

# СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ «ЖГУТ». ИНТЕГРАЦИЯ С КОМПЛЕКСОМ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ СКВОЗНОЙ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ

*М. С. Белов, Т. А. Челакова, Н. И. Пурякова, Н. И. Анишина, Ю. Н. Викулов*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

## САПР ЖГУТ. Задачи развития

САПР ЖГУТ предназначена для автоматизированного проектирования электрических жгутов и разработки конструкторской документации (КД) на соединительные жгуты контрольно-измерительной и контрольно-проверочной аппаратуры, используемой для контроля изделий и входящих в них узлов на этапах их опытной отработки, изготовления и эксплуатации, а также для проектирования жгутов, применяемых для соединения аппаратуры системы автоматизации изделий.

САПР ЖГУТ является компонентом системы схемотехнического проектирования САПР-Э, входящей в комплекс информационных систем сквозной технологии разработки изделий.

САПР ЖГУТ разработана и развивается специалистами НИО-11 КБ-2 «РФЯЦ-ВНИИЭФ».

В 2014 году на комплексе программ ЖГУТ получено регистрационное свидетельство федеральной службы по интеллектуальной собственности [1].

Задачи развития САПР ЖГУТ связаны с необходимостью:

- разработки дополнительной конфигурации системы для проектирования бортовых жгутов;
- расширения номенклатуры используемых соединителей и материалов;
- обеспечения интеграции с базовыми программными продуктами компании АСКОН информационной системы предприятия.

За время эксплуатации с использованием системы ЖГУТ было спроектировано около 4 тысяч жгутов КИА.

## Функциональные характеристики САПР ЖГУТ

САПР ЖГУТ обеспечивает проектирование жгута со следующими максимальными параметрами [2]:

- количество электрических цепей – 600;
- количество соединителей, включая наконечники – 90;
- количество контактов в соединителе – 200;
- число проводов разной номенклатуры для одного жгута – 20;

- число проводников, запаянных в один контакт соединителя – 3;
- количество участков жгута – 150;
- количество уровней ответвлений в конструкции жгута – 5
- количество свободных концов – 100;
- мест заделки проводов в точках на одном участке жгута – 3;
- общее количество мест заделки проводов в точках – 10.

## Состав выпускаемой конструкторской документации

Комплект КД, полученный с помощью системы ЖГУТ, содержит текстовые и графические документы:

- спецификацию жгута;
  - сборочный чертёж жгута;
  - ведомость ссылочных документов.
- Сборочный чертёж жгута включает:
- технические требования;
  - чертёж общего вида жгута;
  - схему присоединения проводов;
  - таблицу проверки электрических цепей (табл. 1);
  - таблицу проверки сопротивления изоляции и электрической прочности изоляции электрических цепей жгута (табл. 2);
  - лист регистрации изменений.

## Графическая конструкторская документация на жгут

В состав графической КД входят:

- чертёж общего вида жгута, рис. 1;
- схема присоединения проводов.

Система ЖГУТ имеет собственные средства корректровки графической КД.

Предусмотрена возможность вывода КД в формате DXF для экспорта в систему КОМПАС.

При формировании КД выполняется оценка габаритов схемы присоединения проводов и общего вида жгута для автоматического подбора и генерации рамок формата чертежей.

