

УДК 004.42

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТАРЫ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ УЗЛОВ И ПАНЕЛЕЙ АВИАЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

© 2021 Д.В. Ястребов, Е.Н. Згуральская, Д.В. Егорычев

Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия

Статья поступила в редакцию 10.12.2021

Рассматривается автоматизация процесса разработки конструкторской документации (КД) на тару для нестандартных крупногабаритных узлов и панелей авиационных изделий. Описано программное обеспечение (ПО), применение которого позволяет значительно сократить сроки проектирования, изготовления, унифицировать отдельные элементы тары, что в комплексе приведет к значительному сокращению производственных издержек предприятия, а также к снижению стоимости летательного аппарата.

Ключевые слова: тара, система автоматизированного проектирования, конструкторская документация, авиационная промышленность, производство, КОМПАС-3D, Siemens NX.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-1-115-122

*Работа выполнена при поддержке гранта №12967ГУ/2018,
выданного Федеральным государственным бюджетным учреждением
«Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере».*

ВВЕДЕНИЕ

Создание тары является не менее ответственным процессом, чем конструирование объектов, в нее помещаемых. Облегчить проектирование позволяют программные системы, в которых такие операции, как задание параметров объекта транспортировки (габариты, масса), настроек тары, типов транспортировки, дополнительных параметров для подготовки конструкторской документации, выполняются с высокой степенью автоматизации.

Попытки автоматизировать процесс создания конструкторской документации на тару рассматривались в работах [1–2].

В [1] описывается автоматизированное проектирование тары для транспортировки панелей гражданского самолета.

Особенностью данной разработки является:

– КД разрабатывается для классической тары для крупногабаритных авиационных грузов.

– Разработка КД выполняется только для системы автоматизированного проектирования (САПР) Siemens NX.

– В качестве основы программного обеспечения выступают студия разработки шаблонов и библиотеки повторного использования Siemens NX.

Ястребов Денис Владимирович, аспирант, ассистент кафедры «Самолетостроение».

E-mail: dv.yastrebov@yandex.ru

Згуральская Екатерина Николаевна, заместитель декана по НИР и НИРС. E-mail: iatu@inbox.ru

Егорычев Денис Владимирович, начальник ИВЦ.
E-mail: dv.egorychev@yandex.ru

– Создан отдельный каталог для крепежа (на основе модуля для Siemens NX).

– Процесс разработки имеет частичную автоматизацию, количество элементов и шаг отдельных элементов задается только вручную – т.е. нет заранее заложенный шаблонов, ограничивающих параметры (на основе ГОСТ или прочностных расчетов).

В [2] описывается автоматизация проектирования тары для комплексов радиоэлектронной аппаратуры.

Особенностью данной разработки является:

– КД разрабатывается для классической тары до 200 кг, для радиоаппаратуры, не для крупногабаритных изделий (габариты груза до 2500x1500мм).

– Разработка КД выполняется только для САПР SolidWorks.

– В качестве основы ПО выступает САПР SolidWorks с поддержкой программирования макросов (VBA).

– Процесс разработки имеет практически полную автоматизацию, прочность обусловлена изменением параметров тары в соответствии с ГОСТ.

По информации, приведенной в [1] и [2], процесс автоматизации проводится для классической конструкции тары, которая в большинстве случаев служит 2–3 цикла транспортировки [3], при этом количество одновременно перевозимых объектов в таре редко превышает один.

В [3] описывается конструкция тары для нескольких одновременно перевозимых крупногабаритных авиационных панелей, но для нее отсутствует система автоматизированной разработки КД на тару.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Исходя из анализа существующих автоматизированных систем разработки конструкторских документов на тару и требований потенциально заинтересованных лиц, были поставлены следующие задачи:

1. Автоматизировать процесс разработки КД для тары, а именно:

- ПО, которое работает независимо от используемой для создания чертежей САПР (с отечественными САПР КОМПАС-3D, а также наиболее применимыми в отрасли Siemens NX).

- КД должна проектироваться для тары [4] способной к одновременной транспортировке нескольких крупногабаритных авиационных грузов (рис. 1).

- Реализовать возможность полностью автоматического расчета тары с определением всех элементов конструкции и материалов, необходимых для создания.

- Реализовать возможность изменения в ручном режиме отдельных значений элементов конструкции.

- Реализовать возможность масштабирования под разные типы тары.

- Реализовать оптимальное использование материала.

- Реализовать использование обрезков от предыдущих конструкций (при изготовлении нескольких тар).

- Иметь возможность ручной корректировки каждого элемента конструкции и/или этапа.

2. Автоматизировать процесс получения заявок на разработку КД для тары.

3. Автоматизировать процесс предварительной оценки стоимости разработки КД, изготовления тары, транспортировки.

