

Государственного учреждения образования
«Гимназия г.Ветка»

Методическая разработка факультативного занятия
«Общее устройство легкового автомобиля»

Туровец Сергей Сергеевич,
учитель физики и математики

г.Ветка, 2026

Тема: «Общее устройство легкового автомобиля»

Класс: 10 (инженерная группа)

Время: 80 минут (2 академических часа)

Тип занятия: комбинированное занятие с элементами проектной деятельности и компьютерного моделирования.

Форма проведения: групповая работа (3-4 человека), решение инженерных кейсов.

Цель: формирование у учащихся целостного инженерного представления о легковом автомобиле как о системе, в которой физические законы (механика, термодинамика, электродинамика) реализованы в конкретных конструкторских решениях.

Задачи:

образовательные:

изучить назначение и физические принципы работы двигателей внутреннего сгорания и электродвигателей, трансмиссии, ходовой части, тормозной системы;

научить делать простейшие расчёты передаточных чисел коробки передач, жёсткости подвески, тормозного пути и нагрева тормозных дисков;

познакомить с инженерными инструментами (онлайн-симуляторы, CAD-моделирование).

развивающие:

развивать инженерное мышление: умение разделять сложную систему на подсистемы;

совершенствовать навыки работы с формулами, графиками, размерностями;

формировать умение работать в команде и защищать инженерное решение.

воспитательные:

повышать престиж инженерных профессий через знакомство с реальными производствами Беларуси (BELGEE, МТЗ, МАЗ, МЗКТ, Амкодор, JAC, Белаз);

воспитывать ответственное отношение к безопасности дорожного движения (расчёт тормозного пути).

Оборудование и средства ИКТ

Аппаратное обеспечение:

интерактивная доска, проектор, дополнительные материалы для учителя (Приложение 1);

ноутбуки или планшеты для каждой группы (не менее 4 шт.) с выходом в интернет;

смартфоны учащихся (для QR-кодов и дополнительных симуляций) (Приложение 2).

Программное обеспечение и онлайн-ресурсы:

PhET Simulation «Masses and Springs» (https://phet.colorado.edu/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_en.html) — для расчёта подвески;

Gear Generator (<https://geargenerator.com>) — визуализация зубчатых передач;

Engine Simulator (например, <https://www.animatedengines.com>) — 4 - тактный ДВС;

Google Sheets (общий документ для расчётов группами);

Tinkercad (<https://www.tinkercad.com>) — для демонстрации CAD-модели рычага подвески;

QR-коды с техническими характеристиками BELGEE X50 и BELGEE e50 (скачать заранее с официального сайта).

Раздаточный материал:

карточки с условиями инженерных задач (для каждой группы свой вариант);

листы формата А3 и маркеры для финального эскиза;

калькуляторы (или используют встроенные в ноутбуки).

Этап	Время	Содержание
1. Оргмомент и инженерный вызов	5 мин	Постановка проблемы: создать электромобиль для РБ. Разбивка на группы.
2. Актуализация (физический блиц)	5 мин	4 вопроса на понимание физики автомобиля.
3. Блок А: Двигатель (ДВС - электромотор)	12 мин	Симуляция, сравнение характеристик, работа с графиками.
4. Блок Б: Трансмиссия (расчёт передаточных чисел)	15 мин	Инженерная задача в Google Sheets. Подбор КПП.
5. Блок В: Ходовая часть (подвеска и закон Гука)	12 мин	Моделирование в PhET, расчёт жёсткости пружины и демпфирования.
6. Блок Г: Тормозная система (энергетический баланс)	11 мин	Расчёт силы трения, нагрева дисков. Практикоориентированный контекст (МАЗ).
7. Инженерная пауза «Физика в автосервисе»	6 мин	Дефекты и их физические причины.
8. Проектная сессия «Сборка идеального авто для РБ»	10 мин	Эскиз, подпись параметров, защита (1 мин на группу).
9. Рефлексия «Инженерная карта»	4 мин	Оценка понимания и интереса к профессии.

Ход занятия

1. Организационный момент и инженерный вызов (5 минут)

Учитель: «Добрый день, будущие инженеры! Сегодня мы будем не просто изучать устройство автомобиля, а проектировать его под реальные условия Беларуси. Представьте: к вам обратился стартап "БЭМС" (БелЭкоМоторсСистемс). Они хотят выпустить первый белорусский компактный электромобиль для города. И у заказчика вот такие требования:

запас хода не менее 300 км (чтобы можно было доехать из Минска в Могилев без подзарядки);

разгон 0–100 км/ч за 8 секунд (как у BELGEE X50);

клиренс (дорожный просвет) не менее 160 мм — для наших дорог, которые не везде идеальны;

стоимость производства ниже, чем у европейских аналогов.