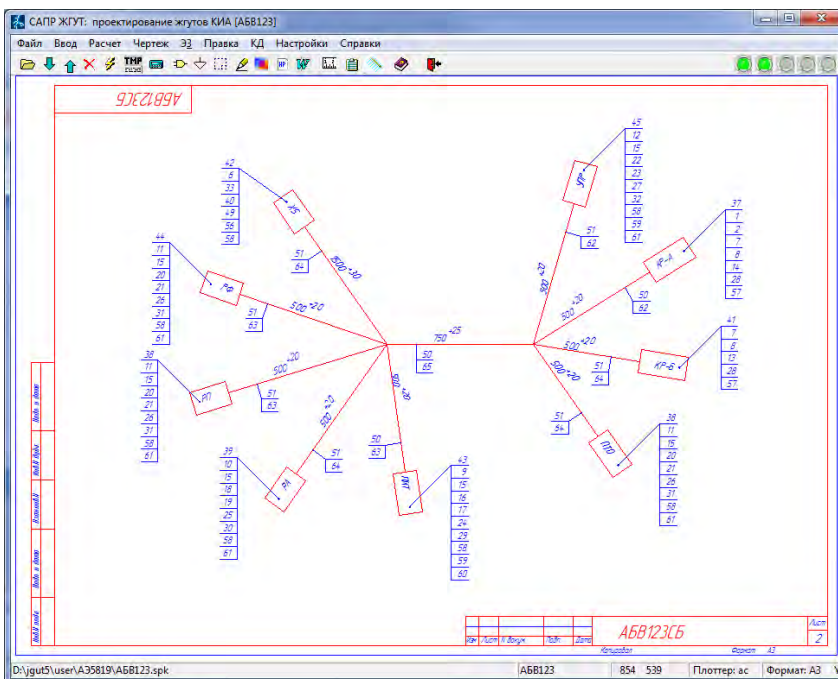


Рис. 1. Чертёж общего вида жгута

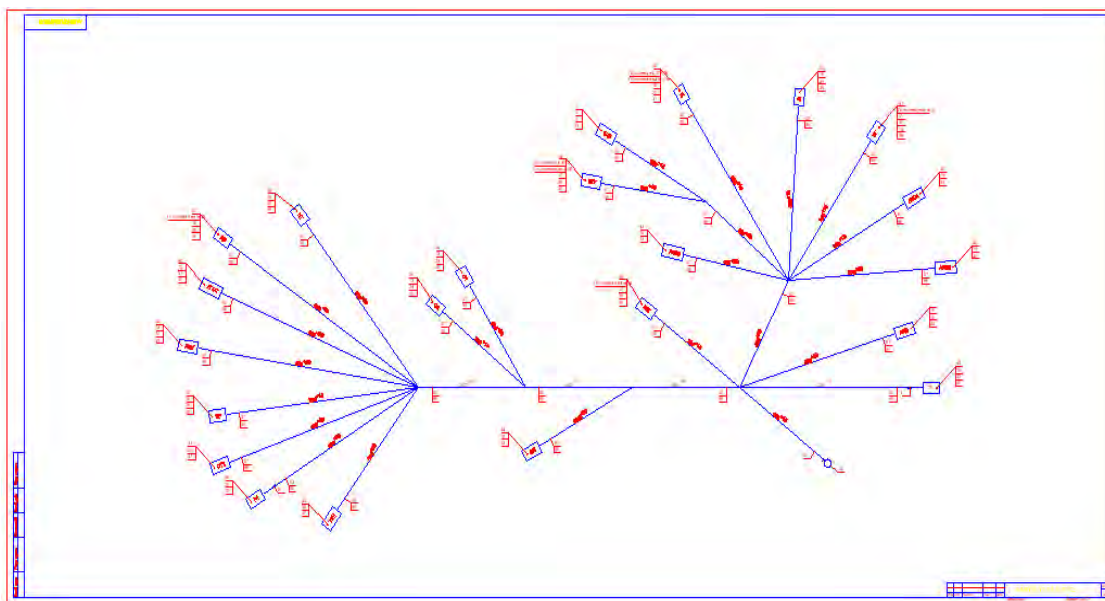


Рис. 2. Чертёж общего вида жгута с пятью уровнями ответвления

Конструкция жгута характеризуется количеством точек ветвления и количеством исходящих из них ответвлений (участков).

В САПР ЖГУТ обеспечивается проектирование жгутов с разветвлениями 5 порядка (рис. 2), жгутов с кольцевыми цепями, а также закороток.

Количество точек ответвления жгута должно быть не более 40, а максимальное количество выходящих из каждой точки участков – 20.

Допускается наличие в жгуте «ложных (холостых)» проводов, «длинных (двойных)» переключек.

САПР ЖГУТ выполняет автоматизированную трассировку электрических цепей жгута на схеме присоединений проводов. На схеме изображаются все электрические соединения в жгуте, а также указания об экранировании проводов и о скручивании их между собой. Пример схемы присоединения проводов для жгутов КИА, полученной в системе ЖГУТ, приведён на рис. 3.