При разработке КД для тары должны учитываться следующие параметры: габариты и масса объектов, их центр масс, габариты и ограничения по весу типа транспортировки. Ограничения размеров элементов конструкции тары задаются исходя из результатов прочностных расчетов.

ОПИСАНИЕ ФУНКЦИЙ, АВТОМАТИЗИРУЮЩИХ ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТАРЫ

Автоматизация процесса проектирования конструкторской документации на тару осуществляется в ходе выполнения следующих функций:

1. Ввод информации об объекте транспортировки на выбор (рис. 2), такой как:

- 3D-модель объекта;
- Масса объекта.

При отсутствии 3D-модели объекта габариты объекта транспортировки задаются вручную.

При автоматическом определение габаритов объекта происходит только считывание максимальных размеров.

Основным форматом загружаемых для обработки файлов был определен формат STL. Одним из определяющих факторов выбора данного формата явилось то, что на этапе без договорных отношений передача файлов панелей, узлов и агрегатов (которые содержит твердотельный объект) невозможна. Любой созданный в рамках предприятия объект является их

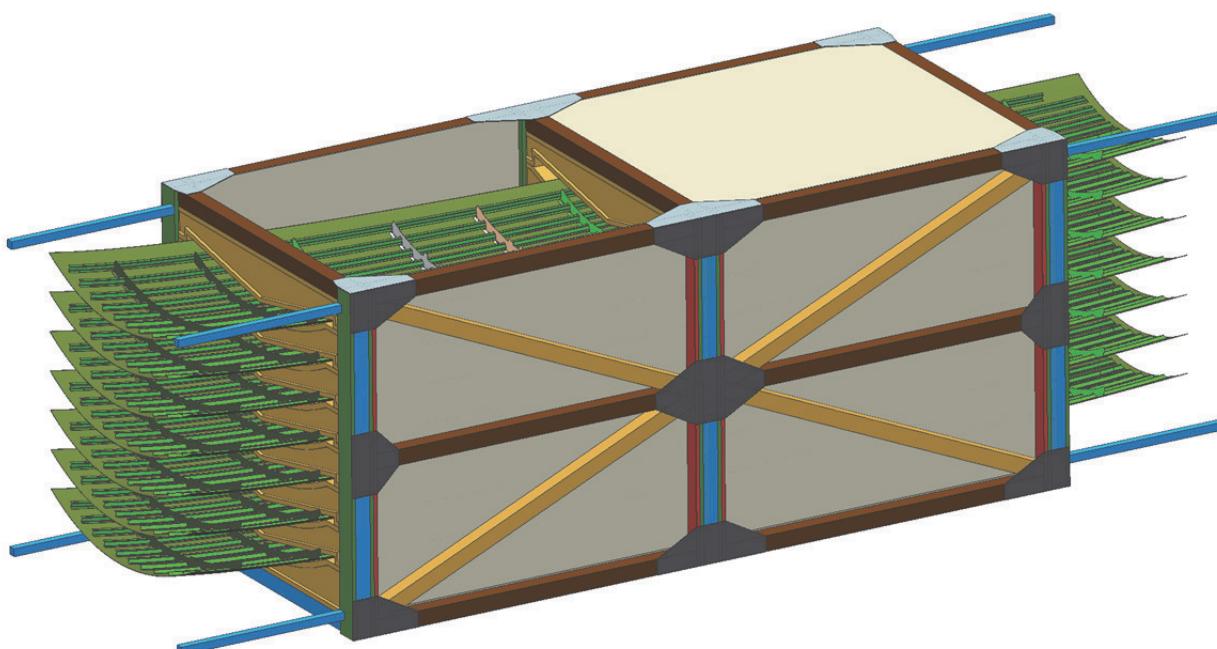


Рис. 1. Пример разработанной унифицированной тары для нестандартных крупногабаритных панелей и узлов авиационных изделий

