

Минобрнауки России  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Ижевский государственный технический университет  
имени М. Т. Калашникова»  
Инженерно-технологический факультет  
Кафедра «Автомобили и металлообрабатывающее оборудование»

«АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЕ:  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ  
И ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА И ПРОИЗВОДСТВА»

Материалы  
VIII Всероссийской научно-практической конференции

Ижевск, 26–27 апреля 2024 года



Издательство УИР ИЖГТУ  
имени М. Т. Калашникова  
Ижевск 2024

УДК 629+656(082)  
ББК 39Я45  
А18

Председатель оргкомитета  
*Н. М. Филькин*, доктор технических наук, профессор

Члены оргкомитета  
*А. В. Щенятский*, 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 VIII Всероссийской научно-практической конференции (Ижевск, 26–27 апреля 2024 г.) / [под ред. Н. М. Филькина]. – Ижевск : Изд-во УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2024. – 587 с. – МБ (PDF). – Текст : электронный.

ISBN 978-5-7526-1049-3

Публикуются статьи VIII Всероссийской научно-практической конференции «Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства», проводимой ежегодно на кафедре автомобилей и металлообрабатывающего оборудования инженерно-технологического факультета ИжГТУ имени М. Т. Калашникова.

Участие в конференции приняли 22 доктора наук, 62 кандидата наук из 45 организаций городов Абакан, Барнаул, Белгород, Бендеры, Брянск, Владивосток, Екатеринбург, Ижевск, Иркутск, Краснодар, Красноярск, Курган, Луганск, Майкоп, Минск, Москва, Набережные Челны, Оренбург, Пермь, Рубцовск, Рязань, Самара, Сарapul, Саратов, Санкт-Петербург, Симферополь, Тольятти, Тула, Тюмень, Уфа, 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 978-5-7526-1049-3

© ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2024  
© Оформление. Издательство УИР ИжГТУ  
имени М. Т. Калашникова, 2024

## Содержание

<i>Австрийский В. О.</i> Нормирование моторного топлива городского автобусного транспорта .....	9
<i>Алексеев С. Н., Щигарцов И. М.</i> Оценка работоспособности технологического оборудования для проверки элементов топливных систем грузовых автомобилей.....	14
<i>Аметов В. А.</i> Повышение эксплуатационной надежности наземных транспортных-технологических машин путем подконтрольного модифицирования горюче-смазочных материалов.....	19
<i>Асанбеков К. А., Фоминых С. И., Огнев И. И., Яндуганов О. А.</i> Модернизация тележки для снятия, установки и транспортировки колес автомобилей, грузовиков, автобусов и машин на ихassis .....	26
<i>Асанбеков К. А., Фоминых С. И., Чумаков П. В., Хвостанцев К. А.</i> Проектирование установки для прокачки гидросистем подвижного состава автомобильного транспорта в условиях ПАО «Аэропорт «Кольцово» .....	30
<i>Артамонова В. В., Ахунова И. Б., Гук Г. А., Артамонов А. М.</i> Разработка преобразователя ржавчины для защиты металлических поверхностей наземных транспортных средств от коррозии в условиях авторемонтных предприятий.....	35
<i>Атов М. А., Атов К. А., Надирян С. Л.</i> Особенности пассажирских перевозок в горных условиях Кабардино-Балкарской Республики .....	39
<i>Атов М. А., Атов К. А., Надирян С. Л.</i> Особенности эксплуатации автопоездов в горных условиях .....	44
<i>Ахунова И. Б., Артамонова В. В., Гук Г. А.</i> Алгоритм адаптивного регулирования светофорного объекта в условиях изменения нагрузки на городскую улично-дорожную сеть.....	49
<i>Баранов Е. С., Мкртчян А. Ф.</i> Разработка и реализация интеллектуальных систем управления, использующих нейросети для оптимизации процесса обработки металла на ЧПУ-станках.....	54
<i>Бараш А. Л.</i> Особенности формирования усеченного потока отказов транспортно-технологических машин и комплексов.....	59
<i>Бараш А. Л.</i> Особенности применения метода моментов для определения потребности в запасных частях парка транспортно-технологических машин .....	62
<i>Барыкин А. Ю.</i> Применение средств идентификации груза в транспортной логистике.....	66
<i>Берёзкин Н. О., Мкртчян А. Ф., Мазец В. К.</i> Устройство для управления охлаждением деталей на станках с ЧПУ на основе нейронечетких алгоритмов .....	70
<i>Бенца Д. Р., Филькин Н. М.</i> Критический анализ методов аэродинамических испытаний автомобилей.....	75
<i>Бубнов В. А., Костенко С. Г.</i> Механизм разрушения титановых сплавов при действии сжимающих нагрузок (на примере марки титанового сплава BT-6) .....	81
<i>Буглаев А. М., Мороз А. А., Кривошапка А. П.</i> Исследование вибрации металлорежущих станков.....	87

