



# UM SENSORS – моделирование датчиков в системе помощи водителю

Это руководство поможет вам шаг за шагом изучить порядок создания моделей датчиков при моделировании систем помощи водителю (ADAS – Advanced Driver-Assistance Systems) в программном комплексе «Универсальный механизм»

## Оглавление

<b>1. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДАТЧИКОВ В СИСТЕМЕ ПОМОЩИ ВОДИТЕЛЮ .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. НАЧИНАЕМ РАБОТАТЬ .....</b>	<b>4</b>
1.2.1. Установка и настройка сенсоров .....	4
1.2.1.1. Общие настройки сенсоров.....	5
1.2.1.2. Добавление и настройка GPS-сенсора .....	6
1.2.1.3. Вывод показаний GPS сенсора .....	7
1.2.1.4. Добавление и настройка лучевого датчика .....	10
1.2.1.5. Добавление и настройка сенсора Радиомаяк.....	13
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>18</b>

# 1. Моделирование датчиков в системе помощи водителю

## 1.1. Введение

Модуль **UM Sensors**, предназначен для моделирования датчиков (сенсоров) в системе помощи водителю. Рассматриваемая реализация этого модуля, позволяет моделировать работу следующих типов датчиков:

- GPS сенсоры;
- Ray сенсоры (лучевые сенсоры);
- Радиомаяки (Beacon).

Это руководство поможет вам изучить порядок добавления датчиков (сенсоров) этих типов в динамические модели автомобилей исследовании различных ситуаций на дороге.

Термины "датчик" и "сенсор" в данном руководстве считаются эквивалентными.

**Обратите внимание** на то, что моделирование динамики движения автомобилей, рассматриваемых в данном руководстве, возможно только в поставке **UM** с модулем **UM Automotive**. Для проверки наличия этого модуля запустите программу **UM Input** или **UM Simulation**, выберите пункт меню **Помощь | О программе....** В появившемся окне в разделе Конфигурация вы увидите список доступных модулей. Среди них наряду с модулем **UM Automotive** должен присутствовать и модуль **UM Sensors**.

**Замечание.** В пробной версии программы **Универсальный механизм** доступны все модули.

## 1.2. Начинаем работать

В этом разделе приведены инструкции, которые помогут вам быстро ознакомиться с возможностями модуля **UM Sensors**. Для этого воспользуемся одной из демонстрационных сцен, включённой в поставку модуля **UM Scene**.

Откроем программу **UM Simulation** и загрузим сцену движения грузового автомобиля с прицепом при повороте в промышленной зоне, см. рис. 1.1. Модель находится в каталоге [{Данные УМ}\SAMPLES\TUTORIAL\Automotive\trucktrailer].



Рис. 1.1 Сцена движения грузового автомобиля с прицепом при повороте

### 1.2.1. Установка и настройка сенсоров

Рассмотрим случай, когда на транспортном средстве установлено по одному из датчиков доступных типов: GPS сенсор, лучевой сенсор и радиомаяк. Процедура добавления датчиков в модель подробно описана в руководстве пользователя модуля **UM Sensors**, поэтому приведём только минимальные сведения, позволяющие продемонстрировать работу с ними.

Добавление датчиков происходит по типовому сценарию, который с небольшими изменениями, зависящими от типа датчиков, одинаков для любых датчиков. Выберем в главном меню программы пункты **Инструменты | Датчики | Настройка датчиков** – откроется окно **Настройка датчиков**. Оно состоит из панели инструментов и списка доступных типов сенсоров рис. 1.2.

