

## СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Н.В. Агаркова, Г.О. Артемова, Н.Ф. Гусарова

Работа посвящена оптимизации проектных решений в сфере систем автоматизированного проектирования технологической подготовки производства, в частности в подготовке производственных структур документирования научно-технической информации.

**Ключевые слова:** САПР, научно-техническая информация, распределение работ, автоматизация, документирование, СППР.

### Введение

В настоящее время развитие промышленного производства во всем мире и в России, в частности, проходит в условиях постоянно меняющейся номенклатуры продукции. Для сохранения конкурентоспособности предприятия вынуждены ускорять процесс выпуска продукции, для чего иногда приходится полностью перестраивать технологическую подготовку производства. При этом трудоемкий и ресурсозатратный процесс подготовки документации становится узким местом и требует отдельного внимания в рамках комплексной автоматизации производства.

Кроме технологической документации, в информационном обеспечении приборостроения как наукоемкой отрасли промышленности особое место занимают научно-технические документы – статьи, технические отчеты и описания, буклеты, проспекты, презентации и т.д., которые играют важную роль при взаимодействии с заказчиками и научным сообществом. Процесс создания таких документов – документирование первичного потока научно-технической информации – достаточно редко рассматривается при комплексной автоматизации предприятия, так как ориентирован на малые тиражи (плоть до единичных экземпляров).

В настоящее время на большинстве предприятий приборостроения производство ведется с использованием современных САД-систем и автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП), что обеспечивает достаточный уровень подготовки конструкторской документации в электронном виде. Широкое распространение получили также PDM-системы (ProductDataManagement – управление данными об изделии). Использование в приборостроении PDM-систем, САД-систем и АСТПП позволяет эффективно решать задачи создания конструкторско-технологической базы данных и эффективного хранения документации.

Однако задача создания и оформления научно-технической документации и ускоренной адаптации производственных мощностей подготовки документации при изменении номенклатуры продукции плохо поддается автоматизации существующими средствами и остается одним из самых трудоемких процессов. Для решения этого вопроса возникает потребность в инструменте, позволяющем поддержать процесс принятия решений при разработке системы подготовки документации.

### Идентификация предметной области

Информационное обеспечение играет важную роль на всех этапах жизненного цикла промышленной продукции. В условиях современного производства оно в подавляющем большинстве случаев организовано в виде совокупности документов различного типа. Документ [1] – материальный носитель с зафиксированной на нем в любой форме информацией в виде текста, звукозаписи, изображения и (или) их сочетания, который имеет реквизиты, позволяющие его идентифицировать, и предназначен для передачи во времени и в пространстве в целях общественного использования и хранения.

В информационном обеспечении приборостроения как наукоемкой отрасли промышленности научно-технические документы (статьи, технические отчеты и описания, буклеты, проспекты, презентации и т.д.), которые, согласно принятой классификации [2], относятся к первичным документам<sup>1</sup>, но, в отличие от, например, бухгалтерских первичных документов<sup>2</sup>, имеют семантическую, а не фактографическую природу. Следуя определениям [2, 3], технологический процесс создания таких документов можно назвать документированием<sup>3</sup> первичного потока научно-технической информации.

Как показывает анализ организации документирования первичного потока информации на предприятиях приборостроения [4], в качестве прототипов здесь используются технологические процессы, продук-

<sup>1</sup> Первичный документ [2] содержит информацию, которая является изложением результатов изучения, исследования, разработок и т.д. и оригинальна по своему характеру, т.е. представляет собой результат непосредственного отражения деятельности автора.

<sup>2</sup> В бухгалтерии первичный документ составляется в момент совершения хозяйственной операции и является первым свидетельством произошедших фактов [2].

<sup>3</sup> Документирование – запись информации на различных носителях по установленным правилам [3]. Документирование – создание документа с использованием различных методов, способов и средств фиксации информации на материальном носителе [2]

ция которых аналогична по физической природе подготавливаемым документам (например, полиграфия). Для определенности будем рассматривать подготовку печатных документов, которая строится как модификация процесса допечатной подготовки изданий [5, 6]. Структура последнего представлена на рис. 1. Процесс реализуется на компьютере: на экране монитора воспроизводится постепенное заполнение поля будущего структурного элемента издания (например, страницы документа) структурными единицами более низкого уровня (текстом, иллюстрациями и т.д.). На программном уровне в качестве структурных единиц выступают информационные объекты<sup>4</sup>, т.е. программными средствами решается задача сборки.

