

Ю. А. ГАТЧИН, Ю. В. ДОНЕЦКАЯ, И. Б. КОМАРОВА

АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Рассматриваются алгоритмы автоматизации проектирования изделий для формирования и редактирования электронной структуры изделий, табличных документов и загрузки технических документов.

Ключевые слова: автоматизация проектирования, электронная структура изделий, табличный документ, технический документ, PDM-система.

Введение. Тенденции развития современных систем автоматизации проектирования (САПР), при всевозрастающей роли систем управления данными об изделиях (PDM-систем), требуют разработки новых алгоритмов для решения задач автоматизации проектирования изделий.

Как показывает практика, все больше руководителей предприятий и проектных организаций стремится к применению PDM-систем для управления данными об изделиях на каждом этапе их жизненного цикла, что позволяет улучшить качество выпускаемой документации, повысить качество изделий, сократить цикл выпуска изделий, следовательно, уменьшить их себестоимость. Одним из объектов, используемых для управления данными об изделиях, является электронная структура изделий (ЭСИ). Ее формирование — итерационный процесс, осуществляемый на каждом этапе жизненного цикла изделия [1], важнейшим этапом которого является проектирование, так как именно на нем определяется состав изделия и разрабатываются табличные и технические документы, необходимые для выпуска и эксплуатации изделий. Для данного актуален вопрос не только формирования ЭСИ, но и ее применения для формирования и загрузки в PDM-систему документов.

Анализ существующих САПР, выявил несколько особенностей (функций) процесса автоматизации проектирования изделий:

- 1) формирование и редактирование ЭСИ на основе данных проектирования и изменения электрических схем с учетом изменения элементной базы данных;
- 2) формирование табличных документов (перечней элементов, спецификаций и ведомостей) на основе данных, получаемых из ЭСИ;
- 3) возможность загрузки в ЭСИ технических документов.

Существующие возможности САПР не позволяют автоматизировать указанные функции в полной мере, что приводит к дублированию действий разработчиков, увеличению времени разработки и проверки документации.

В настоящей статье рассматриваются алгоритмы автоматизации проектирования изделий для решения следующих задач: формирования и редактирования ЭСИ при проектировании электрических схем изделий или их составных частей, применения ЭСИ с целью формирования и редактирования табличных документов, загрузки в PDM-систему технических документов. Также в статье рассматривается специфика работы с элементной базой данных.

Описание процесса проектирования изделий. Процесс проектирования и редактирования изделий приборостроения включает следующие этапы.

1. Выбор элементной базы. Осуществляется с использованием нескольких источников: отраслевые перечни элементов, справочные листы от фирм-производителей и так называемые перечни, формируемые главными конструкторами, разрабатывающими изделия.

На выбор того или иного элемента схемы влияют ограничения на его применение, поэтому учитываются такие параметры, как обозначение изделия и дата выдачи технического задания (ТЗ) на его разработку, ограничение применимости элемента и ограничение по ТЗ.

2. Проектирование электрической схемы. Указывается количество используемых в схеме элементов и обозначается позиция каждого экземпляра элемента, помещенного в схему. Таким образом, формируется следующая совокупность данных об элементе: наименование, количество элементов и их позиционное обозначение. В дальнейшем эта информация может использоваться в качестве исходной для формирования ЭСИ и перечней элементов.

Однако при проектировании и редактировании электрических схем и перечней элементов возникают сложности в обеспечении соответствия содержания ЭСИ данным электрической схемы и перечня элементов.

3. Конструирование изделия и его составных частей. Эта процедура, как правило, ведется средствами высокоуровневых САПР сквозного проектирования. На этом этапе разрабатываются модели и чертежи деталей и сборочных единиц изделий, что позволяет формировать ЭСИ непосредственно по данным сборки моделей.