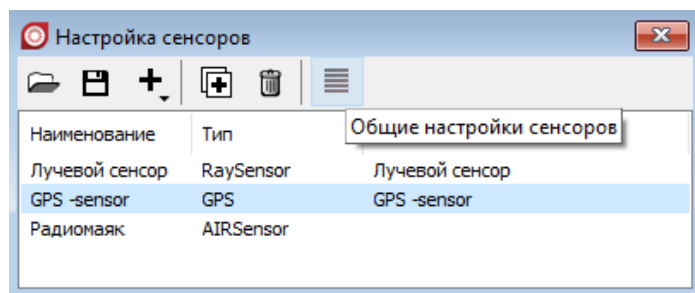


Рис. 1.2 Окно **Настройка датчиков**

### 1.2.1.1. Общие настройки сенсоров

Перед началом моделирования движения транспортного средства необходимо задать геодезические координаты начала координат СК0. Для этого надо левой кнопкой мыши сделать щелчок на кнопке **Общие настройки датчиков** (рис. 1.2) – откроется одноимённое окно, рис. 1.3.

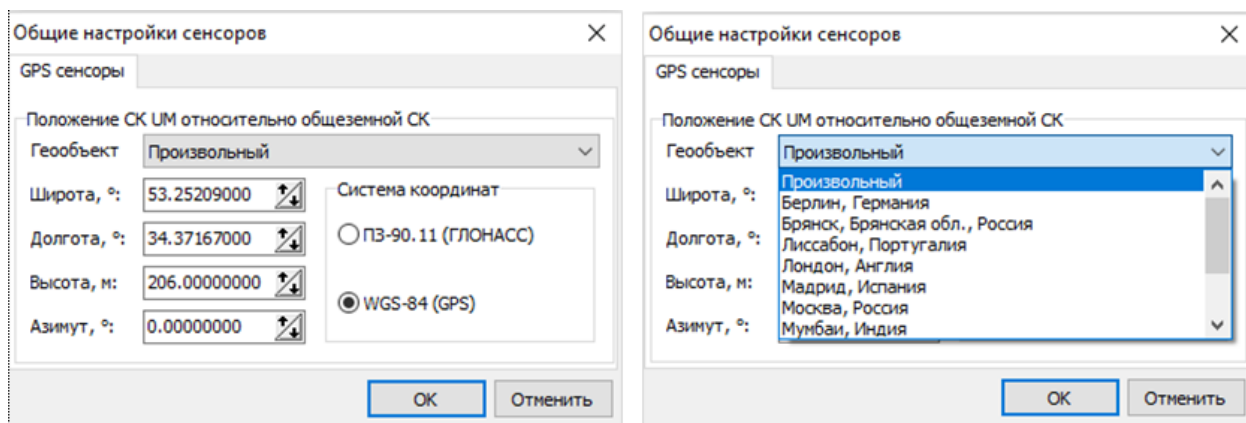


Рис. 1.3 Окно **Общие настройки датчиков**

В его поля введём геодезические координаты местности (широту и долготу в десятичных долях градуса во всемирной системе координат WGS 84), высоту над уровнем моря в метрах и азимут в угловых градусах как показано на рис. 1.3.

При моделировании движения транспортного средства направление оси абсцисс (показана красным цветом на рис. 1.4) выбирается таким, что она всегда направлена на географический северный полюс.

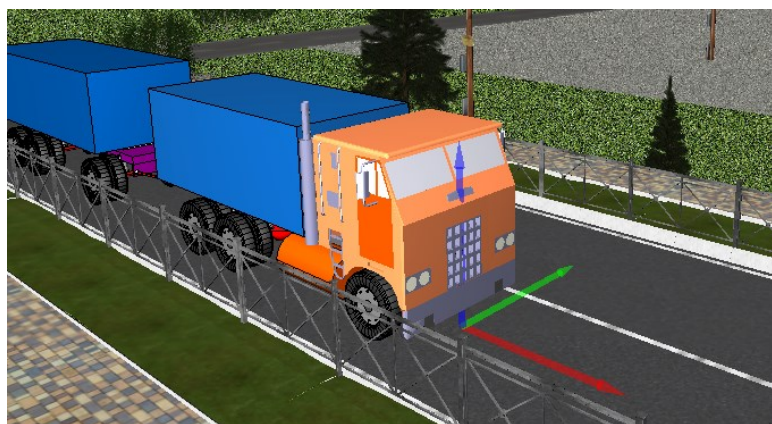


Рис. 1.4 Направление осей декартовой система координат СК0

Относительно её положительное значение азимута отсчитывается при вращении против часовой стрелки вокруг оси аппликата, которая показана фиолетовым цветом на рис. 1.4.

