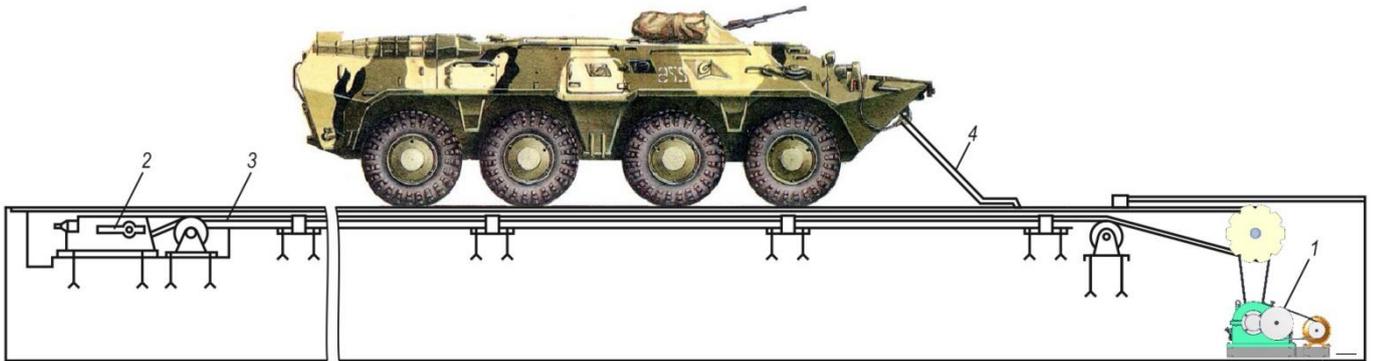


**Кравченко Андрей Михайлович**  
профессор Рязанского высшего воздушно-десантного командного  
училища имени генерала армии В.Ф. Маргелова  
доктор технических наук, профессор

## **ТЕХНОЛОГИЯ ЦИФРОВЫХ ПРОТОТИПОВ В ПРИЛОЖЕНИИ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ТО И РЕМОНТА ВВСТ**

Современные тенденции комплексного инженерного проектирования на основе CALS-технологий требуют от инженерно-технического персонала обладания навыками «сквозного» моделирования: от объектов инфраструктуры до отдельных образцов механизмов, сборочных единиц и деталей. В соответствии с такой идеологией конечный продукт (проект) должен обладать признаками «открытой архитектуры» – быть способным к модернизации (оптимизации) на любой стадии – от здания в целом до отдельных механизмов и их компонентов. Широкий спектр современных систем автоматизированного проектирования (САПР) позволяет осуществлять виртуальное моделирование любых объектов материального мира, в частности – зданий, сооружений, изделий машиностроения, приборостроения, технологические процессы, логистические решения и пр. К таким продуктам среди прочих можно отнести широко распространенные машиностроительные САПР – АРМ Win Machine и КОМПАС-3D, а также архитектурные САПР и программные среды для визуализации и изготовления технической и коммерческой документации.

В РВВДКУ активно осваиваются перспективные направления автоматизации инженерно-проектной деятельности с использованием современных САПР. В данном материале представлены некоторые результаты применения специализированных программных продуктов при решении задачи разработки учебного проекта электромеханического привода тягового конвейера (рисунок 1) для перемещения колесной техники на участке поточной линии стационарного ремонтного органа в структурных подразделениях по обслуживанию машин (ПТОР).

