ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ НА ПРИМЕРЕ РАЗРАБОТКИ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ТИПОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

А. А. Попова, И. Н. Шубин, Р. Э. Алиев

*Кафедра «Техника и технологии производства наноматериалов»;
alyona.popova.93@list.ru; ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия*

Ключевые слова: CALS-технологии; автоматизированные системы; 3D-модели.

Аннотация: Разработаны трехмерные модели составных частей корпуса с использованием основных операций 3D-моделирования (вращения, выталкивания, резьбы и др.) системы автоматизированного проектирования (САПР) T-FLEX CAD 3D, которая позволила значительно упростить работу со сборочными 3D-моделями, представляющими сложную структуру, состоящую из большого числа деталей. В процессе опытной эксплуатации доказаны преимущества использования САПР T-FLEX CAD 3D при работе со сложными 3D-моделями, в частности, показаны преимущества использования программы в машиностроительном кластере.

Введение

Технологии CALS известны обществу уже более трех десятиков лет, хотя активно применять в промышленности их стали только в последнее десятилетие, что связано с активным развитием инновационных технологий и их внедрением в лидирующие кластеры промышленности России. Страной-основателем CALS-технологий можно считать США, так как именно там зародился первый проект с использованием данной технологии. В нашу страну нововведение пришло спустя несколько лет. Сейчас CALS-стандарты в России проводятся под эгидой Росстандарта [1 – 3].

Изначально CALS-технологии разрабатывались для облегчения управления техническими данными какой-либо системы. В настоящее время их главная цель остается такой же, но охватывает большее число объектов. Наиболее широкое распространение CALS-технологии получили в таких областях, как оборонная промышленность, космос и военно-техническая инфраструктура, характеризующиеся многообразием, как типовых, так и высокоинтеллектуальных изделий. Но постепенно они внедряются и в другие области промышленной деятельности. Так, в данной работе будет рассмотрено влияние CALS-технологий на отрасль машиностроения.

Дословно с английского языка CALS-технологии переводятся, как непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла изделий. Кроме того, тождественным данному термину на русском языке является сокращение ИПИ, что означает информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий. Под этими непростыми определениями понимается инновационный подход к проектированию и производству высокотехнологичной и наукоемкой

продукции, который заключается в возможности применения компьютерной техники и информационных технологий на любой стадии жизненного цикла изделия [4, 5].

Таким образом, основной целью применения CALS-технологий является повышение эффективности деятельности участников создания, производства и пользования продуктом. Для достижения данной цели на предприятиях, как правило, создают единую интегрированную модель изделия, которая способна отразить в себе все аспекты продукта, начиная от свойств и заканчивая производителем. Важным составляющим является сопровождение изделия на всем протяжении жизненного цикла, от зарождения идеи до стадии утилизации.

Необходимо четко понимать, что главным отличием CALS-технологий от бумажного документооборота и простейших форм электронного документооборота, который основан на использовании электронных образов бумажных документов, является создание объединенных информационных моделей продукции и процессов, под которыми чаще всего понимаются базы данных, не имеющие ближайших аналогов в наиболее часто используемом бумажном документообороте. В результате чего, становится возможным заменить стандартное представление чертежей, схем, таблиц и текстовых бумажных документов электронными моделями, отличающимися целостностью и легкостью работы. Но при этом из такого рода информации всегда можно получить традиционный информационный вариант на бумажных носителях [6].

Исходя из деятельности предприятия, на котором планируют ввести использование CALS-технологий наполнение полного «пакета» будет включать в себя различные составляющие. Но практически любая сфера требует визуального представления продукции, которая будет на выходе. Так, при изготовлении мебели, при проектировании здания или оборудования, необходимо наглядно представить 3D-модель изделия, чтобы посмотреть на объект, оценить его и внести (при необходимости) какие-либо коррективы [7].

Цель работы – выявить преимущества и недостатки использования CALS-технологий в машиностроении и на примере разработки трехмерных типовых изделий, в нашем случае – составных частей корпуса, доказать эффективность их использования.