<i>Варыгин А. А., Васильев В. А.</i> Разработка и внедрение технологической документации по техническому обслуживанию автомобилей HAVAL JOLION на предприятии ООО «Медведь-Абакан» .....	91
<i>Васильев И. П., Додонов В. И., Бугаевский В. В.</i> Повышение точности замера дымности тепловозного дизеля путем подогрева измерительной камеры .....	95
<i>Васильев И. П., Сидорчук А. С., Федорова Н. В.</i> Распирение энергетической базы альтернативных топлив путем использования скипидача .....	99
<i>Ветер А. С., Горчаков Ю. Н.</i> Перспективы развития и проблемы эксплуатации беспилотного грузового транспорта .....	103
<i>Власова Н. В.</i> Современные сервисы и услуги, предоставляемые клиентам железнодорожного транспорта в новых экономических условиях .....	108
<i>Войтеховская Е. А., Попова И. П.</i> Оценка соответствия водителей маршрутам городских пассажирских перевозок .....	114
<i>Володькин Е. П., Лазарев В. А., Остапенко А. Б.</i> Исследование качества транспортного обслуживания населения в городе Владивостоке .....	120
<i>Волокушин Р. В., Бараш А. Л.</i> Анализ точности прогнозирования показателей надежности транспортно-технологических машин, выполненного на основе полиномиальных моделей .....	124
<i>Ганиев М. А., Басыров Р. Р.</i> Конструктивные особенности центробежной муфты сцепления багги ДЗ-мини .....	127
<i>Гаритов С. Г., Краснова А. А.</i> Расчет воздушных потоков в климатической системе пассажирского транспортного средства .....	132
<i>Гребенников С. А., Киселев Г. О., Рогожин А. В.</i> Прогнозирование ресурса агрегатов автомобиля с одноменными элементами .....	137
<i>Далида Н. В.</i> Унитарный квадрицикл для лесотехнических работ .....	143
<i>Далида Н. В., Музафаров Э. Р., Филькин Н. М.</i> Выбор и обоснование типов и размеров трубчатых элементов при создании несущих систем маломощных транспортных средств .....	146
<i>Данилейченко А. А., Ковтун А. С., Брянецв М. А., Костенко А. В., Поляков А. К.</i> Улучшение показателей автомобильных ДВС применением систем наддува на базе каскадного обменника Крайнокла .....	150
<i>Данилейченко А. А., Косьяненко К. А., Заварский Я. Ю., Завгородний М. В.</i> Влияние фаз газораспределения на показатели рабочего процесса двигателя 4Ч7,6/8,0 .....	156
<i>Денисенко Е. А., Горчаков Ю. Н.</i> План реализации проекта по переводу муниципального общественного транспорта города Владивостока на природный газ .....	161
<i>Деревянко А. А., Васильев В. А.</i> Технологии технического обслуживания автомобилей TANK 300 в условиях автомобильного сервиса .....	166
<i>Добрецов Р. Ю., Демидов Н. Н., Войнаш С. А., Ерыгин В. В.</i> Двухпоточная электромеханическая трансмиссия для колесной машины .....	170
<i>Добрецов Р. Ю., Красильников А. А., Артемьев А. В.</i> Портальные ведущие мосты для тракторов семейства «Кировец» .....	176
<i>Должанская К. А., Сгибнева Е. А., Толбаева З. Е., Дронов А. А.</i> Автоматизированная система распознавания и расчета электрических цепей .....	181

