

Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет
имени М. Т. Калашникова»
Институт «Современные технологии машиностроения, автомобилестроения
и металлургии»
Кафедра «Автомобили и металлообрабатывающее оборудование»

АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЕ:
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ
И ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА И ПРОИЗВОДСТВА
Материалы
VII Всероссийской научно-практической конференции

Ижевск, 28–29 апреля 2023 г.



Издательство УИР ИжГТУ
имени М. Т. Калашникова
Ижевск 2023

УДК 629+656(082)

ББК 39Я45

A18

Председатель оргкомитета

Н. М. Филькин, доктор технических наук, профессор

Члены оргкомитета

А. В. Шенятский, доктор технических наук, профессор

Р. С. Музафаров, кандидат технических наук, доцент

В. К. Мазец, кандидат технических наук

А. Ф. Мкртчян, кандидат технических наук, доцент

Секретарь *Э. Р. Степанова*

А18 Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства : материалы VII Всероссийской научно-практической конференции (Ижевск, 28–29 апреля 2023 г.) / под ред. Н. М. Филькина. – Ижевск : Изд-во УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2023. – 664 с.– 20,9 МБ (PDF). – Текст : электронный.

ISBN 978-5-7526-1007-3

Публикуются статьи VII Всероссийской научно-практической конференции «Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства», проводимой регулярно на кафедре «Автомобили и металлообрабатывающее оборудование» Института «Современные технологии машиностроения, автомобилестроения и металлургии» ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова».

Участие в конференции приняли 29 докторов наук, 61 кандидат наук из 43 организаций городов: Армавир, Белгород, Брест, Владивосток, Волгоград, Донецк, Екатеринбург, Ижевск, Иркутск, Казань, Краснодар, Красноярск, Курган, Кстово, Луганск, Минск, Москва, Набережные Челны, Омск, Оренбург, Рубцовск, Рязань, Самара, Сызрань, Санкт-Петербург, Тула, Тюмень, Хабаровск, Челябинск.

Цель конференции – обмен научными исследованиями, проводимыми в области автомобилестроения. Основная проблематика конференции – проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства в автомобилестроении.

Статьи адресованы студентам, магистрантам и аспирантам, а также ученым и представителям производства в области автомобилестроения.

УДК 629+656(082)

ББК 39Я45

ISBN 978-5-7526-1007-3

© ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2023

© Оформление. Издательство УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2023

Содержание

<i>Аввакумов И. И., Муртазин М. А., Шапарев А. В.</i> Анализ технологии дуговой сварки легированных и среднеуглеродистых сталей в защитных газах для автомобилей специального назначения	10
<i>Аввакумов И. И., Павлов И. А., Панкратов Д. Л.</i> Выбор лазерного оборудования и технология изготовления кронштейна задних осветительных фонарей грузового автомобиля	15
<i>Агеев В. М., Батинов И. В.</i> Диагностические методы вибрационного испытания шпинделей металлообрабатывающих станков токарной группы	20
<i>Алексеева Ю. В., Батинов И. В.</i> Повышение производительности слесарной обработки деталей путём внедрения прогрессивного режущего инструмента	26
<i>Алутин А. В., Еремин Д. А., Филькин Н. М.</i> Анализ альтернативных видов топлив в Удмуртской Республике	31
<i>Андреев И. Г., Пономарев М. Д., Балабанов И. П.</i> Анализ существующих технологий производства кронштейнов для грузовых автомобилей	36
<i>Анцев В. Ю., Анцева Н. В., Трушин Н. Н.</i> Управление роботом-манипулятором с использованием технологии машинного зрения	41
<i>Астащенко В. И., Гильманова А. А., Орлянский В. Е.</i> Повышение циклической долговечности деталей за счёт дробеструйной обработки	47
<i>Аюпова Н. Ю.</i> Изменение центра тяжести транспортируемой снежной массы в роторе метательного аппарата роторного снегоочистителя	52
<i>Бараиш А. Л.</i> Критерии выбора стратегии производства автотранспортных средств и их комплектующих	58
<i>Бараиш А. Л.</i> Некоторые аспекты технологического обеспечения функционирования предприятия автосервиса	63
<i>Барыкин А. Ю.</i> К вопросу обеспечения работоспособности главной передачи автомобиля	69
<i>Барыкина А. Ю.</i> О выборе типа подвижного состава для грузовых перевозок	73
<i>Басыров Р. Р., Дюльдин И. В., Смирнов В. С.</i> Обзор методик анализа управляемости и устойчивости автомобиля	78
<i>Барыльникова Е. П., Талипова И. П., Фахруллин И. Р.</i> Модель изменения смазочного процесса подшипников коленчатого вала двигателя в зависимости от их технического состояния	82
<i>Бауэр А. В., Доценко Ю. В.</i> Необходимость формализации схем транспортных промышленных узлов	87
<i>Бородин А. А., Бородулина С. А.</i> Повышение авиационной подвижности населения на основе активизации авиаперевозок во внутреннем воздушном пространстве РФ	90
<i>Бузуров С. В., Дьяченко К. В., Могилевец В. Д.</i> Анализ возможности применения автоматизированной системы управления формообразованием в аспекте применения искусственного интеллекта	95
<i>Валиуллин Т. Р., Салихова Э. В., Турсунбаева Д. И., Хуснетдинов Ш. С.</i> Оптимизация транспортного процесса и выбор подвижного состава графическим методом решения задач линейного программирования	99