В связи с поставленной целью необходимо решить следующие задачи:

- выделить основные проблемы и преимущества CALS-технологий при их использовании в машиностроении;
- привести примеры реальных проектов с использованием CALS-технологий;
- разработать трехмерные модели составных частей корпуса.

CALS-технологии в машиностроении

Технологии CALS нашли широкое применение в различных областях промышленности, но в последнее время наибольшее количество проектов в этом направлении связано с машиностроительной отраслью, являющейся ведущей отраслью народного хозяйства и определяющее дальнейшее ускорение и развитие научно-технического процесса в других отраслях [8]. На сегодняшний день, перед машиностроительными организациями стоит необходимость проектирования и запуска в производственный процесс новой продукции. Но большинство предприятий придерживаются классического подхода к организации производственного процесса, включая бумажный документооборот и чертежи от руки, тем самым не соответствуют требованиям, предъявляемым к современным конкурентоспособным высокотехнологичным предприятиям.

Одним из эффективных решений является внедрение в деятельность САПР, являющейся одним из составляющих CALS-технологий и охвативших в настоящее время большое количество успешно развивающихся и конкурентоспособных

заводов, как на территории нашей страны, так и за рубежом. Не охваченными остаются заводы, руководство которых является консерваторами, которые боятся переходить на новые технологии. При этом не учитывая, что внедрение данной технологии будет способствовать эффективной организации таких процессов, как проектирование, продажа, эксплуатация и в целом управление производством. Внедрение САПР на заводы является следствием постоянно увеличивающейся потребности отрасли машиностроения в разработке новой высокотехнологичной продукции, которая будет пользоваться спросом на рынке и соответствовать требованиям покупателей, будь то отдельный человек или целая компания.

Несмотря на введение инновационных технологий в промышленность, разработка и создание новой продукции является сложным и трудозатратным процессом, в котором главными участниками являются инженеры и ученые. Стоит отметить, что труд людей всегда будет цениться и преобладать над автоматизированной системой, хотя бы исходя из того, что каждая автоматизированная система является результатом интеллектуального труда человека. Но и человек создает ее с целью более эффективного рабочего процесса, включающего значительное сокращение времени для получения готовой продукции и упрощения внедрения безбумажной информационной модели изделия.

Основные проблемы и преимущества использования CALS-технологий

Достаточно часто участники проекта, в число которых входят заказчик продукта, производитель, поставщик, ремонтный персонал и др., проявляют максимальный уровень неудовлетворения либо своими правами в проекте, либо неуверенностью в необходимости и полной отдаче в проектную деятельность какого-либо другого члена, входящего в состав участников проекта. Применение в работе CALS-технологий выступает главным составляющим в решении данной проблемы, так как они создают постоянную безостановочную информационную помощь, благодаря которой осуществляются тождественные методы управления производством в целом и взаимодействия всех задействованных в проекте специалистов.

Руководители, опасаясь перехода предприятия на инновационные технологии, должны знать, что их деятельность будет проводиться согласно системе международных стандартов, регламентирующих правила использования тех или иных технологий, опираясь на электронный обмен информацией.

CALS-технологии характеризуются тем, что в основе их внедрения лежит комплексное использование на каждом из этапов жизненного цикла продукции информационных систем, покрывающих два основных функциональных направления: 1) инженерное; 2) управленческо-экономическое [9 – 11].

Таким образом, использование CALS-технологий способно значительно уменьшить объемы проектных работ. Это объясняется тем, что хранение такой информации, как описание составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, осуществляется за счет объединения форматов данных информационных серверов, которые доступны каждому сотруднику предприятия. CALS-технологии решают проблемы, связанные с осуществлением ремонта продукции, способствуют более быстрой адаптации к меняющимся условиям эксплуатации, специализации проектных организаций и т.п.