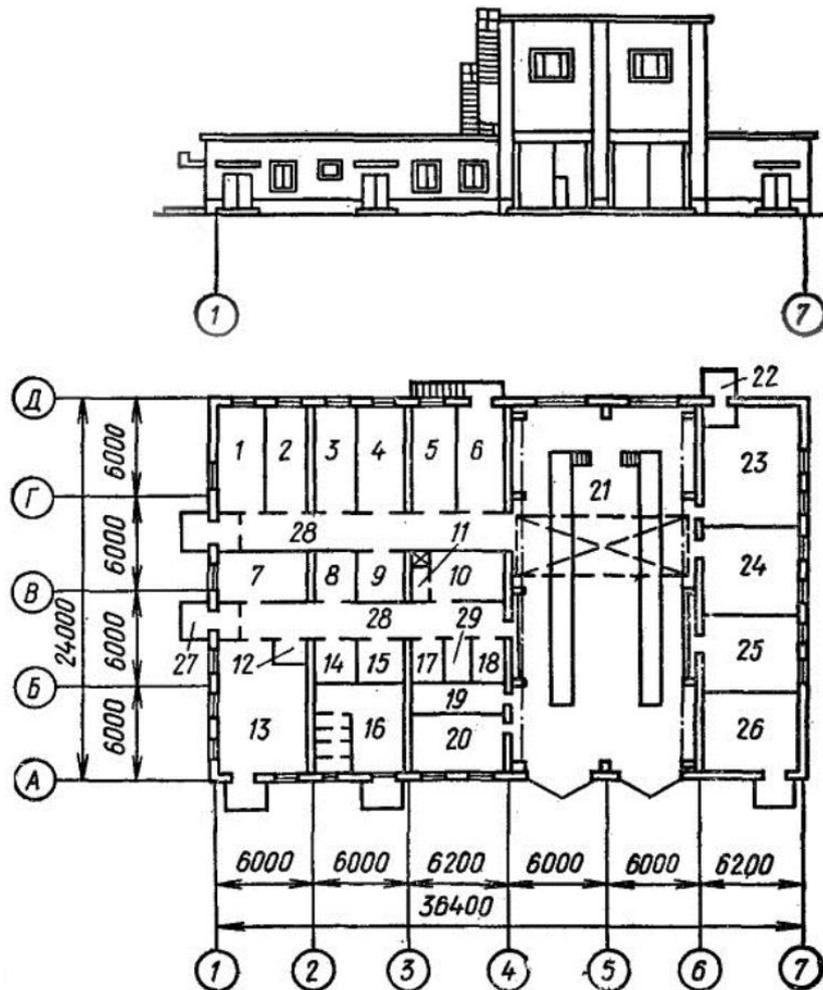


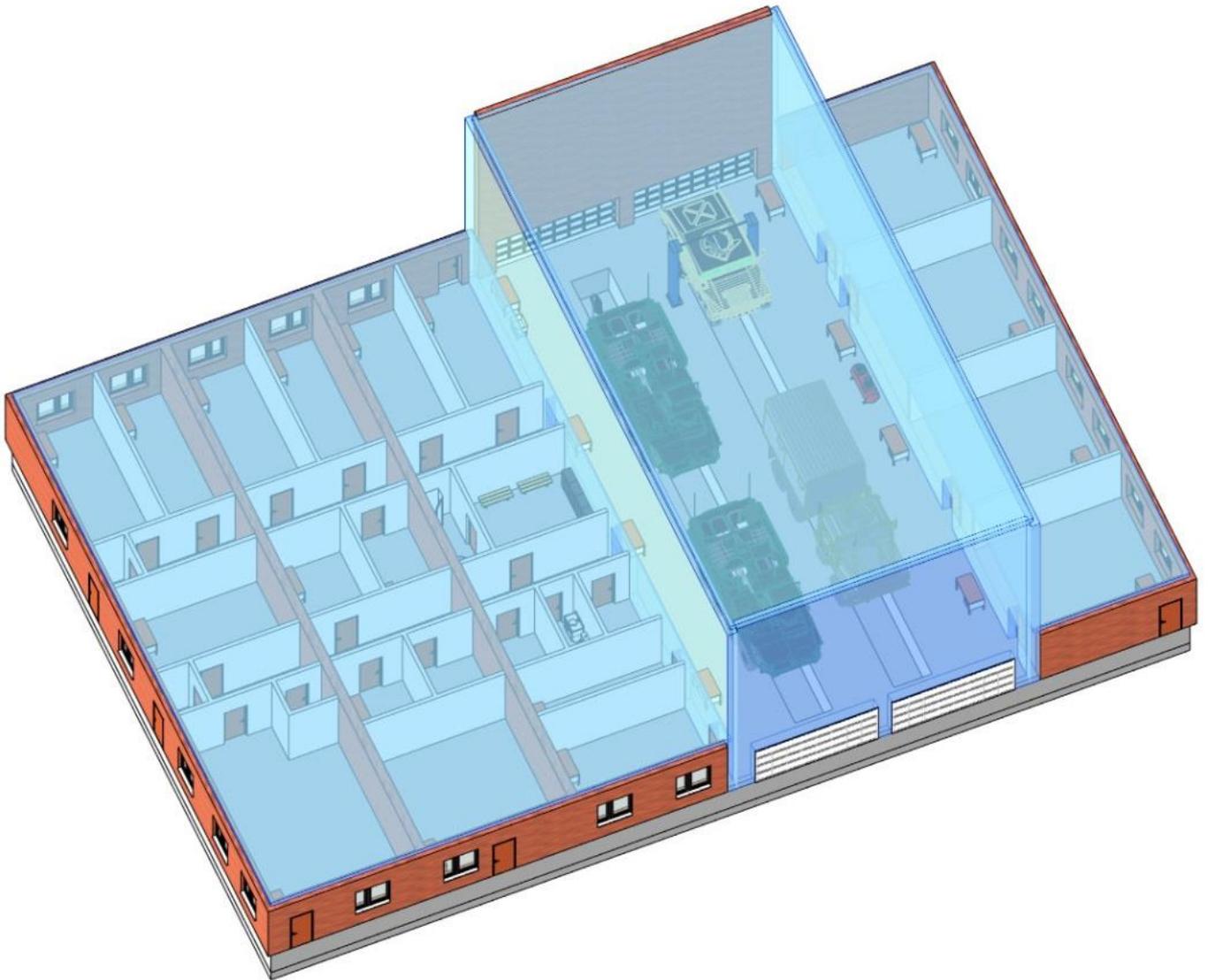
1 – электромеханический привод; 2 – натяжное устройство;

3 – тяговая цепь; 4 – буксирное устройство

Рисунок 1 – Схема тягового конвейера для перемещения колесной техники

Вначале на основе типового проекта ПТОР (рисунок 2, а) разработали его цифровую BIM-модель (BIM – building information model) в архитектурном САПР (рисунок 2, б).





