

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Верещагина Элла Леонидовна  
Должность: ВРИО директора Подмосковского института (филиал) МАДИ  
Дата подписания: 30.01.2026 11:01:20  
Уникальный программный ключ:  
7a33bd6a106c82a79b671560713ad318d8481

**МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ (МАДИ)**



**А.М. ИВАНОВ, В.И. ОСИПОВ**

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЯ**

*КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ*

УДК 629.33.02  
ББК 39.33-04  
И20

**Иванов, А.М.**

И20 Проектирование автомобиля: конспект лекций для направления подготовки специалистов – специализация «Наземные транспортно-технологические средства» / А.М. Иванов, В.И. Осипов. – М.: МАДИ, 2014. – 40 с.

Цель данного конспекта лекций – дать представление о современных методах проектирования легкового автомобиля, включая вопросы, связанные с широким использованием компьютерного моделирования на различных этапах процесса создания автомобиля.

УДК 629.33.02  
ББК 39.33-04

© МАДИ, 2014

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Представленный конспект лекций охватывает круг вопросов, связанных с особенностями организации научно-исследовательских и конструкторско-экспериментальных работ, целью которых является создание технической документации нового автомобиля или модернизация выпускаемого. Проектирование осуществляется в соответствии с выбранной логической схемой, которая включает последовательность выполнения отдельных этапов, состоящих из проектных процедур и операций.

### **ГЛАВА 1. ТРЕБОВАНИЯ К АВТОМОБИЛЮ, ЕГО СВОЙСТВА, ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ. КОМПОНОВКА АВТОМОБИЛЯ**

Конструкция автомобиля должна отвечать требованиям, предъявляемым к нему:

- владельцем (потребителем) автомобиля;
- изготовителем автомобиля;
- транспортными предприятиями;
- государством;
- общественными организациями.

Требования к конструкции автомобиля многочисленны, разнообразны и касаются вопросов производительности, экономичности, безопасности, надежности, комфорта, информативности автомобиля.

Требования могут существенно отличаться в зависимости от того, кто их выдвигает.

В рыночной экономике требования владельца автомобиля считаются наиболее важными.

Автомобиль, удовлетворяющий в максимальной степени существующим требованиям, считается наиболее качественным.

Качество автомобиля определяется совокупностью его свойств, определяющих способность удовлетворять заданным требованиям в определенных условиях эксплуатации.

Все свойства можно объединить в три группы:

- 1) функциональные;
- 2) потребительские;
- 3) общественной безопасности.

При этом свойства подразделяются на:

- свойства, показатели которых определяются конструкцией автомобиля;
- свойства, не связанные с конструкцией автомобиля.

В таблице 1 представлен перечень свойств легкового автомобиля и оценка важности того или иного свойства для потребителя. Как следует из табл. 1, конструкция автомобиля определяет группу свойств наиболее важных для потребителя.

Таблица 1

## Перечень свойств легкового автомобиля

Свойство	Принадлежность к группе свойств	Связь с конструкцией		Место по степени важности для потребителя
		Да	Нет	
<i>Безопасность</i>	фун., потр., без.	+		1
Надежность	фун.	+		2
Динамические свойства	фун., потр., без.	+		3
Комфорт	потр.	+		4
Современность конструкции	потр.	+		5
<i>Затраты на эксплуатацию</i>	фун., потр.	+		6
Универсальность применения	фун., потр.	+		7
Внешний вид	потр.	+		8
Цена рыночная	потр.		+	9
Престиж марки	потр.		+	10
<i>Наличие автосервисов</i>	потр.		+	11
Темп падения рыночной цены со временем	потр.		+	12
Экологические свойства	без.	+		13
Время нахождения модели автомобиля на рынке	потр.		+	14

Конструкция нового автомобиля закладывается в процессе проектирования.

## ГЛАВА 2. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Проектирование автомобиля представляет комплекс научно-исследовательских и конструкторско-экспериментальных работ, целью которых является создание технической документации нового автомобиля или модернизации выпускаемого.

При проектировании нового объекта решающим фактором успеха является оптимальная организация работы над проектом.

К разработке автомобиля привлекается множество специалистов различного профиля. При этом каждый из них должен знать, на каком этапе всего цикла разработки автомобиля решается та или иная проблема.

Проектирование осуществляется в соответствии с выбранной логической схемой, которая включает последовательность выполнения отдельных этапов, состоящих из проектных процедур и операций.

Каждый этап включает входные данные, и после проведения комплекса работ выдается выходная информация, которая является входными данными для следующего этапа.

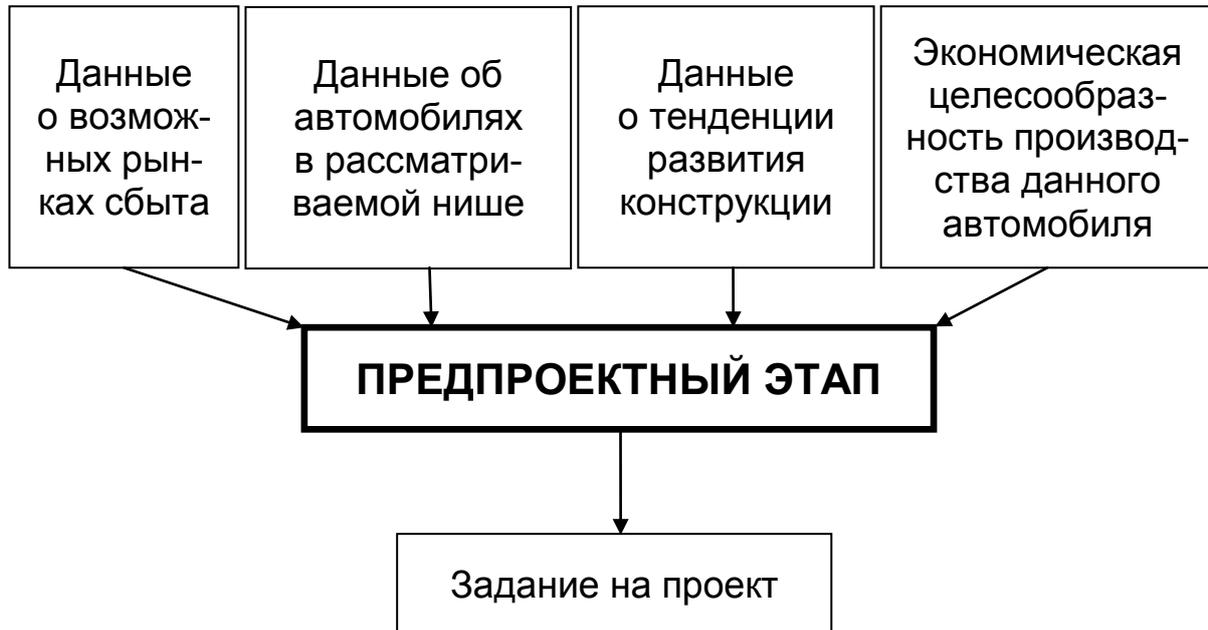
Проектная процедура представляет формализованную совокупность операций, основанную на методах физического и математического моделирования, оптимизации, прогнозирования теории принятых решений. В результате выполнения процедур появляется проектное решение.

Проектное решение – промежуточное (или конечное) описание объекта, являющееся основанием для определения дальнейшего направления проектирования автомобиля.

Процесс проектирования автомобиля состоит из следующих этапов:

- предпроектный этап;
- этап разработки технических требований (ТТ);
- эскизный проект (ЭП);
- этап технического задания (ТЗ);
- этап проверки и доводки конструкции;
- этап утверждения проекта.

### ГЛАВА 3. ПРЕДПРОЕКТНЫЙ ЭТАП



Исходными входными данными для маркетингового анализа является следующая информация.

1. Данные о возможных рынках сбыта:

- нормативные документы и законодательные требования в стране-потребителе;
- данные о дорожных и климатических условиях;
- данные о возможных ценовых пределах стоимости проектируемого автомобиля;
- данные о предпочтениях возможного покупателя по модификациям и комплектующим автомобиля-предшественника.

2. Данные об автомобилях-аналогах и их характеристики, так как по своим показателям объект проектирования должен превосходить конкурентов.

3. Данные обо всех тенденциях в развитии конструкции и путях повышения показателей качества автомобиля, принимаемых технологиях и материалах.

4. Данные о собственных возможностях развития технологий с целью повышения качества узлов и деталей, требующих дорогостоящего оборудования.

Выходом предпроектного этапа является задание на проект (ЗП), цель которого – задание основных характеристик автомобиля и его исходных целевых параметров для всех участников проекта.

Задание на проект включает следующие основные разделы:

- маркетинговые программы (требования рынка, характеристика ближайших конкурентов, характеристика потенциальных покупателей, предварительные технические требования к автомобилю, предварительные объемы производства);
- концепция качества нового автомобиля (показатели качества в сравнении с конкурирующими моделями, показатели надежности, показатели качества закупаемых материалов и комплектующих);
- концепция технологии и производства (технологические возможности, база технологического оборудования, предельные объемы капиталовложений);
- целевые затраты (оптовая цена модели для внутреннего и внешних рынков, уровень рентабельности, целевые инвестиции на проект);

После утверждения задания на проект (ЗП) предпроектный этап завершается.

#### **ГЛАВА 4. ЭТАП РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ**



Цели технических требований (ТТ) – перевод запросов потребителей и других требований в формализованные требования к создаваемому автомобилю, производству, техническому обслуживанию и ремонту.

Результатом работ на данном этапе будут:

- технические требования к автомобилю (конструктивные параметры и показатели эксплуатационных свойств автомобиля, а также особенности характеристики его узлов, агрегатов и систем);
- технические требования к системе производства (мероприятия по подготовке производства к выпуску нового автомобиля, учитывая необходимость внедрения нового оборудования и необходимых соответствующих изменений в системе отрасли труда);
- технические требования к системе технического обслуживания и ремонта (правила предпродажного и гарантийного обслуживания, а также совершенствование послегарантийного обслуживания).

