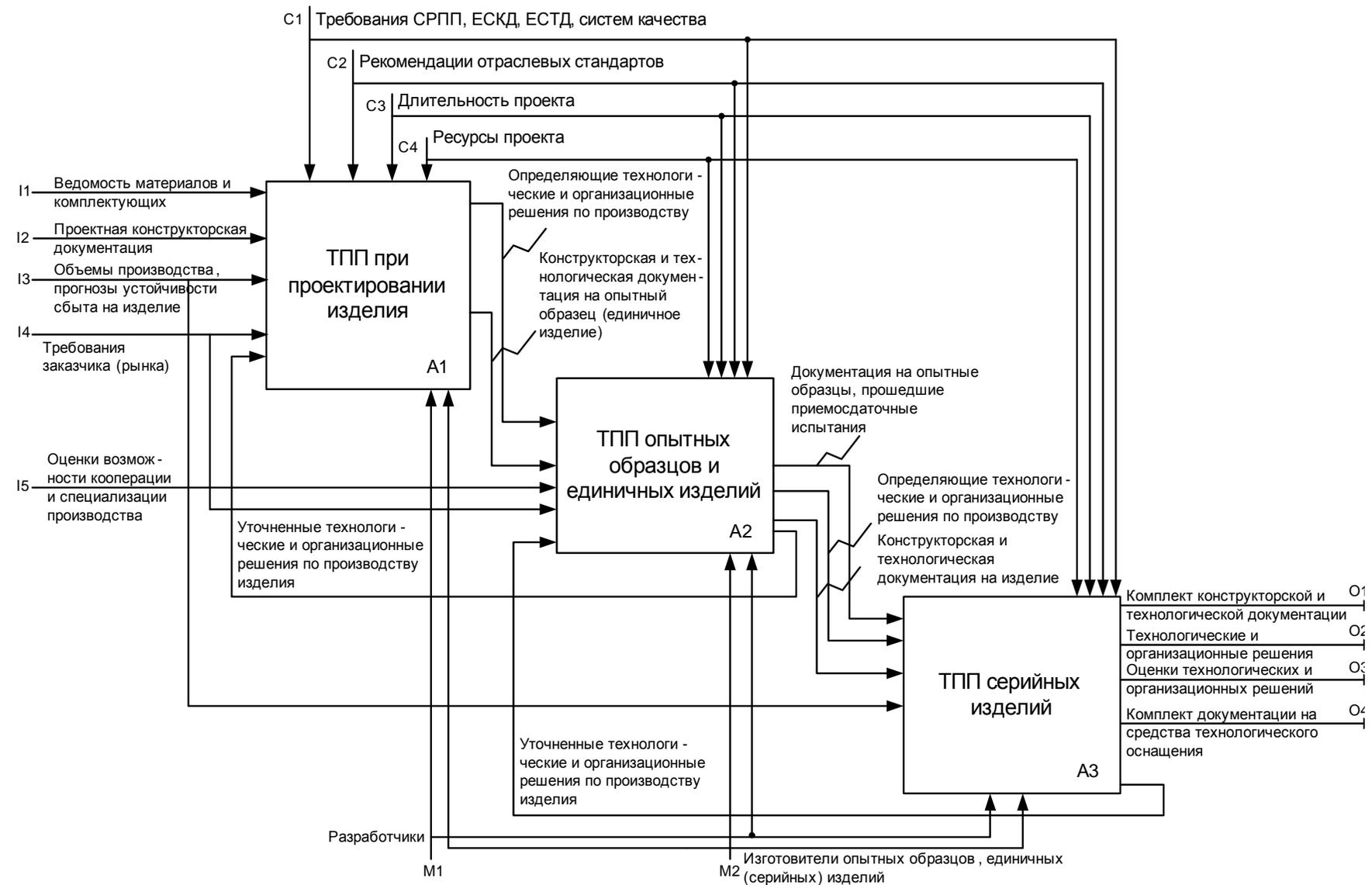


Рис. 3. Декомпозиция процесса технологической подготовки производства в соответствии с ГОСТ Р 50995.3.1-96

При формировании баз данных информационных систем автоматизации процессов создания документации необходимо учесть, что вид, формы, порядок заполнения документов регламентируются соответствующими стандартами. Особенно строгостью оформления отличается технологическая документация, для которой форма представления закреплена в стандартах ЕСТД. Таким образом, база данных технологических документов также должна содержать набор их типовых форм.