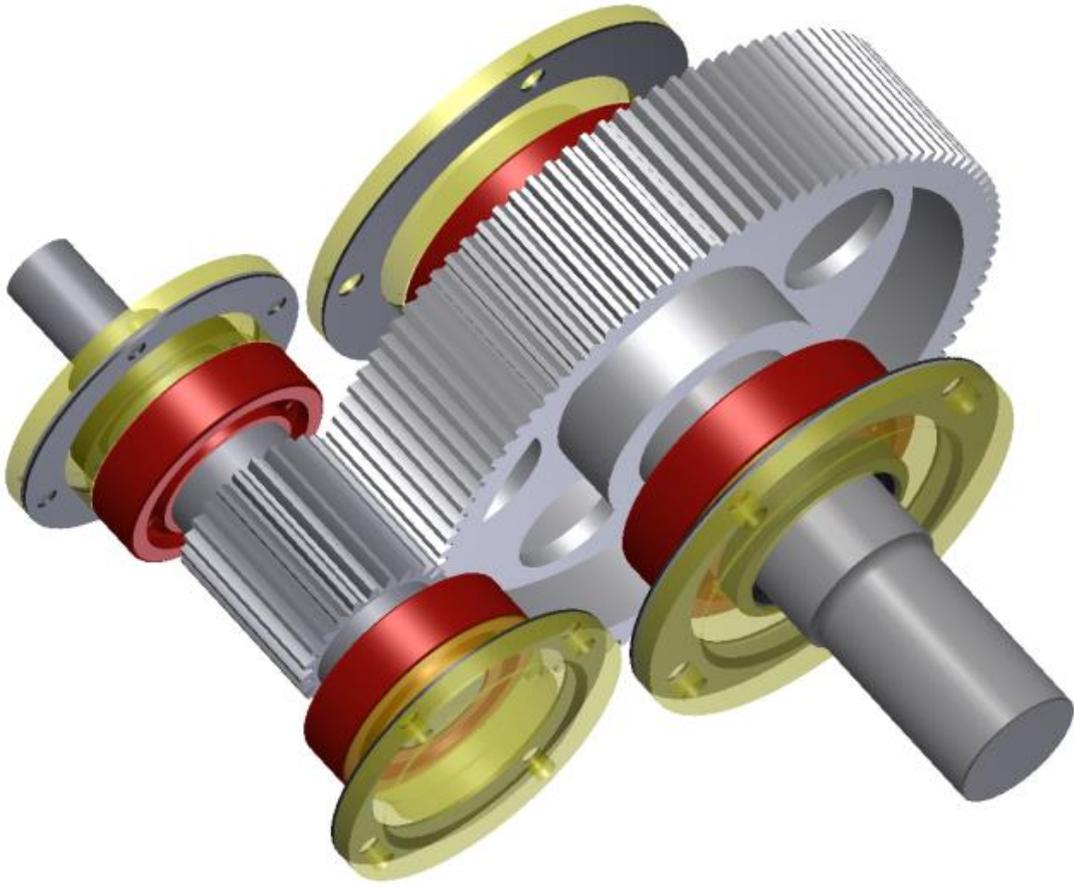
б

а – традиционный чертеж; б – BIM-модель

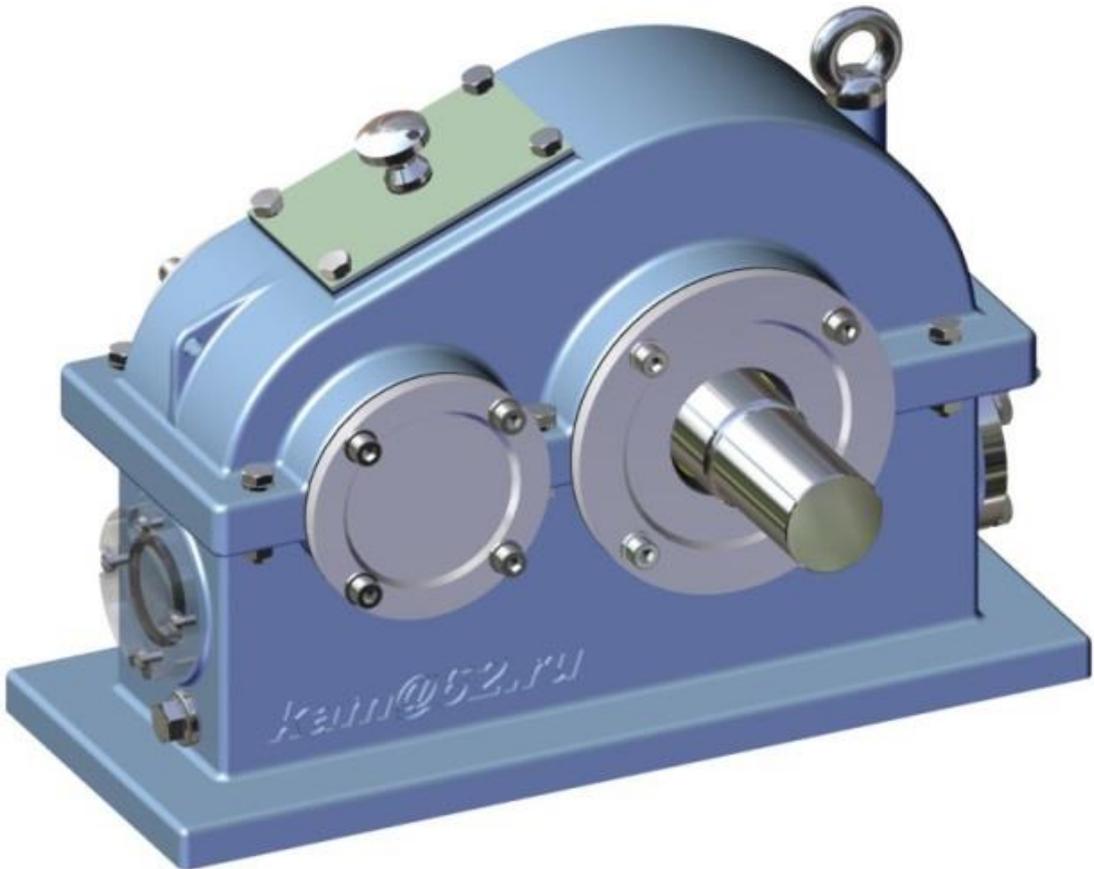
Рисунок 2 – Типовой проект ПТОР воинской части

После выполнения стандартных расчетов аналитическим методом или в среде САПР АРМ Win Machine элементов механического привода по известным методикам, выполняется эскизная компоновка и электронные 2D-чертежи в САПР КОМПАС, на которых уточняются компоновочные особенности взаимодействия подвижных и неподвижных деталей и узлов. Эти чертежи кладут в основу эскизов, по которым выполняют цифровые твердотельные 3D-модели всех деталей в отдельности и сборочных единиц в целом (рисунок 3).

4



*a*



*б*

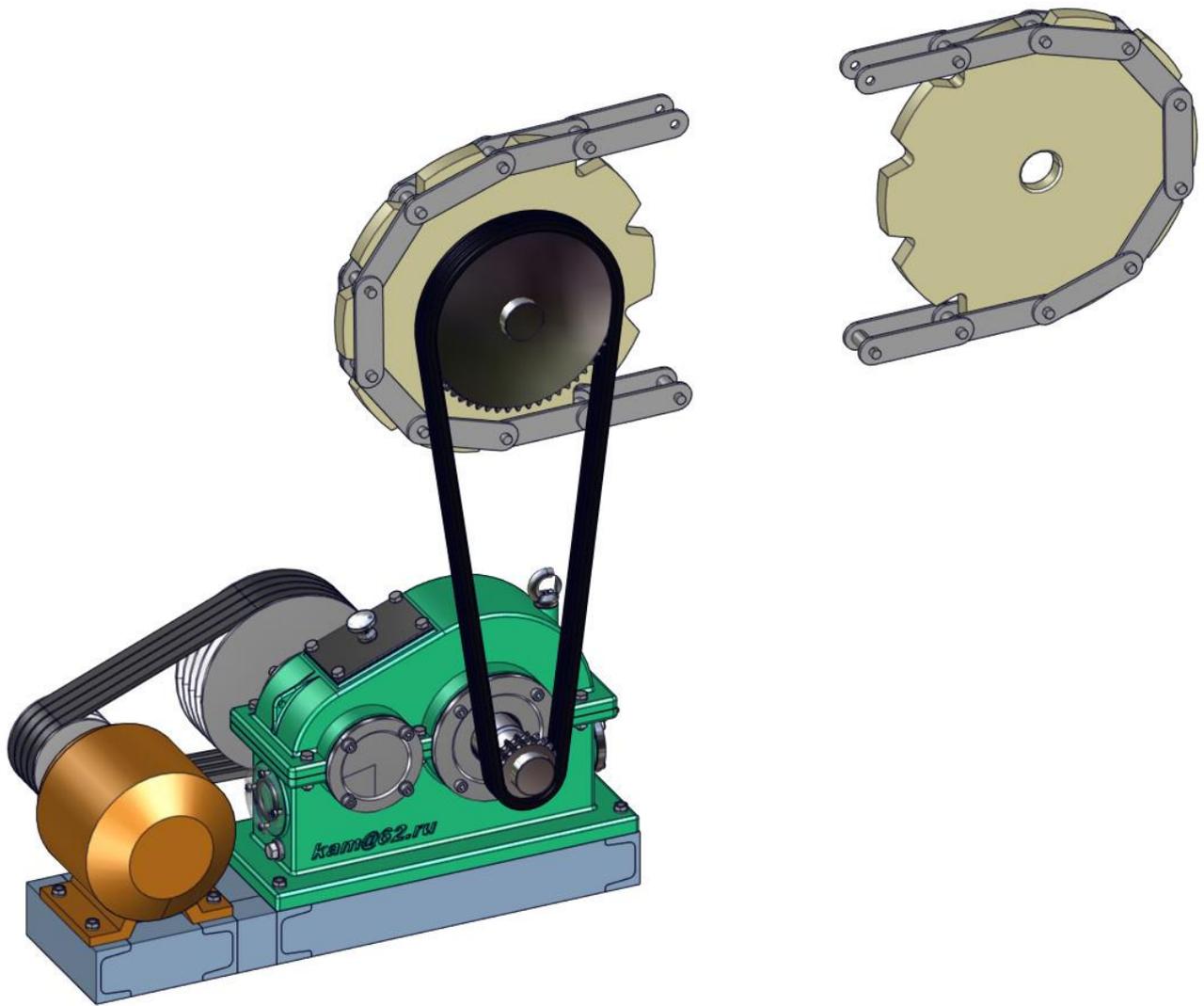


Рисунок 3 – Изображения цифровых твердотельных прототипов: цилиндрической передачи (а), цилиндрического редуктора (б) и электромеханического привода (в)

При определении кинематических и силовых характеристик привода, а также выборе электродвигателя сила сопротивления качению машины (сила тяги) рассчитывалась по зависимости

$$P_f = Gf,$$

где  $G$  – вес машины, Н;

$f$  – коэффициент трения качения (таблица).