### 1.2.1.2. Добавление и настройка GPS-сенсора

Чтобы добавить в модель GPS-сенсор надо в окне **Настройка датчиков** нажать на кнопку **Добавление камеры/сенсора** рис. 1.5.

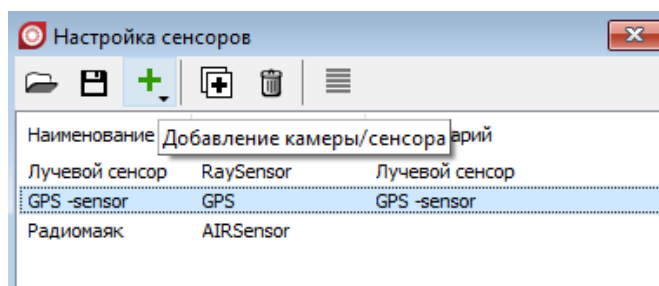


Рис. 1.5 Добавление GPS-сенсора

Затем в выпадающем меню выбрать пункт **GPS сенсор** рис. 1.6 – откроется окно **настройка сенсора GPS** рис. 1.7.

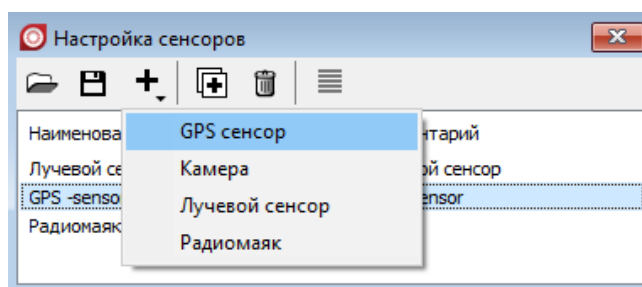


Рис. 1.6 Выпадающее меню: пункт **GPS сенсор**

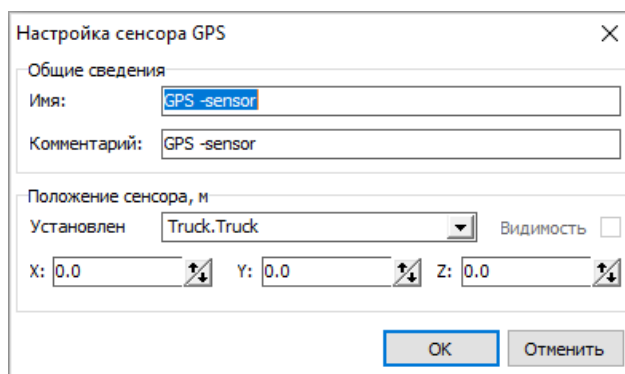


Рис. 1.7 Пример настройки GPS сенсора

После нажатия на кнопку **ОК** введённые значения будут сохранены. Чтобы изменить введённые значения параметров **GPS** сенсора достаточно в окне **Настройка сенсора GPS** рис. 1.5 щёлкнуть левой кнопки мыши на **названии сенсора** – откроется окно, позволяющее редактировать параметры сенсора рис. 1.7.

### 1.2.1.3. Вывод показаний GPS сенсора

Для каждого GPS-сенсора можно построить графики изменения широты, долготы и высоты в зависимости от времени. Для этого вызовем **Мастер переменных** и на вкладке **GPS-сенсор** выберем переменные, для которых будем строить графики, рис. 1.8.

