

УДК 621.039(06)

DOI: 10.53403/9785951504944\_2020\_25.2\_182\_191

# Система автоматизированного проектирования «ЖГУТ». Интеграция с комплексом информационных систем сквозной технологии разработки изделий

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

*«Система автоматизированного проектирования ЖГУТ» (САПР ЖГУТ) предназначена для проектирования электрических жгутов и разработки конструкторской документации на жгуты контрольно-измерительной аппаратуры и бортовые жгуты изделий. В целях интеграции с комплексом информационных систем сквозной технологии разработки изделий выполнено развитие САПР ЖГУТ, разработаны программы, обеспечивающие: автоматизированный поиск компонентов жгута в корпоративных справочниках, извлечение их идентификаторов, создание в КОМПАС-3D спецификации, построение на ее основе электронной структуры жгута в базе данных системы ЛОЦМАН:PLM.*

## *Общие сведения о САПР ЖГУТ*

Система автоматизированного проектирования (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 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 КБ-2 РФЯЦ-ВНИИЭФ.

В 2014 г. на комплекс программ ЖГУТ получено регистрационное свидетельство Федеральной службы по интеллектуальной собственности.

За время эксплуатации с использованием системы ЖГУТ было спроектировано около 4 тысяч жгутов контрольно-измерительной аппаратуры.

**Функциональные характеристики САПР ЖГУТ.** САПР ЖГУТ обеспечивает проектирование жгута со следующими максимальными параметрами:

- количество электрических цепей – 600,
- количество соединителей, – 40,  
включая наконечники и свободные концы – 150,
- количество контактов в соединителе – 160,
- число проводов разной номенклатуры для одного жгута – 20,

- число проводников, запаянных в один контакт соединителя – 3,
- количество участков жгута – 150,
- 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 конструкторской документации, полученный с помощью системы ЖГУТ, содержит текстовые и графические документы:

- спецификацию жгута,
- сборочный чертеж жгута,
- ведомость ссылочных документов.

Сборочный чертеж жгута включает:

- технические требования,
- чертеж общего вида жгута,
- схему присоединения проводов,
- таблицу проверки электрических цепей,
- таблицу проверки сопротивления изоляции и электрической прочности изоляции электрических цепей жгута,
- лист регистрации изменений.

**Графическая конструкторская документация на жгут.** В состав графической КД входят: чертеж общего вида жгута, схема присоединения проводов.

Система ЖГУТ имеет собственные средства корректировки 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.

Конструкция жгута характеризуется количеством точек ветвления и количеством исходящих из них ответвлений (участков). В САПР ЖГУТ обеспечивается проектирование жгутов с разветвлениями 5-го порядка, жгутов с кольцевыми цепями, а также закороток. Количество точек ветвления жгута должно превышать 40, максимальное количество выходящих из каждой точки участков – 20. Допускается наличие в жгуте «ложных» («холостых») проводов, «длинных» («двойных») перемычек.

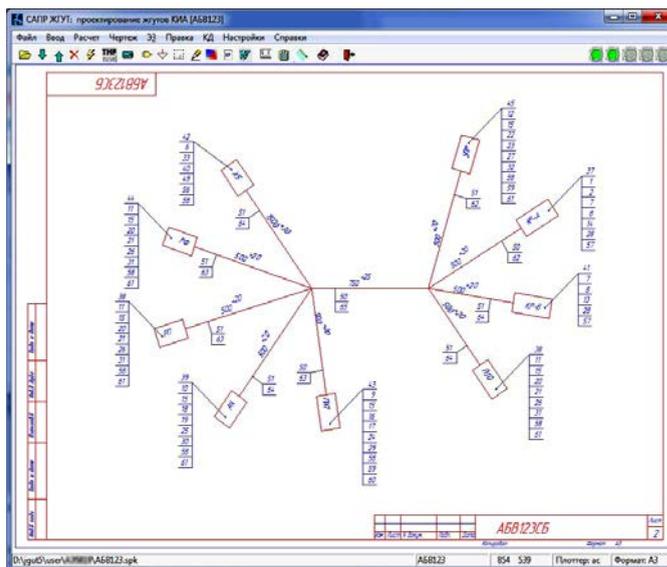


Рис. 1. Чертеж общего вида жгута

Количество свободных концов может достигать 100. Они могут быть организованы в веер, изображаемый на сборочном чертеже штриховой дугой между крайними свободными концами жгута (рис. 2).