Предусмотрены возможность сортировки уровней соединителей на схеме по критерию максимального количества связей соседних соединителей, а также вариант без сортировки и возможность руч-

ной корректировки расположения уровней с экрана ПЭВМ.

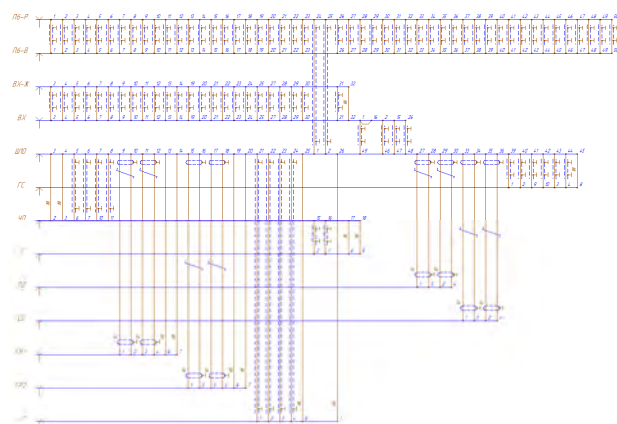
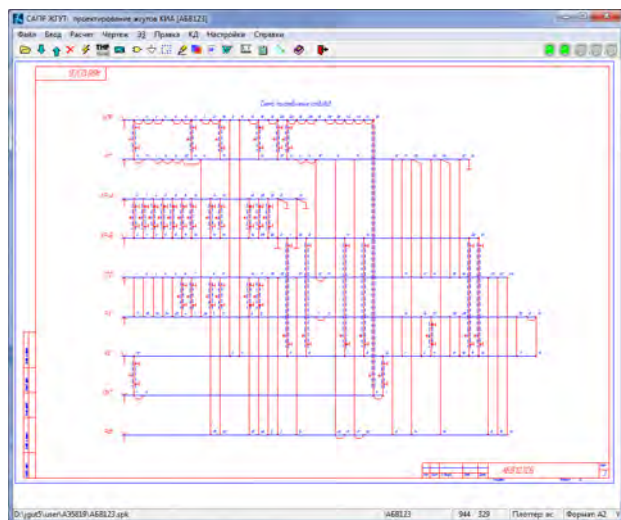


Рис. 3. Схема присоединения проводов жгута

### Текстовая конструкторская документация

Текстовые конструкторские документы на жгуты формируются автоматически, выводятся в формате MS Word и допускают редактирование, рис. 4. Предусмотрена возможность вывода КД в формате DXF.

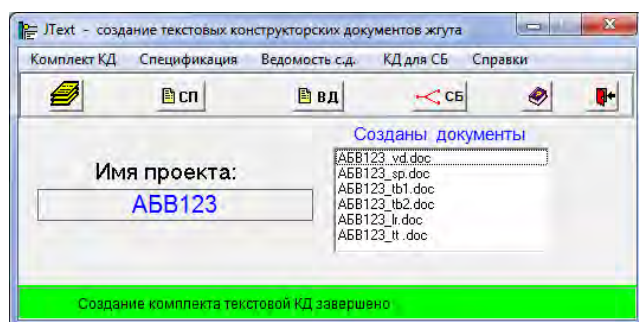


Рис. 4. Тестовая конструкторская документация

При проектировании жгута в САПР ЖГУТ выполняется расчёт параметров жгута и подбор соединителей из базы данных (БД), расчёт количества и выбор элементов заделки жгута, расчёт длин проводов (кабелей), расчёт диаметров и длин применяемых трубок и плетёнок. Полученные данные используются при автоматизированном формировании спецификации на жгут.

Рассчитывается и в технических требованиях к жгуту указывается масса драгоценных материалов и цветных металлов жгута. Масса цветных металлов указывается в килограммах с точностью до второго знака после запятой. Масса цветных металлов не указывается, если она не превышает: 0,1 кг – для алюминия, меди и сплавов на основе меди, цинка, свинца; 0,05 кг – для остальных металлов, указанных в ГОСТ 1639-93. При отсутствии в жгуте цветных металлов или при их наличии менее установленного норматива после сведений о драгоценных материалах приводится запись: «Изделие цветных металлов, подлежащих учёту, не содержит».