Основными разделами технических требований к автомобилю являются: исходные требования к автомобилю, общие требования к автомобилю, потребительские требования к автомобилю, технические требования к составным частям автомобиля, состав автомобиля.

### ***1. Исходные требования к автомобилю.***

#### 1.1. Основание для разработки ТТ.

Перечень документов, включающих утвержденное задание на проект, а так же протокольные решения и приказы по предприятию.

#### 1.2. База разработки конструкции.

Приводится проектно-конструкторский, исследовательский и производственный потенциал завода и сотрудничающих предприятий.

#### 1.3 Цель создания автомобилей.

Приводятся основные причины разработки нового автомобиля.  
Например:

- сохранение конкурентоспособности предприятия;
- расширение круга покупателей;
- повышение рентабельности производства.

#### 1.4. Назначение автомобиля.

Необходимо указать:

- характеристику основного потребителя – возраст, социальное положение, семейное положение, уровень доходов;
- назначение автомобиля – служебный, семейный, индивидуальный;
- основной тип поездок – городские, пригородные, магистральные;
- уровни исполнения и вместимость салона.

#### 1.5. Состав семейства автомобиля.

Приводится перечень возможных модификаций по двигателю, трансмиссии, уровню комплектующих и т.п.

1.6. Распределение массы снаряженного автомобиля базовой комплектации по кузову, шасси и т.д.

Приводится таблица масс всех узлов автомобиля.

#### 1.7. Целевые затраты.

Указываются распределение капитальных затрат по всем этапам разработки автомобиля.

#### 1.8. Унификация автомобиля.

Приводятся возможности унификации с уже выпускаемыми моделями по двигателю, трансмиссии, ходовой части и т.д.

#### 1.9. Технические характеристики.

Приводятся предварительные параметры и характеристики разрабатываемого автомобиля и аналогов по одинаковой номенклатуре показателей в табличной форме.

### **2. Общие требования к автомобилю.**

В этом разделе указываются требования и нормы, определяющие эксплуатационные характеристики и показатели качества с учетом действующих и перспективных норм.

#### 2.1. Условия эксплуатации.

Указывается тип климата, района, эксплуатации, дорожные условия, предельные режимы эксплуатации, номинальная полезная нагрузка.

#### 2.2. Безопасность конструкции.

Указывается перечень нормативных документов, требования которых должны быть выполнены в разрабатываемом автомобиле.

### 2.3. Надежность автомобиля.

Приводятся данные по показателю безотказности и долговечности автомобиля (средняя наработка на отказ, средний ресурс до капремонта, средний срок службы, периодичность обслуживания автомобиля, принудительной замены деталей и эксплуатационных материалов и т.п.).

### 2.4. Качество автомобиля.

Обычно указываются требования по устранению недостатков, выявленных при эксплуатации предшествующих моделей автомобиля.

### 2.5. Транспортирование автомобиля.

Указываются основные виды транспортных средств, условий транспортирования и хранения автомобиля.

### 2.6. Патентная чистота.

Указывается перечень стран, для которых проводится патентная чистота конструкции автомобиля.

## **3. Потребительские требования к автомобилю.**

Рассматриваемый раздел охватывает следующие вопросы:

### 3.1. Образ автомобиля.

Приводится словесное описание форм кузова и впечатлений, создаваемых внешним и внутренним обликом автомобиля. Это является отправной точкой для дизайна интерьера и экстерьера будущего автомобиля.

### 3.2. База разработки потребительских свойств.

Указываются: базовый аналог, потребительские свойства, которые должны быть превзойдены в проектируемом автомобиле. Из наиболее существенных потребительских свойств необходимо выделить следующие: цена, надежность, расход топлива, комфортабельность, внешний вид, скоростные характеристики и другие.

Оценивается, за счет каких мероприятий может быть улучшение свойств разрабатываемого автомобиля по сравнению с базовым аналогом.

Для прогнозирования показателей свойств автомобиля в процессе проектирования широко используются компьютерные программы (табл. 2).

**Применение компьютерного моделирования  
для оценки некоторых свойств автомобиля**

<i>Свойство</i>	Полная оценка свойства	Часть традиционной системы оценки	Ограниченное использование
Тягово-скоростные свойства	+		
Топливная экономичность	+		
Управляемость		+	
Плавность хода, вибронгруженность			
- линейные модели	+		
- нелинейные модели		+	
Долговечность			+
Климат в салоне			+

**4. Технические требования к составным частям автомобиля.**

Содержание данного раздела должно быть достаточным для разработки предложений как по конструкции составных частей автомобиля, так и по технологии, материалам и комплектующим изделиям.

4.1. Задание по целевым затратам на производство узлов и систем базового автомобиля.

Указывается распределение общих целевых затрат на разработку автомобиля по основным частям (двигатель, трансмиссия и т.д.), по основным статьям затрат (материалы, комплектующие изделия, изготовление и т.п.)

4.2. Технические требования к компоновке автомобиля.

Приводится состав и перечень сборочных моделей (модуль передка, силовой модуль, модуль подвески и т.п.) и взаимное расположение узлов, обеспечивающих их нормальное функционирование.

4.3. Технические требования к основным узлам и системам автомобиля.

В данном разделе определяют требования к следующим частям автомобиля:

- к трансмиссии, где на базе проведенного тягово-динамического расчета автомобиля, по заданным значениям полной нагрузки,

коэффициента аэродинамического сопротивления, предполагаемой площадью поперечного сечения автомобиля, максимальной скоростью, наибольшему сопротивлению качения, данными по шинам определяет придаточные числа главной передачи и коробки передач. Могут быть рассчитаны и варианты модификаций с автоматическими трансмиссиями;

- к двигателю и его системам, где указывают тип двигателя, по виду применяемого топлива, необходимую мощность и крутящий момент, которые определяются проведением тягово-динамического и топливно-экономического расчетов по исходным данным. Указывают значения абсолютных и удельных показателей, характеризующих совершенство конструкции. Далее анализируется возможность подобрать двигатель из уже разработанных, либо принимается решение о разработке нового двигателя, обеспечивающего реализацию сформулированных в проекте требований к автомобилю;
- к ходовой части в составе автомобиля по стабилизации управляемых колес, типом составных частей и их базовым деталям, значениям абсолютных и удельных показателей, характеризующих совершенство конструкции составных частей;
- к электрооборудованию и приборам, указывающие род тока, напряжение в базовой сети, оборудовании и приборах, значения абсолютных и удельных показателей, характеризующих совершенство конструкции составных частей;
- к кузову, его системам и механизмам, определяющие типы кузовов, значения абсолютных и удельных показателей, характеризующих совершенство конструкции составных частей.

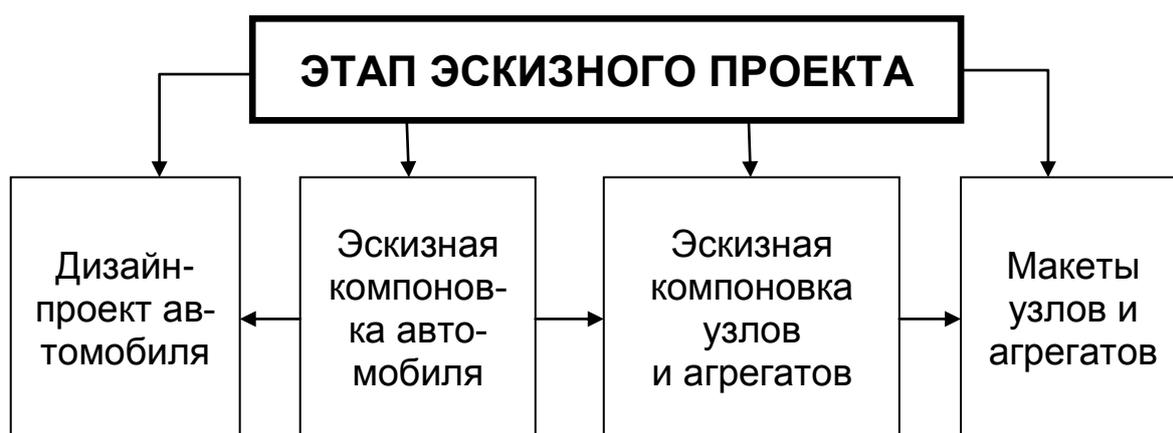
### **5. Состав автомобиля.**

Содержит перечень всех функциональных подгрупп или узлов, формирующих «Автомобиль в сборе». Это предварительная классификация, разрабатываемого автомобиля. Базовой является сертификация автомобиля-предшественника путем удаления ненужных узлов и деталей и добавление новых.

Все параметры и показатели, приводимые в технических требованиях, не являются окончательными, они корректируются на последующих этапах.

После составления технических требований, а чаще всего, параллельно начинается работа над созданием эскизного проекта.

## ГЛАВА 5. ЭТАП ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТА



На базе положений, разработанных в технических требованиях (ТТ), начинается создание эскизной компоновки автомобиля для выбора оптимального варианта конструктивной схемы, обеспечивающей при заданных габаритах для данного класса наибольшие размеры пассажирского и багажного отсеков.

Если двигатель и трансмиссия уже имеются в производстве, то работа по эскизной компоновке облегчается. В противном случае, требуется провести работу по созданию схематических компоновок моделей необходимых узлов, на базе имеющихся аналогов.