В соответствии с требованиями ГОСТ 2.103-68 и ГОСТ 3.1102-81 разработка технологической документации проводится на стадии предварительного проекта. Структура и объем документов зависят от многих факторов, классификация которых представлена на рис. 4. [4, 9, 10].



Рис. 4. Классификация факторов, на влияющих структуру и объем технологических документов

Также технологические документы делят [9]:

а) на вспомогательные – документы, применяемые при разработке, внедрении и функционировании технологических процессов (операций);

б) на основные – документы, полностью и однозначно определяющие технологический процесс, содержащие сводную информацию, необходимую для решения одной (комплекса) инженерно-технических, планово-экономических и организационных задач. При этом документы этого типа делят:

- на документы общего назначения (карта эскизов, технологическая инструкция и пр.);

- на документы специального назначения (маршрутная карта, карта технологического процесса, ведомость оснастки, ведомость материалов и т.п.).

Алгоритм обращения к базе данных технологических документов с целью составления перечня документов и выбора их форм из соответствующего архива при формировании комплекта технологической документации представлен на рис. 5, где блоки 1, 2 и 3 имеют идентичную структуру. Этот алгоритм реализован в виде программы «Шаблон», общий вид диалогового окна которой представлен на рис. 6 [11].

В соответствии с рис. 4 и требованиями ГОСТ 3.1102-81 программа состоит из четырех основных полей выбора, в результате работы с которыми формируются комплект форм технологической документации, который содержится в разделе «Бланки» базы данных технологических документов.

