

УДК 681.324

ОЦЕНКА СНИЖЕНИЯ ТРУДОЕМКОСТИ ПОДГОТОВКИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CALS-ТЕХНОЛОГИИ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

И.О. Жаринов, О.О. Жаринов, Р.А. Шек-Иовсеянц, В.Д. Суслов

Рассматривается процедура оценивания трудоемкости подготовки конструкторской документации при разработке приборов и устройств с использованием CALS-технологии. Определена зависимость снижения трудоемкости подготовки документации от числа документов на изделие, подготавливаемых электронным способом с использованием технологии электронного документооборота.

Ключевые слова: трудоемкость, разработка документации, электронный документооборот.

Деятельность современного инженера-конструктора радиоэлектронного оборудования сопряжена с необходимостью подготовки большого объема конструкторской документации. Как было показано в работе [1], при использовании стандартов группы STEP (Standard for the Exchange of Product) на основе CALS-технологии (Continuous Acquisition and Life-cycle Support) электронного документооборота, разнообразные программные средства автоматизации схмотехнического и конструкторского этапов проектирования могут быть объединены в единую систему автоматизированного проектирования (САПР), используемую в составе автоматизированных рабочих мест (АРМ) разработчиков.

В этом случае при внесении единичных изменений в состав одного проектного документа (чертежа, схемы), связанные с ним другие электронные проектные документы (спецификации, чертежи деталей, перечни элементов, ведомости покупных изделий и пр.) корректируются автоматически. Очевидным эффектом от внедрения такой интегрированной САПР является снижение трудоемкости этапа разработки конструкторской документации и, как следствие, удешевление проведения опытно-конструкторской работы в целом.

Методика оценки эффекта от автоматизации процедур разработки документации сложного изделия сводится к следующему [2].

Суммарная трудоемкость подготовки исходных данных для всего процесса проектирования изделия определяется как

$$\tau_{\text{подг}} = \sum_{j=1}^m \sum_{i=0, i \neq j}^m M_{ij} K_n (1 - k_i) k_j, \quad (1)$$

где m – число проектных задач; M_{ij} – объем электронных данных, передаваемых между приложениями интегрированной САПР из i -ой проектной задачи в j -ю; K_n – коэффициент трудоемкости подготовки единицы объема информации; k_i – булева переменная автоматизации проектирования (для документов, подготовку которых целесообразно выполнять вручную, $k_i, k_j = 0$, иначе, $k_i, k_j = 1$).

Анализ (1) показывает, что трудоемкость подготовки проектных данных для j -ой задачи уменьшается, если решение i -ой проектной задачи, результаты которой используются в качестве исходных данных j -ой задачи, автоматизируется электронным способом. При автоматизации i -ой проектной задачи результаты ее решения уже хранятся в памяти ЭВМ АРМ, и не требуется их повторная переподготовка.

Аналогично, в предположении о пренебрежимо малом времени исполнения автоматической коррекции связанных документов суммарная трудоемкость решения «ручной» группы задач по подготовке документации на изделие составляет

$$\tau_{\text{реш}} = \sum_{i=1}^m \tau_{\text{реш}_i} (1 - k_i),$$

где $\tau_{\text{реш}_i}$ – трудоемкость ручного решения i -ой проектной задачи. Таким образом, трудоемкость формирования проектной документации на изделие оценивается как

$$\tau_{\text{форм}} = \sum_{i=1}^{M^*} \sum_{j=1}^m \tau_{\text{форм}_{ij}} (1 - k_j),$$

где M^* – число проектных документов; $\tau_{\text{форм}_{ij}}$ – трудоемкость формирования той части i -го документа, которая зависит от результатов решения j -ой проектной задачи. Аналогично трудоемкость внесения изменений в проектную документацию оценивается как

$$\tau_{\text{изм}} = \sum_{i=1}^{M^*} \sum_{j=1}^m \tau_{\text{изм}_{ij}} \chi_j (1 - k_j),$$

где $\tau_{\text{изм}_{ij}}$ – трудоемкость внесения изменений в i -й документ при появлении изменений в результате решения j -ой проектной задачи; χ_j – число появлений изменений в результате решения j -ой проектной задачи.