Развитие компьютерных технологий привело к активному внедрению САПР (системы автоматизированного проектирования) на всех стадиях создания автомобиля, в том числе в проведении проектно-конструкторских работ, которые сегодня уже не мыслимы без применения объемной графики (3Dмоделирование), имеющих значительные преимущества перед плоским проектированием (2D):

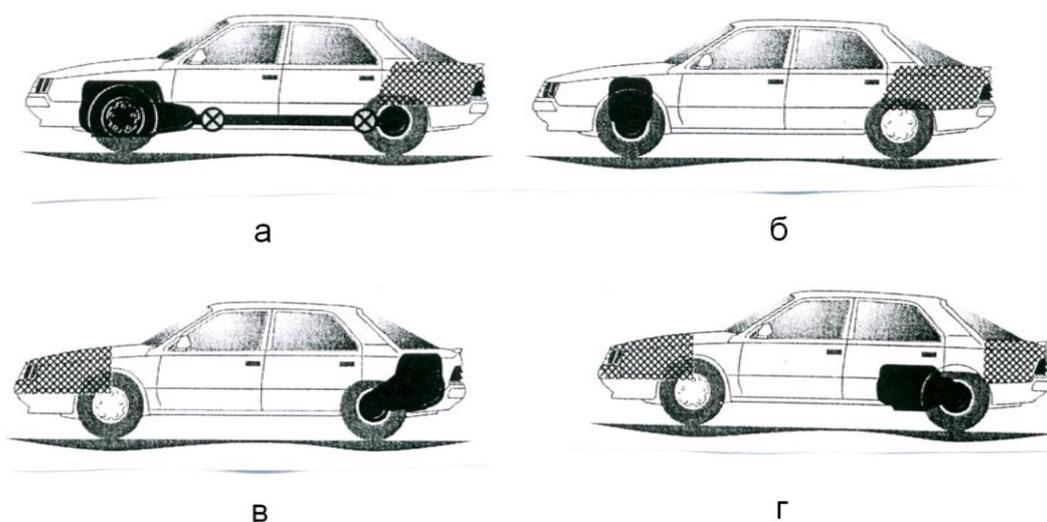
- восприятие информации из трехмерного пространства более точно;

- возможность проектирования элементов различной сложности (кузов, панель приборов и т.д.);
- возможность задания кинематики трехмерному виртуальному подвижному механизму позволяет определить совместимость его с другими частями;
- возможность проводить комплексный прочностной анализ механизма в сборе методом конечных элементов.

Однако полный отказ от двухмерно изображения не актуален, так как чертежи, будучи документальным подтверждением изделия выполняются на бумаге или кальке. В наше время все компьютерные 3D программы позволяют проецировать объемную графику на необходимые плоскости для создания требуемых видов и сечений в соответствии с требованиями ЕСКД.

Применение 3D программ на стадии эскизного проектирования при любых изменениях, которые всегда неизбежны в процессе проектирования, позволяет системе перестраивать любую схему, позволяя рассмотреть большое количество вариантов и выбрать самый оптимальный из них.

Выполняемая на этапе эскизного проекта эскизная компоновка автомобиля должна содержать схему вместимости и схему шасси для выбранной компоновки автомобиля (рис. 1).



*Рис. 1. Компоновочные схемы автомобилей: а – классическая; б – переднеприводная; в – заднемоторная; г – среднемоторная*

Эти схемы должны быть совместимы для обеспечения согласованности всех параметров автомобиля. Преимущества и недостатки компоновок приведены в табл. 3.

Таблица 3

Преимущества и недостатки различных компоновок  
легковых автомобилей

	Передне- моторная, передне- приводная	Класси- ческая	Средне- моторная	Заднемо- торная
Тяговые свойства – пустой	+	-	+	+
Тяговые свойства – груженный	-	+	+	+
Развесовка	+	0	-	-
Объем салона	+	+	-	0
Объем багажника	+	+	0	-
Возможность модификации задней части кузова	+	+	-	-
Общая длина	+	0	0	0
Свойства кузова при столкновениях	+	+	-	-
Тепловая нагруженность салона	-	-	0	+
Возможность создания полноприводной модификации	+	+	0	+
Шум в салоне	+	-	-	+
Вес	+	0	+	+
Длина приводов управле- ния силовым агрегатом	+	+	-	-
Стоимость производства	+	+	+	+

+ – позитивное влияние;

- – негативное влияние;

0 – влияет незначительно

Каждая из компоновок накладывает ограничение на размеры двигателя и его ориентацию относительно продольной оси автомобиля. В таблице 4 приведены типы двигателей в зависимости от места их установки на автомобиле.

Тип двигателя и компоновка легкового автомобиля

Расположение двигателя	Тип двигателя	Преимущества	Недостатки (ограничения)
1. Впереди, поперек, вертикально	<i>R3, R4</i> <i>V6</i>	- компактность - малый передний свес - поглощение энергии при столкновении	- ограниченная длина - трудность крепления
2. Впереди, поперек, горизонтально	<i>R3, R4</i>	- компактность - малый передний свес - двигатель при столкновениях уходит под пол салона	- ограниченная длина - горизонтальное исполнение
3. Впереди, продольно	любой (кроме 06)	- любая длина мотора	- большой передний свес - туннель в полу салона
4. В базе, поперек	<i>R3, R4, R5</i>	- хорошая развесовка - низкий момента инерции (ось <i>Z</i> )	- ограниченная длина - двухместный автомобиль
5. В базе, продольно	любой	- хорошая развесовка - низкий момент инерции (ось <i>Z</i> )	- низкая безопасность при ударе сзади - двухместный автомобиль
6. Сзади, поперек, вертикально	<i>R3, R4</i> <i>V6</i>	- хорошая загрузка задних ведущих колес (разгон, проходимость)	- ограниченная длина - малый объем переднего багажника
7. Сзади, поперек, горизонтально	<i>R3, R4</i>	- хорошая загрузка задних ведущих колес (разгон, проходимость)	- ограниченная длина - высокий пол кузова
8. Сзади, продольно	<i>R3 – R6</i> <i>V6</i> 04, 06	- хорошая загрузка задних ведущих колес (разгон, проходимость)	- большой задний свес - неоптимальная развесовка

*R* – рядный, *V* – V-образный, *O* – оппозитный, цифра – число цилиндров.

Рассмотренные комбинации «двигатель–трансмиссия–ведущие колеса» предполагает большое число вариантов компоновки, каждый из которых имеет определенные преимущества и недостатки. Так, в

таблице 5 приведен анализ возможных компоновок автомобиля с передним расположением двигателя.

Таблица 5

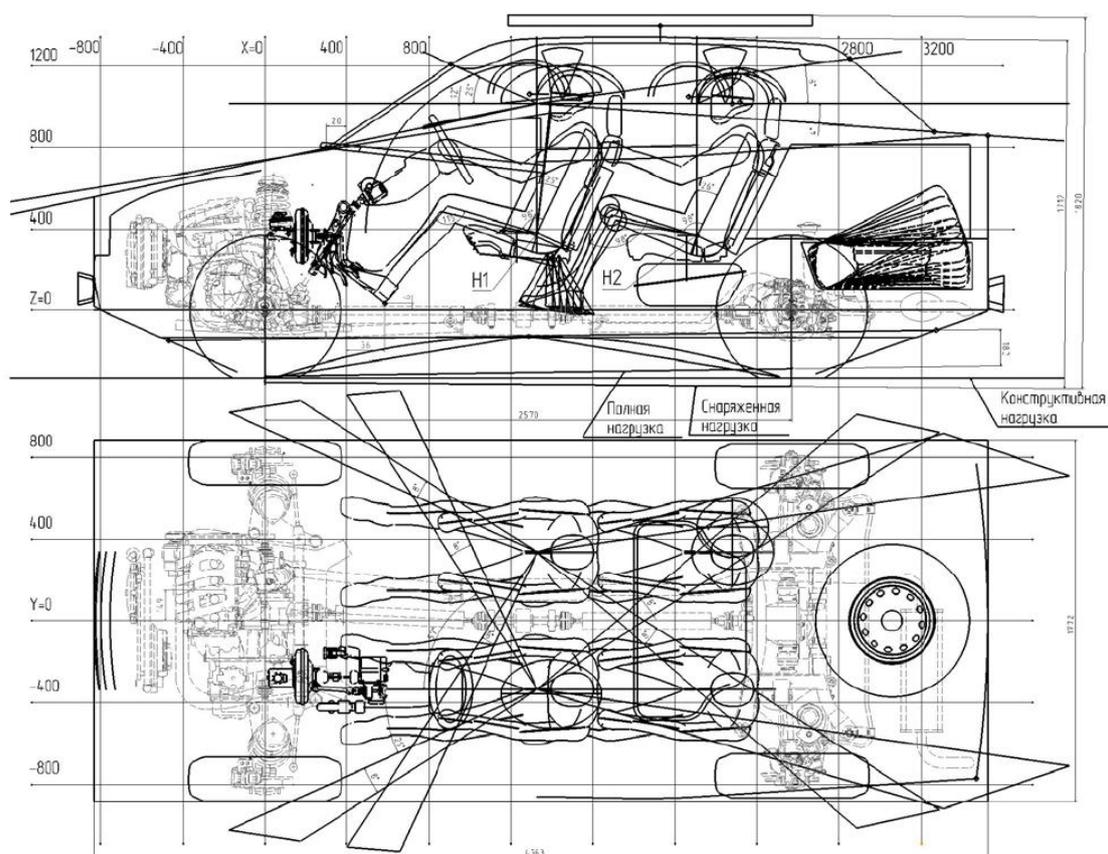
Анализ компоновок легковых автомобилей  
с передним расположением двигателя

№ п/п	Схема	Преимущества	Недостатки
1		<ul style="list-style-type: none"> <li>- широкая гамма двигателей</li> <li>- легкость создания полноприводной модификации</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- большой передний свес</li> <li>- неоптимальная развесовка</li> </ul>
2		<ul style="list-style-type: none"> <li>- широкая гамма двигателей</li> <li>- малый передний свес</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- увеличение массы автомобиля</li> <li>- туннель в полу салона</li> <li>- компоновка багажника</li> </ul>
3		<ul style="list-style-type: none"> <li>- широкая гамма двигателей</li> <li>- оптимальная развесовка</li> <li>- очень короткий передний свес</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- высокий пол кузова в задней части</li> <li>- сложность управления коробкой передач</li> <li>- сложность создания полноприводной модификации</li> </ul>
4		<ul style="list-style-type: none"> <li>- хорошая проходимость и динамика</li> <li>- коробка передач, главная передача и межосевой дифференциал в одном корпусе</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- большой передний свес</li> </ul>
5		<ul style="list-style-type: none"> <li>- хорошая проходимость и динамика</li> <li>- унификация с АТС классической компоновки</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- высокое расположение двигателя</li> <li>- очень широкий туннель в салоне</li> <li>- увеличение массы</li> </ul>
6		<ul style="list-style-type: none"> <li>- малый передний свес</li> <li>- отсутствие туннеля</li> <li>- удобство сборки</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- перегрузка передней оси</li> <li>- ограниченная длина мотора</li> </ul>
7		<ul style="list-style-type: none"> <li>- хорошая проходимость и динамика</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ограниченная длина мотора</li> </ul>

1 – двигатель; 2 – коробка передач; 3 – главная передача и дифференциал;  
4 – раздаточная коробка.