<i>Дорофеев А. Д., Батинов И. В.</i> Разработка и исследование процесса механической запрессовки при сборке устройства «соплю» тепловой завесы с целью оптимизации технологии производства.....	189
<i>Дьяконов А. И., Мкртчян А. Ф., Шияев С. А.</i> Разработка программно-аппаратного комплекса бесконтактного анализа геометрических параметров и состояния поверхности направляющих технологического оборудования.....	192
<i>Зайцев А. Б., Галышев Ю. В., Абызов О. В., Метелев А. А., Пономарев П. А.</i> Моделирование характеристик тепловыделения дизеля на базе характеристик впрыска произвольной формы.....	198
<i>Зыков С. Н.</i> Особенности трехмерной электронной геометрии при проектировании технологической оснастки для листовой штамповки деталей транспортных средств.....	204
<i>Зыков С. Н.</i> Проблематика генерации ЭГМ после процедур физической оцифровки поверхностей детали.....	209
<i>Зыков С. Н.</i> Структурная модификация электронной геометрической модели при подготовке к конечно-элементному инженерному анализу.....	213
<i>Зыков С. Н.</i> Частные проблемы электронной геометрии при подготовке к численному эксперименту.....	218
<i>Зыков С. Н.</i> Электронная геометрическая модель сборки применительно к особенностям генерации расчетной сетки.....	224
<i>Иванушкин А. В., Илдарханов Р. Ф.</i> Импортозамещение в условиях санкций на базе ПАО «КАМАЗ» на примере изготовления кабин.....	228
<i>Казанцев С. Е., Кузнецов П. Л., Батинов И. В., Хафизов Р. А.</i> Применение оксидно-электролитических конденсаторов при повышенной температуре и влажности.....	233
<i>Карлюк А. П., Еднач В. Н., Шурин К. В.</i> Качественные показатели эффективности магнитной активации дизельного топлива.....	237
<i>Карлюк А. П., Еднач В. Н., Шурин К. В.</i> Магнитные активаторы дизельного топлива двигателей внутреннего сгорания.....	242
<i>Ковалев В. В., Курочка В. С., Николаев В. Б.</i> Особенности выполнения технического обслуживания броневедомобиля «Тигр» (ГАЗ-233114).....	247
<i>Ковтун А. С., Брансиз М. Ю., Брансиз Е. В.</i> Результаты моделирования рабочего цикла транспортного двигателя с акустической системой наддува резонансного типа.....	252
<i>Ковтун А. С., Брансиз М. Ю., Брансиз Е. В., Пивнев Е. С., Стрижаченко А. А.</i> Перспективы замещения двигателей внутреннего сгорания на большегрузных автомобилях аккумуляторными электросиловыми установками.....	258
<i>Козлюк Н. Ю., Володькин П. П.</i> Современный подход к элементам пассивной безопасности на примере японского автомобиля MAZDA 2.....	263
<i>Котомчин А. Н., Ляхов Е. Ю., Ляхов Ю. Г.</i> Установка для нанесения полимерной композиции для восстановления посадочных мест под подшипники агрегатов автомобилей.....	267
<i>Краснова А. А., Гарипов С. Г., Нуретдинов Д. И.</i> Проблемы отечественного производителя LADA в организации гарантийного ремонта автомобилей.....	273
<i>Леонов Е. В., Имамразыев А. И., Галиев Р. М., Нуретдинов Д. И.</i> Определение эффективной мощности двигателя внутреннего сгорания во время эксплуатации автомобиля.....	279

