

**ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ГРАФОВОЙ МОДЕЛИ  
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ**

А.В. ГУРЬЯНОВ<sup>1,3</sup>, А.В. ШУКАЛОВ<sup>1,2</sup>, С.А. ЛЕОНОВЕЦ<sup>2</sup>, И.О. ЖАРИНОВ<sup>1,2</sup>, О.О. ЖАРИНОВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>АО «ОКБ «Электроавтоматика»

<sup>2</sup>Университет ИТМО

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

E-mail: igor\_rabota@pisem.net

Стоимость разработки конструкторской документации (КД) на техническое изделие представляет особый интерес для заказчика. Разработчику необходимо наиболее точно произвести оценку трудоемкости создания каждого документа, входящего в перечень КД, для соблюдения заданных сроков разработки изделий. Как показывает опыт разработки КД, ряд документов оказывается взаимосвязанным друг с другом по содержащимся в них инженерным данным проекта. При внесении изменений в один из документов (выпуск извещения об изменении документа), разработчику приходится, как правило, вручную, корректировать все «зависимые» от него конструкторские документы [1].

Суммарная трудоемкость разработки конструкторской документации на изделие рассчитывается следующим образом:  $\tau_{кд} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^s HK$ , где  $n$  – количество разрабатываемых документов;  $s$  – число страниц документа;  $H$  – объем необходимых инженерных данных, заимствованных из «связанных» документов;  $K$  – коэффициент трудоемкости подготовки одной страницы конструкторского документа.

Трудоемкость подготовки КД уменьшается, если разработчику удастся снизить объем данных, заимствованных из взаимосвязанных документов и переносимых в исходный документ «вручную». Эффект автоматизации существенно снижается при использовании для подготовки КД, в пределах которых осуществляется перенос заимствованных инженерных данных, различных систем автоматизированного проектирования (САПР).

Оценка трудоемкости внесения изменений в КД может быть определена следующим образом:  $\tau_{изм} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^s CR$ , где  $C$  – трудоемкость внесения изменений в одну страницу  $i$ -го документа при появлении изменений в исходном документе;  $R$  – число появлений изменений в «связанных» документах в результате изменений в одном исходном документе.

Таким образом, задача минимизации трудоемкости разработки комплекта КД на изделие является оптимизационной и имеет вид:

$$\min\{\tau_{комплекта}\} = \min\{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^s HK + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^s CR\} \leq \Delta_{\tau_{комплекта}}^{ниокр}$$

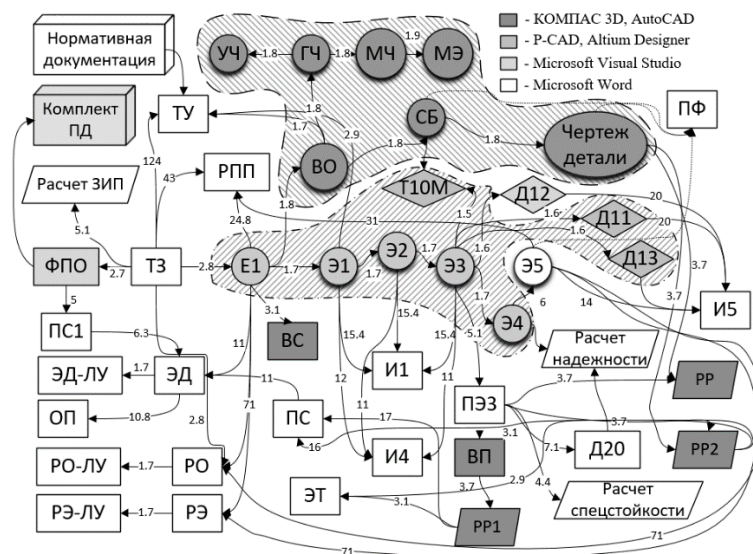


Рисунок 1 - Граф КД, разрабатываемой на программно-управляемое изделие (пример)

Решение задачи оптимизации позволит снизить трудоемкость разработки комплекта КД за счет снижения объема переносимых разработчиком «вручную» инженерных данных между «связанными» КД, разрабатываемыми с использованием различных САПР в различных отделах приборостроительного предприятия. Задача решается на основе разделения графа (см. рис.1) на частично независимые подграфы, каждый из которых содержит вершины — коды документов, подготавливаемых с использованием одной группы САПР. В алгоритм деления графа вводится правило на запрет разрыва связей между кодами документов, разрабатываемых с использованием САПР одной группы, установленной на рабочее место в пределах одного отдела предприятия.