По результатам эскизной компоновки разрабатывается дизайн-проект для нахождения образца экстерьера и интерьера. Далее на основании эскизов или виртуальных моделей создается макет внешней формы и посадочный макет внутреннего пространства в натуральную величину для оценки дизайна. Параллельно создаются макеты разрабатываемых узлов и агрегатов на базе их эскизных компоновок. Далее создается демонстрационный макет, включающий дизайн экстерьера, интерьера и макеты узлов и агрегатов.

На основании проработанных макетов оригинальных узлов и агрегатов создаются их рабочие макеты, которые устанавливаются на так называемых ходовых макетах для определения их работоспособности. По решению заказчика проекта может быть разработан демонстрационный ходовой макет.



*Рис. 2. Схема вместимости автомобиля*

Схема вместимости (рис. 2) определяет:

- основные геометрические параметры автомобиля;

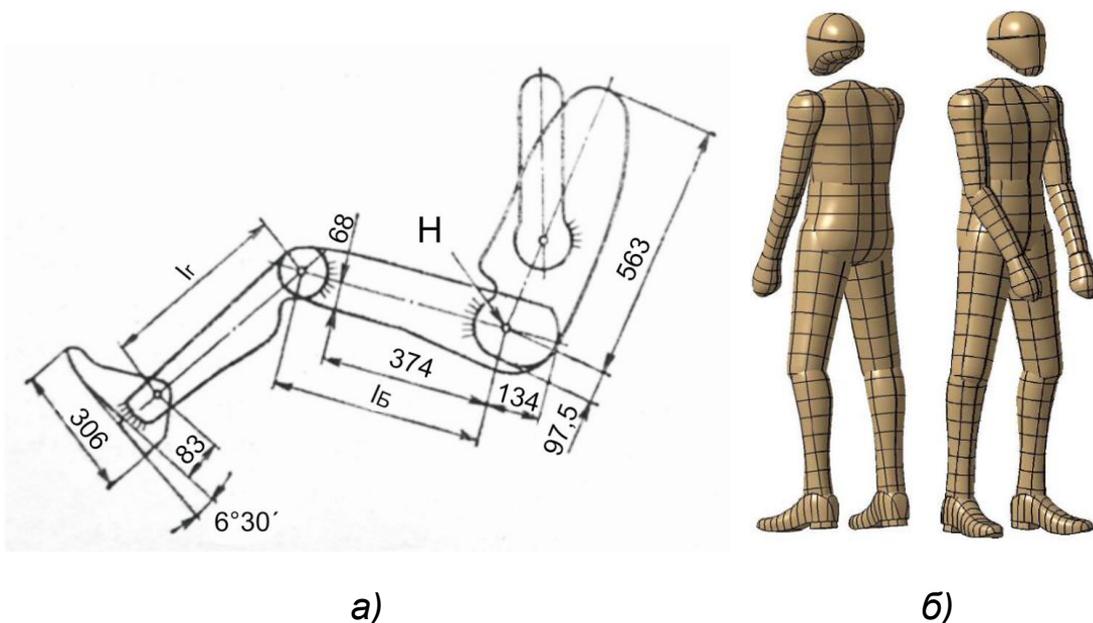


- вертикальная поперечная плоскость  $X$ , проходящая через ось передних колес;
- вертикальная продольная плоскость  $Y$ , проходящая через ось симметрии автомобиля;
- горизонтальная плоскость  $Z$ , проходящая через ось передних колес параллельно элементам кузова или рамы.

Эскизную компоновку автомобиля начинают с размещения людей в салоне, модели мужчин и женщин, которые по статистике разделяют на три стандартные группы роста по уровням репрезентативности (перцентиль):

- малые – люди 5-го и 10-го перцентиля (т.е. существует 5 и 10% людей, рост которых соответственно ниже этого значения);
- средние – люди 50-го перцентиля;
- большие – люди 95-го перцентиля.

Параметры исходного шаблона фигуры человека и объемная модель, используемая при проектировании в 3Dпрограммах, представлены на рис. 4.



*Рис. 4. Исходный шаблон фигуры человека (а)  
и объемная модель в 3D программе (б)*

Значения переменных величин различных уровней репрезентативности приведены в табл. 6.

Значения переменных величин различных уровней репрезентативности

Уровень репрезентативности, %	10	50	95
$L_r$ , мм	390	417	444
$L_b$ , мм	408	432	456

Для определения положения водителя строят линии внутренних границ пола (рис. 5) и перегородки моторного отсека. При этом длина поперечной части пола должна быть не менее 306 мм. Далее наносят линию подушки сидения, сжатой силой тяжести водителя, высота которой над уровнем пола должна быть не менее 100 мм. Сидение должно иметь регулировки в продольном положении (не менее 100 мм) и в вертикальном положении (не менее 80 мм).

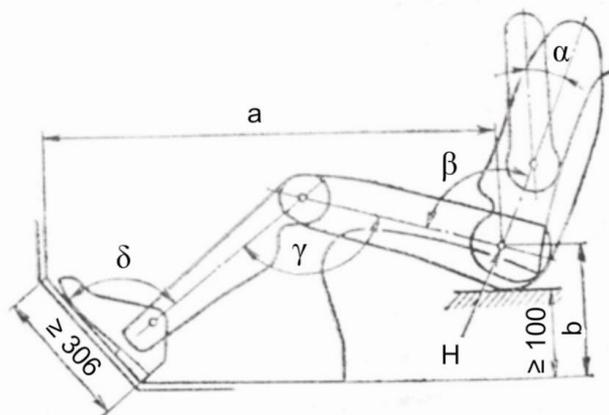


Рис. 5. Размещение водителя

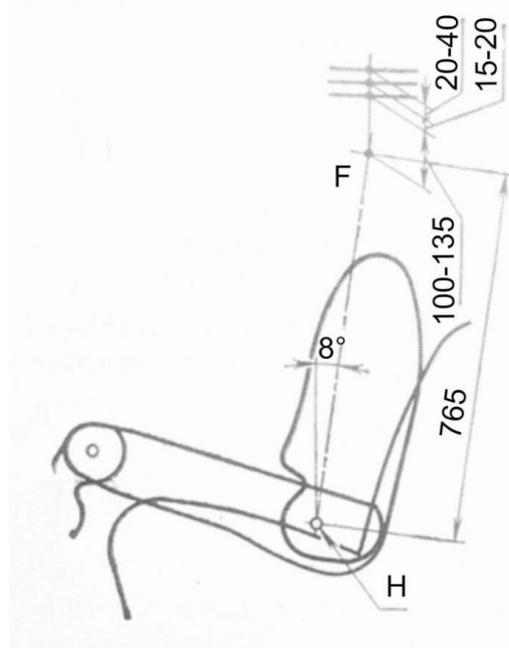
Сначала сидение принимают установленными в крайнее заднее положение и используют модель мужчины 95-го перцентиля и выбирают угол наклона  $\alpha$  оси торса к вертикале  $20\text{--}30^\circ$ . Когда стопа находится на наклонной части пола, посадка считается удовлетворительной для легкового автомобиля, если представленные углы лежат в диапазонах:  $\beta = 60\text{--}100^\circ$ ;  $\gamma = 80\text{--}170^\circ$ ;  $\delta = 75\text{--}130^\circ$ .

Модель женщины 5-го перцентиля используется для оценки посадки водителя при крайнем переднем положении.

Для найденного крайнего заднего и нижнего положения сидения водителя строят контурную линию задней стороны сидения. Процесс

размещения сидящего на заднем сидении пассажира аналогичен. При этом необходимо обеспечить зазор между элементом голени и задней стороной сидения водителя.

Линия крыши водителя (рис. 6) определяется наличием зазора от головы водителя до внутренней стороны обшивки салона (100–135 мм). Такие же условия необходимо обеспечить для пассажира на заднем сидении. Далее надо учесть общую толщину крыши (15–20 мм), стрелу поперечного выгиба крыши и то, что сидение располагается не в плоскости симметрии автомобиля.



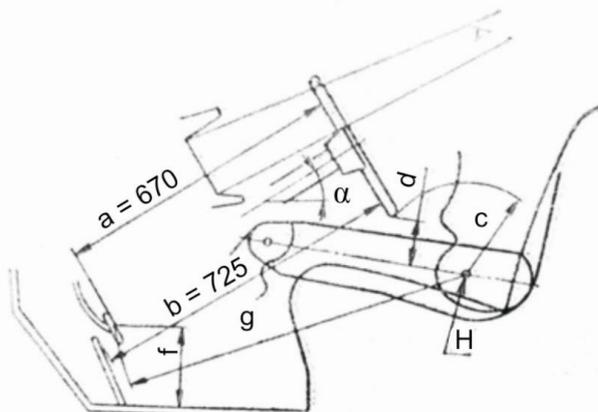
*Рис. 6. Построение конструкции линии крыши*

Положения рулевого колеса, задается углом наклона  $\alpha$  и положением линий точки его обода (рис. 7), которые выбираются исходя из соображений удобства управления. Рекомендуется, чтобы линия, касательная к линии контура капота и верхней части обода колеса проходила ниже глаз водителя, чтобы рулевое колесо не ограничивало зону обзора снизу.

Положение площадок педалей определяется по высоте от пола расстоянием  $f$ , а по длине кратчайшем расстоянием  $g$  от точки  $H$  при крайнем заднем положении сидения для модели мужчины 95-го перцентиля с учетом нормативной документации.

Расположение педалей тормоза и сцепления в опущенном состоянии должно обеспечивать зазор между ногой и рулевым колесом.