CALS-технологии, обеспечивающие максимально эффективный обмен данными в цифровом виде и безбумажными электронными документами, выполняют следующие значимые функции:

- значительно сокращают время работы над проектом, что осуществляется за счет возможности выполнения ряда сложных проектов несколькими рабочими группами параллельно;
- расширяют кооперационные связи, налаживают процессы долговременного стратегического планирования и управления, как персоналом, так и предприятием;

– способствуют сокращению сроков выхода продукта на рынок, благодаря своевременному выявлению возможных ошибок;

– повышают качество продукции за счет генерации идей нескольких рабочих групп и в дальнейшем сопровождают проект на всех его стадиях;

– проводят информационную поддержку не только на стадии выхода продукта на рынок, но и на послепродажных стадиях.

Наряду с перечисленными преимуществами CALS-технологии имеют и определенные недостатки:

– происходит значительное увеличение объема данных о том или ином изделии, что связано с повышением сложности изделия и использованием для их разработки новых усовершенствованных компьютерных систем;

– обмен информацией между участниками рабочего коллектива может сопровождаться значительными проблемами, связанными с коммуникативными барьерами. Это имеет место быть из-за большого количества человек в коллективе, которые обладают различными и профессиональными, и личностными качествами.

Мировой рынок наукоемких промышленных изделий в настоящее время характеризуется тремя основными тенденциями:

– представленная продукция представляет собой все более сложные и ресурсоемкие изделия;

– на рынке стремительно повышается конкурентоспособность за счет использования инновационных технологий не только при производстве товара, но и при управлении предприятием;

– все чаще создаются «виртуальные предприятия», что позволяет обеспечить коммуникацию в интеграцию и смоделировать взаимодействие участников рабочего коллектива [8, 11 – 13].

Перед отечественной промышленностью, с учетом перечисленных тенденций, основной проблемой является повышение конкурентоспособности выпускаемых изделий, которое видится, в первую очередь, в полном соответствии всех характеристик изделия требованиям заказчика. Но не стоит исключать и такие два параметра, как срок изготовления изделия и его качество, чтобы, соответственно, одно не исключало другое, при том для самого производителя важным будет сокращение материальных и финансовых затрат на весь процесс.

Реальные проекты с использованием CALS-технологий

Положительный эффект, связанный с повышением конкурентоспособности промышленного предприятия благодаря внедрению CALS-технологий, выявляется при проведении анализа рентабельности. При этом на увеличение конкурентоспособности предприятия значимое влияние оказывает улучшение динамических характеристик производства. Руководители предприятий, практически, не берут данную информацию в работу, так как в настоящее время еще нет четких методик определения положительного эффекта от внедрения CALS-технологий, и все проведенные анализы являются лишь поверхностными, хотя эффективность маркетинга неоспорима.

Большая проблема руководства видится в недостаточной информированности по ряду вопросов, которые могут возникнуть при внедрении CALS-технологий, например, не только покупка дорогостоящего оборудования, снабженного всеми необходимым программами, но и освоение данных программ. Решение задачи подготовки и переподготовки сотрудников с внедрением новых технологий в производство обостряется, и это связано не только с дорогостоящим обучением, но и с тем, что многие сотрудники заводов, которые работают не первый десяток лет, просто не могут принять такие резкие нововведения. И, соответственно, руководитель промышленного предприятия, которого вполне устраивает доход, дорожит своими сотрудниками, не задумываясь о том, что внедрение новых технологий поможет еще больше увеличить доход предприятия и вывести его на более высокий конкурентоспособный уровень. Но может возникнуть и другая

проблема, связанная с тем, что, пройдя обучение и став высококомпетентными специалистами в области CALS-технологий, руководству предприятия необходимо будет создать соответствующие условия труда, заключающиеся не только в предоставлении сотрудникам необходимого оборудования и программ, но и достойной заработной платы, так как уровень компетентности сотрудника повысился, обязанности изменились и в какой-то степени усложнились.