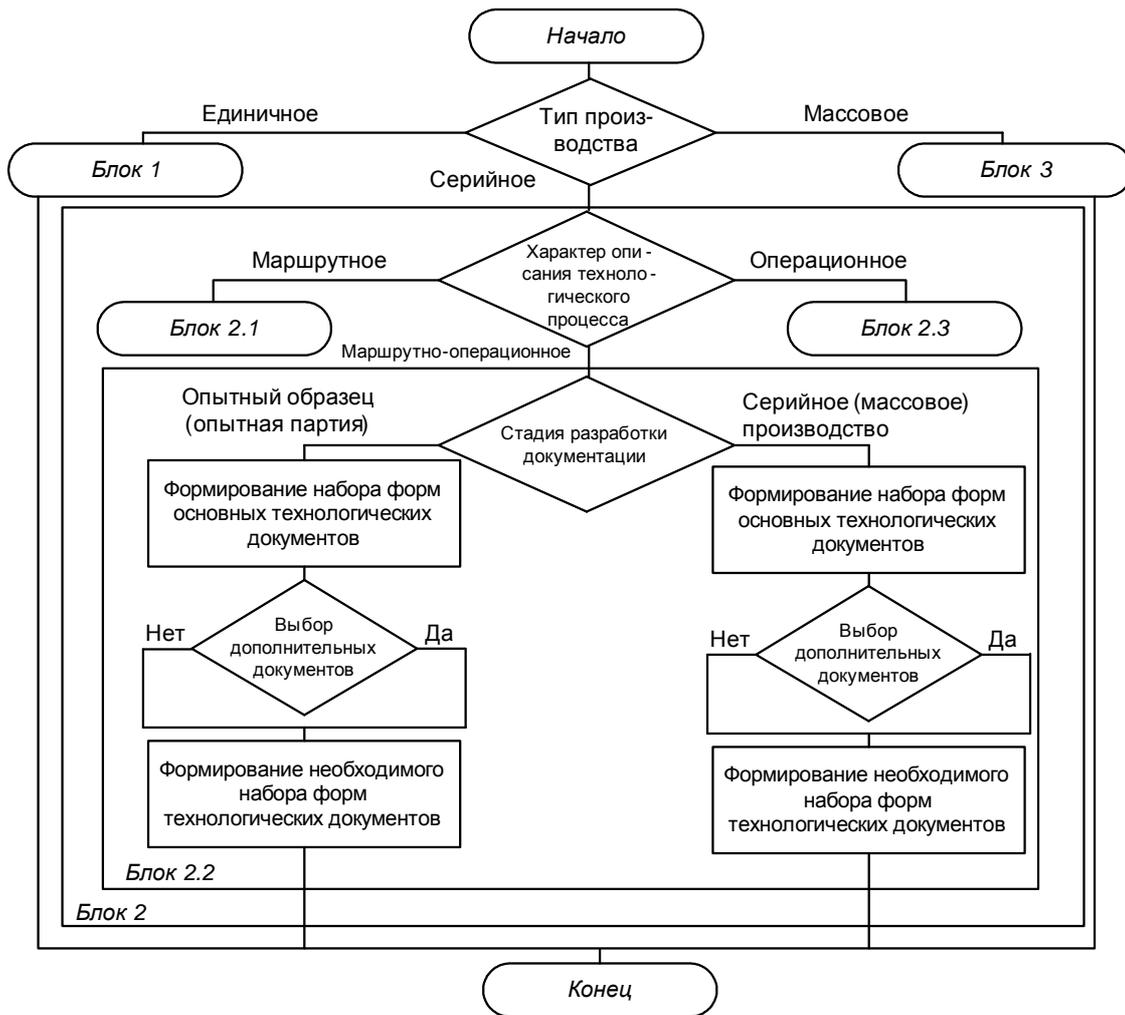


Рис. 5. Укрупненная блок-схема алгоритма обращения к базе данных технологических документов

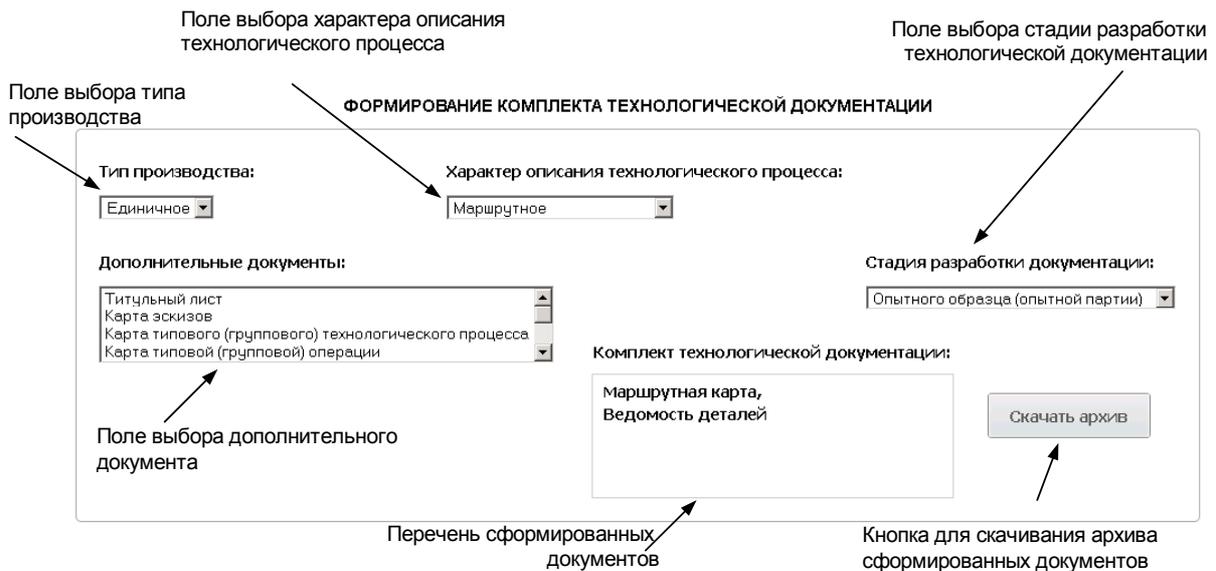


Рис. 6. Общий вид интерфейса программы «Шаблон»

Состав комплекта форм отображается в соответствующем поле программы, а кнопка «Скачать архив» формирует архив с формами технологической документацией (рис. 7) и сохраняет его на жесткий диск компьютера.