Однако документирование первичного потока информации имеет существенные отличия от прототипа по характеристикам выпускаемой продукции (документов), представленные в табл. 1 (столбец 1). В этих условиях полномасштабная структура (рис. 1) является избыточной и не позволяет гибко перестраивать систему документирования под нужды конкретного документа.

№	Характеристика документов	Связь с определяющими факторами
1	Малые и сверхмалые тиражи (вплоть до единичных экземпляров)	В документе увеличиваются $\Delta f(z)$ – отклонения от среднестатистического распределения ТПр для документов данного типа;
2	Технологическая разноплановость документов	Увеличиваются $\Delta f(z)$ ; увеличивается требуемое количество специализированных программно-аппаратных средств
3	Разнообразие программно-аппаратных средств, использованных при подготовке входных ИО	Растет множество входных параметров $Q \rightarrow$ возникают новые ТПр $\rightarrow$ их нужно компенсировать ростом $c_i \rightarrow$ нужно увеличивать $c_i$
4	Изменение критериев эффективности ДПП со сменой документа	Увеличиваются $\Delta m(z)$ – отклонения от среднестатистического распределения важности ТПр для документов данного типа $\rightarrow$ увеличивается интенсивность труда по их устранению $\rightarrow$ нужно увеличивать $c_i$
5	Сильные ресурсные ограничения на один документ	Ограничения на $c_i \rightarrow$ нужно уменьшать число ОЗ, приходящихся на один документ

Таблица 1. Характеристики выпускаемых документов и их связь с определяющими факторами

Таким образом, возникает задача проектирования системы документирования первичного потока информации. В статье рассматривается подход к моделированию процесса с учетом неопределенностей, порождаемых характеристиками документов, и дерево решений для построения системы поддержки принятия проектных решений (СППР).

#### Концептуализация предметной области

В соответствии с методикой [8] сформулируем исходные данные для синтеза СППР построения системы документирования первичного потока информации. Процесс формируется как последовательность работ, объединенных в группы; номенклатура работ и обобщенная (избыточная) структура их взаимосвязей соответствует рис. 1. Работы выполняются обрабатывающими звеньями, которые характеризуются программно-аппаратным обеспечением, а также знаниями и опытом (компетенцией) сотрудника.

<sup>4</sup> Информационный объект – представление объекта предметной области в информационной системе, определяющее его структуру, атрибуты, ограничения целостности и, возможно, поведение [7].