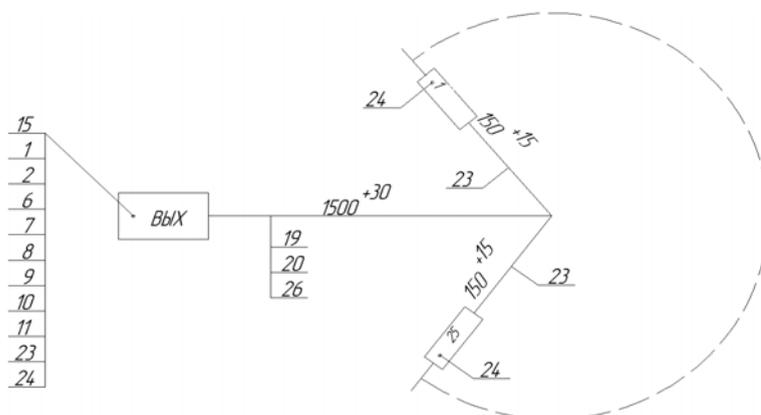


Рис. 2. Фрагмент сборочного чертежа жгута со свободными концами

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

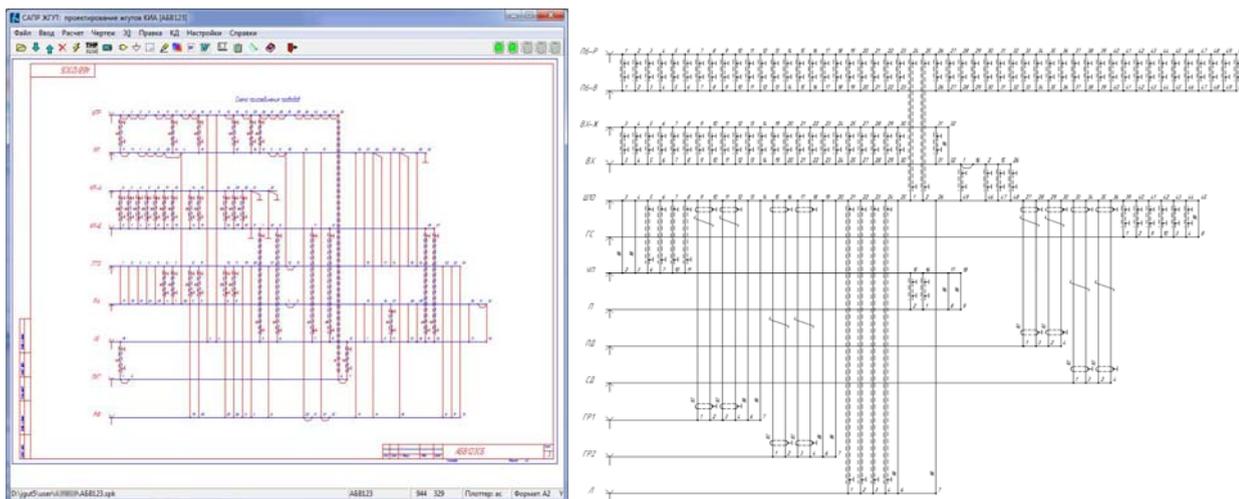


Рис. 3. Схема присоединения проводов жгута

Предусмотрены возможность сортировки уровней соединителей на схеме по критерию максимального количества связей соседних соединителей, а также вариант без сортировки и возможность ручной корректировки расположения уровней с экрана ПЭВМ.

