

ПРОГРАММА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ РАЗРАБОТКИ СХЕМ РАЗМЕЩЕНИЯ И КРЕПЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ В ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ «ШВАРТОВЩИК»

А. Ю. Бабичев, Д. С. Большаков, А. И. Ермошкин

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

Введение

Одной из задач при разработке специальных изделий является обеспечение безопасности их транспортировки. Перечень транспортных средств (ТС), которыми может осуществляться транспортировка, обширен и включает в себя такие виды ТС как железнодорожные вагоны, автомобили, самолеты, вертолеты и корабли.

Для описания способа размещения и крепления в составе конструкторско-эксплуатационной документации на изделие разрабатываются схемы, соответствующие требованиям ОСТ В95 1646-99 «Изделия специальные. Схемы размещения и крепления в транспортных средствах. Требования к разработке. Методика расчета» и ОСТ 1 00223-87 «Грузы, транспортируемые на самолетах и вертолетах. Общие требования».

Процесс разработки схем для всей номенклатуры транспортных средств МО РФ, служащих для перевозки специальных изделий, является сложным и трудоемким. Для подтверждения гарантий безопасности транспортировки, используются специальные методики расчетов, обеспечивающие:

- расчёт общей массы, координат центра масс (ЦМ) и реакций в опорах транспортного средства;
- расчёт усилий в стяжке при совместно и раздельно действующих перегрузках;
- расчёт усилий в упоре, крепёжных узлах при совместно и раздельно действующих перегрузках;
- и т. д.

Подтверждением безопасного размещения и крепления изделия является удовлетворение рассчитанных характеристик ряду требований, предъявляемых к конкретному ТС и изделию (грузу).

Для сокращения временных затрат и уменьшения трудоемкости работ было признано необходимым разработать программу «Швартовщик», автоматизирующую и объединяющую в себе процессы создания самой схемы и проведения расчётов.

Техническим заданием на разработку программы «Швартовщик» определен ряд требований к графическому представлению условно-графических объектов (УГО) на схеме, хранению данных и формам представления результатов расчётов. Программа «Швартовщик» должна:

- работать в среде Компас-3D;
- обеспечивать возможность проведения расчетов по нескольким методикам;

- позволять хранить реквизиты и параметры грузов, транспортных средств, стяжек;
- позволять хранить УГО грузов и ТС;
- позволять осуществлять ручное и автоматическое размещение грузов в ТС;
- оформление результатов расчетов, схемы и чертежи выполнять в соответствии – с требованиями ЕСКД.

Исследования способов автоматизации

Для реализации требований технического задания (ТЗ) потребовалось провести исследование следующих вопросов:

- определение принципов разработки расширенного функционала для Компас-3D;
- принципы реализации методик расчетов;
- принципы хранения и использования информации о грузах, транспортных средствах и стяжках во взаимодействии с Компас-3D.

Принципы разработки расширенного функционала для Компас-3D

При решении специфических задач, нередко возникает необходимость расширения стандартных возможностей программных приложений. Для этого в Компас-3D существует два способа:

- создание макроса с помощью приложения Компас-Макро;
- разработка прикладной библиотеки.

Учитывая, что второй способ предоставляет более широкие возможности по организации пользовательского взаимодействия со средой Компас-3D и позволяет обращаться с элементами среды на более «низком» уровне, для разработки расширенного функционала разрабатывалась прикладная библиотека-добавление (Addin).

Реализация методик расчетов

Рассматривались два варианта реализации методик расчетов в приложении:

- в составе прикладной библиотеки Компас-3D;
- в виде отдельной подключаемой библиотеки.

С одной стороны, вариант создания отдельной подключаемой библиотеки обладает рядом преимуществ:

- упрощается разработка функционала по проведению расчетов;
- становится проще обновление развернутой на АРМ пользователя библиотеки в составе приложения (поскольку при замене только библиотеки по проведению расчетов не требуется обновление всего приложения);
- появляется возможность использовать библиотеку в другом приложении.