На этом этапе разрабатываются спецификации, содержащие конструкторские и электро-монтажные разделы, включающие в себя информацию обо всех модификациях изделия (групповые спецификации). При этом возникают сложности в части обеспечения соответствия спецификации содержанию ЭСИ, поскольку происходит неоднократный ввод одной и той же информации по несколько раз (включение в ЭСИ документов, добавление материалов и т.п.).

4. Разработка технической документации (инструкции, паспорта, технические условия, ведомости и пр.). Эти документы также являются частью ЭСИ и должны быть введены в структуру разрабатываемого изделия. На данном этапе необходимо обеспечить связь документа и того элемента ЭСИ, представляющего изделие или его составную часть, для которого этот документ был разработан, причем связь должна сохраняться и при корректировке такого документа.

Проанализировав разрабатываемую документацию на изделие, можно сделать вывод о том, что при проектировании изделия разрабатываются документы, представляемые в табличном виде — табличные документы (перечни элементов, спецификации, ведомости и пр.) и технические, содержащие текстовую и графическую информацию (технические условия, паспорта и пр.). Перечислим основные сложности, возникающие при проектировании изделий приборостроения:

- многократный ввод повторяющейся информации в табличные документы и ЭСИ;
- невозможность автоматизации управления данными из элементной базы данных;
- невозможность оперативного изменения ЭСИ при изменении табличных документов;
- невозможность автоматизации процесса создания связей между техническими документами и соответствующими элементами ЭСИ;
- невозможность автоматизированного контроля правильности заполнения атрибутов в технических документах при их сохранении в PDM-системе.

Перечисленные сложности обусловили особенности разработки алгоритмов для автоматизации проектирования изделий приборостроения. При разработке алгоритмов были проанализированы свойства объекта, которые необходимо учитывать для решения поставленной задачи.

На основе результатов анализа была предложена структура базы данных, были описаны объекты, необходимые для формирования ЭСИ в PDM-системе, для каждого вида объектов был определен ряд атрибутов, которые следует учитывать в рассматриваемых алгоритмах.

Алгоритмы для автоматизации проектирования изделий. Рассматриваемые алгоритмы могут быть разделены на несколько видов, по числу решаемых ими задач, для работы: с элементными базами данных, с ЭСИ, с табличными и техническими документами.

Для автоматизации работ с элементными базами данных разработан алгоритм, представленный на рис. 1. Его исходными данными являются: полное имя пользователя (fullname), обозначение и наименование проектируемого изделия (object_name, object_number).