<i>Лысяков Ф. В., Филькин Н. М.</i> Анализ видов испытаний подвесок автомобилей.....	284
<i>Любченко Д. И., Быкадоров В. В., Данилейченко А. А.</i> Возобновление деятельности промышленного производства после длительного простоя.....	291
<i>Минин В. В., Кузнецов Г. А., Мальков А. Д., Бескровных Д. А., Сайботалов Р. М.</i> Оптимизация энергетических параметров бульдозера с оборудованием рыхлителя.....	296
<i>Мироненко А. А., Газизова С. Р., Басыров Р. Р.</i> Инновационные автомобили «КАМАЗ»: перспективы развития и технологии будущего.....	301
<i>Михеева Д. А., Шкарина Т. Ю.</i> Анализ особенностей рынка автомобильных грузовых перевозок на современном этапе.....	307
<i>Музафаров Р. С., Музафаров Э. Р.</i> Исследование методов утилизации тяговых аккумуляторных батарей.....	320
<i>Неволин Д. Г., Цариков А. А., Сорогин И. Г.</i> Обзор натуральных методов исследования пассажиропотоков на городском общественном транспорте.....	341
<i>Никишин В. Н., Мавлеев И. Р.</i> Расчетная оценка напряжений в стыке коренной опоры от монтажных сил.....	347
<i>Оленевич В. А., Куличкова И. Е.</i> Эффективность технических решений, направленных на увеличение пропускных способностей диспетчерских участков Восточного полигона железных дорог.....	352
<i>Оленевич В. А., Шестакова Е. С.</i> Вопросы эффективности организации работы с местными вагонами.....	357
<i>Павлов С. А., Курдин П. Г.</i> Анализ причин отказов и методов восстановления работоспособности коленчатого вала дизельного двигателя автомобиля «КАМАЗ».....	361
<i>Панюков Д. И., Курганов И. С., Юнушев А. Д.</i> Модернизация технологического процесса обслуживания и ремонта подвески автомобиля.....	365
<i>Панюков Д. И., Юнушев А. Д.</i> Модернизация процесса технического обслуживания и ремонта рулевого управления.....	370
<i>Поддорванов С. Е., Бузрин Е. Н.</i> Особенности применения САПР «Компас-3D» для оформления электронных моделей деталей по ГОСТ 2.056–2014.....	375
<i>Полуэктов В. А., Марусина И. Д.</i> Разработка схемы информационной поддержки процесса контроля технического состояния НТТМ.....	381
<i>Попов И. П., Филькин Н. М., Харин В. В., Митюнин А. А., Парышев Н. Д.</i> Осциллятор с нефиксированной частотой колебаний для механизмов НТТМ.....	385
<i>Попов И. П., Филькин Н. М., Харин В. В., Митюнин А. А., Парышев Н. Д.</i> Резонанс и антирезонанс скоростей в механизмах НТТМ.....	391
<i>Попов И. П., Филькин Н. М., Харин В. В., Митюнин А. А., Парышев Н. Д.</i> Учет динамических свойств дисперсных материалов при разработке механизмов НТТМ.....	400
<i>Попова И. П., Васильев В. И.</i> Комплексный подход к обеспечению комфортности и безопасности передвижения лиц с ограниченными возможностями здоровья в зоне регулируемых перекрестков.....	407
<i>Прагер Д. С., Володькин П. П.</i> Зарубежный опыт по предотвращению ДТП на пешеходных зонах.....	413
<i>Пузаков А. В.</i> Результаты моделирования неисправностей автомобильного генератора.....	421