**Текстовая конструкторская документация.** Текстовые конструкторские документы на жгут формируются автоматически (рис. 4), выводятся в формате MS Word и допускают редактирование. Предусмотрена возможность вывода КД в форматах DXF и PDF.

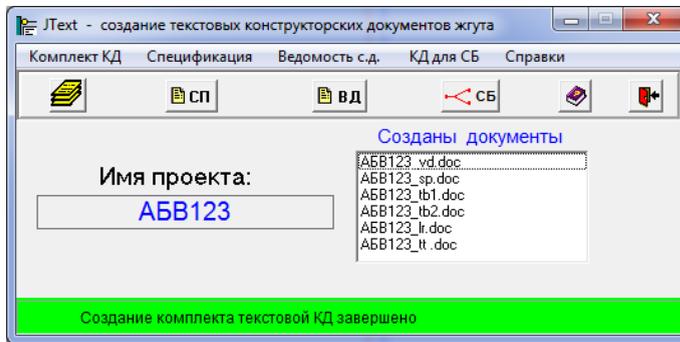


Рис. 4. Создание текстовой КД

При проектировании жгута в САПР ЖГУТ рассчитываются параметры жгута и осуществляется подбор соединителей из базы данных, определяется количество и происходит выбор элементов заделки жгута, выполняются расчеты длин проводов (кабелей), диаметров и длин применяемых трубок и плетенок. Полученные данные используются при автоматизированном формировании спецификации на жгут.

Рассчитывается и указывается в технических требованиях к жгуту масса драгоценных материалов и цветных металлов. 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 учету, не содержит».

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

При формировании таблицы 1 проверки электрических цепей сопротивление каждой проверяемой цепи определяется как сумма расчетных сопротивлений отдельных участков этой цепи. Сопротивление цепи рассчитывается исходя из максимальной длины цепи и удельного сопротивления одного метра провода. Причем в таблицу 1 заносится не расчетное значение сопротивления, а округленное, с учетом погрешности измерения.

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

Основные надписи КД заполняются автоматически.

## ***База данных и структура САПР ЖГУТ***

САПР ЖГУТ имеет собственную базу данных по соединителям, элементам заделки жгута, используемым материалам и параметрам элементов конструкции жгута. База данных содержит около 400 типов соединителей жгутов контрольно-измерительной аппаратуры, 140 типов проводов и кабелей, 29 типов элементов заделки и другие применяемые материалы. Имеется информация по параметрам элементов конструкции жгутов: для расчета допусков длин участков жгута, сопротивления цепи. Состав базы данных приведен на рис. 5.



Рис. 5. Состав базы данных

С базой данных работает программа, реализующая современные подходы взаимодействия с базами данных клиент-серверной архитектуры. Программа представляет собой веб-приложение для администратора и пользователей базы данных, с помощью которого можно ознакомиться с содержащейся в базе данных информацией, добавить новые записи в любую из имеющихся в базе таблиц, удалить записи, выполнить поиск по каталогам соединителей, проводов и кабелей (рис. 6).

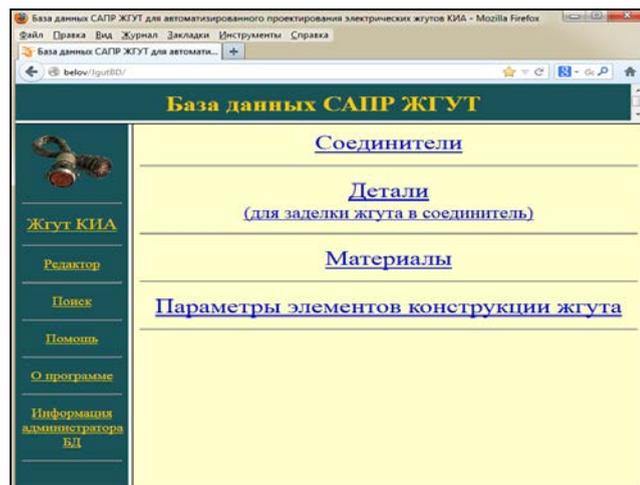


Рис. 6. Рабочее окно программы JgutBD в интернет-браузере

Ноу-хау специализированной библиотеки и САПР ЖГУТ – это 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.