<i>Ведерников А. Г., Кобзарь Д. П., Митрофанов И. В.</i> Технические средства контроля обучения вождению автомобилей.....	103
<i>Ведерников А. Г., Комаров Д. А., Серебрянников Д. С.</i> Робототехнический транспортно-заряжающий комплекс для реактивной артиллерии	107
<i>Ветер А. С., Тарабанчук С. А., Третьяков Д. А., Горчаков Ю. Н.</i> Проблемы городского пассажирского транспорта Владивостока.....	112
<i>Волокушин Р. В., Бараиш А. Л.</i> Методы определения показателей надежности энергетических установок автотранспортных средств	117
<i>Воронков Д. А., Попов Л. Д., Касьянов С. В.</i> Особенности моделирования течения низколегированных сталей с содержанием титана	122
<i>Ворошилов А. И., Кривоногова А. Е., Буйвол П. А., Макарова И. В.</i> Построение алгоритма поведения беспилотного транспортного средства с помощью виртуальной среды	126
<i>Галеев Р. Р., Басыров Р. Р.</i> Анализ проблем и перспектив развития автотранспортных средств	131
<i>Гарипов С. Г., Краснова А. А.</i> Климатическая система для пассажирского автомобильного транспорта.....	136
<i>Гальмянов И. Д., Мавлеев И. Р., Салахов И. И.</i> Перспективы развития электротрансмиссий транспортных средств.....	141
<i>Галкина А. М., Гарахина И. В.</i> Кризис правопорядка в транспортном комплексе	147
<i>Григорьев Н. Ю., Музафаров Р. С.</i> Разработка и исследование системы автоматизированной технологической подготовки производства и нейросетевого прогнозирования реализации рационального технологического процесса путем анализа 3D модели изделия	152
<i>Гуржи Н. Л., Распопов Б. И.</i> Амплитудно-частотный анализ прочности деталей ходовой части автомобилей.....	157
<i>Далида Н. В., Скуба Д. В.</i> Инновационные методики проектирования квадроицикла.....	161
<i>Данилейченко А. А., Брянцев М. А., Антоненко Н. А., Ковтун А. С.</i> Улучшение характеристик двигателя с каскадным сжатием рабочей среды	171
<i>Данилейченко А. А., Брянцев М. А., Базовой А. А., Ваховский В. В.</i> Принцип действия двигателя с каскадным сжатием рабочей среды.....	175
<i>Добрецов Р. Ю., Войнаш С. А.</i> Принципы модернизации ведущего моста мобильной машины с целью получения гибридной трансмиссии параллельного типа	181
<i>Дубровский А. Ф., Рождественский Ю. В., Гаврилов К. В., Закиров Р. А., Дубровский С. А., Безганс Ю. В., Умурзаков И. К., Косолапов С. В.</i> Адаптивная подвеска транспортных средств нового принципа действия	187
<i>Дьяконов А. И., Музафаров Р. С.</i> Восстановление резиновой поверхности вала полиуретановой средой.....	208
<i>Еналеева-Бандура И. М., Старцев Ю. С., Потапова П. В., Панькова Е. Р.</i> Количественная оценка степени взаимозависимости продуктивности территорий лесного фонда и уровня развития лесотранспортной сети.....	211
<i>Еналеева-Бандура И. М., Старцев Ю. С., Потапова П. В., Панькова Е. Р.</i> О необходимости определения оптимального месторасположения лесных пожарно-химических станций с учетом уровня развития сети лесных дорог.....	217