Ваша задача за 80 минут — разобрать автомобиль на 4 ключевые системы, понять их физику и предложить, какую систему можно удешевить без потери качества и безопасности. Работаем в группах по 3-4 человека. У каждой группы будет свой "паспорт" реального автомобиля (BELGEE X50, Volkswagen Polo, Lada Vesta или др. аналогичные по параметрам). Возьмите конверты».

(Учитель раздаёт карточки с краткими ТТХ авто: масса, мощность, тип привода, колёсная формула).

Учитель: «Откройте тетради, запишите тему и четыре основных блока: "Двигатель", "Трансмиссия", "Ходовая часть", "Тормозная система". Против каждого блока напишите главный физический закон, который там работает. Начнём с быстрого блица».

2. Актуализация знаний: физический блиц (5 минут)

Учитель задаёт вопросы по очереди разным группам. За правильный ответ — 1 балл (фиксируется на доске).

Вопрос 1: «Почему у дизельного двигателя КПД выше (35-40%), чем у бензинового (25-30%)?» *Ожидаемый ответ:* У дизеля выше степень сжатия (18-

25 против 8-12) и, с учетом цикла Карно, чем выше температура в цилиндре, тем выше КПД (высокое сжатие сильнее нагревает воздух).

Вопрос 2: «Для чего нужен маховик на коленчатом валу двигателя?»

Ожидаемый *ответ:* Чтобы сгладить пульсации момента силы и работает закон сохранения момента импульса: маховик, благодаря большей массе, накапливает энергию и отдаёт её между тактами работы цилиндров двигателя.

Вопрос 3: «Почему на гоночных автомобилях используются шины с низким профилем (высота боковины маленькая)?» Ожидаемый *ответ:* При повороте возникает боковая сила, а шина с низким профилем меньше деформируется, значит, лучше держит траекторию.

Вопрос 4: «Что опаснее для пассажиров: жёсткий удар о бетонную стену или деформация кузова с длительным временем? С точки зрения физики.» Ожидаемый *ответ:* Опаснее жёсткий удар, потому что время остановки очень мало, и ускорение от этого огромное, следовательно, сила деформации по второму закону Ньютона очень большая. Направленная деформация кузова увеличивает время торможения, снижая при этом силу деформации.

Учитель: «Отлично. Вы уже думаете как инженеры. Теперь углубимся в каждую систему».

3. Блок А: двигатель — сердце автомобиля (12 минут)

Учитель: «Первая система — двигатель. У нас в группе два типа: ДВС (бензин) и электромотор. Разделимся: группа 1 и 2 анализируют ДВС (на примере BELGEE X50, 1.5 л, 122 л.с.), группа 3 и 4 — электромотор (BELGEE e50, 60 кВт). На ваших ноутбуках открыты симуляторы: *Animated Engines* (4-тактный цикл) и *EV Motor Simulator* (ссылки в QR-кодах). Ваша задача: снять характеристику крутящего момента M (Н·м) от оборотов n (об/мин). Построить график $M(n)$ в тетради или в Google Sheets. Время — 6 минут, затем обсуждение».

Группы работают. Учитель консультирует.

После работы — обсуждение на интерактивной доске.

Учитель выводит реальные графики из технической документации BELGEE.

Для ДВС:

Максимальный момент — 150 Н·м при 4000 об/мин., на холостых 800 об/мин момент малый 40 Н·м.

Поэтому нужна коробка передач: на низких передачах увеличивается момент на колёсах.

Для электромотора:

Максимальный момент с 0 об/мин. около 200 Н·м. и плато максимального момента до 5000 об/мин, затем снижается.

Вывод: коробка передач не нужна, но нужен редуктор.

Учитель: «Инженерный вопрос: Почему электромобиль разгоняется быстрее бензинового при одинаковой максимальной мощности?» Ответ: Потому что максимальный момент доступен сразу, а не после набора оборотов.

Практикоориентированный контекст: «Обратите внимание: BELGEE e50 — это электромобиль, который собирают в Борисове. Его батарея — 45 кВт·ч. Вопрос: сколько времени нужно заряжать такую батарею от домашней розетки 220 В, 16 А? (Мощность 3.5 кВт, время \approx 13 часов). На зарядных станциях (60 кВт) — 45 минут до 80%. Это важно для инфраструктуры».

4. Блок Б: Трансмиссия — игра «Подбери передаточное число» (15 минут)

Учитель: «Переходим к трансмиссии. У ДВС-автомобиля есть коробка передач (КПП) и главная передача. Ваша задача — рассчитать передаточные числа для условного автомобиля. Дано на экране и в раздаточном материале:

Радиус колеса $R = 0,3$ м (это примерно 15-дюймовые диски).

Максимальный крутящий момент двигателя $M_{\max} = 200$ Н·м (как у многих современных 1.5-литровых моторов).