Рассчитывается и в основной надписи указывается масса жгута в килограммах без указания единицы измерения. Расчётное значение округляется в большую сторону до второго знака после запятой.

При формировании таблицы проверки электрических цепей (табл. 1) сопротивление каждой проверяемой цепи определяется как сумма расчётных сопротивлений отдельных участков этой цепи. Сопротивление цепи рассчитывается исходя из максимальной длины цепи и удельного сопротивления одного метра провода. Причём в таблицу 1 заносится не расчётное значение сопротивления, а округлённое, с учётом погрешности измерения.

В таблицу проверки сопротивления изоляции и электрической прочности изоляции электрических цепей (табл. 2) заносятся соединители и их контакты, подлежащие проверке. Соединители записываются в последовательности, соответствующей схеме присоединения проводов.

Основные надписи КД заполняются автоматически.

### База данных САПР ЖГУТ

САПР ЖГУТ имеет собственную базу данных по соединителям, элементам заделки жгута, по используемым материалам и параметрам элементов конструкции жгута. БД содержит около 400 типов соединителей жгутов КИА, 140 типов проводов и кабелей, 29 типов элементов заделки, другие применяемые материалы [3]. Имеется информация по параметрам элементов конструкции жгутов: для расчёта допусков длин участков жгута; для расчёта значений сопротивления цепи. Состав БД приведён на рис. 5.



Рис. 5. Состав базы данных

Работу с БД осуществляет программа, реализующая современные подходы взаимодействия с базами данных клиент-серверной архитектуры.

Программа представляет собой Web-приложение для администратора и пользователей БД, с помощью которого можно ознакомиться с содержащейся в БД информацией, добавить новые записи в любую из имеющихся таблиц БД, удалить записи, выполнить поиск по каталогам соединителей, проводов и кабелей (рис. 6).

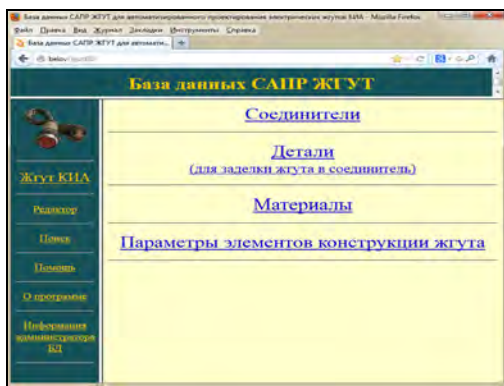


Рис. 6. Рабочее окно программы JgutBD в интернет браузере

Ноу-хау специализированной библиотеки и САПР ЖГУТ является наличие верифицированных наборов элементов заделки жгутов в соединители и программно реализованные методики подбора соответствующих типоразмеров. Автоматизированный подбор компонентов существенно упрощает процесс проектирования жгута, исключает возможные ошибки и сокращает время разработки КД.

### Структура САПР ЖГУТ

На рис. 7 приведена структурная схема САПР ЖГУТ и показаны связи с компонентами информационной системы конструкторского проектирования.

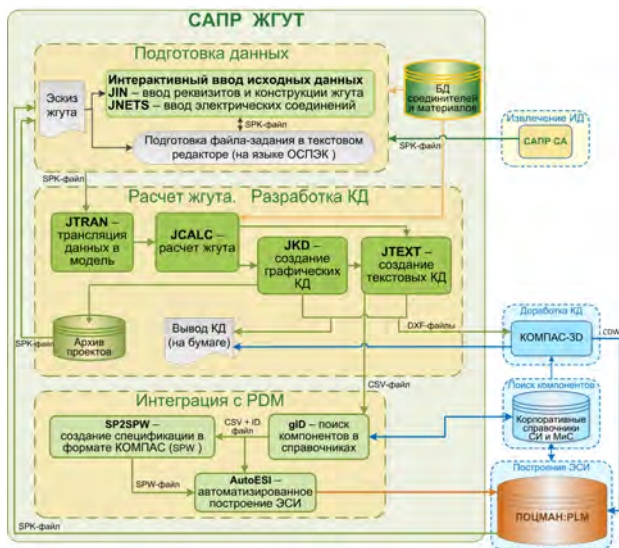


Рис. 7. Структурная схема САПР ЖГУТ

### Интеграционные решения САПР ЖГУТ

САПР ЖГУТ интегрируется с базовым ПО информационной системы конструкторского проектирования предприятия.