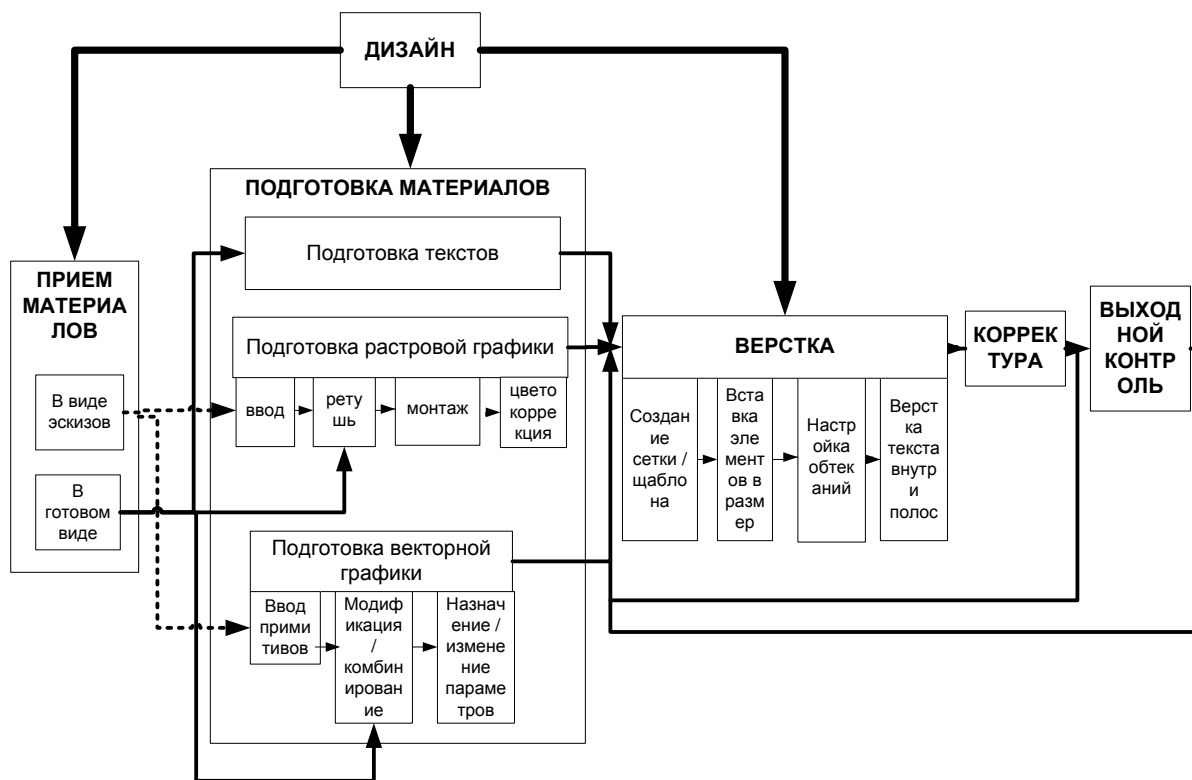


Рис. 1. Обобщенная структура процесса ДПП

Работы состоят из наборов технологических операций, выполняемых над информационными объектами и направленных на решение отдельных технологических задач. Например, для выполнения работы «Верстка текста внутри полосы» может потребоваться решение таких технологических задач, как «редактирование параметров», «модификация», «вставка» и т.п. Специфика программных продуктов такова, что для решения большинства задач могут быть построены разные наборы операций. Их адекватный выбор и реализация являются сложной и слабо формализуемой задачей и в реальной практике рассматриваются как решение технологической проблемы, причем сотрудники с разной компетенцией решают ее по-разному. Некоторые примеры различного уровня сложности представлены в табл. 2.

группа работ	работа	ТЗ	варианты ТО	примеры ТПр
верстка	верстка текста внутри полосы	вставка ИО	CtrlC+CtrlV Paste Import и т.д.	могут измениться параметры ИО могут измениться параметры ИО не поддерживается рядом пакетов

Таблица 2. Пример соотношения технологической задачи (ТЗ), технологических операций (ТО) и технологических проблем (ТПр) для отдельной работы

В силу описанных выше отличий процесса документирования первичного потока информации от процесса допечатной подготовки полиграфического издания реализация полного цикла обработки (рис. 1), который поддерживает единую и оптимальную с точки зрения компьютерной обработки структуру формируемого документа [9], для многих документов оказывается нерентабельной. Их приходится формировать из структурных единиц (рисунков, текстов, таблиц и пр.), предоставляемых специалистами конкретной предметной области в виде информационных объектов со случайной или неадекватной объектной структурой и (или) атрибутами. Их параметры образуют множество внешних параметров Q для процесса. При их дальнейшей обработке возникают дополнительные технологические проблемы [9], решение которых также должно быть включено в состав системы документирования первичного потока. Таким образом, процесс имеет одну точку выхода (готовый документ), но может иметь множество точек входа (источников информации).

В качестве выходных параметров Y, из которых формируется целевая функция, рассматриваются те параметры выпускаемых документов, которые интересуют потребителя. Содержательно их можно обозначить как  $Y = \{Y1, Y2\}$ , где параметр Y1 характеризует качество документа, а параметр Y2 – его себестоимость.

Учитывая изложенное, задачу синтеза СППР необходимо рассматривать как задачу структурного синтеза, или задачу принятия решений [8]:

$$\text{ЗПР} = \langle A, K, \text{Мод}, \Pi \rangle, \tag{1}$$

где  $A$  – множество альтернатив проектного решения;  $K = (K_1, K_2, \dots, K_n)$  – множество критериев (выходных параметров), по которым оценивается соответствие альтернативы поставленным целям; Мод:  $A \rightarrow K$  – модель, позволяющая для каждой альтернативы рассчитать вектор критериев;  $\Pi$  – решающее правило для выбора наиболее подходящей альтернативы в многокритериальной ситуации.