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

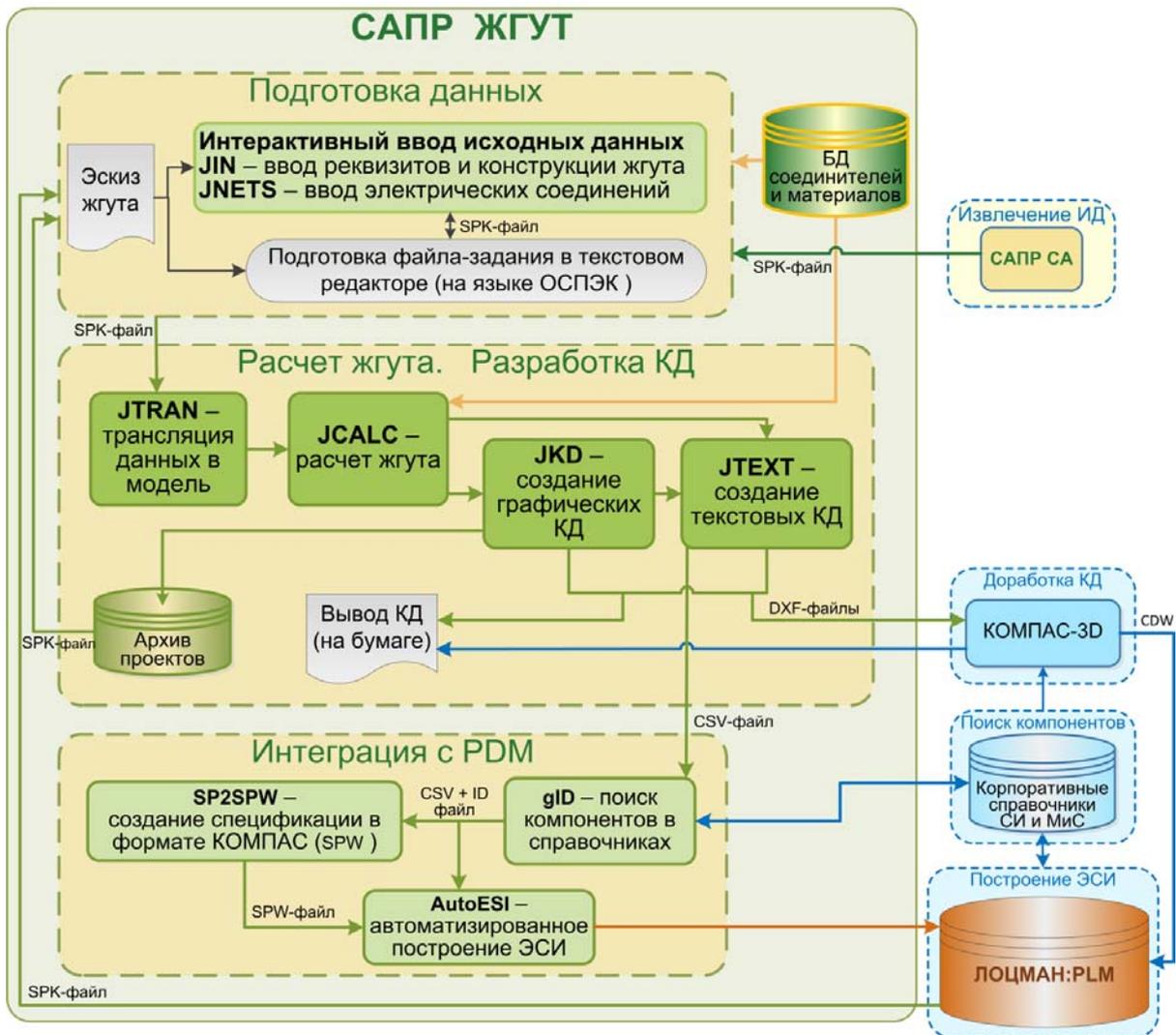


Рис. 7. Структурная схема САПР ЖГУТ

## Интеграционные решения САПР ЖГУТ

САПР ЖГУТ интегрируется с базовым программным обеспечением информационной системы конструкторского проектирования.

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.

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