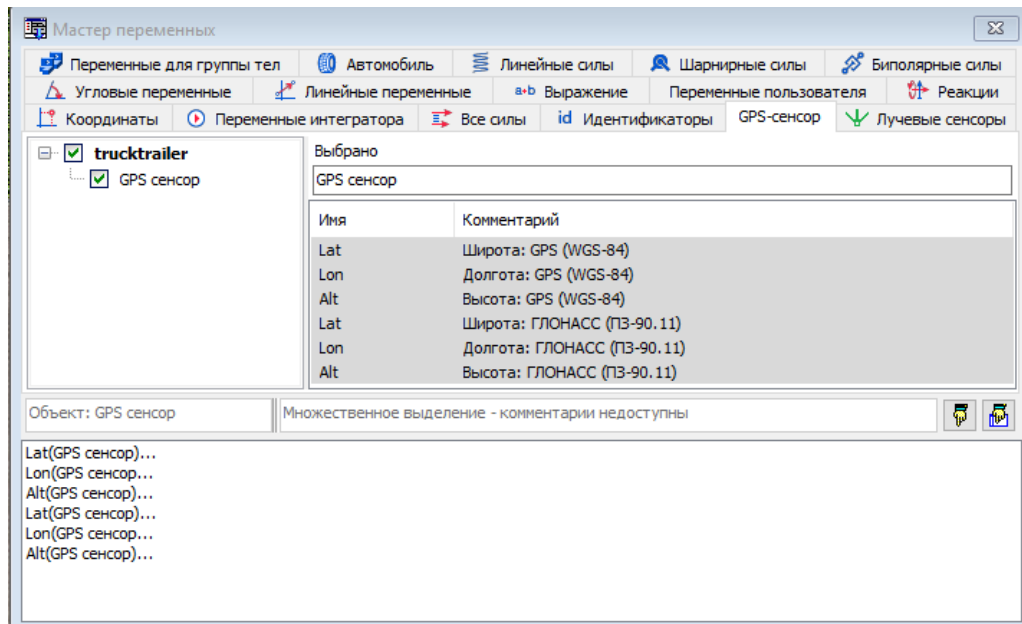


Рис. 1.8 Выбор переменных для построения графиков

Регистрируемое GPS-датчиком изменение высоты над уровнем моря как функция времени показано на рис. 1.9.

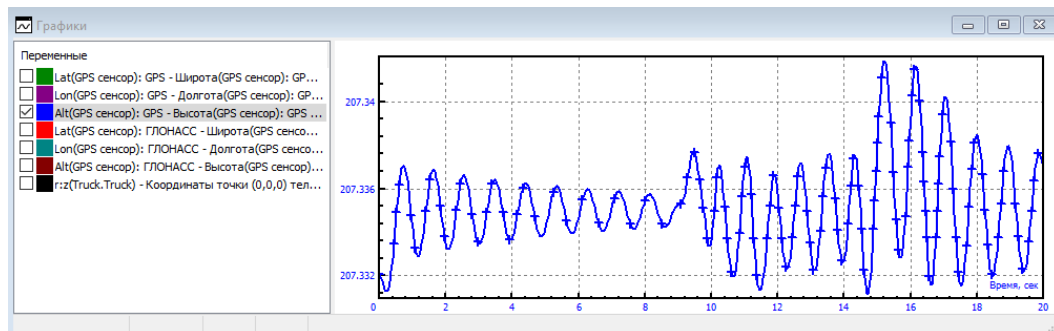


Рис. 1.9 Изменение высоты над уровнем моря

Колебания высоты вызваны микронеровностям полотна дороги, по которой движется автомобиль рис. 1.10.