Таблица – Значения коэффициента трения качения [1, с.17]

Вид движителя	Тип покрытия	$f$
Колесный	асфальтобетон	0,01
	бетон, мелкая брусчатка	0,015
	гравийное укатанное	0,02
	щебеночное	0,025
	грунтовое укатанное	0,05
	грунтовое размокшее	0,1
	пахота	0,15–0,35
Гусеничный	на пахоте	0,07–0,15
	на укатанном снегу	0,15
	на рыхлом снегу	0,30
Стальное колесо на рельсе		0,001–0,002

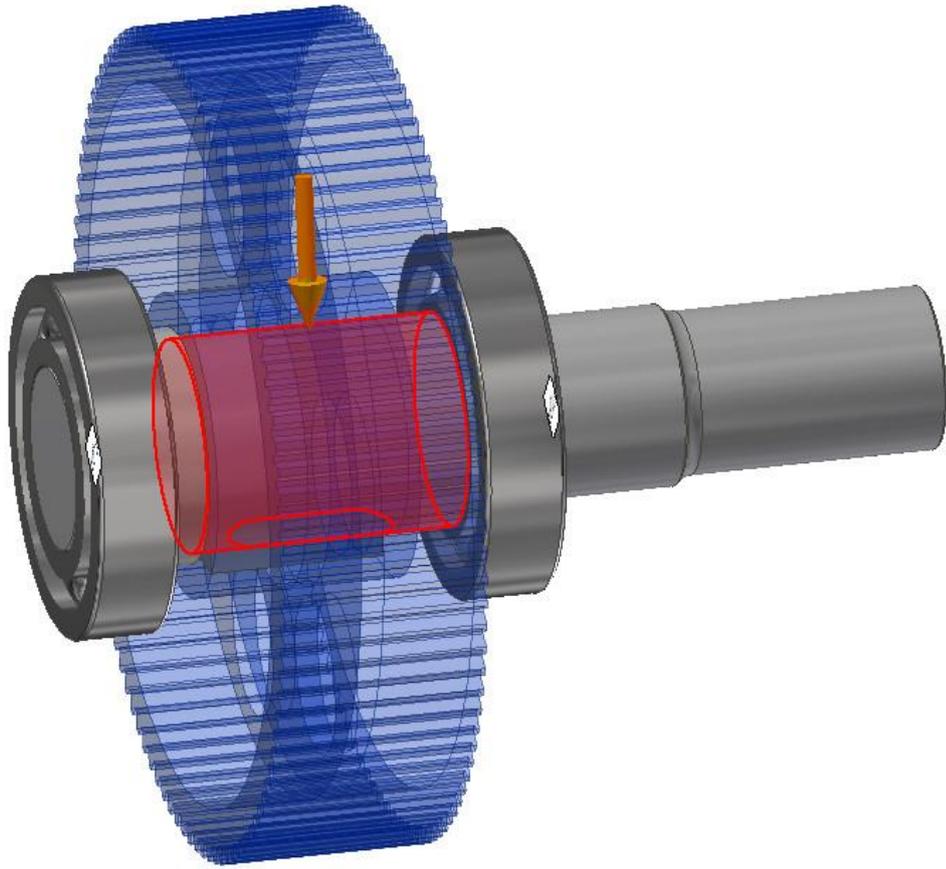
Машиностроительная САПР позволяет оперативно в полуавтоматическом режиме выполнить весь комплекс работ по инженерному проектированию объекта машиностроения:

- прочностной анализ – позволяет оценить поведение деталей под нагрузкой с целью обеспечения достаточной прочности проектируемых изделий (рисунок 4);

- анализ контактов – способность в интерактивном режиме следить за корректностью осуществления сборки деталей в узле отслеживая наличие сопряжений и учитывая их взаимную подвижность (степени свободы кинематических пар). Виртуальная проверка работы изделия разработанного в среде САПР снижает вероятность ошибок и увеличивает технологичность его изготовления. Возможна как проверка пересечений статичных деталей с подсвечиванием (рисунок 5) пересекающихся частей (кинематических коллизий), так и проверка потенциальных пересечений движущихся частей механизма с помощью вариации зависимостей или перетаскивания компонентов;

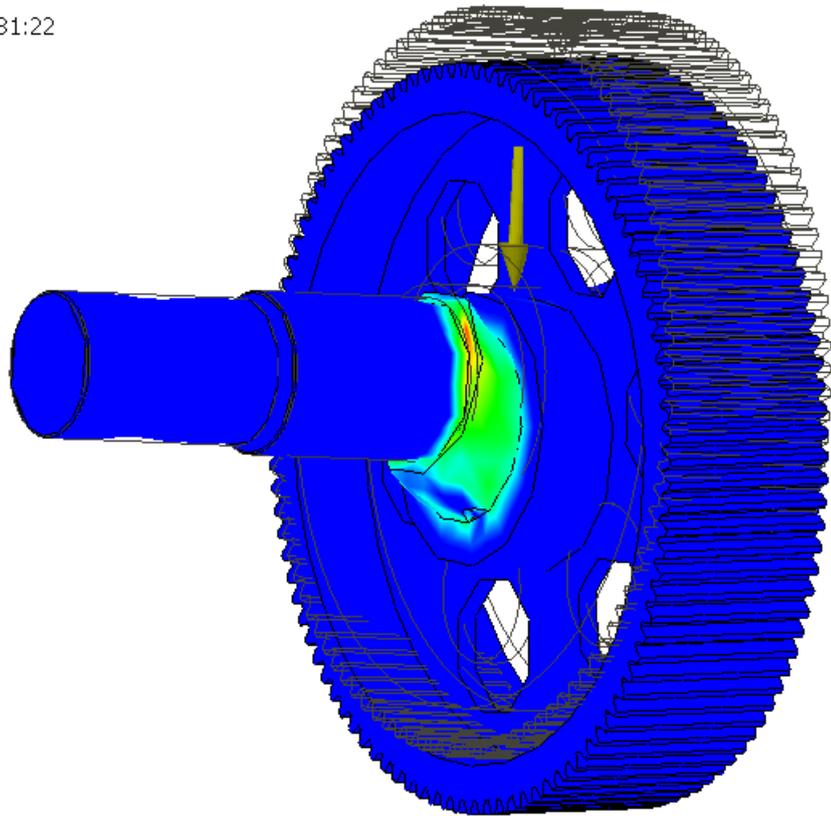
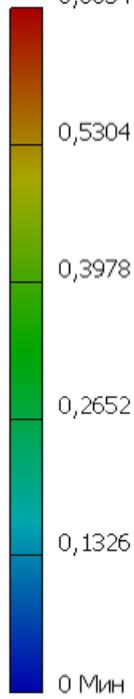
- изготовить необходимый комплект графической и текстовой документации (рисунок 6) в соответствии с требованиями ЕСКД.