**Интеграция САПР ЖГУТ с системой КОМПАС-3D.** Интеграция САПР ЖГУТ с системой КОМПАС-3D обеспечивается с помощью 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.

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

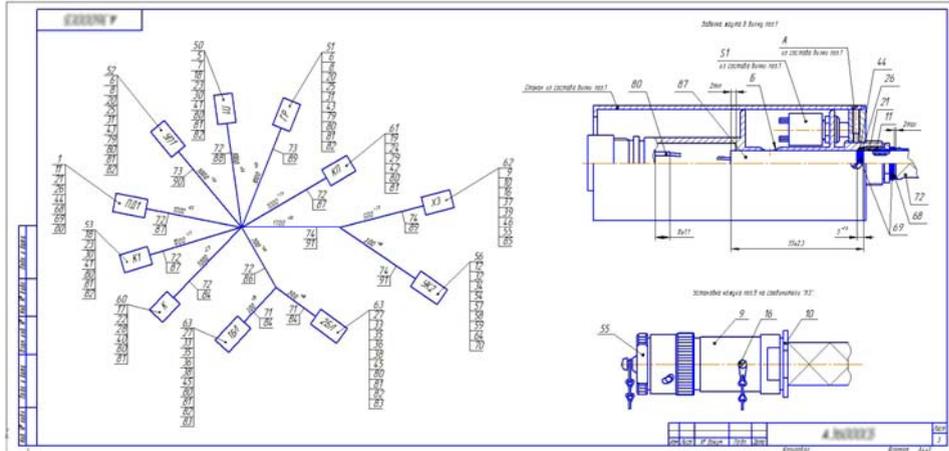


Рис. 8. Чертеж общего вида жгута в КОМПАС-3D

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).