<i>Еремин Д. А., Алутин А. В., Филькин Н. М.</i> Улучшение характеристик двигателя ВАЗ 2111 путем модернизации системы впуска-выпуска и шатунно-поршневой группы.....	220
<i>Зорин И. А.</i> Концепция беспилотного грузового автомобиля для междугородных перевозок.....	226
<i>Зыков С. Н.</i> Электронные геометрические модели при проектировании и производстве НТТМ.....	230
<i>Иванов М. В., Данильченко И. С.</i> Тенденции совершенствования конструкции системы питания дизельных ДВС для обеспечения экологических и экономических показателей.....	326
<i>Касаткин А. С., Музафаров Р. С.</i> Определение рациональной скорости резания при токарной обработке обрешиненных валов полиграфических машин ротационным резцом.....	242
<i>Козлюк Н. Ю., Володькин П. П.</i> Восстановление системы SRS AIRBAG в автомобиле после дорожно-транспортного происшествия на примере современного японского автомобиля марки «TOYOTA».....	246
<i>Kozluk N. Y., Volodkin P. P.</i> Improvement of the SRS AIRBAG system as an element of passive safety on the example of Japanese Toyota cars.....	251
<i>Коновалова Т. В., Коцурба С. В., Мотренко Я. А., Домбровский А. Н., Бочкарева К. Д.</i> Сравнительный анализ систем подготовки кандидатов в водители в разных странах.....	256
<i>Константинова Л. В., Белякин С. К.</i> Использование VR-технологий для обучения водителей действиям в случае аварии или дорожно-транспортного происшествия при перевозках опасных грузов.....	261
<i>Корепанов Е. А., Мкртчян А. Ф.</i> Разработка расточной оправки с виброгасителем.....	267
<i>Коробейников Д. С., Панков А. А., Ермак В. П., Щеглов А. В.</i> Модернизация гидрообъемного рулевого управления.....	272
<i>Косенко В. В.</i> 60 лет волгоградскому «пахарю» ДТ-75.....	277
<i>Костенко С. Г.</i> Разработка конструкции цилиндрической арочной зубчатой роликотой передачи с магнитным креплением тороидальных роликов.....	292
<i>Костенко В. Л., Васильев И. П.</i> Использование ионной имплантации для нанесения каталитических покрытий на поршни.....	297
<i>Костяев В. И., Самарин П. С., Казанцев С. Е., Сидоров К. А.</i> Анализ современных методов и инструментов для получения фасонного рельефа на толстостенных трубах.....	301
<i>Костяев В. И., Тазудинов А. Н., Дьяконов А. И.</i> Расчет конструкций в Компас-3D с применением прикладной библиотеки APM FEM.....	306
<i>Кравченя И. А., Музафаров Р. С.</i> Исследование производительности шлифования обрешиненных валов полиграфических машин ленточным шлифовальным кругом.....	312
<i>Краснова А. А., Гарипов С. Г.</i> Проблемы автомобильного рынка и факторы выбора поставщиков.....	316
<i>Кривоногова А. Е., Ворошилов А. И., Буйвол П. А., Макарова И. В.</i> Разработка приложения для расчета оптимального маршрута для скорой помощи.....	319
<i>Кузнецов Г. А., Минин В. В., Мальков А. Д., Гильмияров М. Р.</i> Силовая установка для привода винтомоторных транспортных средств.....	324