Базовым инструментом 3D-моделирования и проектирования конструкций электронной аппаратуры и выпуска КД по требованиям стандартов ЕСКД является система КОМПАС-3D. Она же выступает в качестве основного порта передачи конструкторской документации в систему управления проектными данными – ЛОЦМАН:PLM. В комплексное решение от компании АСКОН входят также корпоративные справочники нормативно справочной информации (НСИ).

ЛОЦМАН:PLM является интегрирующей информационной средой конструкторского проектирования и используется также для взаимодействия со службами архива и производства.

### Интеграция САПР ЖГУТ с КОМПАС-3D

Интеграция САПР ЖГУТ с системой КОМПАС-3D обеспечивается посредством открытого обменного формата AutoCAD DXF, который является штатным портом импорта графических данных. Формирование КД в формате DXF в САПР ЖГУТ выполняется встроенным конвертером собственной разработки.

Импорт DXF-файлов позволяет использовать графический редактор КОМПАС-3D для корректировки схем соединений и условных изображений сложных жгутов, компоновки графической КД и последующего вывода на печать.



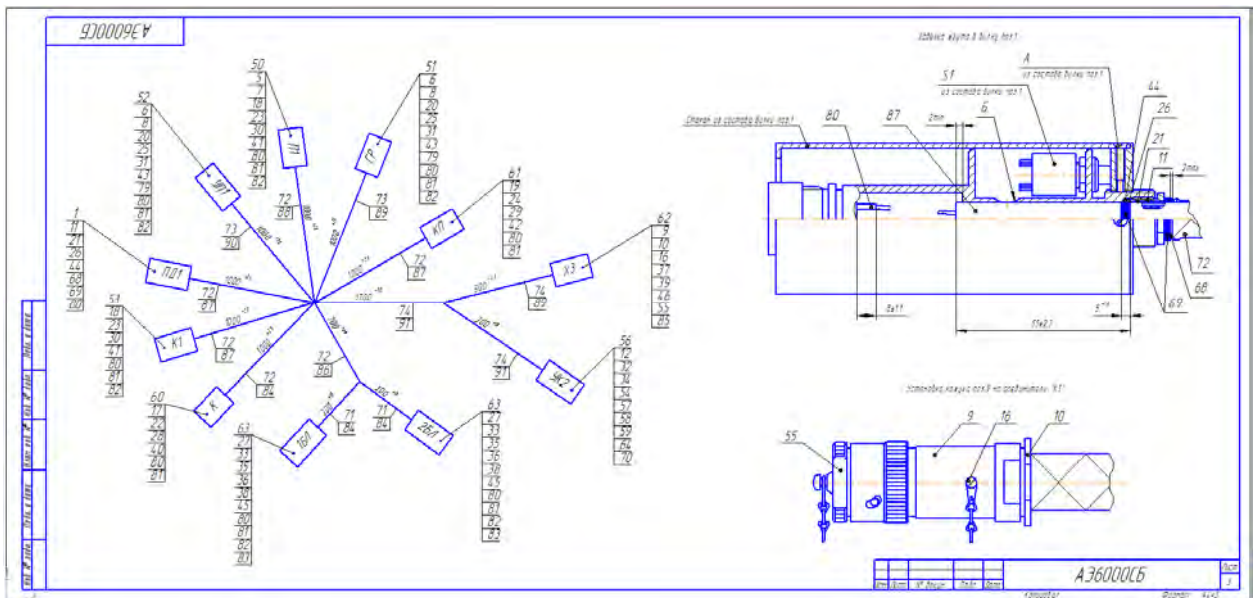


Рис. 8. Чертёж общего вида жгута в КОМПАС-3D

На рис. 8 приведён пример чертежа общего вида жгута, сформированного в САПР ЖГУТ, импортированного в КОМПАС-3D и дополненного необходимыми видами по заделке жгута.