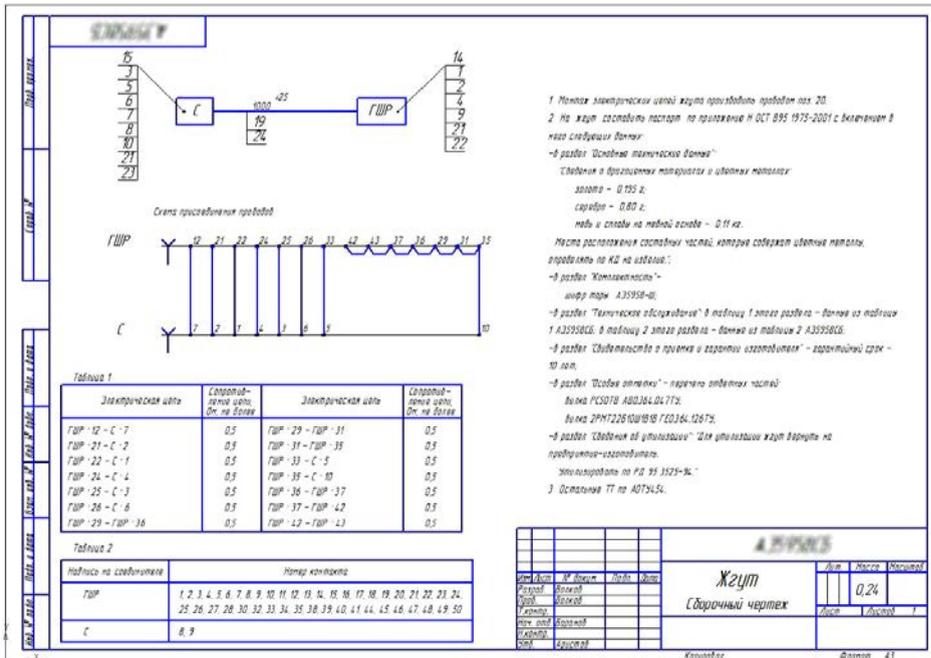


Рис. 9. Сборочный чертеж жгута, скомпонованный в КОМПАС-3D

**Интеграция САПР ЖГУТ с ЛОЦМАН:PLM.** На завершающем этапе проектирования и разработки КД на жгут в базе данных PDM-системы должна быть создана электронная структура изделия (ЭСИ). При использовании функционала, имеющегося в программных продуктах от АСКОН, процедура построения 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 ее в базу данных PDM-системы.

Для использования механизма ЛОЦМАН Интегратор 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» и «Материалы и сортаменты» комплекса АСКОН, чтобы «дерево» жгута в PDM-системе являлось полноценным.

В САПР ЖГУТ текстовая КД формируется в формате DOC или DXF, поэтому были разработаны программы gID и SP2SPW, обеспечивающие создание спецификации в формате SPW.

**Интеграция с корпоративными справочниками нормативно-справочной информации.** Программный модуль gID (рис. 10) обеспечивает поиск необходимых элементов в справочниках нормативно-справочной информации 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. Полученные данные передаются в программу SP2SPW, которая автоматически формирует спецификацию жгута в формате SPW (рис. 11). Основная надпись спецификации заполняется автоматически.

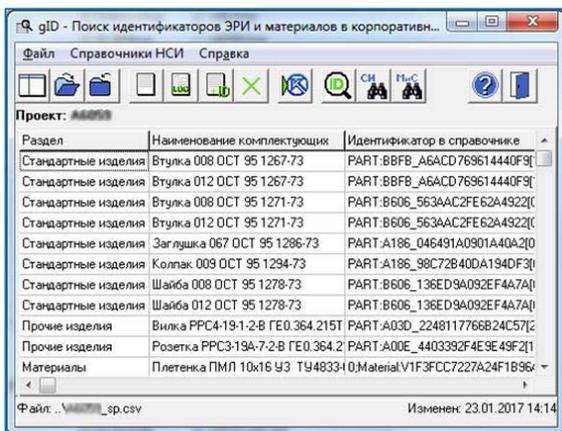


Рис. 10. Рабочее окно программы gID

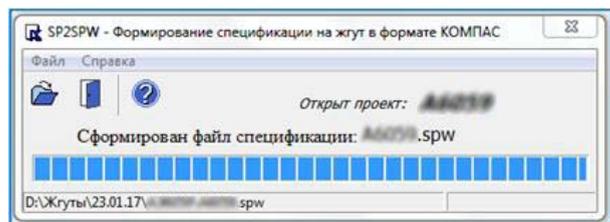


Рис. 11. Рабочее окно программы SP2SPW

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

**Построение ЭСИ жгута в ЛОЦМАН:PLM.** Программный модуль AutoESI призван автоматизировать трудоемкий процесс формирования ЭСИ в базе данных системы ЛОЦМАН. Плагин AutoESI создает 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 конструктор-

ской документации, разработанной в САПР ЖГУТ. В завершение на базе информации из спецификации ЭСИ дополняется информацией о материалах, стандартных и прочих изделиях (рис. 12).