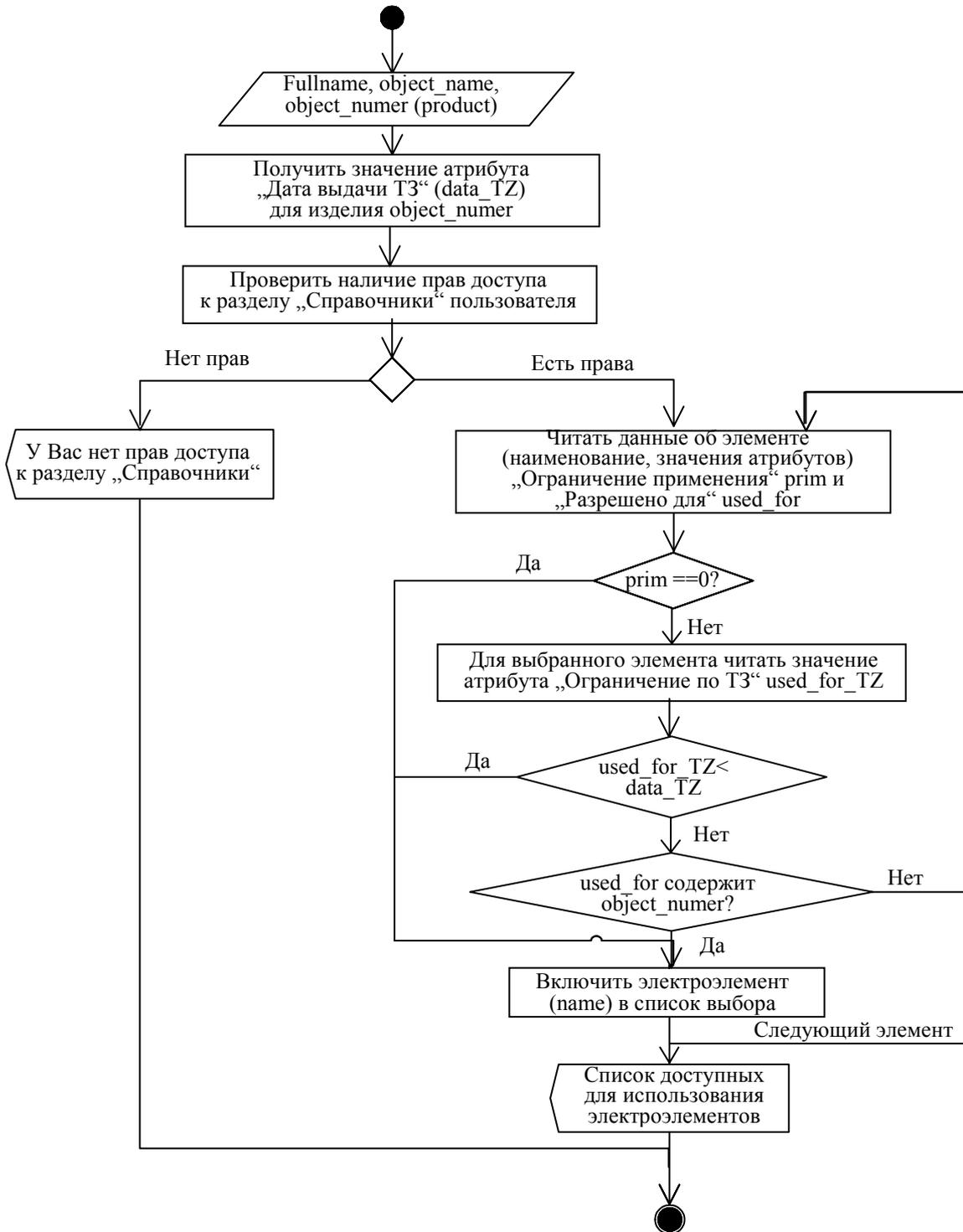


Рис. 1

Алгоритм позволяет сформировать список только из тех элементов, которые могут быть применены для проектирования изделия. Для этого анализируются значения атрибутов „Ограничение применения“ (причина, по которой невозможно применение элемента), „Ограничение по ТЗ“ (указывается дата выдачи ТЗ, после которой невозможно применение элемента)

и „Разрешено для“ (перечень обозначений изделий, для которых возможно применение элемента). При выполнении анализа прежде всего осуществляется проверка значения атрибута „Ограничение применения“.

Если значение атрибута не введено, то информация об элементе (его наименование) попадает в список элементов, которые можно использовать для проектирования электрической схемы изделия; если введено, осуществляется проверка атрибута „Ограничение по ТЗ“. Чтобы элемент можно было использовать для проектирования изделий, дата, указанная в атрибуте „Ограничение по ТЗ“ не должна быть более поздней, чем указанная в атрибуте „Дата выдачи ТЗ“. При выполнении этого условия проверки информация об элементе попадает в список элементов, которые можно использовать для проектирования электрической схемы изделия.

В случае невыполнения условия производится проверка наличия изделия в перечне значений атрибута „Разрешено для“. Если совпадение в значениях зафиксировано, наименование элемента помещается в список элементов, используемых для проектирования электрической схемы изделия. В ином случае элемент пропускается и анализируется следующий элемент. При корректировке электрической схемы, перечня элементов или спецификации проводится анализ элементов, включенных в ЭСИ по аналогичному алгоритму с цветовым выделением тех из них, наименования которых не соответствуют наименованию элемента в ЭСИ.