<i>Кулаков А. Т., Валиуллин Т. Р., Турсунбаева Д. И., Салихова Э. В.</i> Влияние особенностей междугородных перевозок на выбор подвижного состава	328
<i>Кулаков А. Т., Трошин П. А.</i> Анализ динамики свойств и периодичности замены моторного масла для автомобиля КАМАЗ-5490 с двигателем Р-6	333
<i>Куркин А. Ю., Рыбаков Е. Е., Гавариев Р. В.</i> Анализ эффективности применения азотирования в тлеющем разряде для повышения эффективности обработки с применением систем моделирования процесса обработки	340
<i>Кутергина А. А., Батинов И. В.</i> Разработка критериев для проектирования тары при применении метода разработки групповой технологии	344
<i>Лебедев С. Ю., Сызранцев В. Н.</i> Вероятностная оценка надежности зубчатой цилиндрической передачи: учет силового перекоса в зацеплении	348
<i>Михайлова И. Г., Панков А. А., Нечаев Г. И., Малахова В. В., Бибик Е. Ю.</i> Технично-экономическая оценка работы транспорта на основе экономическо-го подхода	354
<i>Минин В. В., Дмитриев В. А., Азаров В. А.</i> Эффективность бортовых кранманипуляторных установок модульного типа	358
<i>Мироненко А. А., Газизов С. Р., Басыров Р. Р.</i> Проблемы и перспективы развития автомобилей в России	364
<i>Мкртчян А. Ф., Воловик М. А.</i> Применение эксцентриковой зубчатой передачи в конструкции электрической тали	369
<i>Монтик С. В.</i> Имитационное моделирование зоны уборочно-моечных работ автосервиса	374
<i>Мугинов А. Р., Курдин П. Г.</i> К вопросу обеспечения надёжности эксплуатации двигателя КАМАЗ Р6 путем реализации конструкторских и технологических решений	379
<i>Музафаров Р. С., Музафаров Э. Р.</i> Математическое обоснование принятия решений процессов обслуживания и ремонта автотранспорта на фоне ограничения поставок запасных частей из недружественных стран	383
<i>Мукушев Ш. К., Лунина М. В.</i> Клапан подпитки гидросистемы гидрообъемного рулевого управления	388
<i>Наследсков В. А., Басыров Р. Р., Григорьева Д. Р.</i> Прошлое и настоящее в развитии гибридных автомобилей	393
<i>Наумов А. С., Яструбинский Ю. А.</i> Изучение конструкций и принципов построения кинематических цепей коллаборативных роботов (коботов)	400
<i>Неволин Д. Г., Цариков А. А.</i> К вопросу организации светофорного регулирования в местах производства дорожных работ	404
<i>Неволин Д. Г., Цариков А. А.</i> Практика использования ремонтных шипов при эксплуатации зимней резины на транспортных предприятиях	409
<i>Неволин Д. Г., Цариков А. А.</i> Сравнение действующих тарифов на проезд в общественном транспорте в городах Европы	414
<i>Нордусиян А. Д., Музафаров Р. С.</i> Расчет и конструирование технологического устройства для высокоскоростного планетарного ленточного шлифования деталей	420
<i>Панюков Д. И., Газизуллин Н. Н.</i> Исследование возможности изменения конструкции деталей головки блока цилиндров двигателя ВАЗ-21179 автомобиля Лада Веста для совершенствования процесса ремонта	425

<i>Панюков Д. И., Долгополов А. А.</i> Современные системы послеаварийной безопасности LADAGRANTA	431
<i>Панюков Д. И., Костянов А. С.</i> Изменение характеристик распределительных валов двигателя ваз 21179 для улучшения тягово-скоростных характеристик автомобиля LADAVESTA	436
<i>Панюков Д. И., Никишов О. В.</i> Обзор проблем моделирования и управления качеством при техническом обслуживании автомобилей	443
<i>Перевоицков А. Л., Филькин Н. М.</i> Способы улучшения аэродинамических свойств легкового автомобиля	448
<i>Польшин А. А., Грибеников А. Е., Тихонов А. А., Мальцев А. К., Любимый Н. С.</i> Требования, предъявляемые к технологическим поверхностям сборного металлорежущего инструмента	454
<i>Польшин А. А., Новоселов А. А., Тихонов А. А., Духанин С. А., Любимый Н. С.</i> Анализ методов нейтрализации автоколебаний режущего инструмента	458
<i>Польшин А. А., Новоселов А. А., Тихонов А. А., Духанин С. А., Любимый Н. С.</i> Конструкция системы охлаждения инструмента при фрезеровании	464
<i>Попов И. П., Филькин Н. М., Харин В. В., Митюнин А. А., Парышев Н. Д.</i> Антirezонанс сил в механизмах НТТМ	468
<i>Попов И. П., Филькин Н. М., Харин В. В., Митюнин А. А., Парышев Н. Д.</i> Динамика устройства с фиксированной угловой скоростью для НТТМ	471
<i>Попов И. П., Филькин Н. М., Харин В. В., Митюнин А. А., Парышев Н. Д.</i> Моделирование устройства с фиксированной угловой скоростью для НТТМ	478
<i>Попов И. П., Филькин Н. М., Харин В. В., Митюнин А. А., Парышев Н. Д.</i> Резонанс сил в механизмах НТТМ	482
<i>Прагер Д. С., Володькин П. П.</i> Мероприятия по повышению безопасности дорожного движения на автомобильном транспорте в Хабаровском крае	489
<i>Пузаков А. В.</i> Алгоритм определения технического состояния стартерной аккумуляторной батареи на борту автомобиля	494
<i>Пузаков А. В., Кольцов К. Е.</i> Степень работоспособности автомобильного генератора	499
<i>Рождественский Ю. В., Гаврилов К. В., Леванов И. Г., Дойкин А. А., Хозенюк Н. А.</i> Тенденции развития коммунальных транспортных средств с электрической трансмиссией	504
<i>Рябов К. С., Мкртчян А. Ф.</i> Разработка прогрессивной конструкции устройства для ленточного шлифования	513
<i>Савельева О. В., Гарахина И. В.</i> Анализ доходов организаций внутренне-го водного транспорта	517
<i>Савченко А. С., Бородавченко Л. М., Власова Н. В.</i> Инновационные методы перевозки грузов в контейнерах	522
<i>Садидуллин И. А., Филькин Н. М.</i> Обоснование требований к характеристикам ДВС квадроцикла	525
<i>Самарин П. С., Мазец В. К.</i> Разработка методики повышения точности токарных станков с ЧПУ за счет модернизации систем управления	528
<i>Самохвалова Ж. В.</i> Повышение надежности клеммных наконечников электропривода путевых и строительно-дорожных машин	534
<i>Саятин Р. И., Филькин Н. М.</i> Обоснование требований к автопоездам	539
<i>Семенов А. Г.</i> Бортовая пневмоэлектростанция транспортного средства	544