7

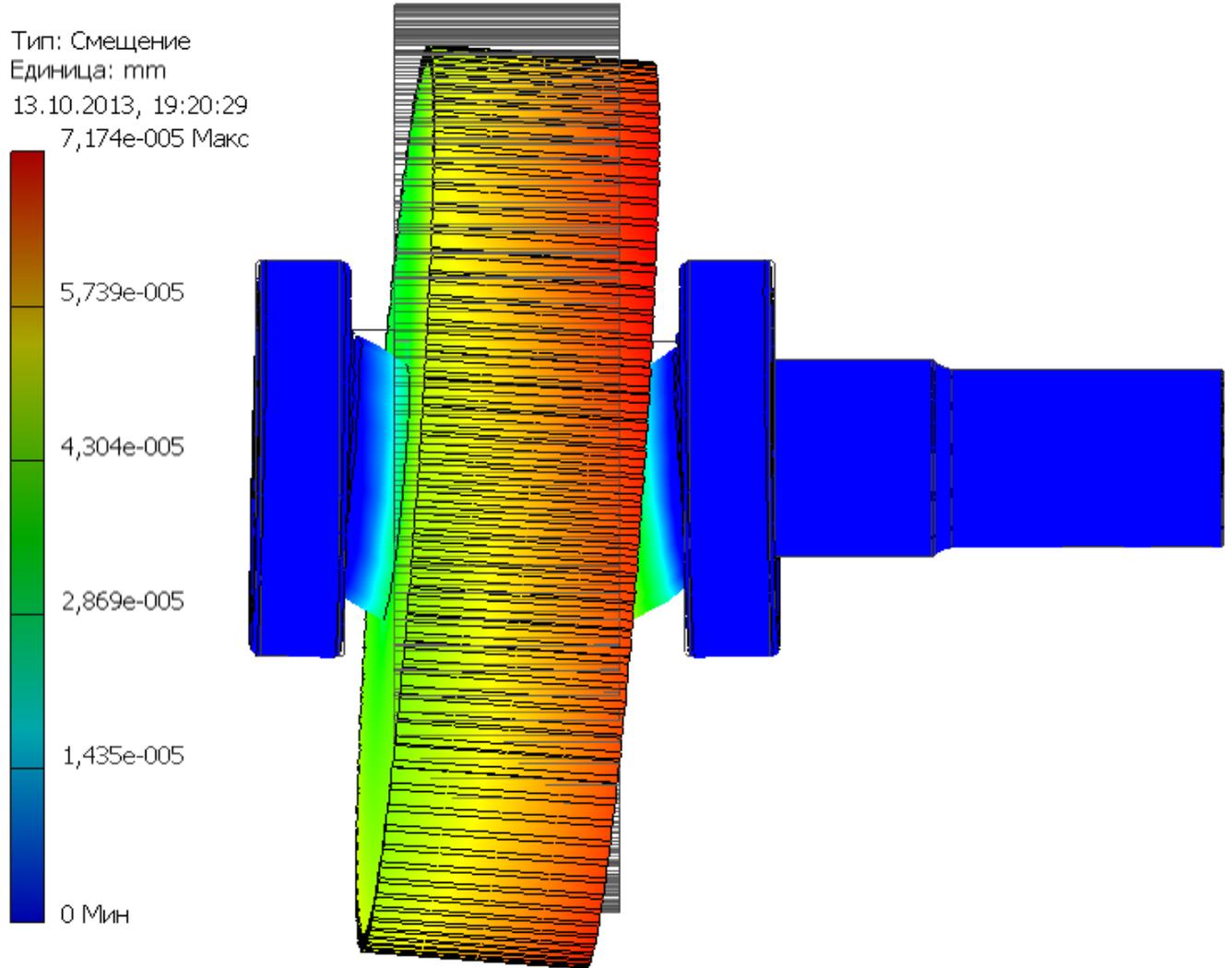


*a*

Тип: Напряжение по Мизесу  
Единица: МПа  
08.07.2014, 14:31:22  
0,663 Макс



*б*



в

Рисунок 4 – Расчетная модель напряжений от действия радиальной силы (а) и результаты моделирования анализа напряжения (б) и деформаций (в), возникающих в колесе и валу под воздействием сосредоточенной силы



Рисунок 5 – Пример осуществления автоматической проверки пересечений статичных деталей