Алгоритм формирования ЭСИ по данным проектирования электрической схемы приведен на рис. 2. В процессе проектирования схемы информация обо всех элементах, включенных в нее, сохраняется в буферной зоне (XML-файл), которая и обрабатывается предлагаемым алгоритмом.

Каждой записи, помещенной в буферную зону, ставится в соответствие объект типа „Элемент ЭСИ“, который и является составной частью электронной структуры проектируемого изделия. При добавлении объекта „Элемент ЭСИ“ в структуру одним из элементов связи будут являться значения атрибутов „Количество“ и „Позиционное обозначение“, являющихся атрибутами связи.

Исходными данными алгоритма формирования табличных документов (рис. 3) являются: полное имя пользователя, обозначение и наименование проектируемого изделия и вид формируемого документа (`document_type`).

В зависимости от выбранного вида документа формируется его основная надпись (штамп) в соответствии с требованиями ГОСТ на этот вид документа и ГОСТ 2.104 [2]. Атрибуты основной надписи документа (наименование и обозначение) формируются на основе наименования и обозначения изделия или его составной части с добавлением вида документа и буквенного обозначения вида документа соответственно (см. требования ГОСТ 2.102 [3]). Также производится выборка из ЭСИ тех данных, которые должны быть помещены в документ, и выполняется их сортировка в соответствии с разделом, в котором они должны быть размещены. При размещении такого документа в PDM-системе осуществляется его добавление в структуру изделия или его составной части в зависимости от того, для какой составной части изделия был сформирован табличный документ. Корректировка табличного документа осуществляется по аналогичному алгоритму.

На рис. 4 представлен алгоритм загрузки технических документов в PDM-систему. Алгоритм позволяет считать (если это возможно) из свойств документа значения атрибутов, необходимых для формирования записи о документе в базе данных PDM-системы, загрузить эти атрибуты в PDM-систему, сформировать имя файла в соответствии с требованиями и поместить оформленный технический документ в структуру изделия или его составной части.

При изменении технического документа используется аналогичный алгоритм, позволяющий сохранять связь документа с соответствующим элементом ЭСИ.