Семенов А. Г., Добрецов Р. Ю. Техническое обеспечение концепции эвакуации неисправного автомобиля с временной заменой ведущих колес электромотор-колесами.....	549
Сергеева Н. А., Бородулина С. А. Исследование проблемы роста авиакатастроф	554
Сибгатуллин И. Р., Сираев Р. Х., Фасхутдинов А. И. Анализ необходимости внедрения систем интеллектуального подбора инструмента	559
Соколов В. А., Карбаинов Д. Д., Власова Н. В. Новшества и инновации в секторе железнодорожных перевозок	563
Старожилова А. В., Смолковская Е. А., Власова Н. В. Внедрение цифровых платформ документооборота для автоматизации процессов грузоперевозок железнодорожным транспортом	569
Старунский А. В., Назаров П. А. Совершенствование технологии ремонта деталей механизма газораспределения автотракторных ДВС.....	574
Сулейманов Э. Р., Курдин П. Г. К вопросу о рациональном выборе технологического оборудования агрегатного участка автотранспортного предприятия	579
Суриков А. Н., Стремоухов Е. М. Оценка влияния факторов и условий хранения на срок службы автомобильных шин	583
Торохов И. А., Филькин Н. М. Анализ влияния компоновки и количества осей грузового автомобиля на показатели геометрической проходимости.....	587
Туровец А. М., Выдрицкая Е. П., Якушева А. Е. Поиск альтернативных вариантов доставки грузов в международном сообщении с учетом требований санкционных ограничений	591
Уланов А. Г. Электролизёр автономной генерации водородного топлива	596
Фасхиев Х. А. К вопросу эффективности коммерческого электромобиля.....	602
Фасхиев Х. А. Метод расчета конкурентной цены коммерческого электромобиля.....	608
Фасхиев Х. А. Повышение долговечности шаровых опор ведущих управляемых мостов конструктивным решением	614
Файзуллин И. Р., Мингазов Д. Д., Балабанов И. П. Особенности сварки стальных труб с полимерным покрытием	618
Федин В. М. Ресурсосберегающая технология и материалы для изготовления компонентов подвижного состава	622
Федосеев Э. В., Ческидова Н. А., Лебедев С. Ю. Проектирование озонатора системы подачи воздуха ДВС	627
Фролов А. В., Горчаков Ю. Н. Оценка влияния аэродинамических конструкций на топливную экономичность автомагистрального транспорта.....	632
Филькин Н. М. Новые модели гибридных автомобилей и электромобилей, созданных в мире в 2023 году.....	637
Черемных А. С., Гришин Д. А., Птичкин С. Н. Повышение стойкости инструмента зубобработки за счет применения азотирования в тлеющем разряде при обработки низколегированных сталей 20CrMnTi	647
Чехун В. Д., Шарафутдинов Э. Э., Савин И. А. Применение искусственного интеллекта при подборе металлорежущего инструмента	651

<i>Шевченко С., Рожнятовски А. В., Игнатъев О. Л., Коршенко К. В.</i> Исследование коэффициента трения новых композитных фрикционных материалов тормозных устройств.....	655
<i>Шишкин В. А., Батинов И. В.</i> Применение регулярного микрорельефа в области производства наземных транспортно-технологических машин	660