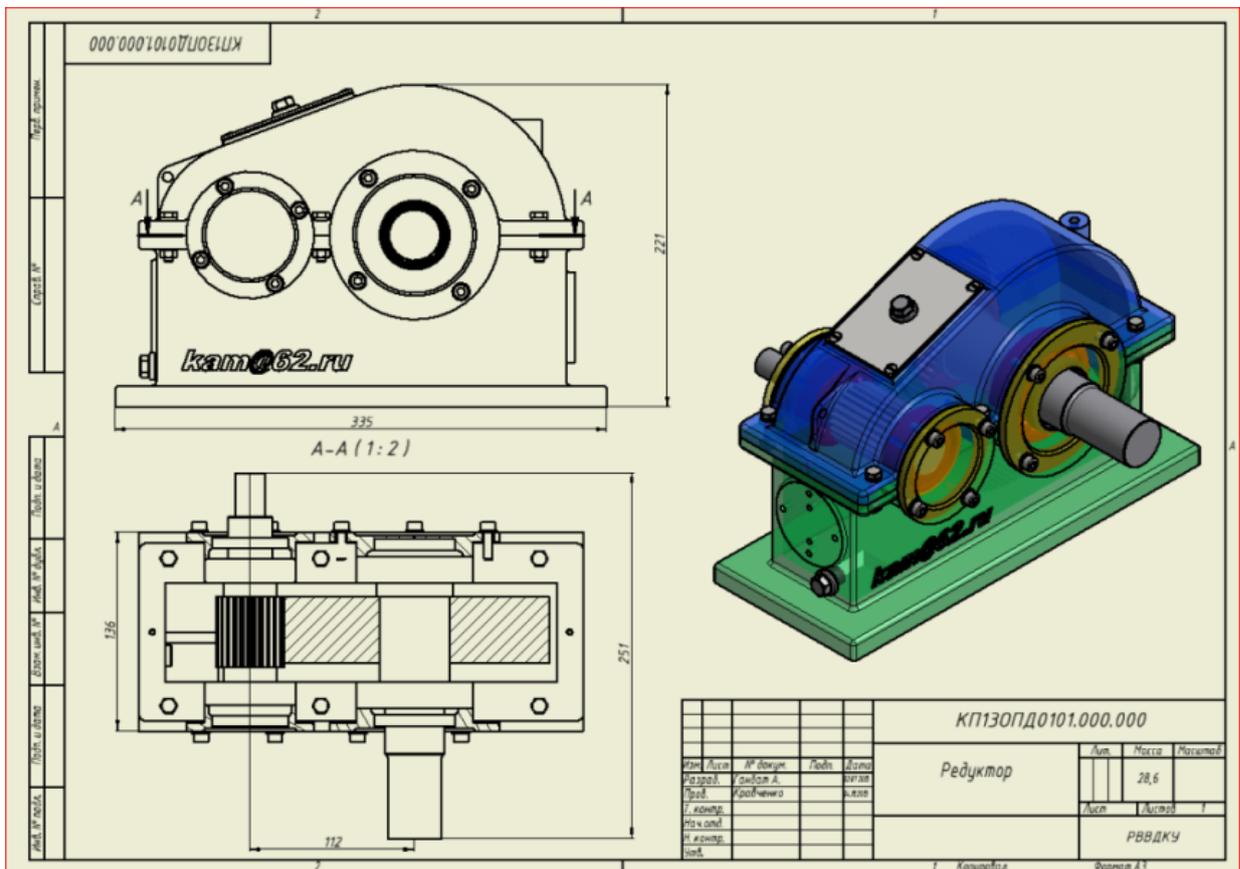
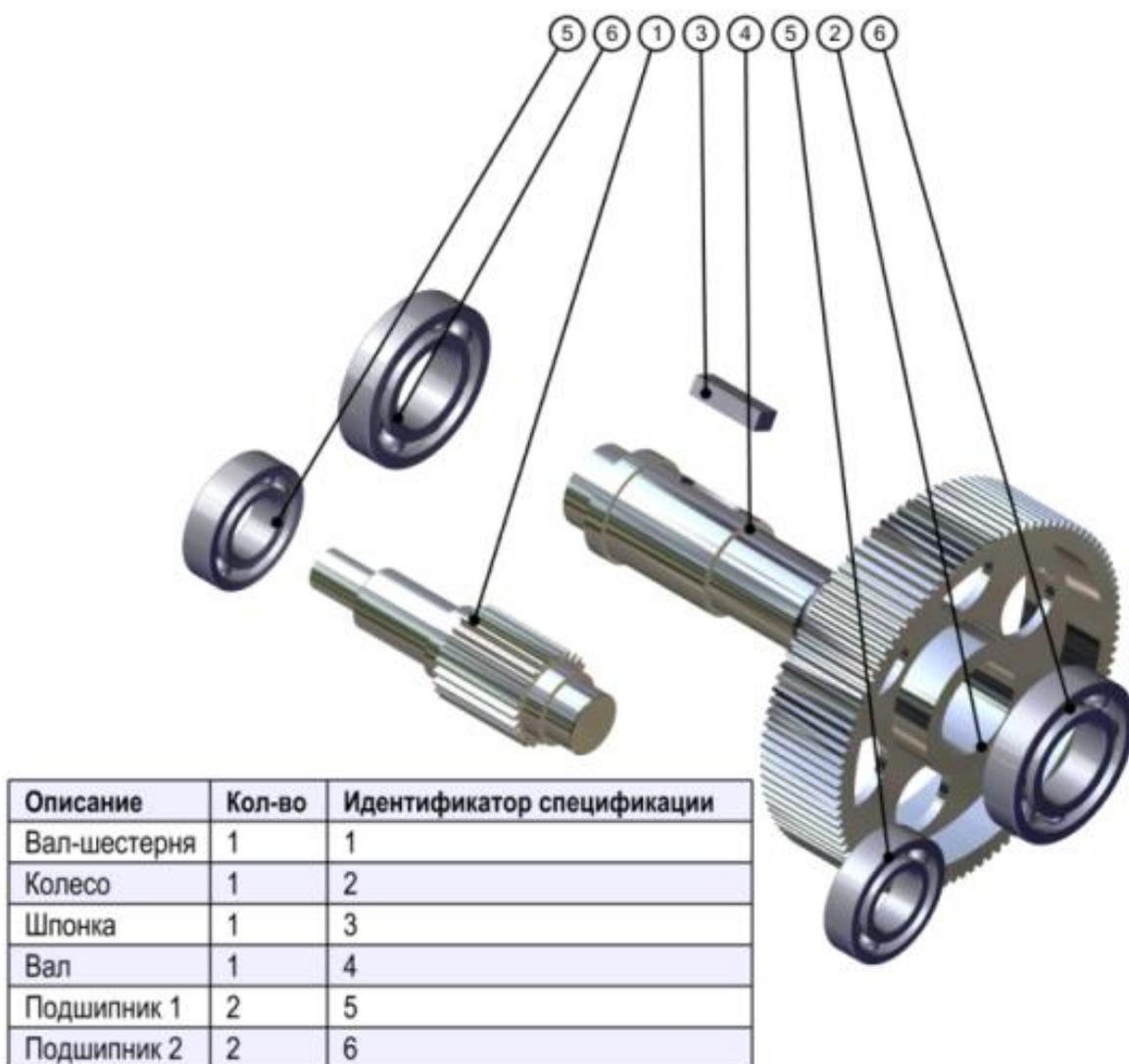
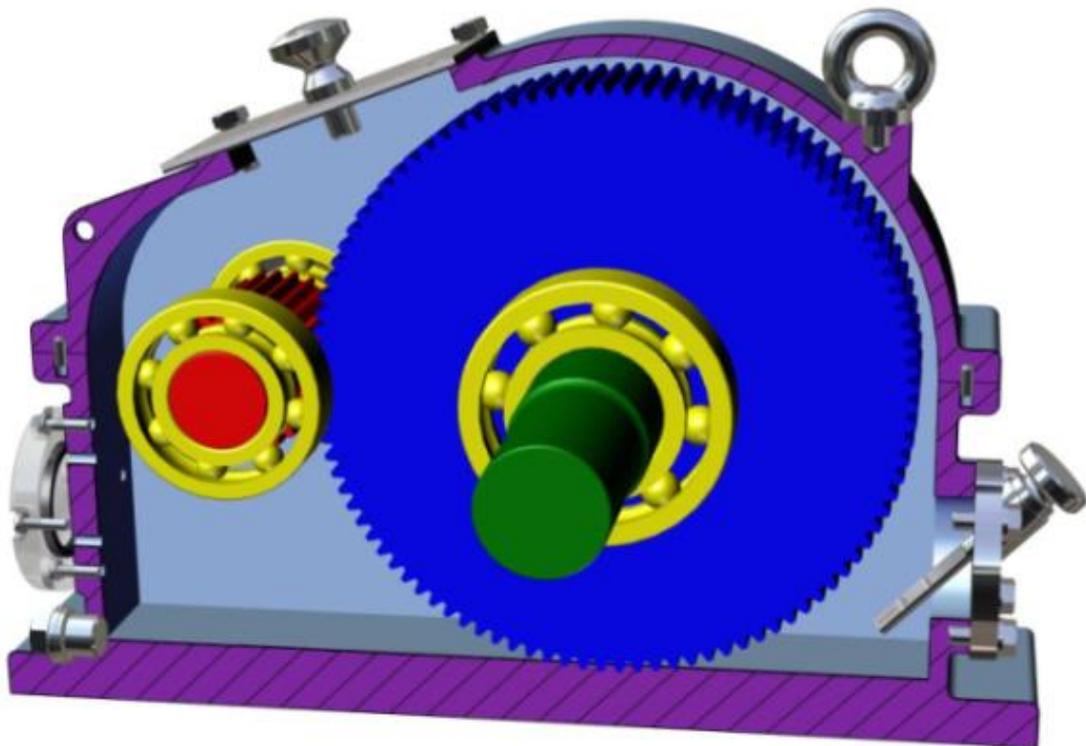