На территории РФ в качестве пилотного выступил проект на ФГУП «Воронежский механический завод». Как отмечается на сайте завода [14], система успешно работает, позволяя своевременно реагировать на какие-либо изменения в производстве, как внутренние, так и внешние.

Кроме того, система на основе CALS-технологий была запущена в госкорпорации «Росатом» [15]. С помощью нее планируется увеличить прозрачность системы закупок и обеспечить целесообразную трату финансовых средств. Положительные стороны внедрения системы были заметны уже спустя девять месяцев, и заключались в том, что расходы госкорпорации сократились более чем на 1,5 млрд рублей.

Еще одним предприятием в России, рискнувшим внедрить CALS-технологии, является ПАО «НПП «Аэросила» [16]. Система позволит создать информационную среду предприятия, основанную на автоматизированных системах.

Представленные примеры использования CALS-технологий на предприятиях РФ, на данном этапе, являются успешными. Но, чтобы сделать точный и правильный вывод и убедиться в ее эффективности, необходимо проводить тестирование не один год.

Материалы и методы

В качестве основной автоматизированной программы для практической части использована САПР T-FLEX CAD 3D, являющаяся одной из часто используемых для параметрического 2D-проектирования и 3D-моделирования и, отвечающая необходимым требованиям эксплуатации. Отличительной чертой T-FLEX CAD 3D перед другими автоматизированными системами является возможность самостоятельно выбрать необходимый стиль работы, начиная от разработки непараметрической 3D-модели, заканчивая параметрическими моделями и сборкой в 3D-модели и формированием на их основе 2D-документации.

Моделирование детали (в нашем случае кронштейна) осуществлялось за счет объединения отдельных деталей в сборку, для чего использованы основные 3D-операции моделирования (вращение, выталкивание, резьба и др.); само построение осуществлялось параметрическим методом.

Разработка трехмерных моделей составных частей корпуса. T-FLEX CAD 3D позволяет легко работать со сборочными 3D-моделями, состоящими из большого числа деталей. Проектирование сборки может вестись в такой последовательности – сначала проектируются отдельные детали, а затем они объединяются в сборку. Смоделируем отдельные элементы кронштейна и объединим их, создав сборку.

Модель бобышки. Модель бобышки создается в несколько этапов. На начальном этапе необходимо создать основной корпус бобышки путем формирования профиля на плоскости и его вращения (рис. 1).

Далее встроенными инструментами T-FLEX создается внутренняя резьба на центральном отверстии бобышки, и при помощи черчения в новой плоскости профиля площадки под боковое отверстие, его выталкивания и вычитания из тела корпуса бобышки, изменяется форма корпуса (рис. 2).

Затем в новой поверхности создается отверстие, дополняется внутренней резьбой и фасками на внешней и внутренней сторонах (рис. 3). Далее в новой плоскости чертится профиль отверстия в стенке корпуса, инструментами вращения и вычитания создается необходимое отверстие, добавляются фаска и резьба (рис. 4).

Рис. 1. Формирование корпуса бобышки:
а, б – создание и вращение профиля соответственно

Рис. 2. Создание внутренней резьбы центрального отверстия (*а*) и изменение формы корпуса бобышки (*б*) – (*с*)

Рис. 3. Создание отверстия (*а*), фасок (*б, в*), резьбы (*с*) и обработка отверстия на новой поверхности

Рис. 4. Создание профиля (а), отверстия (б), фаски и резьбы (в, з) и обработка отверстия на новой поверхности

Модель кольца фланца. На начальном этапе моделирования создается профиль кольца фланца, который затем ложится в основу тела кольца путем вращения вокруг выбранной оси (рис. 5). Далее создаются массив узлов радиальной симметрии для отверстий на кольце и сами отверстия разного диаметра. Затем добавляются резьбы в отверстия меньшего диаметра (рис. 6).

Модель штуцера. Создание штуцера начинается с черчения профилей двух составных частей. На основе данных профилей операциями вращения и выталкивания создаются отдельные элементы присоединяемого к корпусу штуцера, затем они объединяются. В конце моделирования добавляются внутренние и внешние фаски (рис. 7).