Управление педалью подачи топлива должно обеспечиваться только изменением угла в голеностопном суставе.

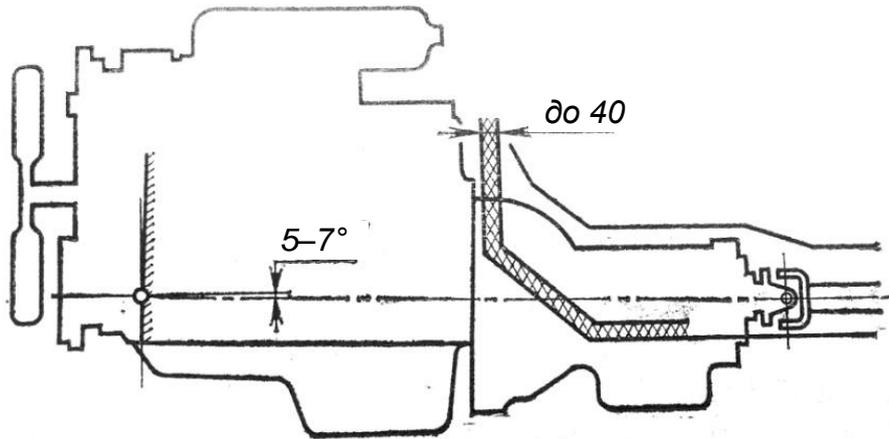


*Рис. 7. Положение рулевого колеса, панели приборов и педалей*

Расположение панели приборов должно обеспечивать водителю получение информации без изменения положения головы. Для этого прямая между высшей точкой щитка приборов и внутренней кромкой обода рулевого колеса должна проходить выше глаз водителя. А прямая между нижней точкой щитка и верхней кромкой ступицы рулевого колеса – ниже глаз водителя.

Далее наносится ограничительный контур автомобиля, задаются границы моторного и багажного отделений. Компоновку двигателя начинают с нанесений линии наружной перегородки моторного отсека, пола и его наклонной части (рис. 8). Необходимо, чтобы расположение двигателя допускало снятие головки блока без демонтажа с автомобиля. Ось коленчатого вала должна быть наклонена на  $5-7^\circ$  для снижения в салоне высоты тоннеля для карданной передачи.

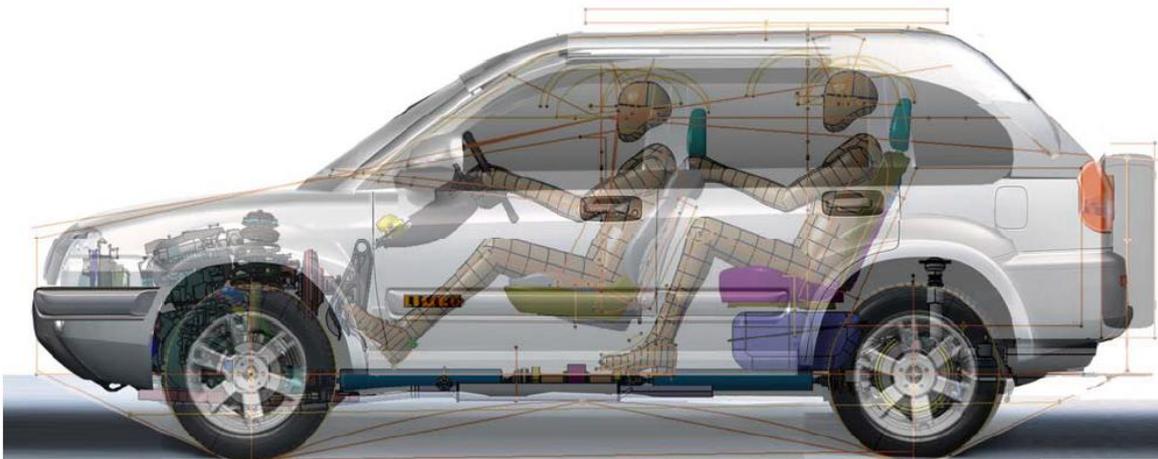
Положения осей колес зависит от распределения по мостам массы автомобиля и размещение контуров колес. Кожухи передних колес не должны выступать назад за линию перегородки моторного отсека в наклонной части пола, чтобы не ухудшать условия размещения педалей. Кожухи задних колес необходимо размещать за спиной задних сидений, чтобы не вызывать уменьшение ширины сидений.



*Рис. 8. Расположение двигателя*

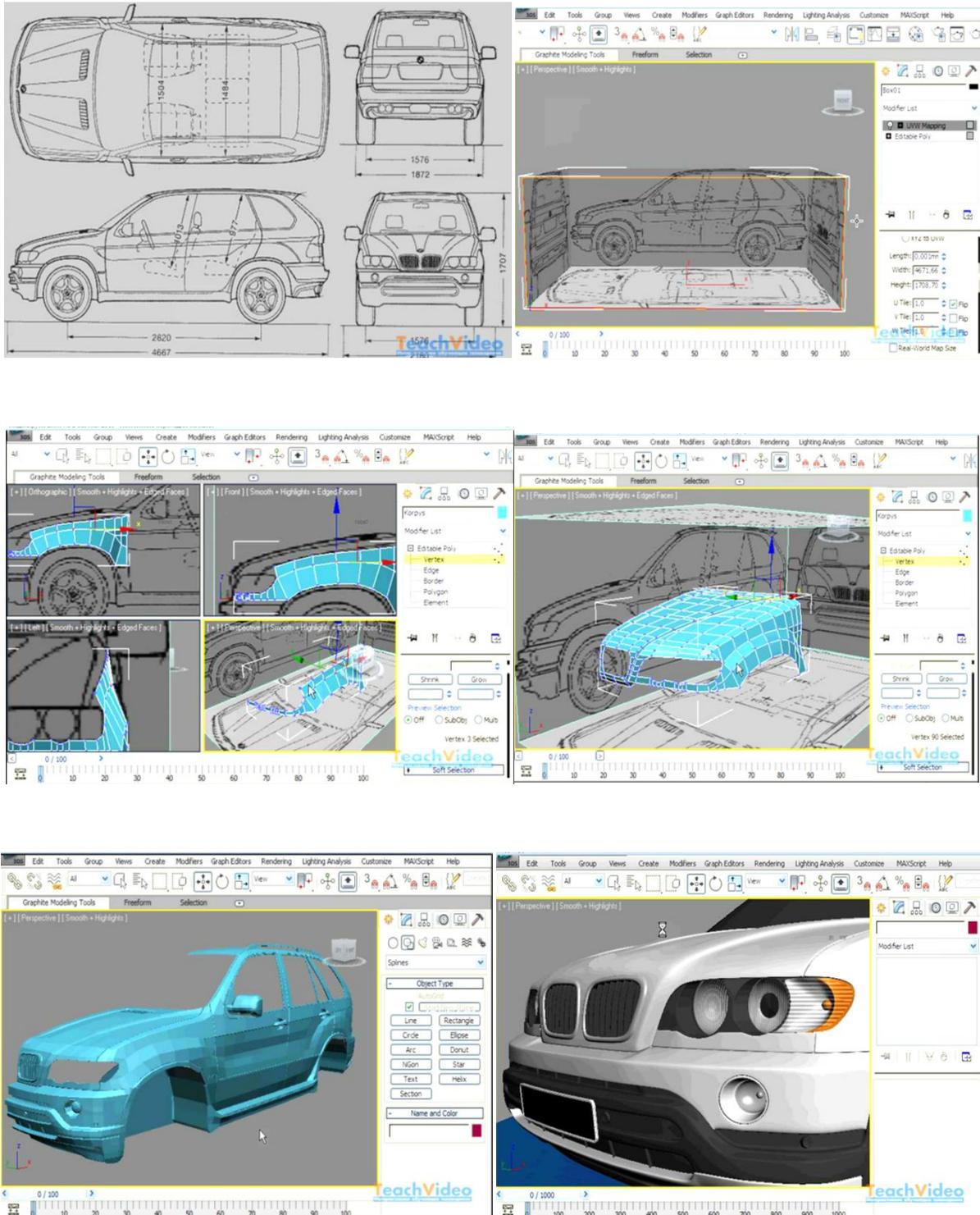
После утверждения эскизной компоновки начинается проработка дизайн – проекта. На компоновку накладываются различные варианты решения дизайна экстерьера и интерьера (рис. 9). Утверждается вариант наиболее подходящий по условиям, заложенным в техническом задании.

Утвержденная концепция образа автомобиля является исходной для разработки макета внешних форм в масштабе 1:1, выполняемого из пластилина или другого материала.



*Рис. 9. Разработка дизайна автомобиля по эскизной компоновке*

Этот макет позволяет получить общие впечатления от автомобиля, обмера наружных поверхностей для воспроизведения математической модели в 3D программе (рис. 10, 11).



*Рис. 10. Этапы создания объемной модели кузова автомобиля в 3D графике*

Создание макета в масштабе 1:5 позволит уточнить внешние формы по результатам продувки в аэродинамической трубе.