<i>Самарин П. С., Батинов И. В.</i> Технологии ремонта и производства несущих систем автомобилей и машиностроительного оборудования при помощи сварки .....	425
<i>Сарсенов А. А., Коростелев С. А.</i> Оценка влияния шага цевочного зацепления на его нагруженность .....	430
<i>Сидоров Р. Р., Филькин Н. М.</i> Анализ методик испытаний тормозных дисков и барабанных тормозов на стенде .....	435
<i>Смолянкина Е. А., Мкртчян А. Ф.</i> Повышение долговечности направляющих пластин ленточнопильного станка путем замены твердосплав на карбон-керамику .....	440
<i>Солодовников Д. Н., Цыганков А. В.</i> Организационная структура предприятий, эксплуатирующих автотранспорт, работающий на газовом топливе .....	445
<i>Солодовников Д. Н., Цыганков А. В.</i> Оценка ресурсных характеристик силового агрегата, использующего газ в качестве топлива .....	448
<i>Соломатин Н. С.</i> Рост парка собственных легковых автомобилей в Российской Федерации .....	453
<i>Старунский А. В., Назаров П. А.</i> Совершенствование конструкции режущего инструмента для обработки резанием полимерных материалов .....	456
<i>Сызранцев В. Н., Сызранцева К. В., Сердюк И. С.</i> Сопоставительный анализ нагруженности цилиндрической передачи с прямыми и бочкообразными зубьями в условиях перекоса осей колес .....	460
<i>Титов Д. И., Костяев В. И.</i> Прочностной анализ методом конечных элементов .....	465
<i>Титов Д. И., Костяев В. И.</i> Реверс-инжиниринг (обратная разработка) как метод исследования и проектирования деталей, узлов, сборок .....	471
<i>Толочко Н. К., Авраменко П. В., Кравцов В. Б., Хартанович А. М.</i> Применение аддитивных технологий для изготовления литейных выплавляемых моделей .....	476
<i>Трифанов К. С., Власова Н. В.</i> Анализ и инновационные технологии перевозок грузов в контейнерах железнодорожным транспортом в современных условиях .....	482
<i>Тротин Н. С., Васильев В. А.</i> Разработка технологической документации по техническому обслуживанию автомобилей OMODAC5 на предприятии ООО «Медведь Абакан» .....	488
<i>Трушин Н. Н.</i> Планетарная коробка передач на основе механизма Ravigneaux .....	493
<i>Туровец А. М., Кузьмин А. Н.</i> Перспективы применения генеративных моделей нейронных сетей в подготовке специалистов в области транспортной логистики .....	497
<i>Туровец А. М., Печуров А. Д., Пластинин А. В.</i> Проблемы разработки показателей уровня сервиса при выборе логистического оператора .....	503
<i>Туровец А. М., Солодовникова Д. А.</i> Анализ проектов инициативы сотрудничества «Пояс и путь» для стимулирования экономического роста и развития глобальной торговли .....	508
<i>Умурзаков И. К., Гаврилов К. В.</i> Применение различного типа приводов в топливных насосах высокого давления дизелей .....	514

<i>Фасхиев Х. А.</i> Нормативная стендовая долговечность балок управляемых мостов грузовых автомобилей.....	519
<i>Фасхиев Х. А.</i> Прогнозирование эксплуатационного расхода топлива грузового автомобиля.....	524
<i>Фасхиев Х. А.</i> Расчет конкурентной цены коммерческого электромобиля .....	531
<i>Фасхиев Х. А.</i> Требования к статической прочности балок управляемых мостов грузовых автомобилей.....	538
<i>Фролов А. В., Горчаков Ю. Н.</i> Современные методы аэродинамических испытаний грузовых автомобилей.....	546
<i>Хабибуллина В. А., Нигметзянова В. М.</i> Оценка эффективности эксплуатации автомобильного транспорта при междугородных перевозках фруктов .....	552
<i>Чигодаев Н. Е.</i> О механизме образования текстуры стружки .....	556
<i>Шишкин В. А., Батинов И. В.</i> Оптимизация производства лифтовых направляющих с применением технологии нанесения регулярных микрорельефов для повышения эксплуатационных характеристик .....	562
<i>Штак П. С., Сычева Е. Г.</i> Аспекты устойчивого развития транспортных предприятий на основе внедрения цифровых технологий.....	566
<i>Щурин К. В., Тарасенко В. Е.</i> Оптимизация показателей надежности технических систем .....	571
<i>Яковчук П. С., Кривцов С. Н.</i> Методика обработки сигнала цифровых датчиков массового расхода воздуха автомобильных двигателей.....	577
<i>Янута А. С., Корнейчук Н. И.</i> Исследование микротвердости железохромового покрытия для восстановления посадочных мест под подшипники деталей автомобилей .....	581

## Особенности трехмерной электронной геометрии при проектировании технологической оснастки для листовой штамповки деталей транспортных средств

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

*В статье нашли отражение общие принципы создания и применения трехмерной виртуальной геометрии (ЭГМ – электронных геометрических моделей) при проектировании отдельных деталей транспортных средств и конструкции в целом, а также в разработке технологической оснастки. В частности приводится принципиальная схема последовательности построения ЭГМ – от рассмотрения источниковой базы их создания до анализа особенностей модификации ЭГМ при решении частных проектно-технологических задач, таких как проектирование технологической оснастки и т.п. Представлен пример подобной модификаций геометрии заднего крыла легкового автомобиля, которая была выполнена для нужд цифрового проектирования штамповочной технологической оснастки листовой детали.*

**Ключевые слова:** транспортные средства, проектирование, электронная геометрическая модель, модификация электронной модели, технологическая оснастка.