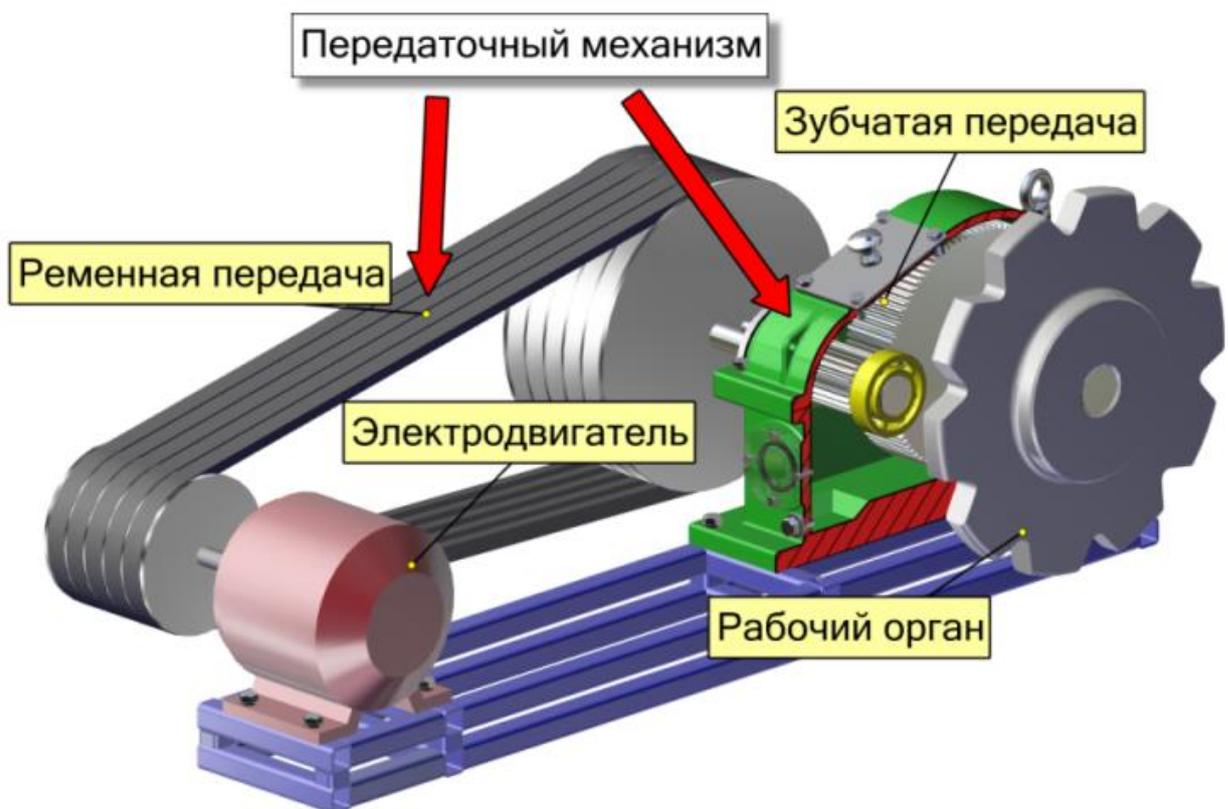
Рисунок 6 – Сборочный чертеж редуктора в двух видах с изометрией

С помощью программных продуктов визуализации могут быть созданы высококачественные технические иллюстрации (рисунок 7), видеоматериалы и интерактивные 3D-объекты, которые не только обеспечивают лучшее восприятие информации, но и повышают качество формируемой документации. Их применение дает возможность существенным образом сократить время, затрачиваемое на переделку или обновление документации при внесении изменений в конструкцию изделия. Стоимость и сроки разработки документации также сокращаются за счет более эффективного использования информации о проектируемом изделии: разработку документации можно начинать на ранних этапах, когда конструкторская модель еще не сформирована полностью, а по завершении проектирования графический и мультимедийный контент легко обновлять в подготовленном шаблоне документа.