### Формализация базы знаний СППР

Материал предыдущего раздела показывает, что процесс документирования первичного потока реализуется в условиях существенной неопределенности, связанной, прежде всего, с высокой вариативностью информационных объектов и программных сред их обработки, ответом на которую является использование слабо формализуемых знаний и опыта (компетенции) сотрудников. В результате операционный состав работ и их распределение между обрабатывающими звеньями могут динамически изменяться в ходе процесса, что затрудняет формальное задание операторов выражения (1). В этой ситуации вместо единичной работы или операции в качестве элементарной планируемой части процесса будем использовать технологическая проблема. А именно, будем рассматривать процесс как обработку потока технологических проблем, точнее, как последовательность принятия решений по их устранению, а одним из показателей эффективности процесса будем считать количество проблем, устраненных в готовом документе.

Следуя [10, 11], представим множество технологических проблем точками отрезка  $[0, Z]$  действительной оси, упорядоченными по возрастанию сложности, причем плотность вероятности  $f(z)$  появления проблемы  $z \in [0, Z]$  убывает с ростом  $z$ . Соответствующую функцию распределения обозначим через

$F(z) = \int_0^z f(\zeta) d\zeta$ . Тогда параметр  $Y_1$ , характеризующий качество готового документа, можно представить как

$$Y_1 = \int_{Z_0}^z f(z)m(z)dz, \tag{2}$$

где  $Z_0 \in [0, Z]$  – подмножество проблем, устраненных в готовом документе, а  $m(z)$  – функция, задающая относительную важность проблем различного типа для конкретного документа.

Обозначим подмножество технологических проблем, которые умеет решать  $i$ -й сотрудник (его множество компетенций), через  $C_i \in [0, Z]$ . В общем случае компетенции разных сотрудников могут пересекаться, т.е.  $C_i \cap C_j \neq \emptyset, i \neq j$ . Тогда эффективность работы  $i$ -го сотрудника с компетенцией  $C_i$  может быть представлена через количество ТПр, решенных им за рабочее время  $t_i^w$ :

$$V = t_i^w \int_{A_i} f(z) dz. \tag{3}$$

Затраты на содержание  $i$ -го обрабатывающего звена ОЗ, куда входят стоимость оборудования и программного обеспечения, а также зарплата сотрудника с компетенцией  $C_i$ , равны

$$E_i = c_i \mu(C_i), \tag{4}$$

где  $\mu(C_i)$  – длина отрезка  $C_i$  [10]. Соответственно, себестоимость готового документа можно представить как

$$Y_2 = \sum_i c_i \mu(C_i). \tag{5}$$

Чтобы учесть характеристики формируемых документов в задаче синтеза (1), на множестве характеристик (табл. 1, столбец 2) был проведен анализ [12], который показал, что определяющими факторами здесь также являются распределения  $f(z)$  и  $m(z)$ . Это содержательно проиллюстрировано в табл. 1 (столбец 3). Таким образом, величины  $f(z)$  и  $m(z)$  задают множество внешних параметров  $Q$ , а характеристики документа (табл. 1) определяют множество ограничений  $\{R\}$ .

Критерий эффективности системы документирования первичного потока формируется на множестве выходных параметров  $Y = \{Y_1, Y_2\}$ . Тогда в общем виде, без учета размерных коэффициентов, можно представить задачу как

$$\text{extr}_{\{R\}} (Y_1 - Y_2). \tag{6}$$

Для конструктивного решения задачи (1) необходимо разработать подход к построению альтернатив  $A$ . В связи с охарактеризованной выше неопределенностью процесса альтернативы должны задаваться не путем явного перечисления, а в виде кортежа [8]

$$A = \langle P, \Theta \rangle, \tag{7}$$

где  $P$  – способ синтеза проектных решений,  $\Theta$  – набор элементов, из которых формируются альтернативы. Каждой альтернативе требуется поставить в соответствие вектор управляемых параметров  $\{X\}$ , причем выбор компонентов вектора  $\{X\}$  быть таким, чтобы задача (6) допускала решение в пространстве  $\{X\}$ , т.е. в постановке

$\text{extr } F(X), X \in D_x$ ,  
 где  $F(X)$  – критериальная функция;  $D_x = \{X\}_{\text{доп}}$  – допустимая область решений. В состав  $\{X\}$  должны, очевидно, входить параметры автоматизированного рабочего места (АРМ), определенные выше – множество компетенций сотрудников  $\{C_i\}$  и множество затрат на содержание АРМ  $\{c_i\}$ , а в качестве  $\{\mathcal{E}\}$  выступают работы, выполняемые конкретным АРМ.