### Введение

Причиной и следствием бурного развития компьютерной техники, а также технологий отображения и вывода на внешние материальные носители сложной электронной графической информации стало активное использование появившихся возможностей в профессиональной деятельности инженера. Это было продиктовано, во-первых, необходимостью максимального сокращения достаточно трудоемких, рутинных, но относительно несложных операций формирования сложной чертежной проектно-технологической документации, требующей, структурной аккуратности исполнения; во-вторых, способностью генерации полной виртуальной геометрии деталей и сборочных элементов транспортных средств с возможностью цифрового анализа топологии геометрии и взаимного сопряжения элементов сборок; в-третьих, возможностью использования математического аппарата конечно-элементного анализа для предварительных оценочных расчетов разрабатываемой конструкции с оперативным внесением в нее изменений без проведения натуральных экспериментов. Наряду с отмеченными пунктами, имеется еще и множество других преимуществ, представляемых ЭГМ, в частности связанных с технологической оснасткой, некоторые аспекты электронного проектирова-

ния которой будут описаны ниже. Таким образом, можно констатировать, что на сегодняшний день, виртуальная электронная геометрия из инструмента помощи в генерации бумажной проектной документации (какой представлялась на начальном этапе применения) превратилась в основу инженерной деятельности в целом, что нашло отражение во множестве нормативных документов, регламентирующих проектную работу [1, 2].

### **Общая структура применения электронной геометрии при проектировании и производстве**

Разработанная нормативная база, определяющая структуру данных файлового хранения и особенностей трансфера электронных геометрических моделей между программными компонентами, нацелена на наиболее эффективное и полное использование трехмерной электронной геометрии на всех этапах проектно-производственного цикла создания транспортных средств, в том числе и в инженерном анализе [3]. К слову сказать, на рынке коммерческих программных инженерных комплексов подобная стандартизация форматов файлового обмена применительно к виртуальной геометрии часто заложена в логику организации самого программного обеспечения. На этом принципе, например, работают так называемые PLM-системы (Product Lifecycle Management) – системы управления и организации жизненного цикла промышленного изделия, где все модули работают в рамках единой интегрированной среды.

Рассмотрим рисунок 1, на котором показана схема подготовки и использования трехмерной виртуальной электронной геометрии при проектировании транспортных средств. Как можно видеть, электронные геометрические модели создаются либо способом прямой генерацией графических образов человеком (дизайнерами, конструкторами, технологами и др.). Либо строятся более длинным путем преобразования виртуальных облаков точек, полученных в результате поверхностного обмера имеющихся деталей (либо макетов деталей), в твердотельную геометрию. Последнее свойственно в основном для процедур обратного/реверсинжиниринга уже имеющихся изделий, или макетов изделий, созданных при помощи макетирования из мягких в обработке материалов.

Появившиеся тем или иным способом электронные геометрические модели могут:

- непосредственно использоваться для материального воплощения деталей и сборок, натуральных образцов, макетов с использованием широких возможностей станков с числовым программным управлением;
- быть источником данных для программных сервисов автоматической и полуавтоматической генерации различного вида конструкторско-технологической документации как в электронной, так и в бумажной формах, а также презентационных материалов;

- браться за основу модифицированных ЭГМ при решении различных узкоспециальных задач, которые могут возникать практически на всех этапах проектной и технологической подготовки производственного процесса.



Рис. 1. Схема подготовки и использования трехмерной виртуальной электронной геометрии при проектировании транспортных средств

Останавливаясь на последнем пункте из вышеперечисленного, необходимо отметить, что для решения некоторых узкоспециальных задач поддержки проектирования деталей и технологической оснастки наличия базовой трехмерной геометрии изделия недостаточно. Требуется ее значительная трансформация. Так, например, это можно наблюдать при подготовке и проведении численного прочностного эксперимента, где требуется значительная структурная топологическая перестройка модели для обеспечения качественной генерации расчетной конечно-элементной сетки. Еще одной задачей, где необходима серьезная модификация исходного электронного образа и на которой остановимся более подробно, является создание виртуальной модели листовой штамповочной детали, которая используется при проектировании промышленной технологической оснастки.