С другой стороны, ему присущ недостаток – необходимость выделить и реализовать интерфейс между подключаемой библиотекой расчетов и прикладной библиотекой. Однако этот недостаток не является критическим. При этом входные данные различных методик отличаются друг от друга не значительно (тоже касается и выходных данных). Поэтому реализацию методик расчетов признано целесообразным выделить в отдельную подключаемую библиотеку.

Принципы хранения информации

Каждому типу объекта на схеме размещения и крепления (груз, транспортное средство, стяжка) присущ собственный структурированный набор параметров. При этом у грузов и транспортных средств есть условное графическое отображение (УГО) видов сверху и сбоку. У стяжек статическое УГО отсутствует, так как они представляются отрезками динамической длины, но каждый такой отрезок имеет минимальную и максимальную длины.

Выделены два типа данных для объектов схемы:

- структурированные неграфические параметры;
- графическое представление.

Проанализированы различные способы и механизмы хранения графического представления объектов, среди которых:

- хранение в базе данных фрагмента в виде массива двоичных данных (BLOB);
- хранение в базе данных ссылки на файл фрагмента;
- хранение в библиотеке фрагментов Компас-3D.

В результате, принято решение, что хранение неграфической информации о грузах, транспортных средствах и стяжках необходимо осуществлять с помощью базы данных под управлением локальной СУБД. Для использования этой информации в работе приложения применяются «пользовательские хранилища» Компас-3D.

Хранение УГО грузов и транспортных средств осуществляется с помощью библиотеки фрагментов.

Реализация программы «Швартовщик»

В качестве языка программирования реализации программы «Швартовщик» использовался принятый для подобных разработок, базовый язык программирования C#, в качестве локальной СУБД используется SQLite.

«Швартовщик» функционирует в рамках Компас-3D, распространяется в виде отдельного дистрибутива, установка которого возможна только при наличии на АРМ пользователя установленного экземпляра Компас-3D.

Структура программы

В основу работы программы «Швартовщик» положен принцип модульности. Модульность — это разделение программы на фрагменты, которые компилируются по отдельности, но функционально связаны между собой.

Модули реализуются в виде динамически подключаемых библиотек (dll). Одной из таких библиотек является библиотека, в которой реализованы алгоритмы расчетных методик. Такая реализация позволяет использовать библиотеку расчетов, как в составе программы «Швартовщик», так и, при необходимости, в составе других приложений.

Программа «Швартовщик» содержит следующие модули (рис. 1):

- прикладная библиотека «Швартовщик»;
- библиотека расчетов;

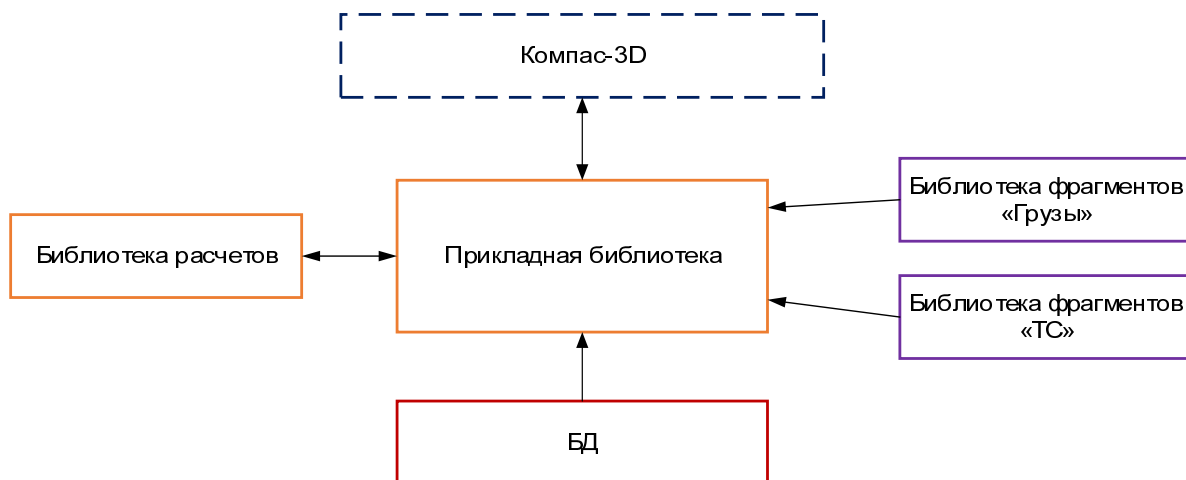


Рис. 1. Состав программы «Швартовщик»