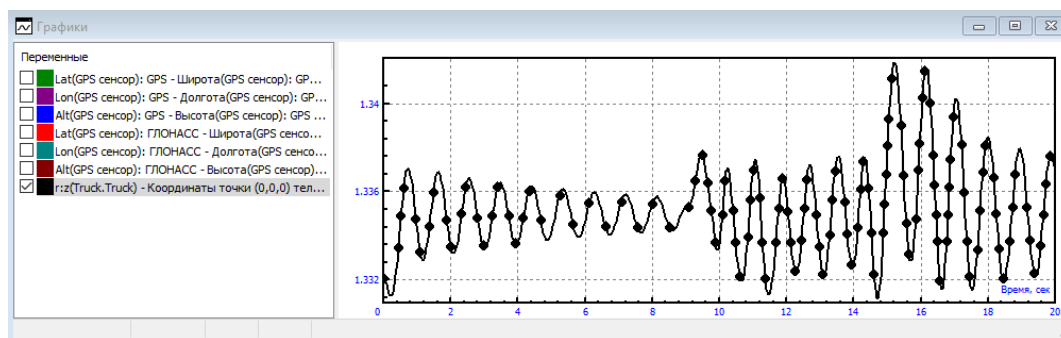


Рис. 1.10 Колебания рамы автомобиля

Чтобы проверить это, сравним размахи колебаний (Max\_Min), амплитуда (Max\_Min\_2) и их средние значения (Mean) на обоих графиках рис. 1.11.

Переменная	Max_Min	Max_Min_2	Mean
Alt(GPS сенсор): GPS - Высота(GPS сенсор): GPS (WGS-84)	0.010696411	0.0053482056	207.33512
r:z(Truck.Truck) - Координаты точки (0,0,0) тела Truck.Truck относительно Base0, СК Base0	0.010693431	0.0053467155	1.3351206

Рис. 1.11 Размахи колебаний, амплитуды и средние значения показаний GPS-датчика и точки, расположенной на теле Truck.Truck

Из рисунка видно, что средние значения колебаний, показанных на рис. 1.9 и рис. 1.10, отличаются на 206 м. Это значение высоты над уровнем моря рис. 1.3.

Совместим графики на рис. 1.9 и рис. 1.10. Для этого щёлкнем правой кнопкой мыши графике **r:z(Truck.Truck)** и в выпадающем меню выбрать пункт **Прибавить** – откроется окно **Ввод числа** рис. 1.12.

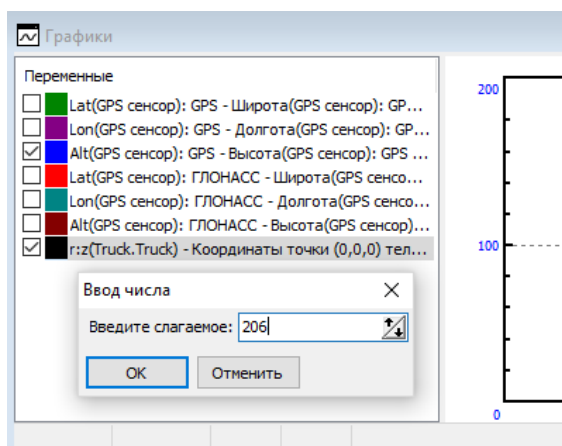


Рис. 1.12 Смещение графика **r:z(Truck.Truck)** по ординате на 206 м

На рис. 1.13 видно, что после этой операции графики полностью совпадают.