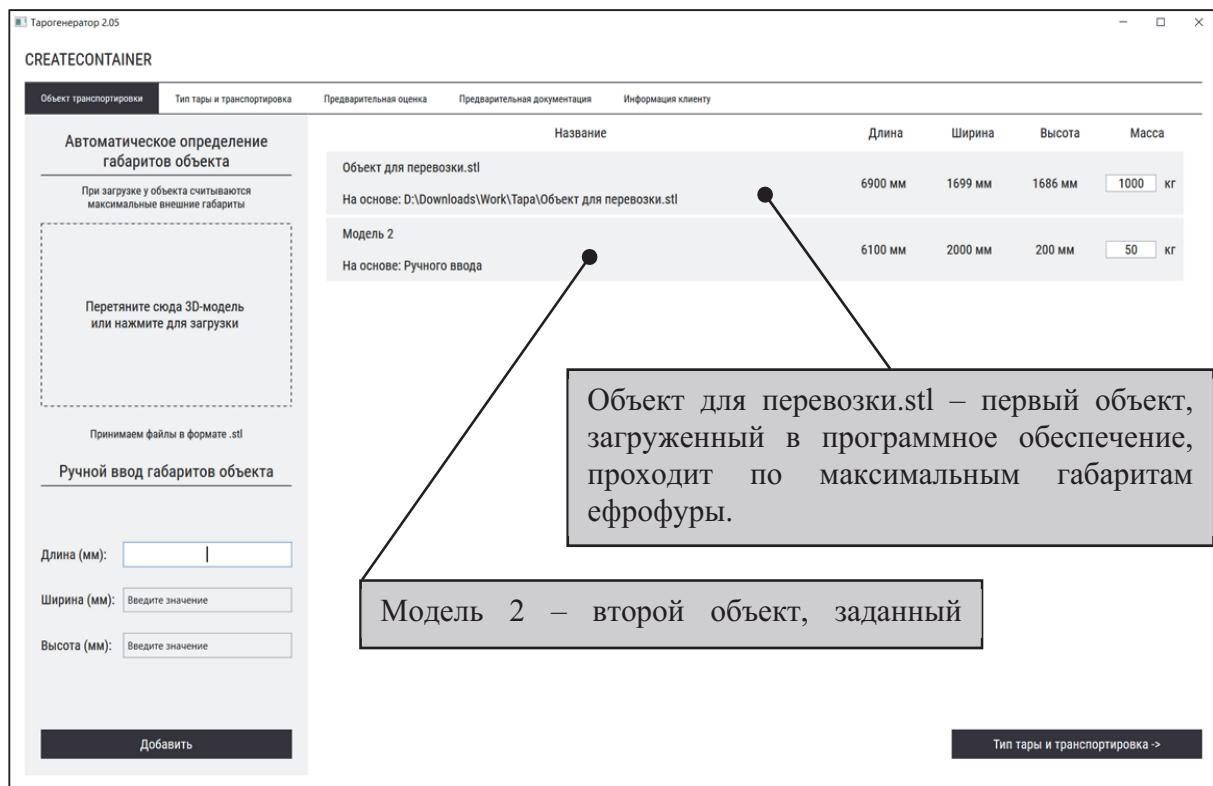


Рис. 2. Определение объекта транспортировки

собственностью и, чаще всего, содержит важную информацию о себе или об объектах, с которыми взаимодействует.

Файлы в формате *.stl могут иметь низкую точность отображения поверхностей, при этом процесс реверсинга по конвертации объекта в твердотельное тело становится трудоемким и не гарантирует точных размеров, в отдельных случаях процесс невозможен.

Файл в формате *.stl содержит описание модели, состоящее из набора координат трех точек по

трём осям. Каждая группа из трех точек образует полигон, в этом формате он называется фасет.

Программа считывает *.stl файл, а именно координаты x, y, z всех точек, которыми задается модель. Среди этих точек определяет и запоминает экстремумы по значению каждой координаты. Рассчитывает расстояние между экстремальными точками, тем самым определяя габариты объекта.

На рисунке 3 приведена проекция фасетов на систему координат XZ в упрощенном виде.

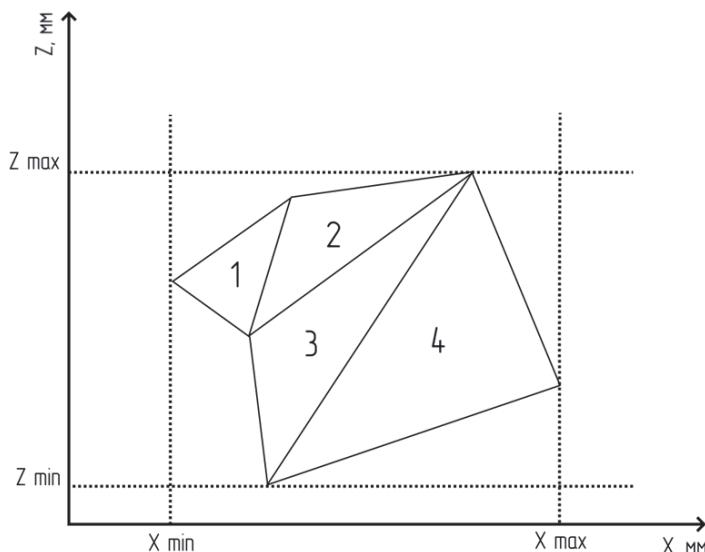


Рис. 3. Проекция фасетов на систему координат

щенном виде, где фасеты обозначены цифрами.

2. Выбор типа тары и транспортировки (рис. 4):

– выбор из списка «по умолчанию» (наиболее используемые варианты);

– указание параметров вручную (размеры внутреннего (грузового) пространства типа транспортировки).

3. Выбор дополнительных пунктов, касающиеся объекта перевозки и типа будущей тары (рис. 5).

4. Вывод информации о компонентах тары для каждого из типовых конструкционных элементов.