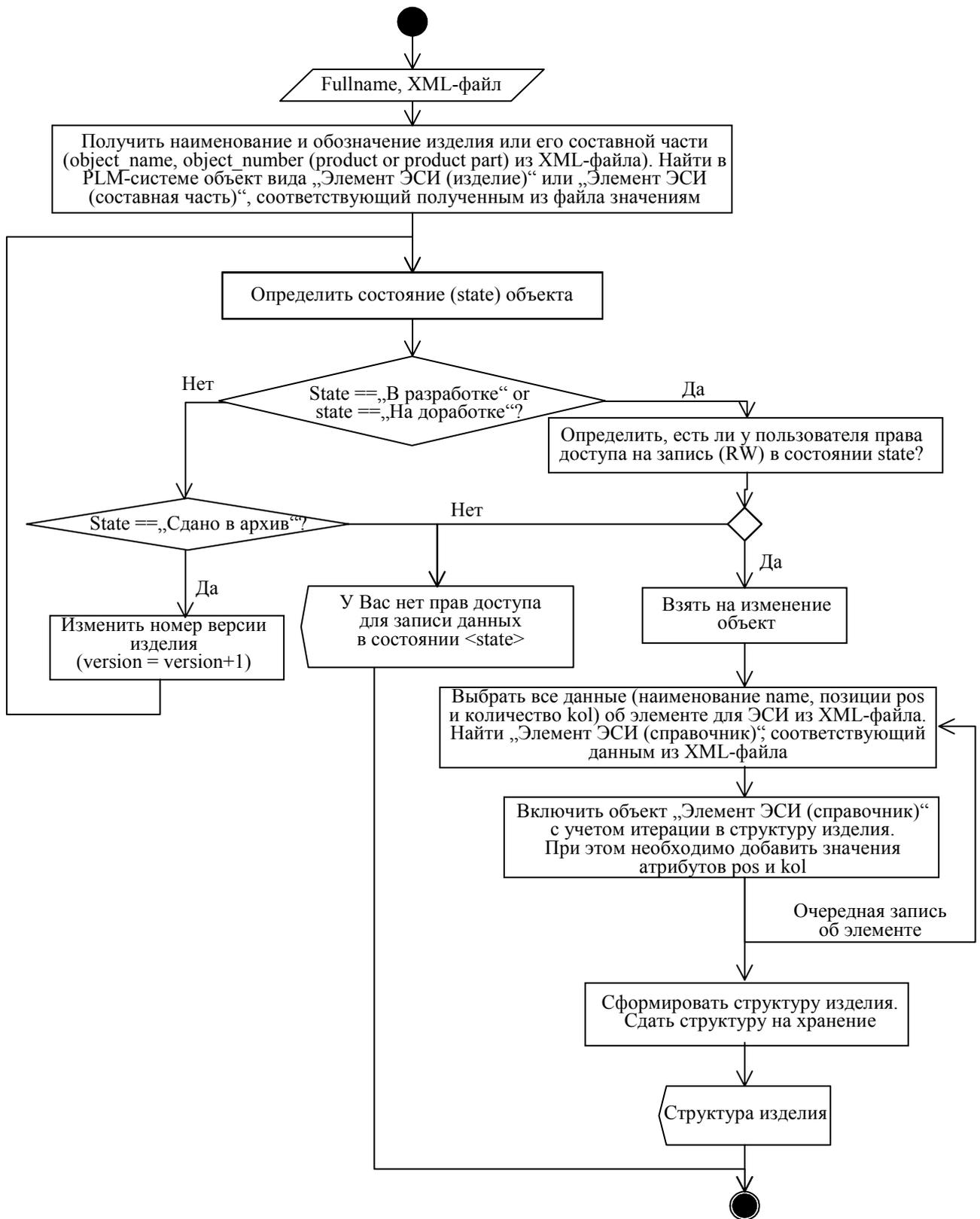


Рис. 2

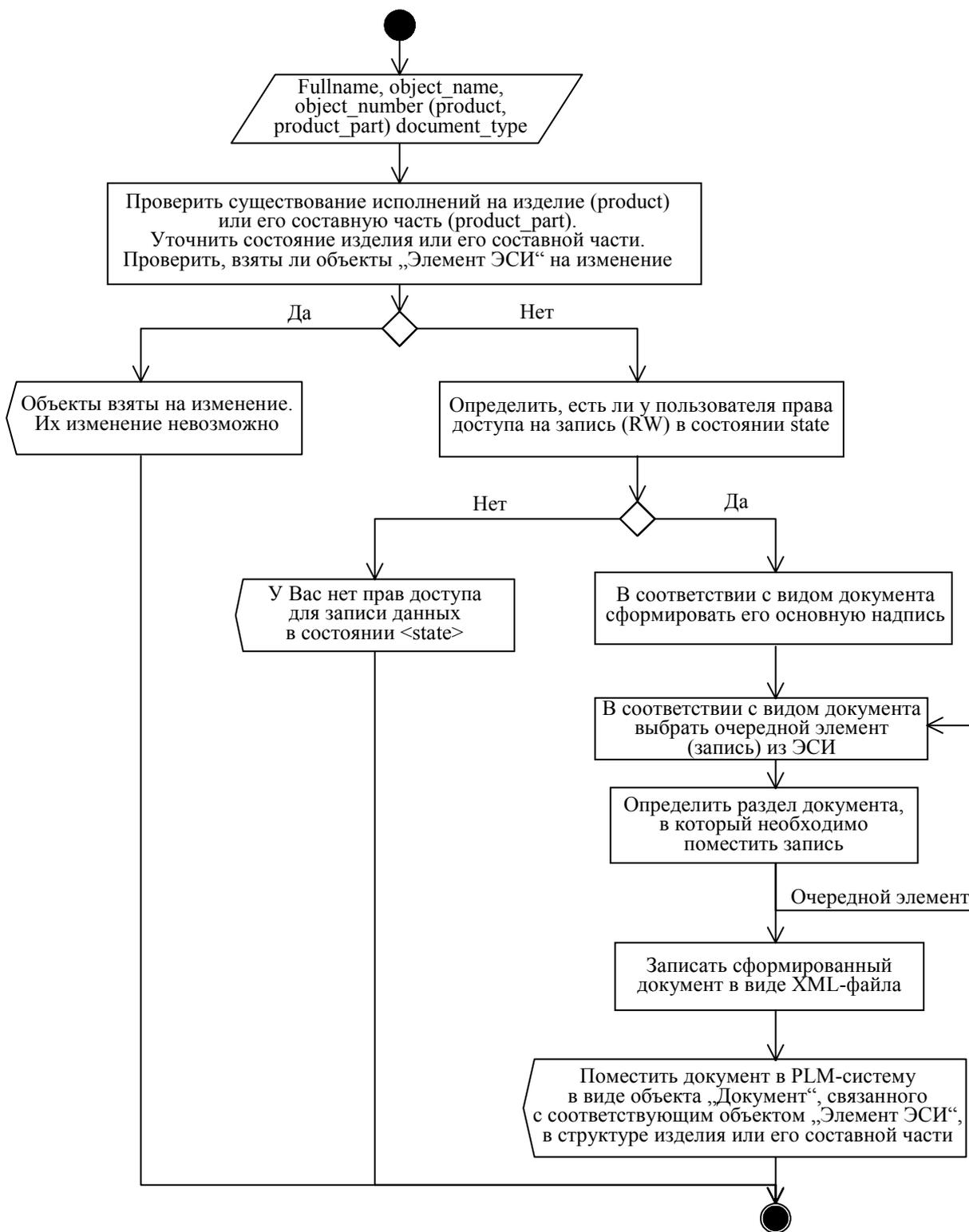


Рис. 3

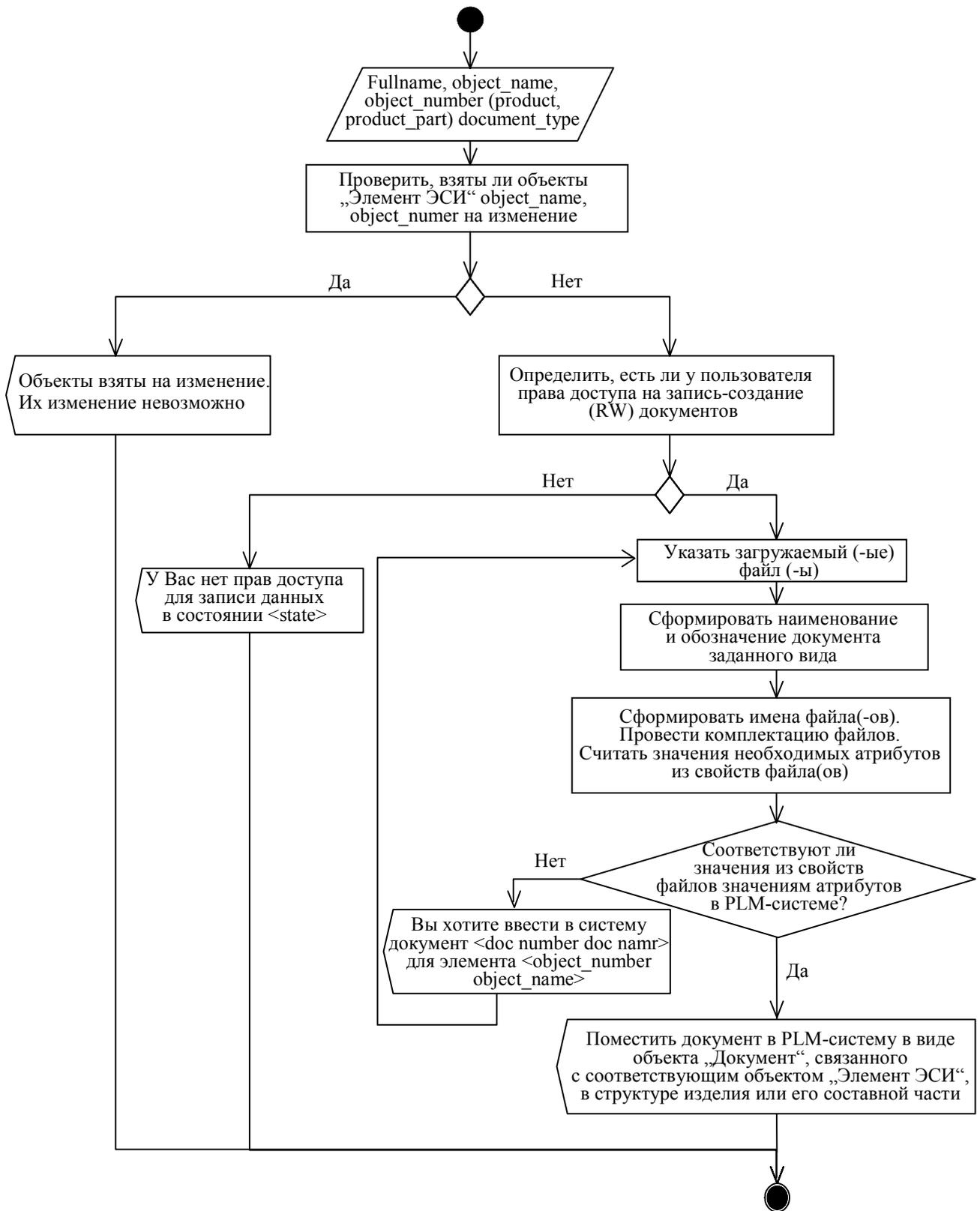


Рис. 4

Заключение. Рассмотренные алгоритмы позволили автоматизировать процесс проектирования изделий приборостроения в части формирования и редактирования электронной структуры изделия и его составных частей, использования электронных структур для формирования и редактирования табличных документов, а также загрузки в систему управления жизненными циклами изделий технических документов. Разработанные алгоритмы также позволили решить задачу выбора элементов для