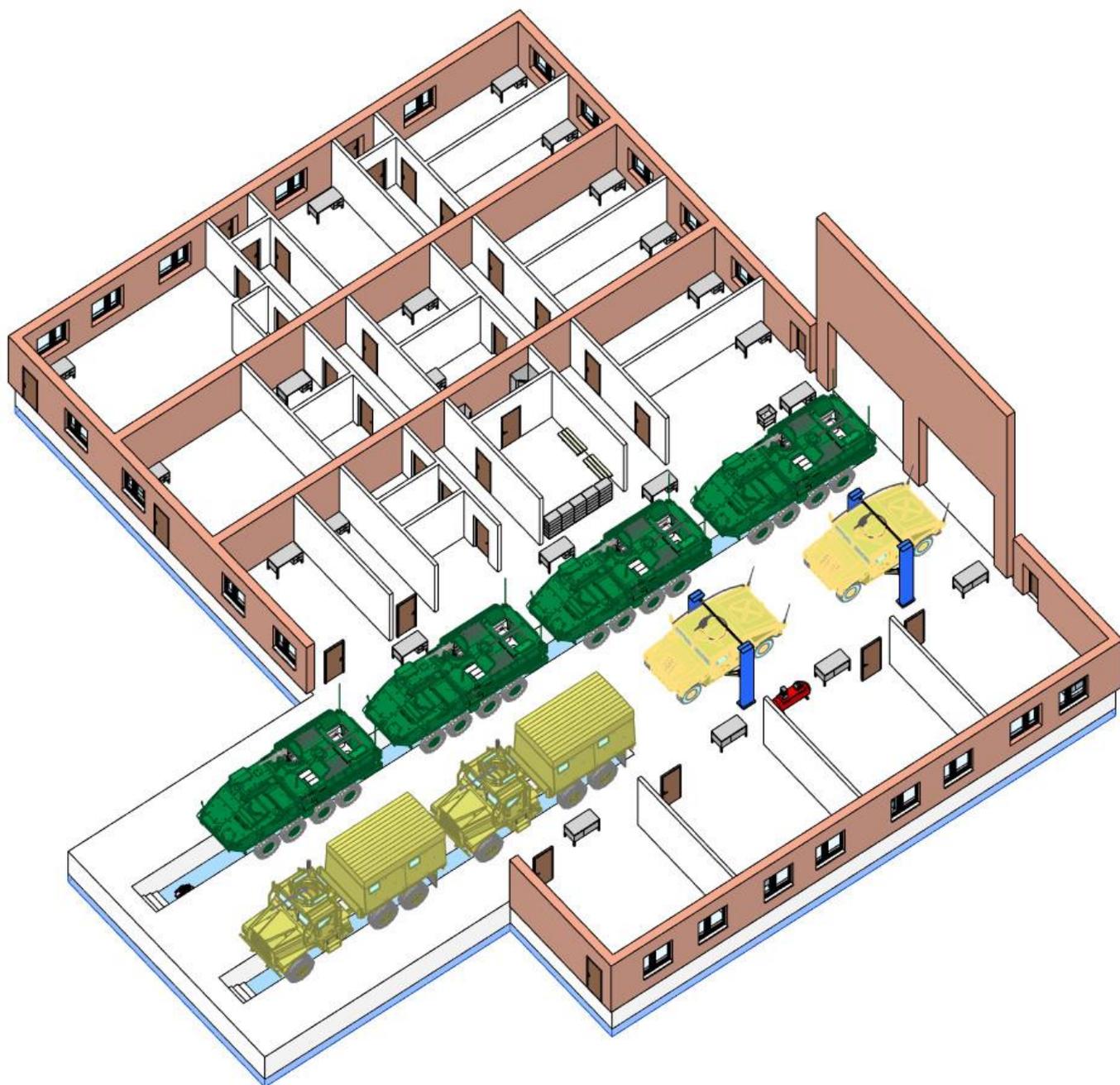
б



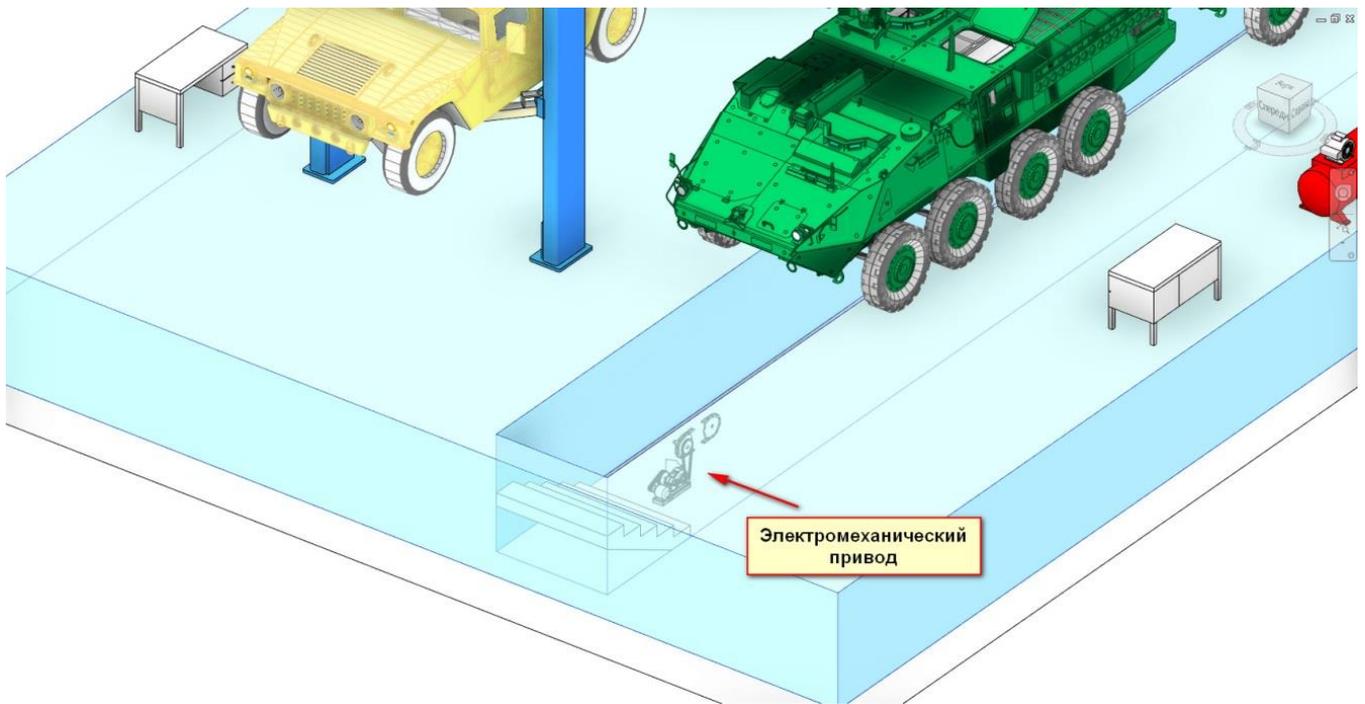
в

Рисунок 7 – Пример выполнения технических иллюстраций твердотельных 3D моделей зубчатой передачи (а), редуктора (б) и привода (в)

На завершающем этапе проектирования интегрируют разработанную 3D-модель привода из машиностроительной САПР в BIM-модель модернизированного ПТОР (рисунок 8) с доработкой его размещения и адаптацией под уже имеющуюся инфраструктуру.



*a*



б

а – общий вид; б – фрагмент зоны ТО с электромеханическим приводом,  
интегрированным в участок поточной линии

Рисунок 8 – ВМ-модель ПТОР после виртуальной «модернизации»

Предлагаемый метод комплексной автоматизации проектно-инженерной деятельности с использованием современных специализированных программных средств позволяет поднять подготовку инженерно-технических работников на качественно новый уровень, соответствующий современным требованиям. Технология трехмерного твердотельного виртуального моделирования позволяет одновременно участвовать в создании изделия машиностроения неограниченному числу участников и избежать типичных ошибок конструирования на более ранней стадии совместного проекта, что ведет к сокращению времени разработки. Овладение рассмотренными и аналогичными программными продуктами будет способствовать повышению качества спроектированных технических систем и позволит перераспределить время инженера для решения более творческих и интеллектуальных задач [2,3].

## Библиографический список:

1. Мецкерле Ю. Современный экономичный автомобиль / Пер. с чеш. – М.: Машиностроение, 1987.

2. Kravchenko A.M. The paradoxical concept of design in the annex to the technology of digital prototypes // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2014. – №2 – URL: [www.science-sd.com/457-24559](http://www.science-sd.com/457-24559) (20.06.2016).

3. Kravchenko A.M. The technology of digital prototypes in engineering education // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2014. – №3 – URL: [www.science-sd.com/458-24597](http://www.science-sd.com/458-24597) (20.06.2016).

© Кравченко А.М., 2016

НАЗВАНИЕ

НОМЕР ДЕТАЛИ

ВЕРСИЯ

РАЗРАБОТЧИК

КОНСТРУКТОР

**ПРИМЕЧАНИЯ**

ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ СВЕДЕНИЯ И/ИЛИ МАТЕРИАЛЫ ЯВЛЯЮТСЯ СОБСТВЕННОСТЬЮ АВТОРА ОГРАНИЧЕННОГО ДОСТУПА. ЗАПРЕЩЕНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ, ВОСПРОИЗВОДИТЬ, ПУБЛИКОВАТЬ ИЛИ РАСКРЫВАТЬ ЭТИ ДАННЫЕ БЕЗ ПИСЬМЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ. ОНИ ПРЕДНАЗНАЧЕНЫ ТОЛЬКО ДЛЯ РАБОТЫ С ЭЛЕМЕНТАМИ, УКАЗАННЫМИ В ДОКУМЕНТЕ.