Краткая информация о типовых конструкционных элементах тары (рис. 6) состоит из:

- Название типовых элементов;
- Количество типовых элементов;
- Общая масса типовых элементов.

Подробная информация каждого типового конструкционного элемента (рис. 7) состоит из:

- Название каждого типового элемента;
- Материал каждого типового элемента;
- Размеры каждого типового элемента;
- Масса каждого типового элемента.

Для каждого элемента выводится информация о необходимости закупки материала, при его отсутствии на складе. При отсутствии надписи «закупка» один материал используется для создания нескольких типовых элементов или берется со склада.

5. Вывод информации о компонентах, необходимых для создания тары.

Информация о компонентах для закупки (рис. 6) состоит из:

- Название компонента для закупки;
- Габариты компонента для закупки (длина, ширина, высота);
- Материал компонента для закупки;
- Количество компонентов для закупки;
- Общая стоимость типовых компонентов для закупки;
- Общая стоимость всех компонентов для закупки.

Выводится информация об оставшихся компонентах на складе (рис. 6) после отделения необходимого объема материала для создания текущей тары с целью возможного дальнейшего использования в будущих тарах.

Информация о компонентах на складе состоит из:

- Название компонента на складе;
- Габариты компонента на складе (длина, ширина, высота);
- Материал компонента на складе;
- Процент использования каждого компонента;
- Процент использования всех компонентов (со всех созданных тар).

6. Вывод информации (рис. 8) по конструкторской документации, а именно возможность сохранить (загрузить на ПК) следующие файлы:

- Комплект чертежей;
- Комплект значений параметров для чертежей;