Выражения (2), (5), (6) показывают, что эффективность процесса документирования информации тем выше, чем точнее совпадают распределения технологических проблем  $f(z)$  и компетенций сотрудника, работающего на конкретном АРМ. Однако, как показано выше, для конкретного документа  $f(z)$  заранее неизвестно, т.е.  $\Delta f(z)$  велико, и сотрудник с компетенцией  $C_i$  может столкнуться с проблемой, для решения которой требуется более высокая компетенция. В этих условиях целесообразно предусмотреть механизм совместной работы над такими проблемами – например, в режиме консультаций. Поэтому требуется включить в состав  $\{X\}$  параметр влияния  $X_3$ , позволяющий компенсировать текущие  $\Delta f(z)$  за счет задания структуры взаимодействия между АРМ.

Содержательный анализ процесса позволил выделить типовые варианты упорядочения компетенций по технологическим проблемам и сопоставить каждому из них способ синтеза структуры системы документирования первичного потока информации (табл. 3), т.е. построить множество альтернатив проектного решения  $\{A\}$ .

В соответствии с общей постановкой задачи синтеза (1) построим для каждой альтернативы правило выбора П и модель Мод. Для определенности при построении модели Мод вместо (2) будем использовать условие  $Y_1=Y_2$ .

Значение $X_3$	Характер распределения компетенций по ТПр	Способ синтеза структуры ДПП
$X_3=1$	Подмножество ТПр, решаемых $i$ -м ОЗ, соответствует границам его компетенции $A_i$	ОЗ полностью решает приходящие к нему ТПр («конвейерная» сборка)
$X_3=2$	В выполняемой $i$ -м ОЗ работе есть ТПр, выходящие за границу его компетенции $A_i$ ; разрешено консультироваться у сотрудника с более высокой компетенцией $A_{i+1}$ .	Допускается частичное перекрытие работ путем уменьшения рабочего времени $(i+1)$ -го ОЗ на время консультаций
$X_3=3$	В выполняемой $i$ -м ОЗ работе есть ТПр, выходящие за границу его компетенции $A_i$ ; при этом обработка ТПр может быть разделена на диагностику и решение, которые требуют различных компетенций.	Вводится дополнительный контур обработки ТПр: ОЗ с компетенцией $A_{i+1}$ диагностирует проблему и передает ее сотруднику с компетенцией $A_i$ , а затем, в соответствии с типом проблемы (см. табл. 1), проверяет полученное от $A_i$ решение

Таблица 3. Типовые варианты упорядочения компетенций по ТПр

Вариант  $X_3=1$  может быть реализован при условии

$$\langle f(x) \rangle - f(x) \leq \Delta_{\text{доп}}, \tag{8}$$

т.е. если функция  $f(z)$  для типового документа несущественно отличается от ее оценки  $\langle f(x) \rangle$ , получаемой по конкретному документу. В этом случае целесообразно так организовать процесс, чтобы критерий (6) выполнялся для каждого отдельного АРМ: за счет выбора границ интервалов компетенции  $C_i$  учесть различную трудоемкость устранения технологической проблемы, т.е. обеспечить  $\forall i : t_i^w = \text{const} = t^w$ , а за счет выбора  $c_{i+1}/c_i$  учесть неравную значимость проблем на смежных интервалах,  $\mu_i$  и  $\mu_{i+1}$ . Соответствующая модель Мод<sub>1</sub> имеет вид

$$\frac{\int_{A_i} f(x) dx}{\mu_i} = \frac{c_{i+1}}{c_i} \frac{\int_{A_{i+1}} f(x) dx}{\mu_{i+1}}. \tag{9}$$