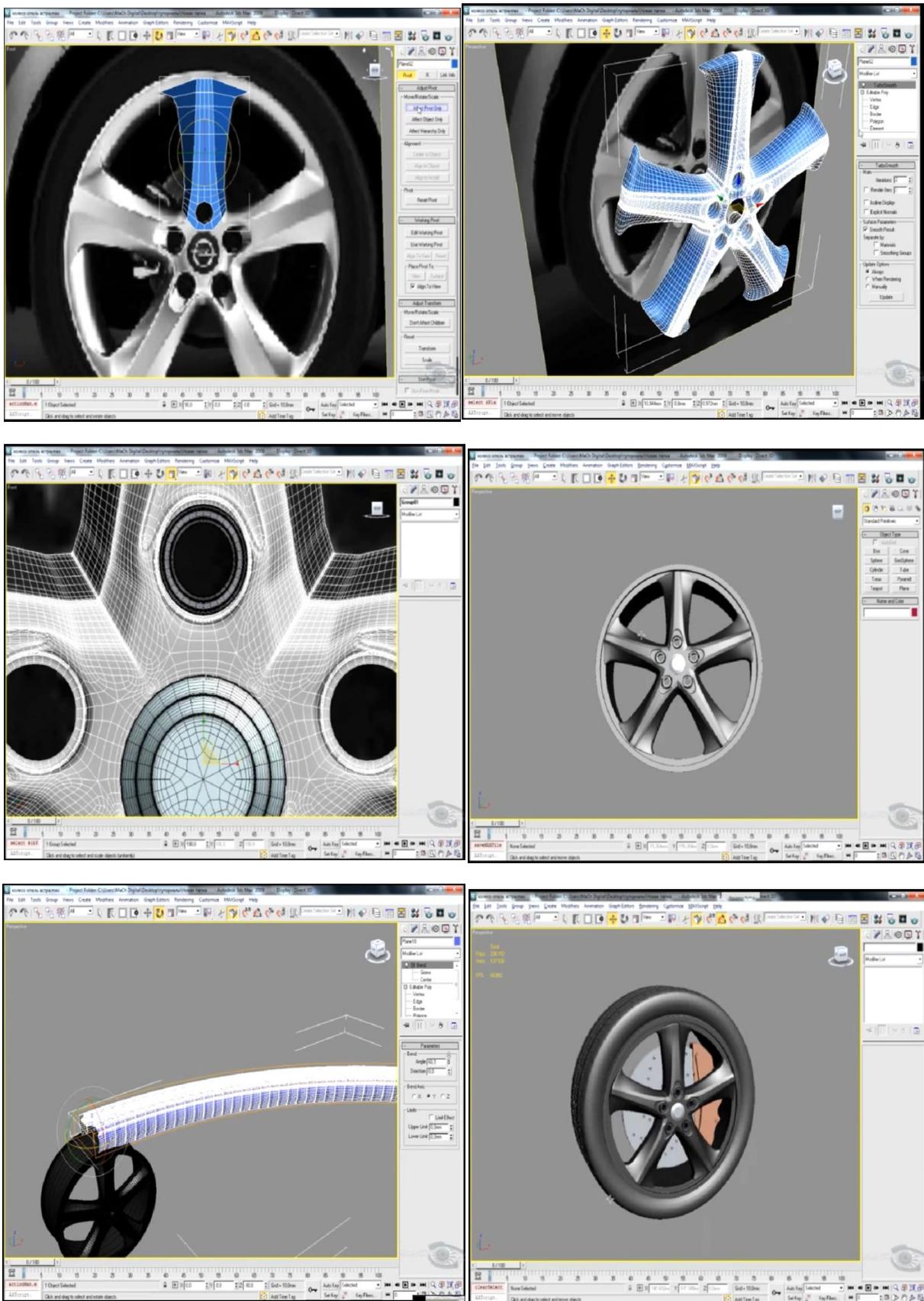


Рис. 11. Этапы создания объемной модели колеса в 3D графике

Параллельно разрабатывается модель интерьера (посадочный макет), в масштабе 1:1 с каркасом из металла или из дерева по контуру салона с панелью приборов, рулевым колесом, педалями, рычагами управления сидениями и т.п. Для конструирования элементов салона используется пластилин, гипс, дерево, существующие узлы, детали и т.п.

Для оценки посадочного макета используют метод экспертной оценки. Для анкетирования в качестве экспертов подбираются, как правило, опытные испытатели и конструктора, предоставляющие людей различного уровня репрезентативности.

Как для экстерьера, так и для интерьера разрабатываются тематические модели (рис. 12).

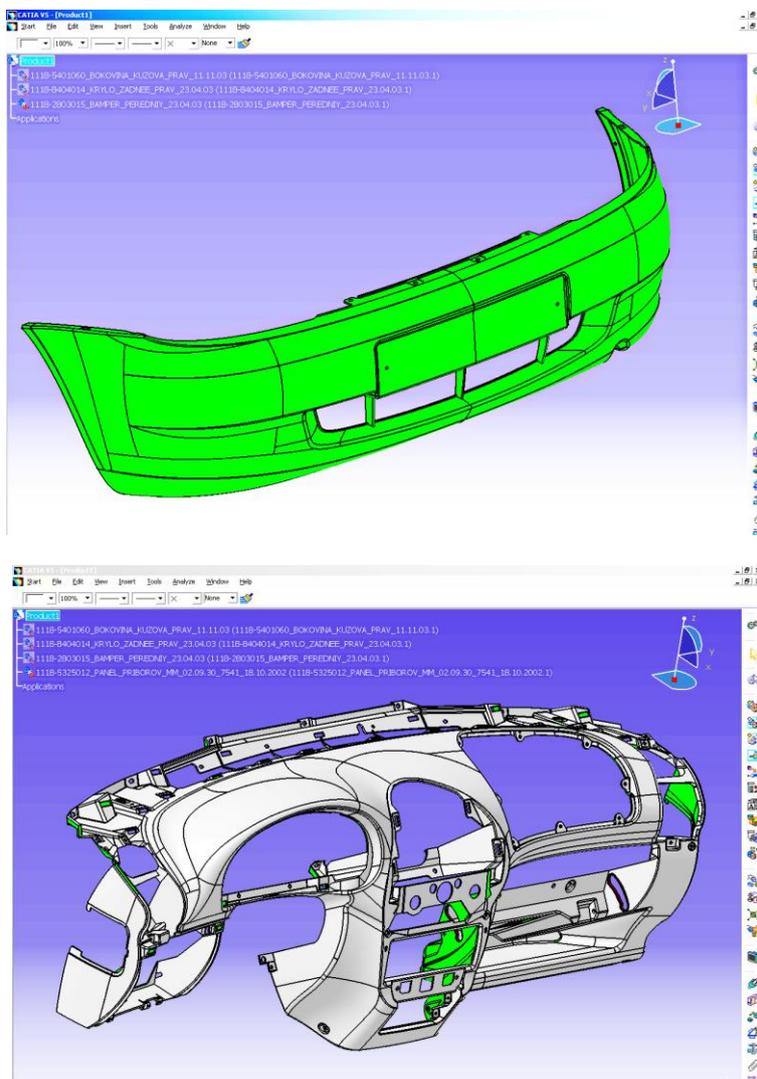


Рис. 12. Объемная модель панели приборов и бампера в 3D графике

На завершающей стадии разрабатывается демонстрационный макет, совмещающий в себе уже проработанный дизайн экстерьера и интерьера, а также макеты вновь разрабатываемых узлов и агрегатов.

Помимо макетов оригинальных узлов и агрегатов разрабатываются их рабочие макеты. Для проверки работоспособности и соответствия требуемым техническим характеристикам, рабочие макеты устанавливаются и испытываются на ходовых моделях, которыми могут являться автомобили – предшественники или автомобили – аналоги.

В остальных случаях возможно создание демонстрационного ходового макета на базе платформы модели автомобиля – предшественника или автомобиля – аналога. При этом платформу базового автомобиля приводят в соответствие с разрабатываемым дизайном.

При этом рабочие макеты узлов и агрегатов, панели кузова, двери, фары и т.п. изготавливают при помощи «обходной технологии», т.е. в отсутствие основной технологии их изготовления, но с соблюдением всех требований к изделию.

Полученный демонстрационный ходовой макет дает полное представление об облике автомобиля, позволяет «почувствовать» автомобиль, а также провести ряд предварительных дорожных испытаний.

## ГЛАВА 6. ЭТАП ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ



Полученные на этапе эскизного проекта технические решения группируются в технические предложения по конструкции автомобиля (ТПр).

Утвержденные технические требования и технические предложения объединяются в едином документе – техническом задании.

Технические задания (ТЗ) – документ на основании которого ставятся конкретные задачи конструкторам с гарантией их взаимосвязанности и достижимости технических показателей, заложенном в проекте.

Технические предложения должны быть даны на все требования, изложенные в ТТ, и по всем составленным частям проекта.

ТПр должны в общем случае включать:

1. Технические предложения по автомобилю.

Раздел включает:

1.1 Обозначение автомобиля, принятое в России.

1.2 Обозначение и номенклатура двигателей и агрегатов трансмиссии.

1.3 Распределение объема производства автомобилей по модификациям, исполнениям и комплектациям.

1.4 Распределение объема производства по номенклатуре двигателей и агрегатов трансмиссии.

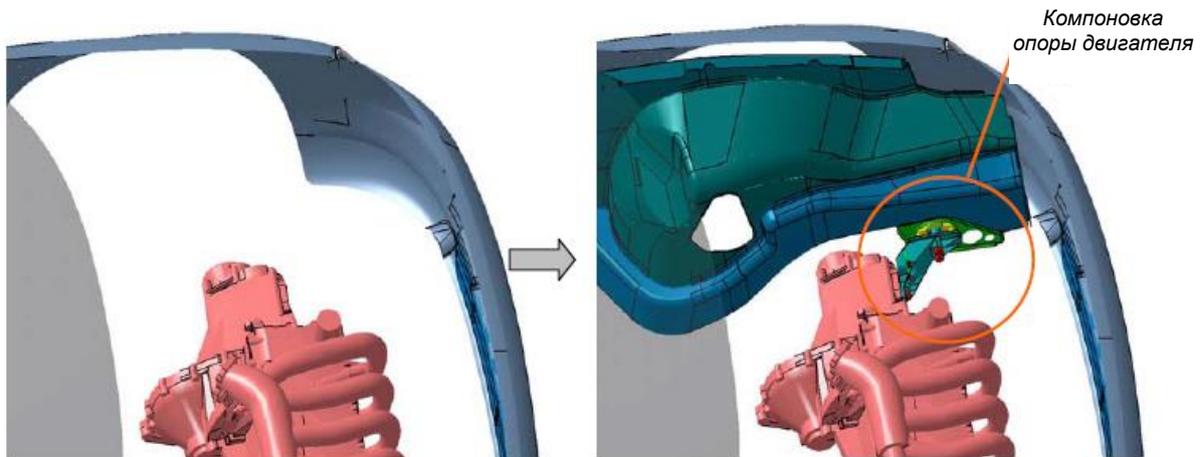
2. Сводная ведомость описательных спецификаций составных частей автомобиля.