Разработка трехмерной сборочной модели. Разработка трехмерной модели сборки основывается на объединении отдельных деталей друг с другом путем взаимодействия с их гранями, вершинами, ребрами, локальными системами координат (ЛСК) каждой детали. В начале создания сборки в рабочее поле добавляются бобышка и штуцер, которые объединяются путем привязки ЛСК штуцера к узлу на теле бобышки (рис. 8).

Рис. 5. Создание тела кольца фланца:
 а, б – создание профиля и тела фланца соответственно

Рис. 6. Создание и обработка отверстий:
а; б, в; г – массива узлов; отверстий; резьб соответственно

Рис. 7. Создание штуцера:
а – профилей; б, в – тела штуцера путем вращения и выталкивания соответственно; г – фасок

Рис. 8. Объединение бобышки и штуцера при помощи ЛСК

Затем объединяются штуцер и бобышка, создается внутреннее отверстие, общее для деталей, путем вращения и вычитания профиля отверстия (рис. 9). Далее в рабочее поле добавляется фланец, который аналогично штуцеру присоединяется при помощи ЛСК (рис. 10); осуществляется объединение составной части из бобышки и штуцера вместе с фланцем и добавляются сварные швы (рис. 11).

Рис. 9. Создание отверстия

Рис. 10. Присоединение фланца:
а – ЛСК бобышки; *б* – фланца по ЛСК

Рис. 11. Создание внутреннего (*а*) и внешнего (*б*) сварных швов

Заключение

Применение CALS-технологий позволяет существенно сократить объемы проектных работ, так как описания многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в унифицированных форматах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю технологий CALS. Существенно облегчается решение проблем ремонтпригодности, интеграции продукции в различные рода системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации, специализации проектных организаций и т.п.

Список литературы

1. Адгамов, Р. И. Гибкие производственные системы испытаний в CALS-технологиях создания авиационных двигателей / Р. И. Адгамов, И. Р. Зейдан // Вестн. Казанского гос. техн. ун-та им. А. Н. Туполева. – 2000. – № 3. – С. 9 – 14.
2. Муромцев, Ю. Л. CALS-технологии в решении задач энергосберегающего управления / Ю. Л. Муромцев, Л. П. Орлова, Д. Ю. Муромцев // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2004. – № 2. – С. 82 – 87.
3. Гальперин, Д. М. CALS-технологии: необходимость и проблемы освоения промышленностью и высшей школой / Д. М. Гальперин // Вестн. Казанского гос. техн. ун-та им. А. Н. Туполева. – 2001. – № 2. – С. 66 – 69.
4. CALS-технологии на машиностроительном предприятии. Проблемы и решения / Н. Н. Ракович, Н. Е. Бондарик, В. И. Пыжик, М. К. Добровольская // Литейное производство. – 2005. – № 4. – С. 35–36.
5. Полищук, С. П. Проблемы внедрения CALS-технологии в отечественном судостроении / С. П. Полищук // Судостроение. – 2004. – № 5 (756). – С. 84 – 87.
6. Муромцев, Д. Ю. Информационные технологии обновления процессов на предприятии / Д. Ю. Муромцев, А. А. Кабанов, А. И. Козлов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2002. – Т. 8, № 4. – С. 583 – 591.
7. Маслов, А. Р. CALS-технологии / А. Р. Маслов // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2008. – № S1. – С. 5 – 7.
8. Савченко, О. Ф. Автоматизированный технологический комплекс экспертизы ДВС на базе CALS-технологий / О. Ф. Савченко // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – № 11. – С. 20 – 22.
9. Колмыкова, О. Н. Жизненный цикл CALS-технологии / О. Н. Колмыкова // Вестник Тамб. ун-та. Серия: Гуманитарные науки. – 2008. – № 3 (59). – С. 38 – 40.
10. Ташиян, Г. О. CALS-технология как основа создания системы автоматизированного менеджмента конкурентоспособности наукоемкой продукции / Г. О. Ташиян // Автоматизация и современные технологии. – 2008. – № 5. – С. 20 – 23.
11. Коробова, И. Л. Подсистема синтеза текста в САПР / И. Л. Коробова, Н. В. Майстренко // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2009. – Т. 15, № 1. – С. 49 – 55.
12. Стрекалов, А. Ф. Оценка эффективности внедрения CALS-технологий / А. Ф. Стрекалов // Научно-технические ведомости СПбГТУ. – 2006. – № 2 (44). – С. 192 – 196.
13. Технология проектирования твердотельных машиностроительных изделий в T-Flex CAD 3D : учеб. пособие / А. А. Пасько, А. А. Баранов, Н. Р. Меметов, И. Н. Шубин. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 80 с.
14. Воронежский механический завод : офиц. сайт. – URL : <http://vmzvrn.ru/> (дата обращения: 27.10.2020).