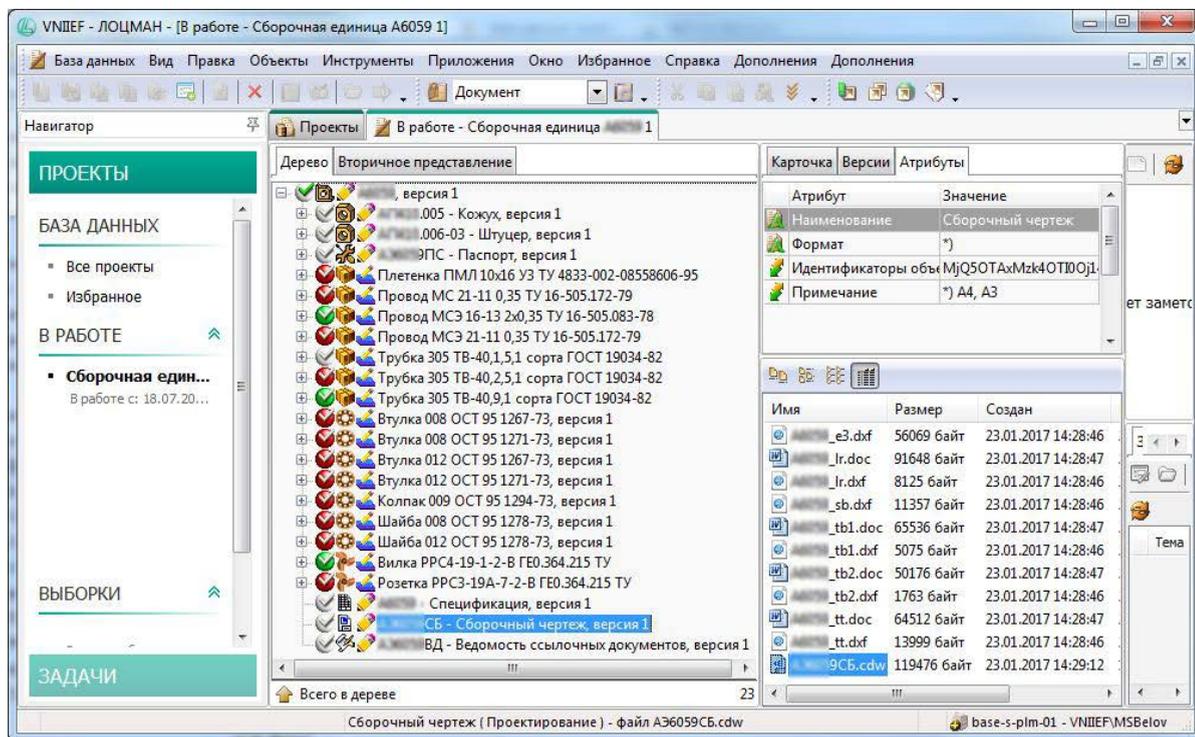


Рис.12. ЭСИ жгута в ЛОЦМАН:PLM

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.

## Заключение

САПР ЖГУТ является программным продуктом собственной разработки РФЯЦ-ВНИИЭФ, применяемым для автоматизации проектирования, разработки и выпуска КД на электрические жгуты. Автоматизированные расчеты 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.

На предприятиях ядерного оружейного комплекса 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.

Разработанные интеграционные программные решения САПР ЖГУТ обеспечивают связь с перечисленными компонентами системы конструкторского проектирования предприятия, позволяют повысить уровень автоматизации процесса проектирования электрических жгутов.

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

## **System of the Automated Designing the Plait. Integration With the Complex of Information Systems of Through Technology of Working out of Products**

T. A. Chelakova, M. S. Belov, N. I. Puryakova, N. I. Anishina, J. N. Vikulov

*«The automated design engineering system the BUNDLE» (a CAD the BUNDLE) is intended for designing of electrical bundles and development of the designer documentation on bundles of instrumentation and onboard bundles of products. With a view of integration with a complex of information systems of open technology of development of products development of a CAD the BUNDLE is fulfilled, programs providing are developed: computer-assisted retrieval of components of a bundle in corporate reference manuals, extraction of their identifiers, creation in KOMPAS-3D specifications, creation on its basis of electronic structure of a bundle in system LOTSMAN:PLM database.*