проектирования изделий и контроля за изменениями в элементной базе данных в процессе модификации изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов А. Г., Гутнер И. Е., Донецкая Ю. В., Карташев Е. Н. Полное электронное описание изделий // Матер. IX Всеросс. науч.-практич. конф. ИНТЕРМЕХ-ПРАКТИК „Информационные технологии в судостроении — 2008“. СПб: „Северная верфь“, 2008. С. 48—49.
2. ГОСТ 2.104-2006 ЕСКД. Основные надписи.
3. ГОСТ 2.102-68 ЕСКД. Виды и комплектность конструкторской документации.
4. Ключарев А. А., Матьяш В. А., Щекин С. В. Структуры и алгоритмы обработки данных: Учеб. пособие. СПб: ГУАП, 2003. 172 с.

Сведения об авторах

- Юрий Арменакович Гатчин** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра проектирования компьютерных систем; E-mail: gatchin@mail.ifmo.ru
- Юлия Валерьевна Донецкая** — Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра проектирования компьютерных систем; ассистент; E-mail: donetskaya_julia@mail.ru
- Ирина Борисовна Комарова** — студентка; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра проектирования компьютерных систем; E-mail: birdkolibry@mail.ru

Рекомендована кафедрой
проектирования компьютерных систем

Поступила в редакцию
18.01.10 г.