15. История атомной промышленности России. – Текст : электронный // Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» : офиц. сайт. – URL : <https://www.rosatom.ru/about-nuclear-industry/history/> (дата обращения: 27.10.2020).

16. НПП Аэросила : офиц. сайт. – URL : <http://aerosila.ru/> (дата обращения: 27.10.2020).

CALS Technologies in Mechanical Engineering Using the Example of Developing Three-Dimensional Models of Typical Products

A. A. Popova, I. N. Shubin, R. E. Aliev

*Department of Equipment and Technology of Nanomaterials Manufacturing;
alyona.popova.93@list.ru; TSTU, Tambov, Russia*

Keywords: CALS technologies, automated systems, 3D models.

Abstract: Three-dimensional models of the body parts were developed using the basic 3D modeling operations (rotation, extrusion, threading, etc.) of the T-FLEX CAD 3D CAD system, which made it possible to significantly simplify the work with assembly 3D models representing a complex structure consisting of a large number of parts. During the trial operation, the advantages of using the T-FLEX CAD 3D CAD system have been proven when working with complex 3D models. The advantages of using the program in the machine-building cluster are shown.

References

1. Adgamov R.I., Zeydan I.R. [Flexible production testing systems in CALS technologies for creating aircraft engines], *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. A. N. Tupoleva* [Bulletin of Kazan State Technical University named after A. N. Tupolev], 2000, no. 3, pp. 9-14. (In Russ., abstract in Eng.)

2. Muromtsev Yu.L., Orlova L.P., Muromtsev D.Yu. [CALS-technologies in solving problems of energy-saving management], *Problemy mashinostroyeniya i avtomatizatsii* [Problems of mechanical engineering and automation], 2004, no. 2, pp. 82-87. (In Russ.)

3. Gal'perin D.M. [CALS-technologies: the need and problems of development by industry and higher education], *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. A. N. Tupoleva* [Bulletin of Kazan State Technical University named after A. N. Tupolev], 2001, no. 2, pp. 66-69. (In Russ., abstract in Eng.)

4. Rakovich N.N., Bondarik N.Ye., Pyzhik V.I., Dobrovol'skaya M.K. [CALS-technologies at a machine-building enterprise. Problems and solutions], *Liteynoye proizvodstvo* [Foundry production], 2005, no. 4, pp. 35-36. (In Russ., abstract in Eng.)

5. Polishchuk S.P. [Problems of CALS-technology implementation in domestic shipbuilding], *Sudostroyeniye* [Shipbuilding], 2004, no. 5 (756), pp. 84-87. (In Russ., abstract in Eng.)