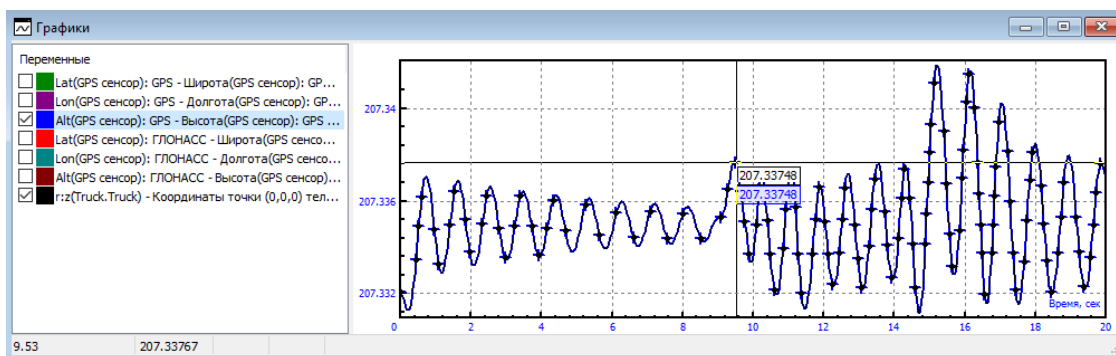


Рис. 1.13 Графики: Alt(GPS сенсор): GPS (Высота(GPS сенсор) – синий и r:z(Truck.Truck) проекция Z – чёрный

На рис. 1.14 и рис. 1.15 представлены графики изменения широты и долготы при моделировании движения автомобиля на повороте.

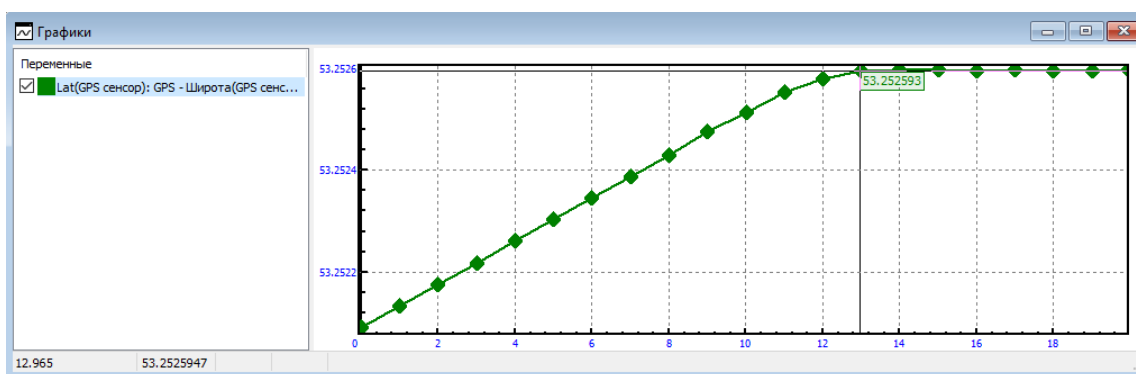


Рис. 1.14 Изменение широты при движении автомобиля

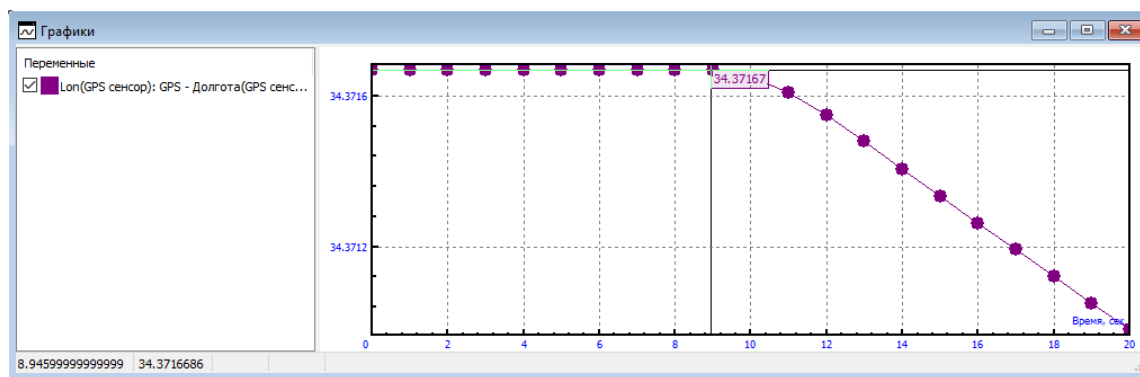


Рис. 1.15 Изменение долготы при движении автомобиля

Из них видно, что поворот начинается на 9 с после начала движения и заканчивается на 13 с.