Вариант  $X_3=2$  целесообразно применять, если не выполняется условие (8), т.е. суммарный интервал компетенций сотрудников имеет зону перекрытия

$$C_i \cup C_{i+1} \neq \emptyset. \tag{10}$$

Обозначим эту зону  $(C_i + C_{i+1}) \in [0, Z]$ . Согласно [10], выполнение работ в зоне  $(C_i + C_{i+1})$  оплачивается  $i$ -му сотруднику по ставке  $c_i$ , а  $(i+1)$ -му сотруднику оплачиваются только консультации. Тогда, вводя обозначения  $A_i = AC$ ,  $A_{i+1} = BD$ ,  $A_i \cup A_{i+1} = BC$ , можно рассчитать относительное уменьшение оплаты  $(i+1)$ -го сотрудника:

$$\Delta_{i+1} = 1 - \left( \frac{\mu_{BC} \mu_{AB}}{\mu_{BD}^2} \right) \frac{\int_B^D f(x) dx}{\int_A^B f(x) dx}. \tag{11}$$

Задавая допустимое значение  $\Delta_{i+1}$ , получаем модель Мод<sub>2</sub>, которая, с одной стороны, обеспечивает мотивацию консультирующего сотрудника (за счет небольших  $\Delta$ ), а с другой стороны – взаимозаменяемость сотрудников и надежность процесса в целом (за счет увеличения зоны перекрытия компетенций  $\mu_{BC}$ ).

Вариант  $X_3 = 3$  реализуется в случае, когда некоторому типу проблем (обозначим его  $BC \in [0, Z]$ ) придается повышенная важность, т.е. допустимая вероятность пропуска ошибки по этому типу проблем становится меньше, чем по другим типам. Обработка таких проблем требует повышенной интенсивности труда и, соответственно, дополнительной оплаты. Ситуацию можно моделировать заменой функции распределения проблем  $f(x)$  на

$$F(x) = f(x) I(x), \forall x: I(x) \geq 1. \tag{12}$$

Если проблемы интервала  $BC$  полностью обрабатываются  $(i+1)$ -м АРМ, то вся работа соответствующего сотрудника оплачивается по ставке  $c_{i+1}$ ; если же реализуется описанное выше разделение труда, то часть работы, связанная с непосредственным устранением проблемы, выполняется  $i$ -м сотрудником упрощенным способом (чаще всего с нарушением объектной структуры результирующего документа [4, 9]) и оплачивается по ставке  $c_i$ , т.е. возникает экономия, вычисляемая из (3), (11):

$$\Delta_{i+1} = \int_B^C f(x)(I(x)-1) dx \left( \frac{\mu_{BD}}{\int_B^D f(x) dx} - \frac{\mu_{AB}}{\int_B^A f(x) dx} \right), \tag{13}$$

из которой оплачивается проверка, выполняемая  $(i+1)$ -м сотрудником. Задавая допустимое значение  $\Delta_{i+1}$ , из (13) получаем Мод<sub>3</sub>. Дальнейшее уточнение модели должно быть связано с оценкой объема контекста, потенциально затрагиваемого переходом к упрощенному решению проблемы.

Таким образом, в результате проведенного анализа выполнена конструктивная постановка задачи принятия решения (1), а именно: определены альтернативы проектного решения в форме (7) (таблица 3); определено множество критериев  $K = (K_1, K_2, \dots, K_n)$  (выражения (2), (5), (6)); для каждой альтернативы построены модели Мод (выражения (9), (11), (13)) и решающие правила П (выражения (8), (10), (12)). Это позволяет проводить синтез проектных решений для конкретных условий процесса с учетом парирования неопределенностей, порождаемых характеристиками документов, перераспределением ТПр между сотрудниками и разбиением всего множества ТО на подмножества для соответствующих классов сотрудников.

#### **Реализация базы знаний СППР**

Проведенный анализ показывает, что процесс создания системы документирования реализуется в условиях существенной неопределенности, связанной, прежде всего, с влиянием человеческого фактора, что приводит к трудности оценки текущих значений параметров процесса. Возникает потребность в средствах, позволяющих поддержать процесс принятия решений при разработке системы.

Изучение специализированных источников информации показало, что на текущий момент в Российской Федерации не описано и не внедрено ни одного программного продукта для создания системы документирования первичного потока информации. Предлагаемая СППР состоит из трех компонентов – информационного (базы знаний), автоматизационного и выходных данных. Каждый из них имеет свое назначение, состав и методы взаимодействия с другими элементами СППР.