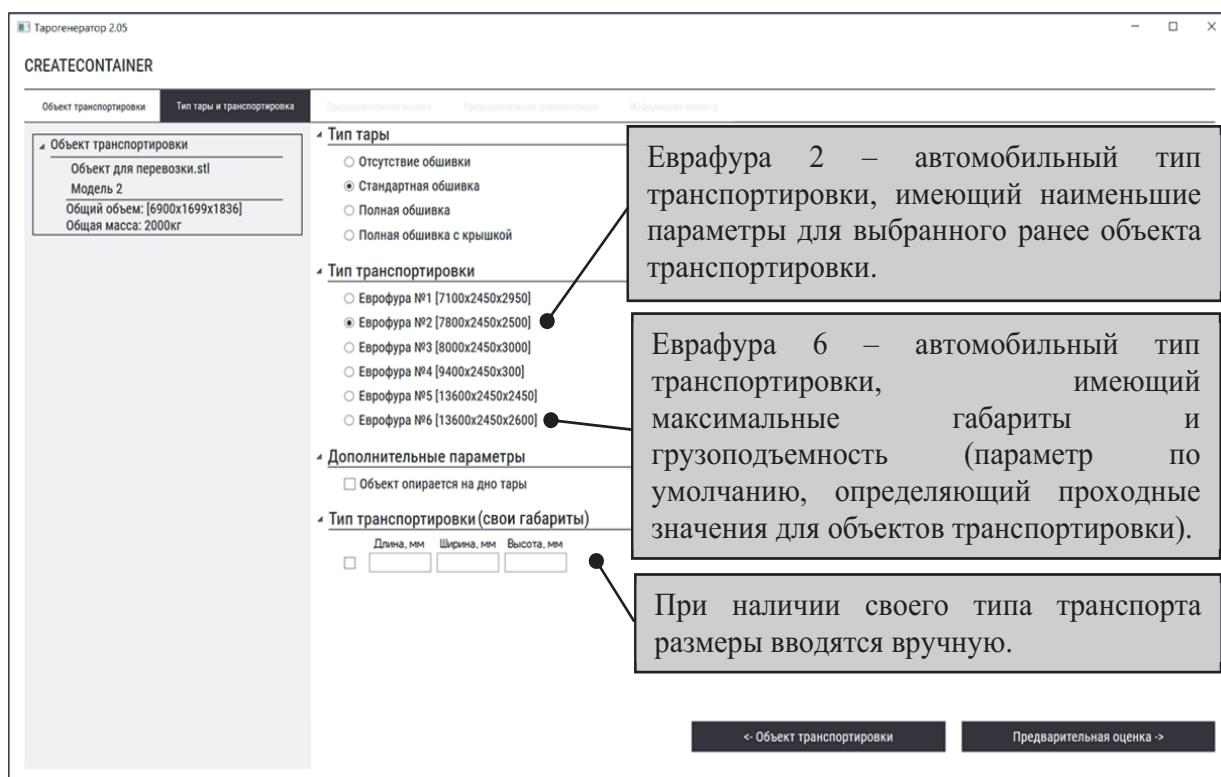


Рис. 4. Определение типа транспортировки

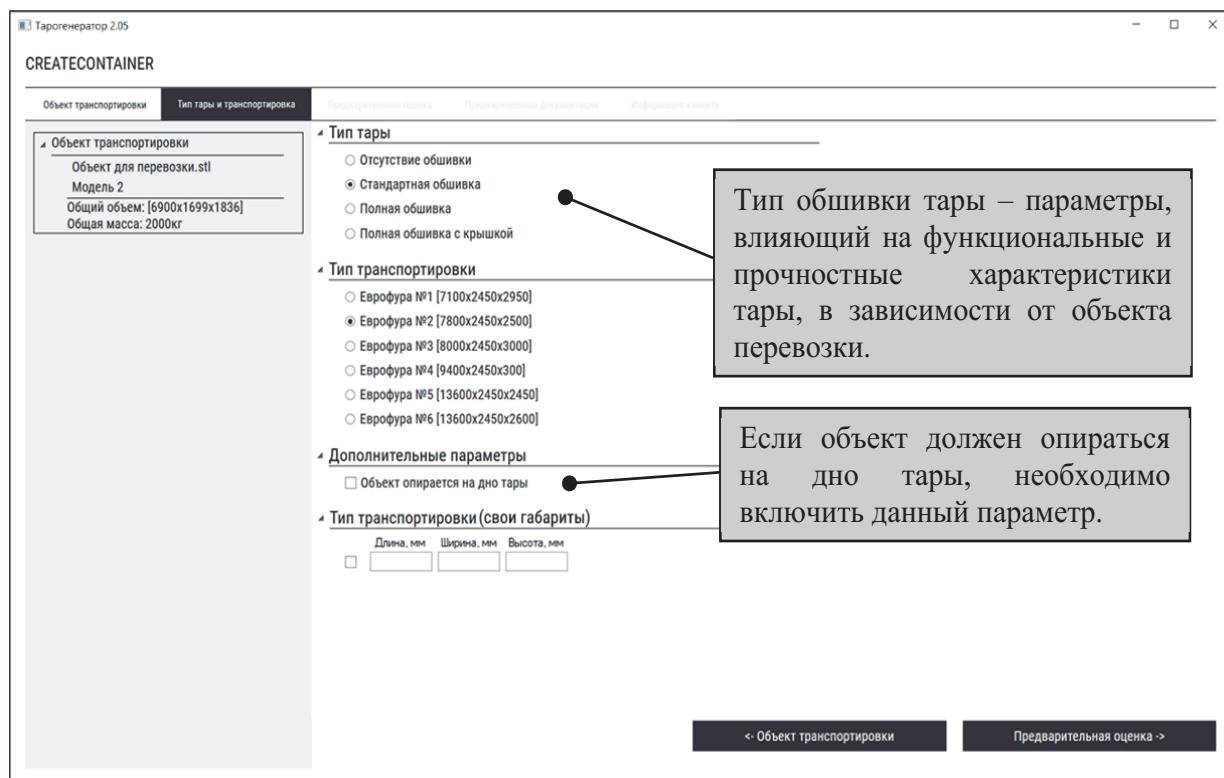


Рис. 5. Определяются дополнительные параметры

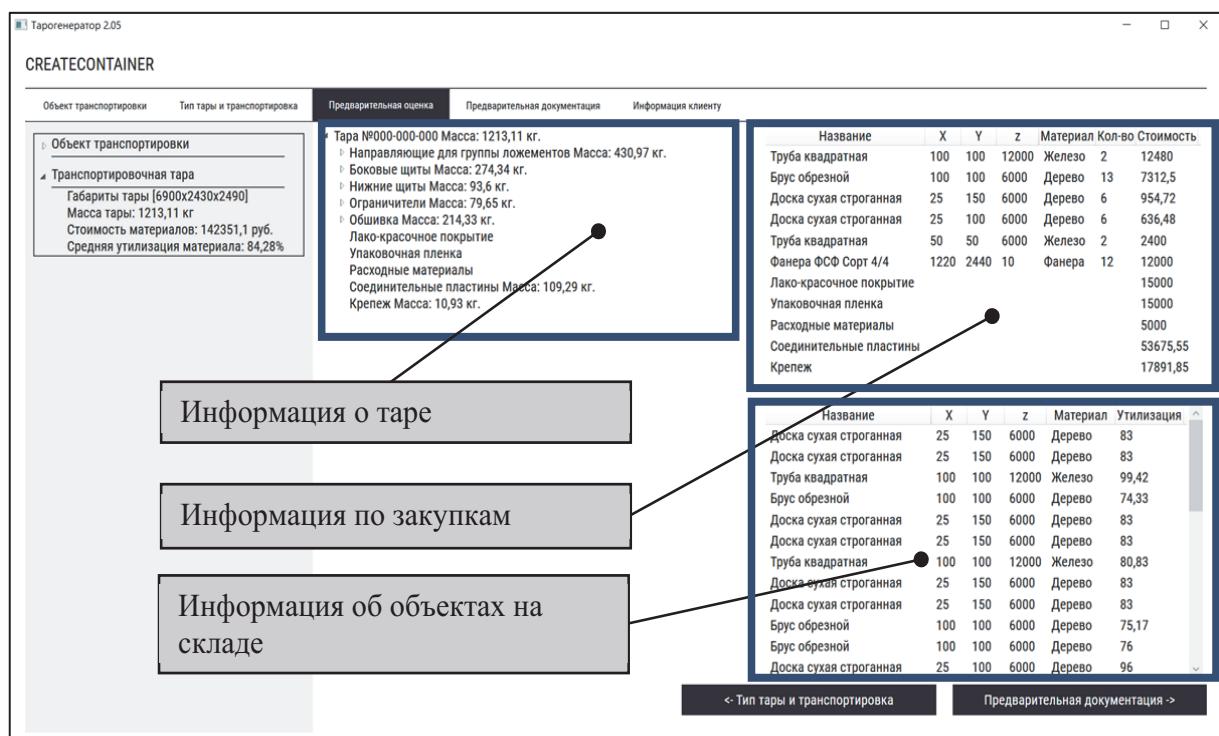


Рис. 6. Краткая информация о компонентах тары

- Комплект 3D-моделей;
- Инструкция.

Рабочая конструкторская документация разработана в параметризованном виде для САПР «КОМПАС-3D», а также САПР «Siemens NX».

При реализации данных функций исполь-

зуется технология параметрического моделирования.

С целью корректного перестроения чертежей разработаны параметризованные 3D-модели каждого конструкционного элемента тары и их сборка. На основе этих моделей созданы

Транспортировка	Предварительная оценка	Предварительная документация	Информация клиенту
<p>1 руб. 84,28%</p>	<p>▲ Тара №000-000-000 Масса: 1213,11 кг.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▲ Направляющие для группы ложементов Масса: 430,97 кг. <ul style="list-style-type: none"> ▲ Направляющая для группы ложементов Размеры: 2430x2490 Масса: 143,66 кг. <ul style="list-style-type: none"> ▷ (0) Для каркаса из "Железо" (Квадрат) Размеры: 100x100x2230 Масса: 33,36 кг. ▷ (1) Для каркаса из "Железо" (Квадрат) Размеры: 100x100x2490 Масса: 37,25 кг. ▷ (2) Для каркаса из "Железо" (Квадрат) Размеры: 100x100x2490 Масса: 37,25 кг. ▷ (3) Для каркаса из "Дерево" (Брус) Размеры: 100x100x2230 Масса: 13,38 кг. ▷ (4) Направляющая для кассет из "Дерево" (Доска) Размеры: 150x25x2490 Масса: 5,6 кг. ▷ (5) Направляющая для кассет из "Дерево" (Доска) Размеры: 150x25x2490 Масса: 5,6 кг. ▷ (6) Направляющая для кассет из "Дерево" (Доска) Размеры: 150x25x2490 Масса: 5,6 кг. ▷ (7) Направляющая для кассет из "Дерево" (Доска) Размеры: 150x25x2490 Масса: 5,6 кг. ▷ Направляющая для группы ложементов Размеры: 2430x2490 Масса: 143,66 кг. ▷ Направляющая для группы ложементов Размеры: 2430x2490 Масса: 143,66 кг. ▲ Боковые щиты Масса: 274,34 кг. <ul style="list-style-type: none"> ▲ Боковой щит Размеры: 1920x2490 Масса: 68,59 кг. <ul style="list-style-type: none"> ▷ (24) Каркас левый из "Дерево" (Брус) Размеры: 100x25x2490 Масса: 3,73 кг. ▷ (25) Каркас правый из "Дерево" (Брус) Размеры: 100x25x2490 Масса: 3,73 кг. ▷ (26) Продольный из "Дерево" (Брус) Размеры: 100x100x1870 Масса: 11,22 кг. ▷ (27) Продольный из "Дерево" (Брус) Размеры: 100x100x1870 Масса: 11,22 кг. ▷ (28) Продольный из "Дерево" (Брус) Размеры: 100x100x1870 Масса: 11,22 кг. ▷ (29) Диагональ из "Дерево" (Брус) Размеры: 100x100x2288 Масса: 13,73 кг. ▷ (30) Диагональ из "Дерево" (Брус) Размеры: 100x100x2288 Масса: 13,73 кг. ▷ Боковой щит Размеры: 1920x2490 Масса: 68,59 кг. ▷ Боковой щит Размеры: 1920x2490 Масса: 68,59 кг. ▷ Боковой щит Размеры: 1920x2490 Масса: 68,59 кг. ▲ Нижние щиты Масса: 93,6 кг. <ul style="list-style-type: none"> ▲ Нижний щит Размеры: 1920x2330 Масса: 46,8 кг. <ul style="list-style-type: none"> ▷ (56) Каркас верхний из "Дерево" (Доска) Размеры: 100x25x1920 Масса: 2,88 кг. ▷ (57) Каркас нижний из "Дерево" (Доска) Размеры: 100x25x1920 Масса: 2,88 кг. ▷ (58) Поперечный из "Дерево" (Брус) Размеры: 100x100x2280 Масса: 13,68 кг. ▷ (59) Поперечный из "Дерево" (Брус) Размеры: 100x100x2280 Масса: 13,68 кг. ▷ (60) Поперечный из "Дерево" (Брус) Размеры: 100x100x2280 Масса: 13,68 кг. ▷ Нижний щит Размеры: 1920x2330 Масса: 46,8 кг. ▷ Ограничители Масса: 79,65 кг. ▷ Обшивка Масса: 214,33 кг. Лако-красочное покрытие Упаковочная пленка Расходные материалы Соединительные пластины Масса: 109,29 кг. Крепеж Масса: 10,93 кг. 		