Желаемая максимальная скорость $v_{\max} = 180$ км/ч = 50 м/с.

Диапазон оборотов двигателя: от 1000 до 6000 об/мин.

Передаточное число главной передачи (редуктора) i_0 нужно подобрать так, чтобы на высшей передаче ($i_{\text{кпп}} = 1$) при 6000 об/мин получить 50 м/с.

Затем нужно подобрать 4 передачи в КПП (i_1, i_2, i_3, i_4), чтобы разгон был равномерным.

Открываем общий Google-документ (ссылку я скинул в чат). Каждая группа вносит свои расчёты. Время — 10 минут».

Группы считают. Учитель помогает.

ИКТ: Учитель демонстрирует *Gear Generator*, как визуально выглядят шестерни с разным передаточным числом.

Инженерный вывод: «Передаточные числа выбираются так, чтобы двигатель работал в зоне максимального момента при разгоне. Это называется "согласование характеристик". Неправильный подбор ведёт к вялому разгону или перерасходу топлива».

5. Блок В: Ходовая часть — подвеска и закон Гука (12 минут)

Учитель: «Теперь поговорим о комфорте и управляемости. Ходовая часть включает подвеску — пружины и амортизаторы. Работаем с симулятором *PhET "Masses and Springs"*. Задача: для переднего колеса автомобиля массой 1000 кг (полная масса с пассажирами) нагрузка на одну пружину подвески — примерно 250 кг (2450 Н). Нужно подобрать жёсткость пружины k так, чтобы статический прогиб (осадка) был 10 см = 0.1 м. По закону Гука: $F = k|x|$, $F = 24500$ Н/м.

Открываем симулятор, ставим массу 250 кг, подбираем k . Теперь добавляем амортизатор — коэффициент демпфирования b . В симуляторе есть ползунок "Damping". Наша цель: чтобы после толчка колебания затухали за 2-3 периода. Подберите b .

Сравните с реальными данными: у BELGEE X50 передняя подвеска — McPherson, $k \sim 22000$ Н/м (чуть мягче, потому что масса немного меньше). Почему задняя пружина жёстче? (Из-за возможности перевозки груза.)»

Группы экспериментируют 5 минут, затем озвучивают результаты.

Учитель задаёт вопрос: «Что будет, если поставить очень жёсткие пружины ($k=50000$ Н/м)?» Ответ: Машина станет «дубовой», будет трясти на неровностях, но зато меньше кренов в поворотах. Это спортивная настройка.

Практикоориентированный контекст: «На грузовиках МАЗ используются пневмоподвески — там вместо пружины воздушный баллон. Жёсткость можно менять, подкачивая воздух. Это повышает комфорт и позволяет сохранять клиренс при загрузке».

6. Блок Г: Тормозная система — энергетический баланс (11 минут)

Учитель: «Самая важная система с точки зрения безопасности — тормоза. Автомобиль массой 1500 кг движется со скоростью 72 км/ч (20 м/с). Тормозной путь по сухому асфальту — 40 метров. Вопрос: какую среднюю силу трения развивают тормозные механизмы?»

Расчёт (группы выполняют в тетрадах): Кинетическая энергия: $E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{1500 \cdot 400}{2} = 300000 \text{ Дж}$. Работа силы трения: $A = F_{\text{тр}} \cdot s, s = \frac{300000}{7500} = 40 \text{ м}$. Это сила, которая действует на все четыре колеса суммарно, на одно колесо — 1875 Н.

Учитель: «Куда уходит эта энергия? В тепло! Тормозные диски нагреваются. Допустим, каждый диск стальной, масса одного диска 5 кг. Удельная теплоёмкость стали $c \approx 500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$. На сколько градусов нагреются все четыре диска за одно торможение?»

Расчёт: Теплота $Q = E_k = 300\ 000 \text{ Дж}$. Нагрев одного диска: $\Delta T = \frac{Q}{4 \cdot m_{\text{диска}} \cdot c} = \frac{300000}{4 \cdot 5 \cdot 500} = 30^\circ\text{C}$.

Учитель: «30 градусов — это много. А если тормозить с 130 км/ч (36 м/с)? Энергия $E_k = \frac{1500 \cdot 1296}{2} = 972000 \text{ Дж}$. $\Delta T = \frac{972000}{10000} = 97^\circ\text{C}$. Почти 100 градусов! Вот почему при экстренном торможении диски могут покраснеть (раскалиться), а тормозная жидкость — закипеть (эффект "усталых тормозов").» (Приложение 2)

Практикоориентированный контекст: «На карьерных самосвалах МАЗ (грузоподъёмность 30-50 тонн) используют вентилируемые диски и водяное охлаждение тормозов. А на электромобилях BELGEE e50 работает рекуперация — электромотор переводится в режим генератора и возвращает часть энергии в батарею, снижая нагрев дисков».