3. Технические предложения к материалам.

Состав технического задания, сформулированного из ТТ и ТПр включает как выполнение общей компоновки автомобиля в целом, так и его узлов, агрегатов и систем в отдельности.

Отличие общей компоновки от эскизной состоит в более детальной проработке составных частей автомобиля. Так, в эскизной компоновке было определено пространственное положение двигателя. В общей же компоновке уже определяются точки крепления двигателя, необходимые опоры и кронштейны (рис. 13).

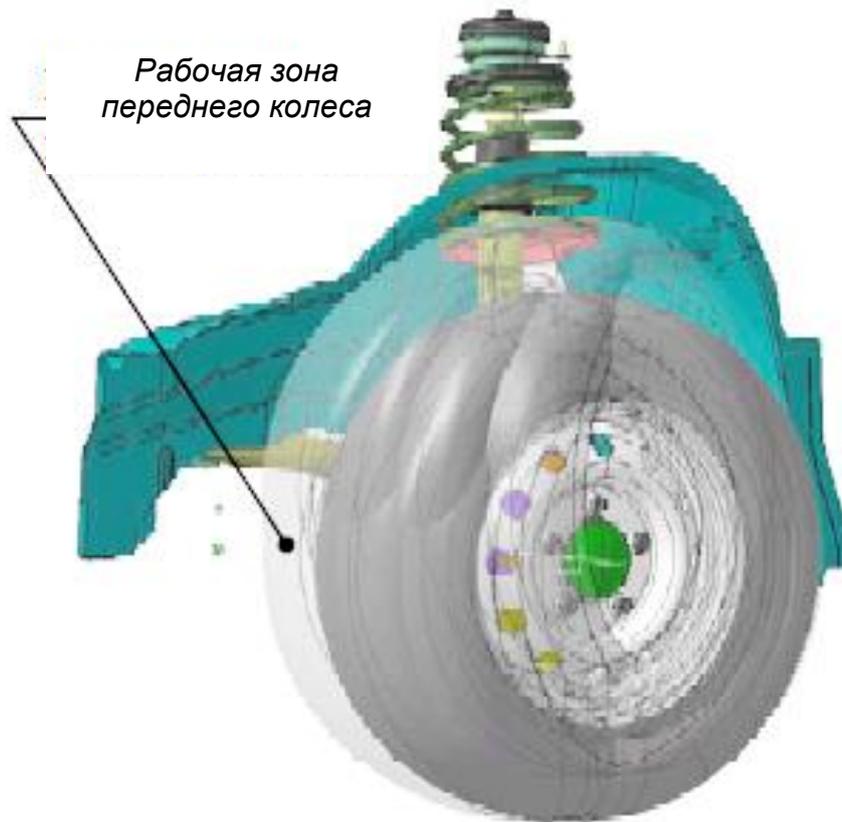
Так же в процессе компоновки определяются взаимное расположение узлов и рабочее пространство для подвижных узлов (рис. 14). Допускается на данном этапе не указывать мелкие радиусы, фаски и т.д., не влияющие на зазоры между узлами.



*Размещение силового агрегата  
внутри пространства автомобиля  
в процессе эскизной компоновки*

*Проработка каркаса кузова  
с компоновкой опоры силового  
агрегата в процессе общей компоновки*

*Рис. 13. Сравнение эскизной и общей компоновки*



*Рис. 14. Определение рабочей зоны колеса*

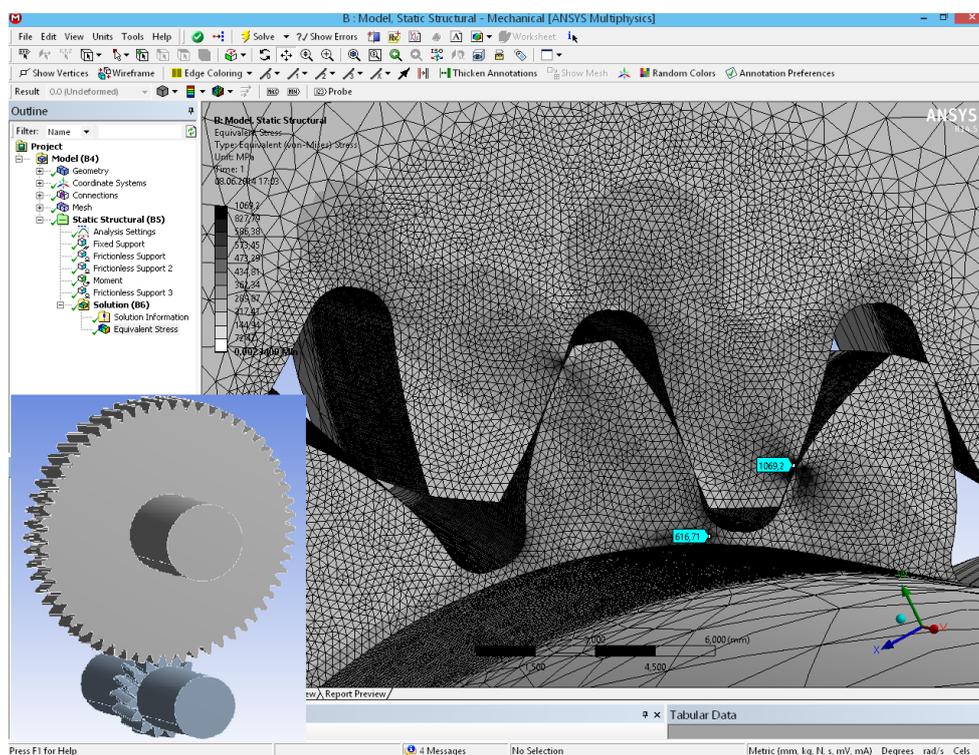
В результате выполнения общей компоновки составляется компоновочный паспорт – документ содержащий информацию о расположении элементов относительно системы координат автомобиля.

Компоновочный паспорт выдается в 2D-формате, полученный методом проецирования математических моделей элементов автомобиля на координатные плоскости.

## ГЛАВА 7. ЭТАП ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА



Данный этап включает разработку полной математической модели автомобиля и комплекта соответствующей конструкторской документации.



*Рис. 15. Оценка нагруженности шестерни коробки передач методом конечных элементов*

Математическая модель автомобиля должна включать полный перечень деталей, узлов и агрегатов содержащих, в отличие от пред-

варительных компоновочных моделей, подробную геометрию конструкции с учетом технологических особенностей.

Разработка моделей элементов автомобиля производится в соответствии с компоновочными паспортами и ТЗ.

С целью достижения необходимых показателей надежности, долговечности (рис. 15), показателей рабочих процессов, формирующих показатели эксплуатационных свойств автомобиля, должны выполняться всевозможные расчеты в соответствии с требованием стандарта качества ИСО 9001/9002.

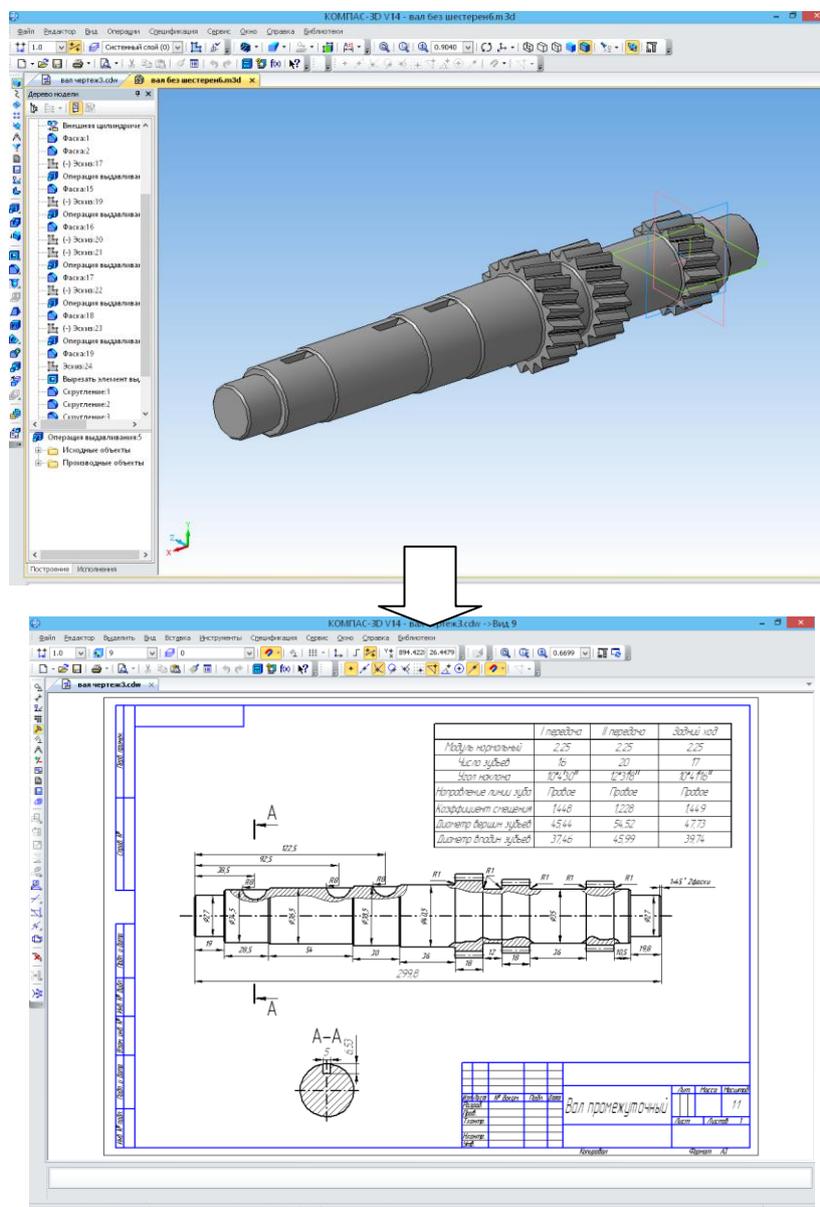


Рис. 16. Получение чертежа промежуточного вала коробки передач с помощью 3D модели

Наличие математических моделей позволяет разработать комплект конструкторской документации (КД) с соблюдением требований ГОСТов, ЕСКД, ОСТов и стандартов предприятий (СТП).