– библиотеки фрагментов грузов и транспортных средств для хранения графических данных и базу данных для хранения неграфических данных.

Интерфейс программы

Взаимодействие пользователя с программой осуществляется посредством встроенной в интерфейс КОМПАС-3D панели инструментов (рис. 2), которой вызываются соответствующие окна (рис. 3) или запускается специализированный режим работы с объектами САПР.

Функциональные возможности

Программа «Швартовщик» обладает следующими функциональными возможностями:

- размещение ТС и грузов;
- крепление груза;
- расчет параметров представленного на чертеже способа размещения и крепления груза в ТС.

Принципы размещения

В программе «Швартовщик» присутствует функционал, позволяющий автоматически формировать расположение грузов и стяжек в ТС в соответствии с заданными пользователем ограничениями

(максимальная загрузка ТС, минимальное расстояние между грузами и др.). После автоматического размещения пользователю предоставляется информация обо всех параметрах, соответствующих данному размещению.

В составе программы «Швартовщик» присутствуют справочники, которые содержат перечни доступных для пользователя ТС и грузов. Размещение ТС и груза происходит после выбора объекта в справочнике и включает в себя размещение видов сверху и сбоку УГО выбранного объекта. На УГО ТС и грузов предопределены и отмечены все возможные места крепления.

Масштаб всех УГО на чертеже формируется, исходя из масштаба, требуемого в эксплуатационной документации на ТС, т. е., если для ТС требуется масштаб отображения 1:40, то при размещении УГО грузов будут отображаться в соответствующем масштабе. Сформированный масштаб будет использоваться при расчетах характеристик сформированной схемы размещения и крепления грузов в ТС.

Принципы крепления

Крепление грузов в ТС осуществляется в специальном режиме (рис. 4), работа в котором обладает следующими особенностями:

- крепление грузов в ТС возможно только

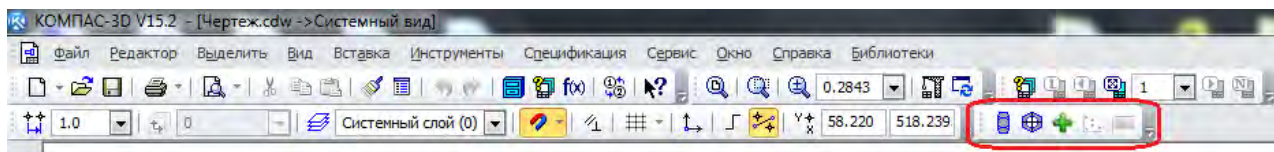


Рис. 2. Панель инструментов «Швартовщик» в составе КОМПАС-3D

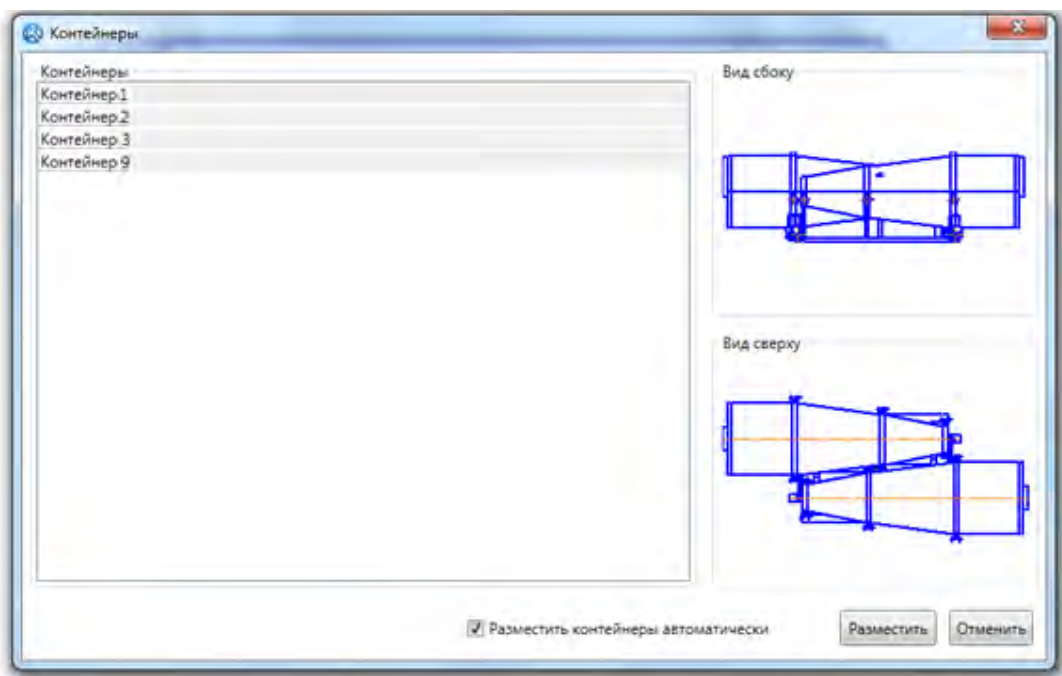


Рис. 3. Окно выбора фрагмента из библиотеки фрагментов

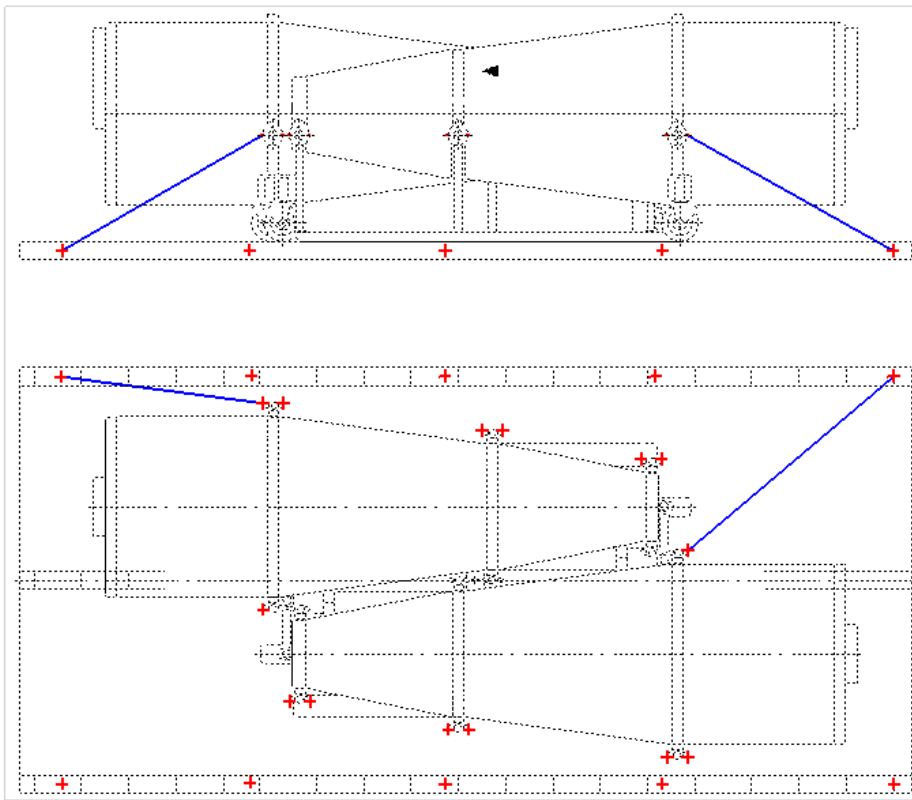


Рис. 4. Режим крепления груза в ТС

стяжками, которые согласно эксплуатационной документации на ТС, присутствуют в данном ТС;

- размеры стяжек определяются параметрами объекта схемы, хранимыми в справочниках;
- крепление возможно только в присутствующих на УГО ТС и грузов в точках крепления, которые становятся интерактивными;
- работа со стяжками реализована по принципу «резиновой нити», т. е. одна концевая точка стяжки неподвижна, а другая следует за курсором мыши.