Рис. 7. Подробная информация о компонентах тары

параметризованные чертежи (параметризация необходима для установления идентификационных данных основной надписи, ограничений видов, дополнительной информации, указываемой на чертеже).

3D-модель типового конструкционного элемента содержит значения габаритов, расположения отверстий под крепеж и т.п. Информация о значениях (название, величина, тип данных) экспортирован в файл таблицы (Microsoft Excel). Раздел «редактор выражений» САПР предоставляет несколько вариантов вывода информации значений параметров.

После того, как программа для разработчика КД на тару завершит работу, инженер-конструктор должен выполнить ряд операций для получения готового чертежа.

Последовательность операций:

- При закрытом приложении САПР программа для разработчика КД вносит изменения в файл ранее экспортированных параметров.
- Для обновления 3D-модели и чертежа не-

обходимо запустить САПР в «режиме моделирования» и в «режиме создания чертежа», затем в «редакторе выражений» импортировать файл таблицы с данными.

– Пересчитать (обновить) модель и чертеж (в отдельных случаях отображение модели и чертежа).

– Сохранение готового чертежа в необходимом формате.

Стоит отметить, что возможно полностью автоматизировать процесс получения готового комплекта чертежей путем создания для каждого САПР (таких как «КОМПАС-3D», «Siemens NX») модуля, который при запуске проводит в фоновом режиме все необходимые операции, описанные выше по тексту.

7. Вывод предварительной оценки стоимости разработки конструкторской документации, оценка изготовления тары и оценка логистики, которые также выводятся заказчику на информационном портале (сайте).

Оценка изготовления и транспортировки проводится по обобщенным данным от органи-

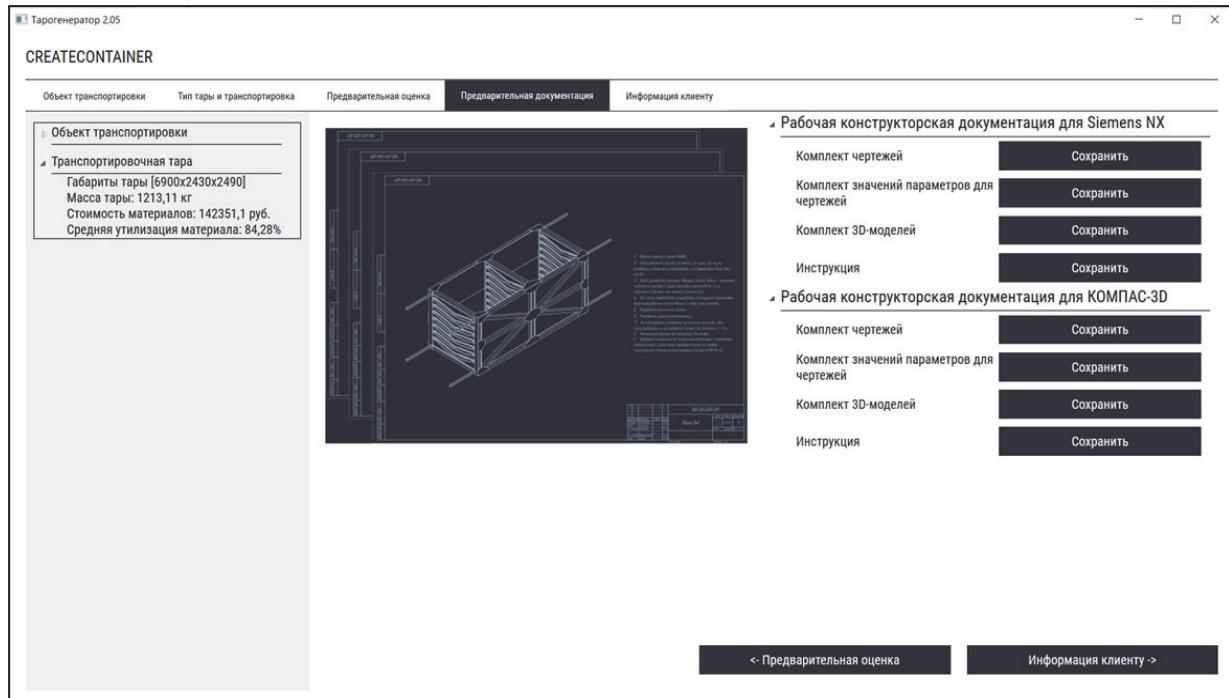


Рис. 8. Информация по конструкторской документации

заций, которые занимаются предоставлением услуг такого рода.