### Трансформация электронной модели для нужд проектирования технологической оснастки

В отличие от полнотелых деталей, многие из которых при известном желании и экономической целесообразности можно изготовить на станках

с числовым программным управлением (код генерируется на основании имеющейся в наличии электронной геометрии), листовые штампованные детали проходят более долгий путь от исходной ЭГМ до реальной материализации в металле. На рисунке 2 представлена виртуальная модель заднего крыла автомобиля ИЖ-21261, которая описывает окончательную форму штампованного металлического изделия после последовательных процедур вытяжки, вырубки и др.

Необходимо отметить очевидное: до вырубки, обрезания и финишной обработки деталь-полуфабрикат должна иметь значительно более развитую геометрию, чем готовое изделие. Должны быть в наличии фланцы, ребра и поднутрения для прижимных фиксирующих элементов прессовой оснастки и др. Поскольку проектирование штамповочной оснастки в настоящее время производится также на основании ЭГМ, виртуальная базовая геометрия для этих целей, соответственно, должна быть существенно доработана под нужды особенностей штамповочной оснастки. Например, в ЭГМ необходимо предусмотреть поверхности контакта с прижимными элементами оснастки, которые позиционируют и фиксируют лист металла перед процедурой вытяжки. Также необходимо добавить элементы геометрии, исключающие нарушение целостности формируемой листовой детали в процессе проведения штамповочных действий: сквозные отверстия и проемы ликвидируются, организуются рабочие фланцы для последующих операций точной обрезки и вырубки.

На рисунке 3 представлен один из вариантов модификации сборочной ЭГМ заднего крыла автомобиля ИЖ-21261 до рабочей технологической ЭГМ. Здесь имеются дополнительные элементы, учитывающие особенности конструкции штамповочно-прессовой оснастки.



Рис. 2. Виртуальная геометрическая модель заднего крыла автомобиля ИЖ-21261



Рис. 3. Модель штамповки заднего крыла автомобиля ИЖ-21261

## Заключение

В настоящее время трехмерные виртуальные геометрические образы, содержащие наиболее полную и точную информацию об отдельных деталях, сборках узлов и механизмов транспортных средств являются основой проектной деятельности в отношении практически любого транспортного средства. Электронные геометрические модели могут непосредственно использоваться для автоматической и полуавтоматической генерации электронной и чертежной конструкторско-технологической документации, создания фотореалистичных изображений для презентационных материалов, быть основой формирования управляющих программ для станков с ЧПУ и решения других задач. Однако необходимо иметь в виду, что ряд из них, к числу которых относится задача проектирования технологической штамповочной оснастки для листовых деталей, требует генерации ЭГМ специфической геометрии, где базовая модель является лишь ее составной частью. Сам процесс проектирования технологической оснастки и электронной геометрии, предназначенной для этих целей, представляется достаточно сложным мероприятием, поскольку требует специфических знаний о работе прессового оборудования и возможного поведения металлического листа, находящегося под воздействием сильных динамических нагрузок формообразования.

## Список литературы и источников

1. ГОСТ 2.052–2015. Межгосударственный стандарт. Электронная модель изделия. – URL: <https://gostassistant.ru/doc/b5184f71-333d-476d-bd32-27c2055be1e1> (дата обращения: 20.04.2023). – Текст : электронный.
2. ГОСТ Р 59189–2020. Национальный стандарт Российской Федерации. Электронная конструкторская документация. – URL: <https://gostassistant.ru/doc/f46b339e-329d-4cf9-9de3-c37746fb3db9> (дата обращения: 20.04.2023). – Текст : электронный.
3. Зыков, С. Н. Электронные геометрические модели при проектировании и производстве НТТМ // Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства : сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции. – Ижевск : Изд-во УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2023. – С. 230–235. – Текст : электронный.