С. Н. Зыков, кандидат технических наук, доцент
Удмуртский государственный университет, Ижевск
zikov.sergei@yandex.ru

Электронные геометрические модели при проектировании и производстве НТТМ

Представлены результаты краткого обзора и анализа существующих на данный момент нормативных документов, касающихся электронных геометрических моделей (ЭГМ), которые используются при проектировании и производстве транспортно-технологических машин и комплексов (НТТМ). Дана характеристика и сферы применения ЭГМ различных типов на производстве. Также описаны практические требования к электронным геометрическим моделям для их сквозного использования на различных этапах проектирования и изготовления узлов и деталей НТТМ и на других операций производственного процесса.

Ключевые слова: наземные транспортно-технологические машины, электронная геометрическая модель, нормативные документы, сферы использования и требования к модели.

Введение

Виртуальное моделирование деталей и узлов наземных транспортно-технологических машин (НТТМ) и комплексов на настоящем этапе развития проектных технологий является общепринятой практикой. Электронная геометрическая модель (ЭГМ) закреплена нормативными актами в качестве основы технической документации, поскольку содержит, в отличие от информационно фрагментированной электронной и бумажной чертежной документации, максимально полные данные о геометрии изделия, а также материале его изготовления. Это определяет эффективность сквозного использования ЭГМ на различных этапах проектного и производственного цикла. Целесообразность использования ЭГМ на производстве обусловлена не только фактом ее наличия как удобной информационной единицы, но также и рядом требований и характеристик, определяемых нормативными документами. На настоящий момент таким, к примеру, является, межгосударственный стандарт Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) «Электронная модель изделия» (ГОСТ 2.052–2015, вступивший в силу в 2017 г.) [1], имеющий ссылки на ГОСТ 2.051–2013 «Электронные документы. Общие положения»; ГОСТ 2.058–2016 «Правила выполнения реквизитной части электронных конструкторских документов»; ГОСТ 2.101–2016 «Виды изделий»; ГОСТ 2.102–2013 «Виды и комплектность конструкторских документов»; ГОСТ 2.103–2013 «Стадии разработки»; ГОСТ 2.109–73 «Основные требования

к чертежам»; ГОСТ 2.305–2008 «Изображения – виды, разрезы, сечения»; ГОСТ 2.316–2008 «Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах. Общие положения»; ГОСТ 2.317–2011 «АксонOMETрические проекции» и Межгосударственные стандарты ИСО (ИСО 10303–21:2002, ИСО 10303-22–1998, ИСО 10303-23–2000).

Общая характеристика геометрических элементов модели

Нормативные документы регламентируют требования и состав ЭГМ для максимально эффективного ее использования на производстве (см. рис. 1) по таким направлениям, как электронное моделирование технологической оснастки, создание управляющих программ для станков с ЧПУ, автоматическое и полуавтоматическое генерирование сопроводительной чертежной документации на различных участках производственного процесса, контроль точности и допустимой погрешности изготовления деталей и узлов НТТМ, компьютеризированные инженерные расчеты и численные прочностные (и другие виды) эксперименты, создание сопроводительной коммерческой презентационной документации на отдельные элементы и всю конструкцию НТТМ в целом.

На рисунке 1 обозначены общие группы требований, которые должны предъявляться к ЭГМ как базовой части технической документации для НТТМ.



Рис. 1. Схема требований к ЭГМ при проектировании и производстве НТТМ

В соответствии с нормативными документами под геометрическим элементом модели понимается идентифицированный геометрический объект,

комплекс которых формирует очертания модели в виртуальном компьютерном пространстве (рис. 2), а также определяет информационную полноту и насыщенность модели. По виду составляющих геометрических элементов геометрия ЭГМ подразделяется на следующие типы: каркасная (*а*), поверхностная (*б*, *в*), твердотельная (*г*). Каждый тип модели востребован на различных участках производственного процесса, поскольку несет достаточное (для каждого участка) количество технической информации при условии минимизации объема файлового хранения и оперативности использования.