7. Инженерная пауза «Физика в автосервисе» (3 минуты)

Учитель показывает на экране три фотографии реальных дефектов:

1. **Стёртый протектор шины с одной стороны.** *Вопрос:* Какая физическая причина? *Ответ:* Неправильный развал-схождение

2. **Заклинивший суппорт (диск тормозной покрасневший).** *Вопрос:* Почему машину тянет в сторону? *Ответ:* Постоянно прижатая колодка создаёт силу трения на одном колесе → момент сил поворачивает автомобиль.

3. **Течь масла из амортизатора.** *Вопрос:* Как это повлияет на движение? *Ответ:* Исчезает демпфирование — пружина будет долго раскачиваться, машина «клюёт» при торможении, ухудшается сцепление колёс с дорогой.

Учитель: «Инженер на СТО должен быстро определить причину по физическим признакам. Это и есть прикладная физика».

8. Проектная сессия «Сборка идеального автомобиля для Беларуси» (10 минут)

Учитель: «Теперь финальный этап. Каждая группа получает лист А3 и маркеры. За 5 минут нарисуйте эскиз ходовой части вашего "идеального белорусского автомобиля". Обязательно подпишите на рисунке:

Тип двигателя (ДВС или электро) и его крутящий момент.

Тип привода (передний, задний, полный).

Передаточное число главной передачи.

Жёсткость пружины подвески (примерную).

Тип тормозов (дисковые/барабанные, с рекуперацией или без).

Затем — защита: 1 минута на группу. Оценивается инженерная обоснованность, а не художественные таланты».

Группы работают, учитель консультирует. Затем представители групп выходят к доске и презентуют.

Примерные критерии оценки:

Соответствие физическим законам (нельзя поставить пружину с $k=1000$ Н/м на 2-тонную машину).

Учёт условий для Республики Беларусь (клиренс, ремонтпригодность).

Креативность (например, предложение использовать вторичное тепло тормозов для обогрева салона).

9. Рефлексия «Инженерная карта» (2 минуты)

На доске нарисована система координат:

Ось X — «Насколько я понял устройство автомобиля» (от 0 до 10).

Ось Y — «Насколько мне захотелось стать автомобильным инженером» (от 0 до 10).

Каждый учащийся получает стикер (например, красный) и ставит точку в соответствующем месте. Учитель быстро комментирует разброс.

Учитель: «Вижу, что многие поставили точки в правом верхнем углу — это отлично! Те, кто в левом нижнем, не расстраивайтесь: мы только начали. На следующем занятии мы проведём мини-конференцию по результатам исследований. Лучшие работы будут рекомендованы на школьную НПК. Всем удачи!»

Дополнительные материалы для учителя

Формулы, которые должны записать учащиеся в тетрадь:

1. Скорость автомобиля: $v = \frac{2\pi R n_{\text{двиг}}}{i_0 \cdot i_{\text{КПП}}} \text{ м/с.}$
2. Сила тяги на колёсах: $F_{\text{тяги}} = \frac{M_{\text{двиг}} \cdot i_0 \cdot i_{\text{КПП}} \cdot \eta}{R}$, где $\eta \approx 0.85 - 0.9$.
3. Закон Гука для подвески: $F = k|x|$.
4. Тормозной путь: $s = \frac{v^2}{2\mu g}$.
5. Нагрев тормозов: $\Delta T = \frac{m v^2}{2N_{\text{дисков}} m_{\text{диска}} c_{\text{стали}}}$.

QR-коды для распечатки (ссылки):

[Animated Engines \(4-тактный\)](#)



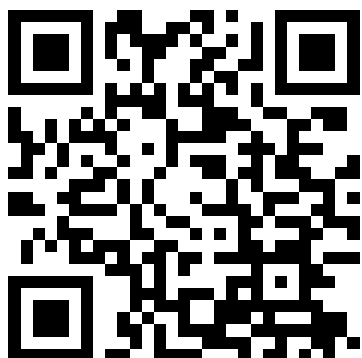
[PhET Masses and Springs](#)



[Gear Generator](#)



Характеристики BELGEE X50



Характеристики BELGEE e50



Характеристики Volkswagen Polo Sedan II



Ответы на инженерные задачи (для учителя)

Задача на передаточные числа: $i_0 = 3.8$; $i_1=3.8$; $i_2=2.2$; $i_3=1.4$; $i_4=1.0$.

Жёсткость пружины: при массе 250 кг и прогибе 0.1 м $k = 24500$ Н/м.

Нагрев дисков: 72 км/ч — 30°C, 130 км/ч — 97°C.

Тормозной путь на льду: в 4.7 раза больше, чем на асфальте.