Качественный анализ этих графиков показывает, что GPS-сенсор выдаёт вполне ожидаемые результаты. Когда автомобиль движется на север, широта линейно возрастает до начала поворота, а когда он поворачивает на запад – она не меняется. Долгота, напротив: до начала поворота остаётся постоянной, а затем убывает.

Чтобы получить количественные оценки точности показаний GPS-сенсора воспользуемся формулами, позволяющими вычислить приращение длин дуг по меридиану и параллели при изменении геодезических координат сенсора [1]. А затем сравним их с приращениями декартовых координат тела, на котором установлен GPS-сенсор рис. 1.16.

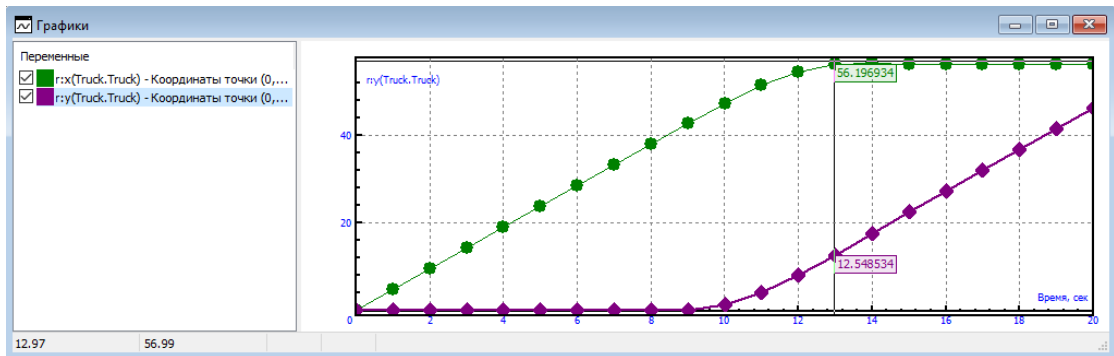


Рис. 1.16 Изменение координат точки установки GPS-сенсора

#### 1.2.1.4. Добавление и настройка лучевого датчика

Рассмотрим порядок добавления лучевого датчика в модель грузового автомобиля. Добавление такого датчика и его настройка, за исключением небольшого числа специфичных только для этих устройств особенностей, аналогична настройке GPS-сенсора (см. п. 1.2.1.2 с. 6).

Различия начинаются с выбора в выпадающем меню рис. 1.5 пункта **Лучевой сенсор** и появления окна **Настройка лучевого датчика**, рис. 1.17

Рис. 1.17 Окно **Настройка Лучевого сенсора**

Заполним поля этого окна как показано на рис. 1.17. После этого на сцене появится изображение сектора видимости лучевого сенсора рис. 1.18 и рис. 1.19.