Имя	Дата изменения	Тип	Размер
Ведомость деталей	05.10.2013 16:33	Лист Microsoft Of...	52 КБ
Ведомость остнастки Ф.2	05.10.2013 16:33	Лист Microsoft Of...	74 КБ
Ведомость остнастки Ф.3	05.10.2013 16:33	Лист Microsoft Of...	58 КБ
Ведомость технологических документа...	05.10.2013 16:33	Лист Microsoft Of...	71 КБ
Ведомость технологических документа...	05.10.2013 16:33	Лист Microsoft Of...	56 КБ
Карта типовой операции	05.10.2013 16:33	Лист Microsoft Of...	56 КБ
Карта эскизов Ф.6	05.10.2013 16:33	Лист Microsoft Of...	65 КБ
Карта эскизов Ф.7	05.10.2013 16:33	Лист Microsoft Of...	53 КБ
Карта эскизов Ф.8	05.10.2013 16:33	Лист Microsoft Of...	54 КБ
Маршрутная карта - Ф.1	05.10.2013 16:34	Лист Microsoft Of...	56 КБ
Маршрутная карта - Ф.2	05.10.2013 16:34	Лист Microsoft Of...	54 КБ
Маршрутная карта - Ф.3	05.10.2013 16:34	Лист Microsoft Of...	77 КБ
Титульный лист Ф.1	05.10.2013 16:34	Лист Microsoft Of...	33 КБ
Титульный лист Ф.2	05.10.2013 16:34	Лист Microsoft Of...	28 КБ

Рис. 7. Вариант комплекта форм технологической документации

Меню «Тип производства» позволяет выбрать соответствующий тип производства. По ГОСТ 3.1102-81 это - единичное, серийное либо массовое (рис. 8, а). Меню поля выбора «Характер описания технологического процесса» зависит от необходимой степени детализации проектируемого технологического процесса, определяемой по ГОСТ 3.1102-81, и позволяет выбрать такие варианты: маршрутное, маршрутно-операционное и операционное описание процесса (рис. 8, б).

Тип производства:

Единичное  
 Единичное  
 Серийное  
 Массовое

а)

Характер описания технологического процесса:

Маршрутное  
 Маршрутное  
 Маршрутно-операционное  
 Операционное

б)

Стадия разработки документации:

Опытного образца (опытной партии)  
 Опытного образца (опытной партии)  
 Серийного (массового) производства

в)

Дополнительные документы:

Титульный лист  
 Карта эскизов  
 Карта типового (группового) технологического процесса  
 Карта типовой (групповой) операции

г)

Рис. 8. Меню полей выбора в программе «Шаблон»: а – поле выбора «Тип производства»; б – поле выбора «Характер описания технологического процесса»; г – меню поля выбора «Стадия разработки технологической документации»; д – меню поля выбора «Дополнительные документы»

Меню поля выбора «Стадия разработки технологической документации» (рис. 8, в) в соответствии с ГОСТ 3.1102-81 состоит из двух пунктов: опытного образца и серийного производства. Поле выбора «Дополнительные документы» (рис. 8, г) позволяет сформировать формы документов, необходимых для полного описания технологического процесса в соответствии с ГОСТ 3.1102-81.

При этом отметим, что необходимость, объем и содержание ТПП при проектировании изделия оговаривается дополнительно.

*Выводы.* Таким образом, в рамках концепции единого источника разработана функциональная модель процесса технологической подготовки производства. Ее использование в качестве элемента информационной системы позволит:

- готовить конструкторскую, технологическую, планово-экономическую документацию по проектам в предельно сжатые сроки;
- обеспечить технологическую готовность производства для опережающего запуска унифицированных и заимствованных узлов новой техники;
- принимать технически и экономически обоснованные решения при заключении договоров, при участии предприятия в тендерах, в государственных программах, при создании и внедрении инновационных изделий.

Разработанные алгоритмы, программы, базы данных также могут использоваться при автоматизации процессов создания документации для проектов новой техники.