Одним из элементов информационного блока является дерево решений. Дерево содержит сведения, необходимые для проведения и верификации результатов проектирования системы документирования по различным показателям, а также для вынесения экспертных оценок. Кроме того, здесь хранятся значения допустимых отклонений и погрешностей.

Разработанная структурная схема СППР может быть дополнена другими модулями для расширения функциональности системы или для ее репрофилирования.

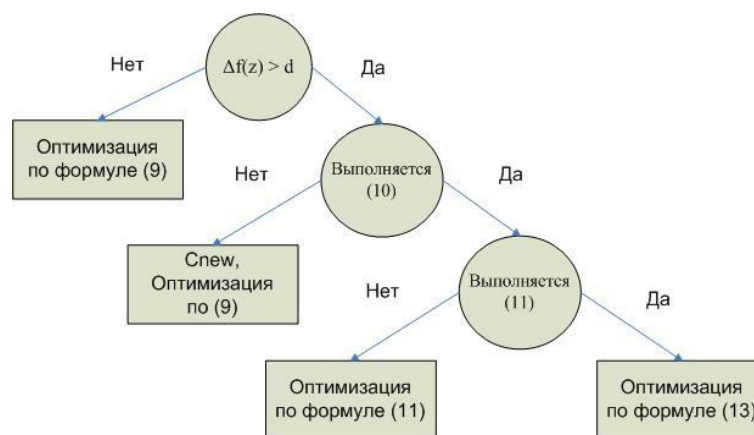


Рис. 2. Дерево решений СППР

### Заключение

Выделена система документирования первичного потока научно-технической информации в приборостроении как объект автоматизированного проектирования. Показано, что характерной особенностью этого процесса является текущее перераспределение технологических проблем между автоматизированными рабочими местами. Предложен подход к формализации процесса принятия решений при построении системы документирования, позволяющий проводить синтез проектных решений для конкретных условий.

### Литература

1. Федеральный закон № 77-ФЗ «Об обязательном экземпляре документов».
2. Булатова А.Т. Документоведение. Учебное пособие. – М. Инфра-М, 2005. – 183 с.
3. ГОСТ Р 51141-98. Делопроизводство и архивное дело. Термины и определения.
4. Гусарова Н.Ф., Чернышов А.С., Маятин А.В. Система поддержки принятия решения для предметной области «Полиграфия» на примере настольной издательской системы «InDesign» // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2005. – Выпуск 20. – С. 248–251.
5. Иванова Т.Б. Компьютерная обработка информации. Допечатная подготовка. Учебное пособие. – СПб: Питер, 2004. – 368 с.
6. Горбачев А.А. Самарин Ю.Н. Методика определения производительности системы допечатной подготовки: Монография. – М.: Август-Принт, 2006. – 112 с.
7. ГОСТ Р ИСО/МЭК 8824-2-2001. Информационная технология. АСН 1. Спецификация информационного объекта.
8. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. Учебник для вузов. – М.: МВТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.
9. Гусарова Н.Ф., Маятин А.В., Смирнов Ф.А. Обратные задачи в компьютеризированных технологических средах // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2007. – № 44. – С. 284–294.
10. Garicano L. Hierarchies and the Organization of Knowledge // Journal of Political Economy. – 2000. – V. 108. – № 5. – P. 874–904.
11. Губко М.В. Математические модели оптимизации иерархических структур. – М.: ЛЕНАНД, 2006. – 264 с.
12. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков Е.С. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности: Справочник. Т. 3. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 608 с.
13. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. – СПб: Питер, 2005. – 336 с.
14. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. Красовского А.А. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 712 с.
15. Пупков К.А., Устюжанин А.Д. Идентификация и оценка обученности в динамических человеко-машинных системах // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Приборостроение. – 2003. – № 4. – С. 95–103.

- Агаркова Наталья Викторовна** – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, аспирант, grazioKISA@yandex.ru
- Артемова Галина Олеговна** – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ассистент, g.o.artemova@gmail.com
- Гусарова Наталия Федоровна** – Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, кандидат технических наук, доцент, natfed@list.ru