6. Muromtsev D.Yu., Kabanov A.A., Kozlov A.I. [Information technologies of updating processes at the enterprise], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2002, vol. 8, no. 4, pp. 583-591. (In Russ., abstract in Eng.)
7. Maslov A.R. [CALS-technologies], *Spravochnik. Inzhenernyy zhurnal s prilozheniyem* [Handbook. Engineering journal with annex], 2008, no. S1, pp. 5-7. (In Russ.)
8. Savchenko O.F. [Automated technological complex for the examination of internal combustion engines based on CALS-technologies], *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex], 2006, no. 11, pp. 20-22. (In Russ.)
9. Kolmykova O.N. [Life cycle of CALS-technology], *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Gumanitarnyye nauki* [Bulletin of the Tambov University. Series: Humanities], 2008, no. 3 (59), pp. 38-40. (In Russ., abstract in Eng.)
10. Tashchiyan G.O. [CALS-technology as the basis for creating a system of automated management of the competitiveness of science-intensive products], *Avtomatizatsiya i sovremennyye tekhnologii* [Automation and modern technologies], 2008, no. 5, pp. 20-23. (In Russ.)
11. Korobova I.L., Maystrenko N.V. [Text synthesis subsystem in CAD], *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2009, vol. 15, no. 1, pp. 49-55. (In Russ., abstract in Eng.)
12. Strekalov A.F. [Assessment of the effectiveness of the implementation of CALS-technologies], *Nauchno-tekhnicheskiye vedomosti SPbGTU* [Scientific and technical statements of St. Petersburg State Technical University], 2006, no. 2 (44), pp. 192-196. (In Russ., abstract in Eng.)
13. Pas'ko A.A., Baranov A.A., Memetov N.R., Shubin I.N. *Tekhnologiya proyektirovaniya tverdotel'nykh mashinostroitel'nykh izdeliy v T-Flex CAD 3D: uchebnoye posobiye* [Technology of designing solid-state machine-building products in T-Flex CAD 3D: a tutorial], Tambov: Izdatel'stvo GOU VPO TGTU, 2010, 80 p. (In Russ.)
14. <http://vmzvrn.ru/> (accessed 27 October 2020).
15. <https://www.rosatom.ru/about-nuclear-industry/history/> (accessed 27 October 2020).
16. <http://aerosila.ru/> (accessed 27 October 2020).

Verwendung von Cals-Technologien im Maschinenbau am Beispiel der Entwicklung der dreidimensionalen Modelle der typischen Erzeugnisse

Zusammenfassung: Es sind dreidimensionale Modelle der Körperkomponenten unter Verwendung der grundlegenden 3D-Modellierungsoperationen (Rotation, Extrusion, Gewinde u.a.) des T-FLEX CAD 3D-CAD-Systems entwickelt, wodurch die Arbeit mit 3D-Montagemodellen, die eine komplexe aus einer großen Anzahl von Teilen bestehende Struktur darstellen, erheblich vereinfacht werden konnte. Während des Testbetriebs sind die Vorteile der Verwendung des T-FLEX CAD 3D-CAD-Systems bei der Arbeit mit komplexen 3D-Modellen nachgewiesen. Die Vorteile der Verwendung des Programms im Maschinenbau-Cluster sind gezeigt.

Utilisation de cals-technologies dans l'ingénierie à l'exemple de l'élaboration des modèles à trois dimensions des produits types

Résumé: Sont élaborés des modèles 3D des composants du corps à l'aide des opérations de modélisation 3D de base (rotation, extrusion, filetage, etc.) de CAO T-FLEX CAD 3D, qui a permis de simplifier considérablement le travail avec des modèles d'assemblage 3D représentant une structure complexe composée d'un grand nombre de pièces. Sont démontrés les avantages de l'utilisation de la CAO 3D T-FLEX pour les modèles 3D complexes dans le cadre de l'expérience d'exploitation. Sont présentés les avantages de l'utilisation d'un programme dans un cluster d'Ingénierie.

Авторы: *Попова Алена Алексеевна* – аспирант кафедры «Техника и технологии производства нанопроductов»; *Шубин Игорь Николаевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техника и технологии производства нанопроductов»; *Алиев Роман Эльманович* – магистрант, ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

Рецензент: *Мокрозуб Владимир Григорьевич* – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.