Перспективой дальнейших исследований является детализация этапов ТПП с разработкой программного кода информационной системы создания документации.

#### Список литературы

1. Невлюдов, І. Ш. Основи виробництва електронних апаратів: [Текст]: підручник / І. Ш. Невлюдов. – Х.: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. – 592 с.
2. Медведева, С. А. Основы технической подготовки производства [Текст]: учеб. пособие / С. А. Медведева. – СПб: СПб ГУ ИТМО, 2010. – 69 с.
3. Дмитриевский, Б. С. Моделирование технической подготовки производства в мелкосерийной инновационно-производственной системе: [Текст] / Б. С. Дмитриевский, И. О. Савцова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2013. – № 2 (46). – С. 54-59.
4. Даншина, С. Ю. Технология автоматизированного документирования разработки радиоэлектронной аппаратуры: [Текст] / С. Ю. Даншина, А. В. Денисенко. – Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр./ М-во образования и науки Украины, Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», – Харьков, 2012. – Вып. 57. – С. 176-186.
5. CASE-технологии в управлении проектами [Текст]: монография / В. М. Илюшко, В. Я. Жихарев, С. Ю. Мелешенко и др.; под ред. А. Ю. Соколова. – Житомир: Волянь, 2005. – 534 с.
6. Методи системного аналізу в радіоелектроніці та комп'ютерній інженерії [Текст]: підручник / А. В. Горбенко, С. Ю. Даншина, В. А. Краснобаєв та ін.; за ред. С. Ю. Даншиної, В. С. Харченка. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2014. – 424 с.
7. ГОСТ 14.004-83. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий [Текст]. – Введ. 1993-07-01. – М.: Стандартиформ, 2008. – 7 с.
8. ГОСТ Р 50995.3.1-96. Технологическое обеспечение создания продукции. Технологическая подготовка производства [Текст]. – Введ. 1997-07-01. – М.: Из-во

стандартов, 1997. – 11 с.

9. ГОСТ 3.1102-81. Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов [Текст]. – Взамен ГОСТ 3.1102-74; введ. 01.07.1982. – М.: Из-во стандартов, 2006. – 7 с.

10. Автоматизированное формирование форм технологических документов на основе баз данных [Текст]: Р 50-54-71-88: утв. ВНИИНМАШ 26.07.88 : введ. в действие с 01.07.89. – М., 1989. – 57 с.

11. А. с. 56191 Комп'ютерна програма автоматизованого формування форм технологічної документації «Шаблон» / С.Ю. Даншина, В.В. Шевель. – № 56634; заявл. 27.06.2014 року.

**Рецензент:** к.т.н., доцент Чечуй А.В., Харьковский университет Воздушных Сил Украины, г. Харьков  
Поступила в редакцию 24.11.2014

### **Функціональне моделювання процесу технологічного підготовки виробництва для проектів створення нової техніки**

Проаналізовано вимоги стандартів до технологічного забезпечення створення продукції. Запропоновано функціональну модель процесу технологічного підготовки виробництва, що може стати основою інформаційної підтримки проектів створення нової техніки. З метою реалізації функцій інформаційної системи проаналізовано фактори, що впливають на обсяг і структуру технологічних документів, визначено їхній основний і допоміжний склад. У рамках функціонального моделювання розроблено програму створення форм технологічних документів, необхідних під час формування баз даних технологічних процесів проектів нової техніки.

**Ключові слова:** проект створення нової техніки, технологічне підготовка виробництва, функціональна модель, технологічна документація, форми документів.

### **Functional modeling of technological preparation of production projects for the creation of new equipment**

The requirements of standards to technological support for products development and production are analyzed. A functional model of the process of technological preparation of production is proposed. She is basis of information support of projects to create new equipment. In order to implement the functions of the information system are analyzed the factors affecting the volume and structure of technological documents; defined by them for primary and secondary consist. As element of functional modeling the program to create forms of technological documents was developed. She required for the formation of a database of technological processes of new equipment projects.

**Keywords:** project to create a new equipment, technological preparation of production, functional model, technological documentation, forms of documents.