Комплект КД автомобиля включает:

- полный перечень чертежей (рис. 16);
- комплект соответствующих спецификаций;
- технические требования к комплектующим изделиям;
- ремонтно-эксплуатационные документы.

*1. Чертежи выполняются проецированием математических моделей на проекционные плоскости. Различают три основных типа чертежей.*

#### 1.1 Чертеж на деталь.

Содержит полную информацию о геометрии детали и технологические особенности ее изготовления.

Информация считается полной, если количество видов, сечений и проставляемых размеров достаточно для воспроизведения детали в обратном порядке из 2D формата в 3D формат.

#### 1.2 Сборочный чертеж.

Выполняются на узлы, механизмы, агрегаты для обеспечения возможности собрать перечисленные части автомобиля из входящих в них элементов (выполняется в том случае, если число входящих деталей не менее двух).

На чертеже сборочного изделия проставляется «СБ».

#### 1.3 Монтажный чертеж.

Выполняется для обеспечения возможности установки составных частей на самом автомобиле. При этом все установленные размеры проставляются относительно системы координат автомобиля.

Монтажные чертежи обозначаются «МЧ».

*2. Спецификация выполняется на сборочные и монтажные чертежи. В нее входят сборочные единицы, детали, стандартные изделия (болты, гайки, прокладки и др.)*

Общая структура обозначений и спецификаций должна подчиняться логической схеме последовательности сборки автомобиля.

### 3. Технические требования в комплектующим изделиям.

Составляются для таких деталей и сборочных единиц, которые не будут изготавливаться на предприятии-разработчике, а будут производиться сторонних предприятиях.

Комплект чертежей и спецификаций на подобные изделия может являться коммерческой тайной.

### 4. Ремонтно-эксплуатационные документы.

Это документация составляется как на автомобиль, так и на некоторые его узлы для обеспечения высоких показателей надежности и долговечности и включает требования по обслуживанию и эксплуатации автомобиля.

На последующих этапах проектирования КД постепенно корректируются по результатам исследований опытных образцов.

## ГЛАВА 8. ЭТАП ПРОВЕРКИ ПРОЕКТА И ДОВОДКИ КОНСТРУКЦИИ



Как правило, достичь сразу заполненных в ТЗ требований практически невозможно, так как всегда обнаруживаются какие-либо несоответствия, вследствие этого должен быть цикл доводки конструкции (рис. 25).

Доводка – мероприятия по исключению несоответствий внесением изменений в конструкцию по результатам испытаний.

Испытание – определение свойств автомобиля, агрегатов, узлов, систем на соответствие требованиям:

- задания на проект;
- технических требований;
- технического задания;
- технических условий.

Испытания могут осуществляться:

- на расчетных моделях;
- в лабораторных условиях на специализированных стендах;
- на испытательных полигонах;
- в реальных условиях эксплуатации.

По результатам испытаний производится корректировки регламентирующих документов конструкции, математической модели автомобиля, конструкторской документации.

В процессе проектирования можно выделить пять этапов.

1 этап. Охватывает комплекс работ на стадии разработки концепции автомобиля – определение аналогов разрабатываемого автомобиля, прогнозирование уровня потребительских свойств, определение тягово-динамических, топливно-экономических и экологических показателей при разработке ЗП.

На данном этапе объектами исследования являются предшествующие аналоги и аналоги фирм конкурентов.

2 этап. Включает исследовательские испытания:

- испытания ходовых макетов, демонстрационного ходового макета, а также макетов оригинальных узлов и агрегатов разрабатываемого автомобиля;
- определение аэродинамических показателей на макете внешних форм;
- оценка эргономических испытаний на посадочном макете.

3 этап. Включает доводочные испытания опытных образцов автомобилей, агрегатов, узлов, систем:

- доводка оценочных параметров автомобиля, его узлов, агрегатов, систем до уровня ТТ;

- выдача одобрения конструкции автомобиля и его узлов, агрегатов, систем для технологической подготовки производства.

Объектами исследований на данном этапе являются математическая модель автомобиля, опытные образцы автомобилей, узлов, агрегатов, систем изготовленные по конструкторским документам.

4 этап. Включает приемочные испытания автомобилей и состоит:

- из окончательной оценки соответствия автомобиля и его элементов ТЗ;
- подтверждения готовности автомобиля для постановки на производство.

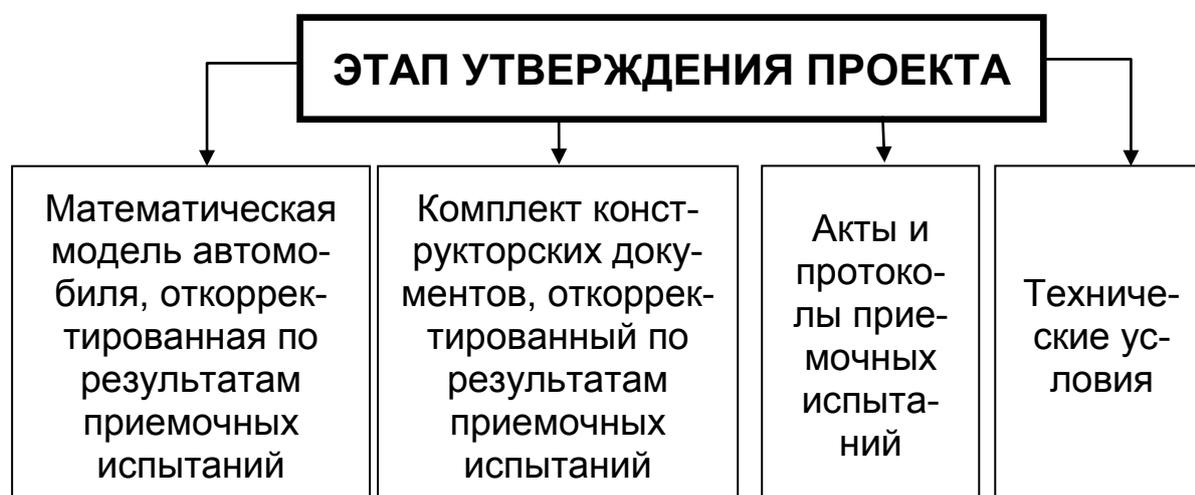
Объектами испытаний на данном этапе являются автомобили, узлы, агрегаты, системы, которые были изготовлены по конструкторской документации прошедшей корректировку по результатам доводочных испытаний на третьем этапе.

5 этап. Включает квалификационные испытания автомобилей установочной партии и состоит:

- из оценки соответствия конструкции автомобиля и его элементов техническим условиям;
- оценки готовности предприятия–изготовителя к выпуску продукции.

Объектами испытаний на данном этапе являются автомобили, узлы, агрегаты, системы, изготавливаемые по окончательному варианту конструкторской документации для серийного производства.

## ГЛАВА 9. ЭТАП УТВЕРЖДЕНИЯ ПРОЕКТА



Данный этап базируется на результатах приемочных испытаний (4-й этап испытаний в процессе проектирования автомобиля). После корректировки, по результатам испытаний, математическая модель и КД передаются на производство.

Во время проведения приемочных испытаний на производстве должна начаться подготовка к серийному производству, на основании КД, откорректированной на основании доводочных работ на 3-м этапе испытаний.

Перед запуском автомобиля в полномасштабное серийное производство необходимо отработать сборку в опытно-промышленном производстве мелкосерийными партиями.

Опытно-промышленное производство отличается от эксплуатационного тем, что образцы собраны не вручную, а на оборудовании, аналогичном размещенному на главном конвейере.

Мелкосерийная партия, «предпилотная», доводится на приемочных испытаниях. На этой серии проводится весь объем стендовых и дорожных испытаний.

На основании этих испытаний приемная комиссия во главе с руководителем производства должны подтвердить готовность автомобиля к производству.

Откорректированные по результатам приемочных испытаний математическая модель и КД передаются в действующее производство.

Далее происходит процесс утверждения технических условий (ТУ) на автомобиль, которые являются переработанным по результатам испытаний техническим заданием (ТЗ).

Технические условия (ТУ) – документ, на основании которого предприятию-изготовителю могут быть представлены претензии при обнаружении несоответствия выпускаемой продукции.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Афанасьев, Б.А. Проектирование полноприводных колесных машин / Б.А. Афанасьев, Л.Ф. Жеглов, В.Н. Зузов. – М: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.
2. Иванов, А.М. Автомобили. Конструкция и рабочие процессы / А.М. Иванов, С.Н. Иванов, Н.П. Квасновская. – М.: Академия, 2012.
3. Лукин, П.П. Конструирование и расчет автомобиля / П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянц, В.Ф. Радионов. – М: Машиностроение, 1984.
4. Этапы разработки легкового автомобиля / Е.У. Исаев, Н.С. Соломатин, В.В. Ковтун, В.М. Карпов. – Томск: Издательство ТГУ, 2004.
5. 3D моделирование: создайте свой BMW X5. – URL: [http://www.teachvideo.ru/blog/2010/03/22/3d\\_auto](http://www.teachvideo.ru/blog/2010/03/22/3d_auto)

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

Предисловие .....	3
Глава 1. Требования к автомобилю, его свойства, влияние конструкции. Компоновка автомобиля .....	3
Глава 2. Основы конструкции автомобиля.....	5
Глава 3. Предпроектный этап.....	6
Глава 4. Этап разработки проекта технических требований .....	7
Глава 5. Этап эскизного проекта .....	13
Глава 6. Этап технического задания.....	28
Глава 7. Этап технического проекта .....	31
Глава 8. Этап проверки проекта и доводки конструкции .....	34
Глава 9. Этап утверждения проекта .....	36
Литература.....	38