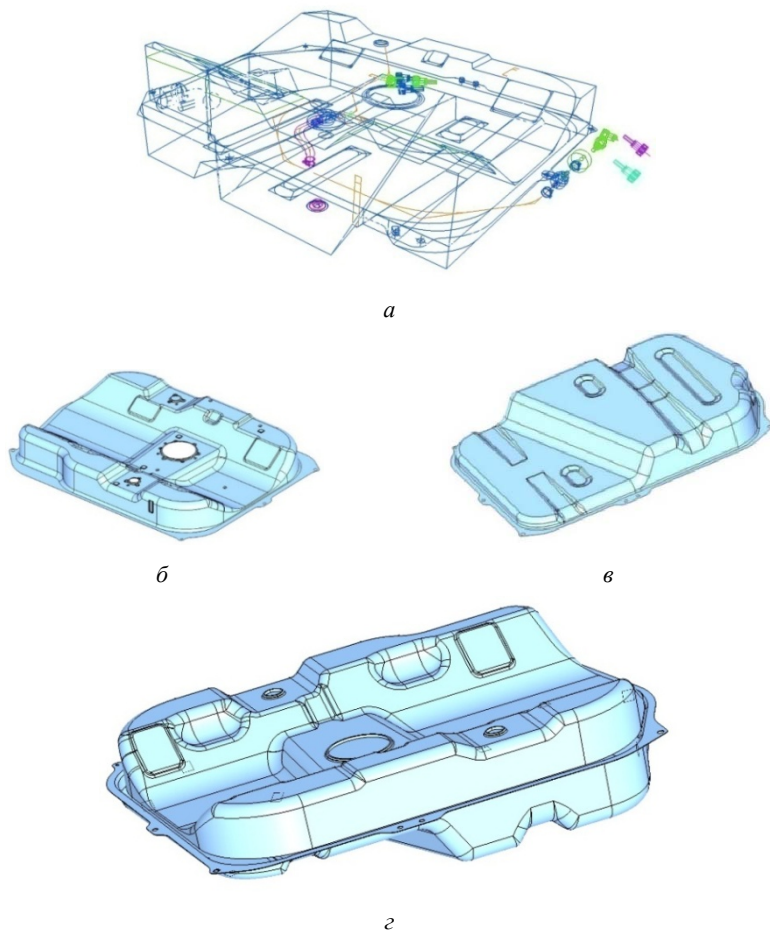


Рис. 2. Виды ЭГМ при проектировании и производстве НТТМ: *а* – каркасная модель бензобака; *б* – поверхностная модель верхней части бензобака; *в* – поверхностная модель нижней части бензобака; *г* – твердотельная модель бензобака в сборе

В свете вышеизложенного следует уточнить, что понимается под сквозным характером использованием ЭГМ в рамках проектного и производственного процессов. Наиболее насыщенным информационной атрибутикой типом является твердотельная электронная геометрическая модель. Именно она обеспечивает сквозной характер использования ЭГМ, являясь основой для генерации вторичных типов моделей: поверхностной и каркасной, а также расчетных конечно-элементных и других типов моделей, которые используются в дальнейшем на различных этапах производственного цикла.

Формат электронного хранения информации ЭГМ с возможностью трансфера в другие форматы и стандарты

Создание электронной геометрической модели промышленного изделия является сложным процессом, требующим значительных трудозатрат высококвалифицированных конструкторов-моделлеров, наличия высокопроизводительной компьютерной техники и специализированного программного обеспечения. В общем случае все это определяет известную обособленность работ по моделированию от общего производственного процесса, что на практике выливается в создание отдельных специализированных служб на предприятии либо обособленных фирм-производителей электронных геометрических моделей и технической документации. Поскольку на рынке программного обеспечения, а иногда и в рамках одного предприятия, существует множество видов программных продуктов инженерной графики, возникает необходимость организации трансфера данных между различными виртуальными рабочими средами. Наряду со встроенными прямыми модулями – трансляторами файловой информации существуют файловые стандарты хранения ЭГМ. Наличие таких стандартов обусловлено необходимостью обеспечить информационное взаимодействие предприятий промышленности, использующих различные системы автоматизированного производства (САПР). Виды файлового хранения электронной документации регламентируются ГОСТ Р 59189–2020 «Электронная конструкторская документация» [2] и международным документом ИСО 14306:2017 «Системы автоматизации производства и их интеграция. Спецификация формата JT-файла для визуализации 3D». В нормативных документах регламентируется применение универсального нейтрального файлового формата JT для электронного хранения геометрических и иных связанных с геометрией данных об изделии. В документах также указывается, что файлы в формате JT создаются путем трансляции из систем САПР для работы с электронной геометрией изделий.