Критерием для распределения автоматизированным способом вершины графа к одному из множеств является вид САПР, с помощью которого разрабатывается КД. Задача разделения графа КД состоит в разделении его вершин на подмножества с минимальным суммарным весом ребер, проходящих между полученными подмножествами вершин. Таким способом устраняется дублирование инженерных данных, передаваемых между САПР, предназначенными для разработки КД различных групп в пределах сети предприятия.

При разделении графа информационная зависимость между подграфами будет существенно меньше, если вершины, коды документов которых принадлежат одному множеству, будут находиться в одном подграфе. Алгоритм деления графа с учетом связности вершин реализует способ разделения графа, последовательно добавляя каждому формируемому подграфу соседние вершины.

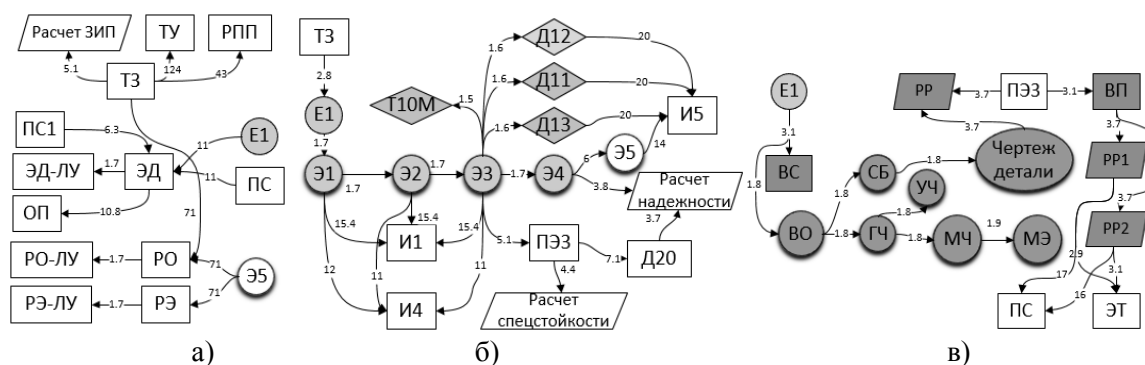


Рисунок 2 - Частично независимые подграфы для САПР:

а) MS Word, б) P-CAD, в) AutoCAD

В результате работы алгоритма получены четыре частично независимых подграфа, которые приведены на рис.2. Такое разделение учитывает профиль каждого из специалистов-разработчиков, участвующих в подготовке КД, и минимизирует объем переносимых данных, требуемых для разработки связанных конструкторских документов.

За счет разделения графа на частично независимые подграфы путем уменьшения количества связей между документами удалось добиться снижения трудоемкости разработки КД на 8,4 %, что подтверждается результатами программного моделирования [2], реализованного на языке C# с использованием инструментальной ЭВМ.

### Список литературы

1. Гурьянов А.В., Шукалов А.В., Жаринов И.О., Леоновец С.А., Диденко Е.Ю. Управление инженерными данными проекта при автоматизации подготовки конструкторской документации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2017. – Т. 17. – № 1. – С. 182–186.
2. Леоновец С.А., Гурьянов А.В., Шукалов А.В., Жаринов И.О. Программное обеспечение для автоматизации подготовки текстовой конструкторской документации на программно-управляемые изделия // Программная инженерия. – 2017. – Т. 8. – № 3. – С. 129-135.