Принципы проведения расчетов и отображения результатов

Расчеты параметров, не несущих серьезной нагрузки (координаты ЦМ, массы и т. д.), осуществляется в автоматическом режиме и отображается пользователю синхронно с его действиями в графическом редакторе (данные для расчётов ассоциативны графической модели).

Расчет параметров, требующих более сложного математического обеспечения, производится по нажатию на соответствующую кнопку. Результаты расчета отображаются пользователю в виде сводных таблиц на схеме размещения.

При расчетах в программе «Швартовщик» вычисляются такие параметры как:

- различные виды масс, координаты ЦМ, реакции в опорах ТС;

- усилия в стяжках при совместно и отдельно действующих перегрузках;

- усилия в упоре и крепежных узлах при совместно и отдельно действующих перегрузках.

Для различных видов ТС используются методики, реализованные в соответствии с различными нормативными документами. Алгоритмы методик расчетов для автотранспорта, вагонов, четырехосных вагонов реализованы в соответствии с ОСТ В95 1646-99, для вертолетов в соответствии с 000.00.009.053 МР, для самолётов в соответствии с методикой для ИЛ-76.

Расчеты проводятся на основании данных из чертежа и справочной информации о ТС, грузах и стяжках, которая присутствует в программе. Выбор методики расчета и формирование результатов расчетов происходит автоматически на основании свойств объектов, представленных на схеме.

Согласно [1] результаты расчетов оформляются в виде 3 таблиц:

1. «Данные для расчета», содержащая:
 - рабочее (эксплуатационное) и предельное (аварийное) нагружение;
 - коэффициенты трения и статических перегрузок по осям;
 - условия расчета по действию перегрузок.
2. «Данные по грузу», содержащая:
 - позицию, наименование, обозначение, количество и массу грузов;

- расстояние от центра масс до ребра опрокидывания груза вперед, назад, вправо, влево.

3. «Результаты расчета крепежных связей», содержащая:

- позицию, наименование, обозначение и количество элементов крепежной связи (стяжек, узлов на грузе и полу);

- геометрические характеристики крепежной связи по осям x , y , z , её длину и длину элементов крепежной связи;

- расчетные эксплуатационные, предварительного натяжения и аварийные усилия в крепежной связи;

- допустимые эксплуатационные и аварийные нагрузки в крепежной связи.

Все таблицы формируются автоматически. Значения, превышающие максимально допустимые, выделяются красным цветом.

Заключение

В ходе разработки программы «Швартовщик» были определены:

- технологии, необходимые для реализации программы;

- принципы взаимодействия с Компас-3D;

- структура программы;

- процесс работы пользователя с программой;

- способ распространения программы.

Выработанные программные решения реализуют все требования ТЗ.

Программа «Швартовщик» позволяет значительно сократить время и уменьшить трудоемкость разработки схем размещения и крепления изделий в транспортных средствах.

Программа является развитием, имеющейся в КБ-2 информационной системы конструкторского проектирования, и создана в виде библиотеки базовой в РФЯЦ-ВНИИЭФ САД-системы КОМПАС-3D.

В развитие программы «Швартовщик» планируется:

- интеграция со справочником стандартных изделий, в котором будут представлены ТС, грузы и стяжки;

- разработка и реализация расчетной методики для кораблей;

- обеспечение возможности работы с шаблонами на чертеже;

- и др.

Литература

1. ОСТ В95 1646-99 «Изделия специальные. Схемы размещения и крепления в транспортных средствах. Требования к разработке. Методика расчета».