8. Функция редактирования параметров тары (значения по умолчанию и типа конструкции) и функция редактирования содержимого базы данных.

Редактор содержимого базы данных включает в себя:

- Магазин (доступные для заказа компоненты);
- Обрезки (компоненты на складе после частичного использования);
- Трансфер (информация по типу транспортировки).

Во вкладке «магазин» находится информация о компонентах, необходимых для создания тары, такая как:

- Название компонента;
- Материал компонента;
- Габариты компонента (длина, ширина, высота);
- Стоимость за 1 метр.

Во вкладке «обрезки» находится информация о компонентах на складе после частичного использования, такая как:

- Название компонента;
- Материал компонента;
- Габариты компонента (длина, ширина, высота);
- Стоимость за 1 метр.

Во вкладке «трансфер» находится информация о типах транспортировки, такая как:

- Название типа транспортировки;
- Габариты внутреннего пространства средства перевозки (длина, ширина, высота);
- Категория типа транспортировки.

В редакторе параметров тары находится ин-

формация о названиях типовых конструкционных элементов и значениях по умолчанию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье рассмотрен процесс автоматизации разработки КД на тару для нестандартных крупногабаритных узлов и панелей авиационных изделий.

Разработано самостоятельное ПО [5], решавшее следующие задачи и позволяющее автоматизировать процесс:

- Разработки КД для тары;
- Получения заявок на разработку КД для тары;
- Предварительной оценки стоимости разработки КД, изготовления тары, транспортировки.

Процесс автоматизации выполнен практически полностью, однако сохранение готовых чертежей из САПР выполняется вручную.

Применение ПО позволяет значительно сократить сроки проектирования, изготовления, унифицировать отдельные элементы тары, что в комплексе приведет к значительному сокращению производственных издержек предприятия, а также к снижению стоимости летательного аппарата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированное проектирование тары для транспортировки панелей гражданского самолета / Ю.В. Полянский, П. Ю. Павлов, А. А. Блюменштейн, А. А. Мешихин // Известия Самарского на-

- учного центра Российской академии наук. 2019. Т. 21, № 4.
2. Серков Е. А. Автоматизация проектирования деревянной тары для комплексов радиоэлектронной аппаратуры // Изв. вузов. Приборостроение. 2020. Т. 63. № 6. С. 548–554.
 3. ГОРИЗОНТЫ // ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация». 2019. № 2–3 (22–23). С. 32–35.
 4. Д.В. Ястребов, Е.Н. Згуровская, Д.В. Егорычев Информационная система, оптимизирующая процесс проектирования тары для перевозок узлов и панелей авиационных изделий // Изв. вузов. Авиационная техника. 2021 (Q1). Принято в печать.
 5. Ястребов Д.В., Трусилина Д.Е., Згуровская Е. Н., Федоров А.А., Егорычев Д.В. Программа для разработки унифицированной тары для узлов и агрегатов авиационных изделий: Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №20206155438, 22.05.2020.

AIDED DESIGN OF TRANSPORT CONTAINERS FOR AIRCRAFT UNITS AND PANELS

© 2021 D.V. Yastrebov, E.N. Zguralskaya, D.V. Egorychev

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Ulyanovsk, Russia

The paper describes the automation of the process of developing design documentation for containers for non-standard large-sized aircraft units and panels. The software is described, the use of which can significantly reduce the design and manufacturing time, unify individual elements of the container, which together will lead to a significant reduction in the production costs of the enterprise, as well as to a decrease in the cost of the aircraft.

Key words: containers, computer-aided design, design documentation, aviation industry, production, KOMPAS-3D, Siemens NX.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-1-115-122

The work was carried out within the grant No. 12967ГУ/2018, issued by the Federal State Budgetary Institution «Foundation for Assistance to Small Innovative Enterprises in Science and Technology».

Denis Yastrebov, Engineer, Postgraduate Student of Chair for Aircraft Engineering. E-mail: dv.yastrebov@yandex.ru

Ekaterina Zguralskaya, Associate Dean for R&D and Students Scientific Research. E-mail: iatu@inbox.ru

Denis Egorychev, Head of I & C Centre.

E-mail: dv.egorychev@yandex.ru