Если жгут небольшой, то на одном листе можно разместить все составляющие сборочного чертежа, полученные в САПР ЖГУТ в DXF-формате: условное изображение жгута, схему присоединения проводов, технические требования, таблицы проверки 1 и 2 (рис. 9).

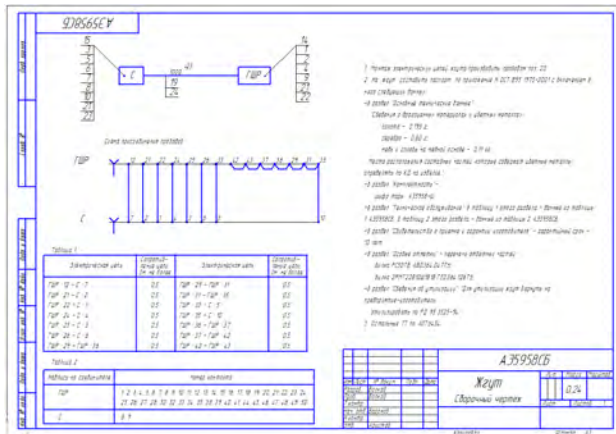


Рис. 9. Сборочный чертёж жгута, скомпонованный в КОМПАС-3D

## Интеграция САПР ЖГУТ с ЛОЦМАН:PLM

В завершении проектирования и разработки КД на жгут в базе данных PDM-системы должна быть создана электронная структура изделия (ЭСИ) жгута. При использовании функционала, имеющегося в программных продуктах от АСКОН, процедура по-

строения ЭСИ требует от конструктора выполнения достаточно большого объема дополнительных действий.

Наиболее рациональным способом автоматизации процесса построения ЭСИ в ЛОЦМАН:PLM является использование имеющегося механизма ЛОЦМАН Интегратор. Это штатный модуль комплексного решения компании АСКОН, который преобразует информацию в формат данных ЛОЦМАН:PLM и помещает её в БД PDM-системы.

Для использования ЛОЦМАН Интегратора требуется наличие спецификации на проектируемый электрический жгут в формате SPW (формат файлов спецификации в КОМПАС-3D). Помимо этого, компоненты жгута должны быть ассоциированы с элементами справочников «Стандартные изделия» (СИ) и «Материалы и Сортаменты» (МС) комплекса АСКОН, чтобы дерево жгута в PLM-системе являлось полноценным.

В САПР ЖГУТ текстовые КД формируются в формате DOC или DXF, поэтому были разработаны программы (gID и SP2SPW), обеспечивающие создание спецификации в формате SPW.

## Интеграция с корпоративными справочниками НСИ

Программный модуль gID (рис. 10) обеспечивает поиск необходимых элементов в справочниках НСИ и извлечение идентификаторов, однозначно их определяющих. Поиск объектов выполняется автоматически при загрузке файла с исходными данными. По окончании работы программы идентификаторы найденных объектов заносятся в таблицу, результаты поиска записываются в файл.

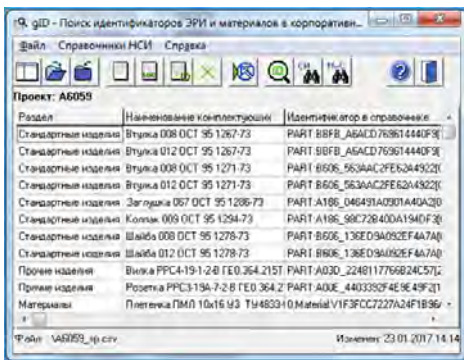


Рис. 10. Рабочее окно программы gID

Полученные данные передаются в программу SP2SPW, которая автоматически формирует спецификацию жгута в формате SPW (рис. 11). Основная надпись спецификации заполняется автоматически.