Общая задача организации процесса разработки документации на изделие с использованием интегрированной САПР является оптимизационной и имеет вид

$$\min_{k_1, k_2, \dots, k_k} \{ \tau_{\text{проект}} \} = \min_{k_1, k_2, \dots, k_k} \left\{ \sum_{j=1}^m \sum_{i=0, i \neq j}^m M_{ij} K_n (1 - k_i) k_j + \sum_{i=1}^m \tau_{\text{реш}_i} (1 - k_i) + \sum_{i=1}^{M^*} \sum_{j=1}^m \tau_{\text{форм}_{ij}} (1 - k_j) + \sum_{i=1}^{M^*} \sum_{j=1}^m \tau_{\text{изм}_{ij}} \chi_j (1 - k_j) \right\} \leq \Delta_{\tau_{\text{проект}}}^{\text{НИОКР}}. \quad (2)$$

Задача (2) является билинейной с булевыми переменными k_i, k_j . Применяемые при ее решении методы оптимизации (в частности, использованный авторами метод ветвей и границ [3]) позволяют за допустимое время решать такие задачи при размерности $m > 50$ и $M^* > 50$.

Экспериментально полученная зависимость уровня сокращения трудоемкости выпуска конструкторской документации при разработке изделий бортовой авионики в Опытно-конструкторском бюро (ОКБ) «Электроавтоматика» от количества выпускаемых на одно изделие автоматизированным способом связанных электронных документов приведена на рисунке.

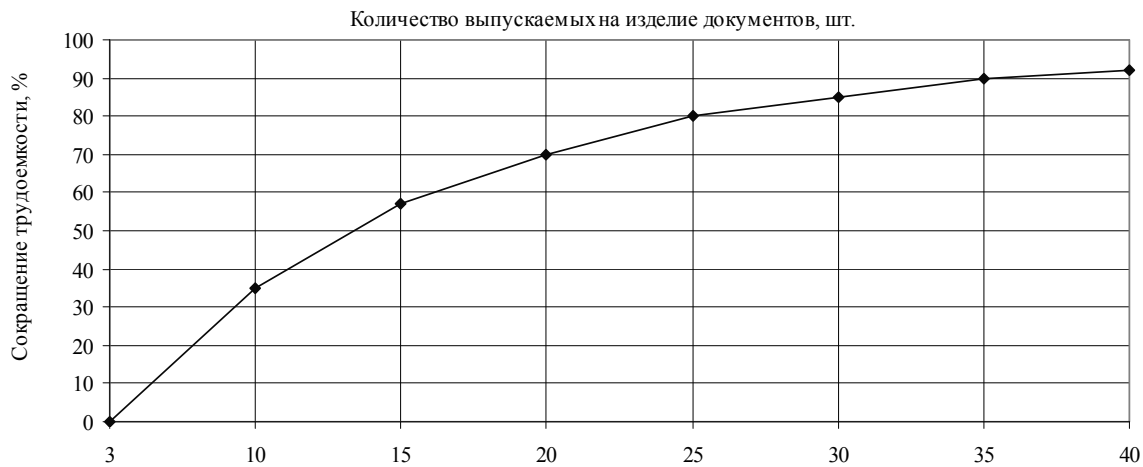


Рисунок. Зависимость уровня сокращения трудоемкости выпуска конструкторской документации при разработке технического изделия от количества выпускаемых на изделие автоматизированным способом связанных электронных документов

Анализ рисунка показывает, что в случае разработки изделия, в состав документации на которое входит более 40 электронных связанных между собой проектных документов (чертежей), суммарная трудоемкость их разработки снижается практически вдвое за счет существующей в них взаимосвязи и избыточности.

Опыт практической работы ОКБ «Электроавтоматика» показывает, что объем проектной документации, достаточной для изготовления изделия в производстве, в среднем составляет 135 документов на одно изделие. В окрестностях этого значения кривая сокращения трудоемкости достигает уровня 100%. В связи с этим внедрение интегрированной САПР для разработки современных электронных приборов является экономически обоснованным и целесообразным.

1. Гатчин Ю.А., Жаринов И.О., Жаринов О.О. Архитектура программного обеспечения автоматизированного рабочего места разработчика бортового авиационного оборудования // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2012. – № 2 (78). – С. 140–141.

2. Гатчин Ю.А., Жаринов И.О. Основы проектирования вычислительных систем интегрированной модульной авионики: монография. – М.: Машиностроение, 2010. – 224 с.
3. Гайкович А.И. Основы теории проектирования сложных технических систем. – СПб: НИЦ «МОРИНТЕХ», 2001. – 432 с.

Жаринов Игорь Олегович – СПб ОКБ «Электроавтоматика» имени П. А. Ефимова, доктор технических наук, доцент, igor_gabota@piseem.net

Жаринов Олег Олегович – Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, кандидат технических наук, доцент, zharinov@hotmail.ru

Шек-Иовсеянц Рубен Ашотович – СПб ОКБ «Электроавтоматика» имени П. А. Ефимова, доктор технических наук, профессор, главный конструктор, postmaster@elavt.spb.ru

Суслов Владимир Дмитриевич – СПб ОКБ «Электроавтоматика» имени П. А. Ефимова, руководитель экспертного совета, postmaster@elavt.spb.ru