Минимизация локализаций на модели с выраждающейся геометрией

Построение сложной поверхностной геометрии обычно сопряжено с проблемами топологии построения. Наличие богатого выбора инструментария построения геометрических элементов ставит, однако для программного обеспечения сложные задачи по их сопряжению и обеспечению гладкости соединений. Современные САПР в основном обеспечивают стабильность процедур генерации заданных моделлером форм, но при этом могут образо-

вывать локальные геометрически «спорные» области (вырождающиеся в линию поверхности, чрезмерное измельчение элементов модели и др.). ЭГМ с большим наличием подобных локаций имеют ограниченную адаптивность для дальнейшей работы: например, могут возникать проблемы построений при переработке ЭГМ детали в ЭГМ оснастки или сложности генерации на проблемной геометрии конечно-элементной расчетной сетки для проведения численного прочностного эксперимента. Поскольку в отношении инженерного анализа виртуальной модели состав и форма геометрических элементов, образующих тело детали, является важной характеристикой ЭГМ (от этого зависит возможность и качество конечно-элементного разбиения, а значит, качество и адекватность полученных расчетных результатов), создатель ЭГМ должен обращать внимание на рациональность последовательности процедур геометрических построений. Например, на рисунке 3 можно видеть результаты конечно-элементного анализа кузова НТТМ [3].

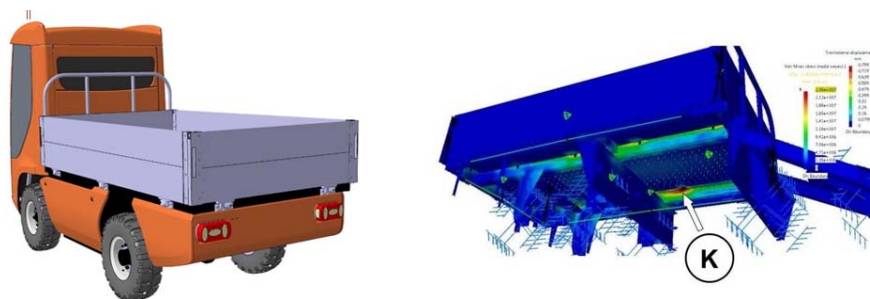


Рис. 3. Результаты конечно-элементного анализа кузова НТТМ

Практический опыт показывает, что в области *K* возникают наибольшее деформации, поскольку здесь наблюдается место сопряжения континуумов с различными геометрическими характеристиками, что требует генерации здесь наиболее качественной топологии построения для создания более подробной и адекватной к расчетам конечно-элементной сетки.

Заключение

Проектирование и производство НТТМ на современном этапе развития компьютерных технологий производится с активным использованием виртуального моделирования как пространственной геометрии деталей и механизмов, так и инженерных расчетов, а также техпроцессов. При этом используются различные системы САПР либо в виде связанного набора программных продуктов, либо в виде единой интерактивной виртуальной среды PLM-систем (от англ. product lifecycle management system). В основе сквозного проектирования и технологической поддержки производства лежит электронная геометрическая модель, использование которой регламентируется

нормативными актами. При этом топология ее формообразования должна подчиняться ряду требований, обусловленных многофункциональностью дальнейшего использования ЭГМ, а именно: электронное моделирование технологической оснастки; создание управляющих программ для станков с ЧПУ; автоматическое и полуавтоматическое генерирование сопроводительной чертежной документации на различных участках производственного процесса; контроль точности и допустимой погрешности изготовления деталей и узлов НТТМ; компьютеризированные инженерные расчеты и численные прочностные (и другие виды) экспериментов; создание сопроводительной коммерческой презентационной документации на отдельные элементы и всю конструкцию НТТМ в целом.

Список литературы и источников

1. ГОСТ 2.052–2015 Межгосударственный стандарт. Электронная модель изделия [Электронный ресурс]. – URL: <https://gostassistant.ru/doc/b5184f71-333d-476d-bd32-27c2055be1e1> (дата обращения 20.04.2023).
2. ГОСТ Р 59189–2020 Национальный стандарт Российской Федерации. Электронная конструкторская документация [Электронный ресурс]. – URL: <https://gostassistant.ru/doc/f46b339e-329d-4cf9-9de3-c37746fb3db9> (дата обращения 20.04.2023).
3. *Filkin N.M., Zykov S.N. and Shaikhov R.F.* (2019) A Practice of Applied Numerical Analysis During Design of a Unified Utility Electric-Transport Vehicle: Proc. International Conference on Developments in eSystems Engineering, DeSE October-2019, 9073206, pp. 769-772.