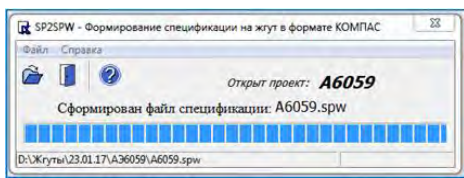


Рис. 11. Рабочее окно программы SP2SPW

Спецификация жгута, дополненная информацией об идентификаторах, используется для построения в ЛОЦМАН:PLM дерева изделия.

### Построение ЭСИ жгута в ЛОЦМАН:PLM

Программный модуль AutoESI призван автоматизировать трудоёмкий процесс формирования ЭСИ в БД системы ЛОЦМАН. Плагин AutoESI создаёт в дереве ЛОЦМАН сборочную единицу – проектируемый жгут, внутри которой создаются ветки сборочного чертежа, спецификации, ведомость ссылочных документов, паспорта жгута и деталей, затем выполняет загрузку в ЛОЦМАН:PLM всех файлов конструкторской документации, разработанной в САПР ЖГУТ.

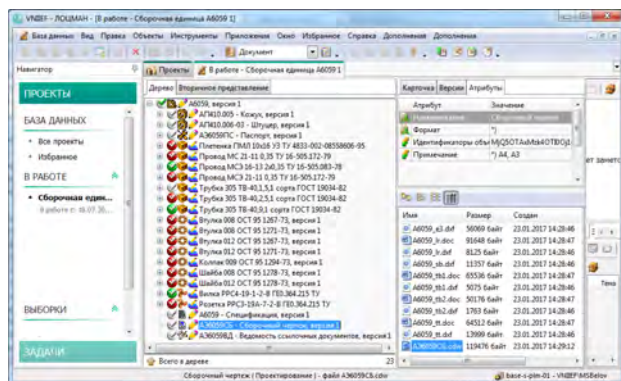


Рис. 12. ЭСИ жгута в ЛОЦМАН:PLM

В завершении, на базе информации из спецификации, ЭСИ дополняется информацией о материалах, стандартных и прочих изделиях (рис. 12).

Решение интеграционных задач потребовало освоения механизмов прикладного программного интерфейса API-КОМПАС, API справочников АСКОН, API-ЛОЦМАН.

Разработанные программы позволяют максимально автоматизировать процесс построения ЭСИ и сократить временные затраты конструкторов, проектирующих жгуты.

### Результаты работ

САПР ЖГУТ является программным продуктом собственной разработки РФЯЦ-ВНИИЭФ, применяемым для автоматизации проектирования, разработки и выпуска КД на электрические жгуты. Автоматизированные расчёты и проектирование жгутов выполняются по выверенным конструкторским методикам. Собственная база данных САПР ЖГУТ содержит обширный перечень применяемых на предприятии соединителей, проводов и кабелей, элементов заделки жгута.

Существенным плюсом использования программного продукта собственной разработки является независимость от сторонних компаний-разработчиков, возможность оперативного решения возникающих задач.

На предприятиях ЯОК разработку конструкторской и эксплуатационной документации на изделия и их составные части необходимо вести в среде комплекса решений от компании АСКОН, включающего КОМПАС-3D, ЛОЦМАН:PLM, корпоративные справочники нормативно-справочной информации.

Интеграционные решения системы ЖГУТ обеспечивают:

- совместимость с базовыми системами КОМПАС-3D и ЛОЦМАН:PLM;
- возможность доработки КД в КОМПАС-3D;
- возможность работы с корпоративными справочниками НСИ от НКБС Росатома;
- автоматизированное формирование электронной структуры изделия в ЛОЦМАН:PLM.

Выполненные доработки САПР ЖГУТ позволили повысить уровень автоматизации процесса проектирования электрических жгутов и сократить временные затраты конструкторов, проектирующих жгуты.

### Литература

1. Федеральная служба по интеллектуальной собственности. Регистрационное свидетельство «Комплекс программ автоматизированного проектирования электрических жгутов (ЖГУТ 5.0)» РП №0000454. Выдано Государственной корпорации «Росатом», 2014.
2. САПР ЖГУТ. Руководство пользователя. А1107.00122-01 90 01. РФЯЦ-ВНИИЭФ.
3. САПР ЖГУТ. Руководство администратора базы данных. А1107.00122-01 91 01. РФЯЦ-ВНИИЭФ.