Рис. 1.18 Сцена с установленным лучевым сенсором. Начало движения

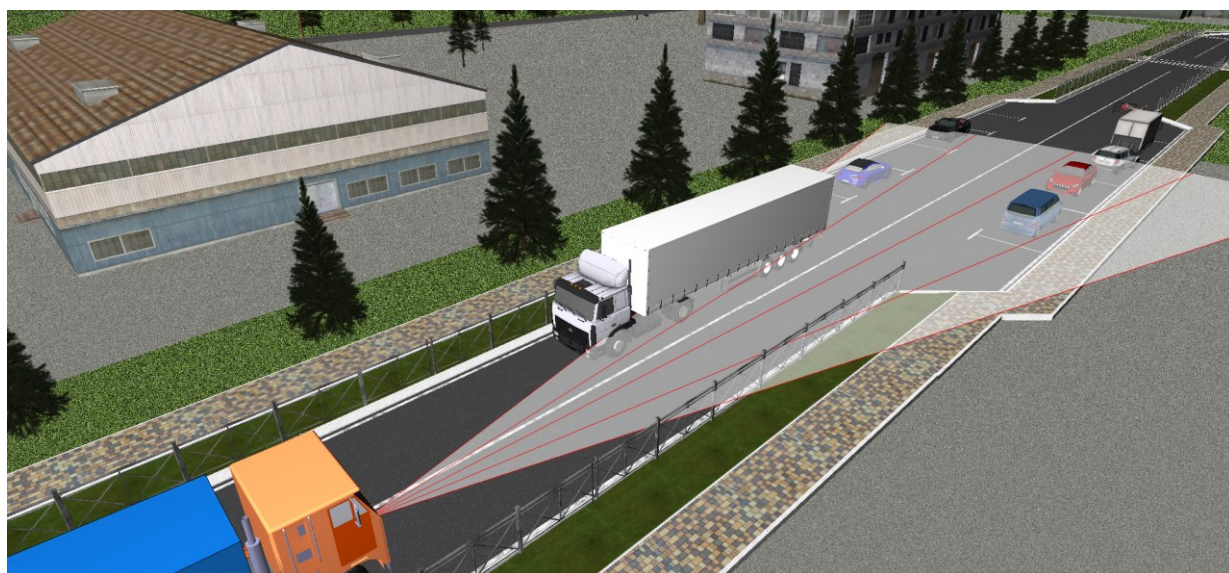


Рис. 1.19 Сцена с установленным лучевым сенсором. Завершение поворота

Основное назначение лучевого сенсора – это определение расстояния до объекта. Показания каждого из лучей лучевого сенсора можно выводить с помощью графиков, а объекты, попадающие в зону видимости сенсора, наблюдать на экране монитора лучевого сенсора.

Для построения графиков показаний лучевого сенсора откроем **Мастер переменных** и выберем параметр: **Range | Расстояние до объектов (м)**, рис. 1.20.

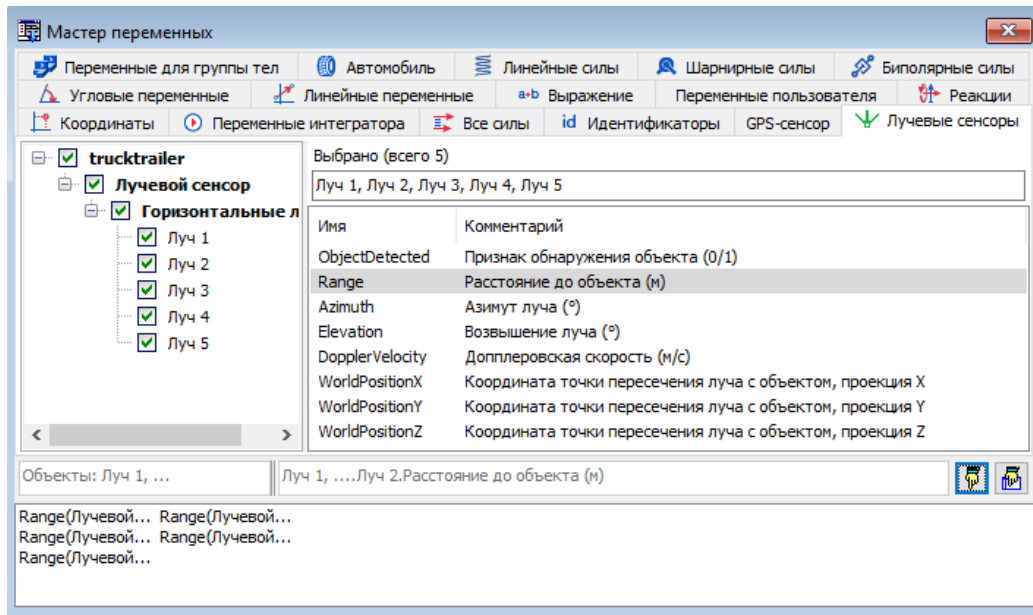


Рис. 1.20 Выбор параметров для построения графиков расстояния до объекта

Измеренные лучевым сенсором расстояния показаны на рис. 1.21.

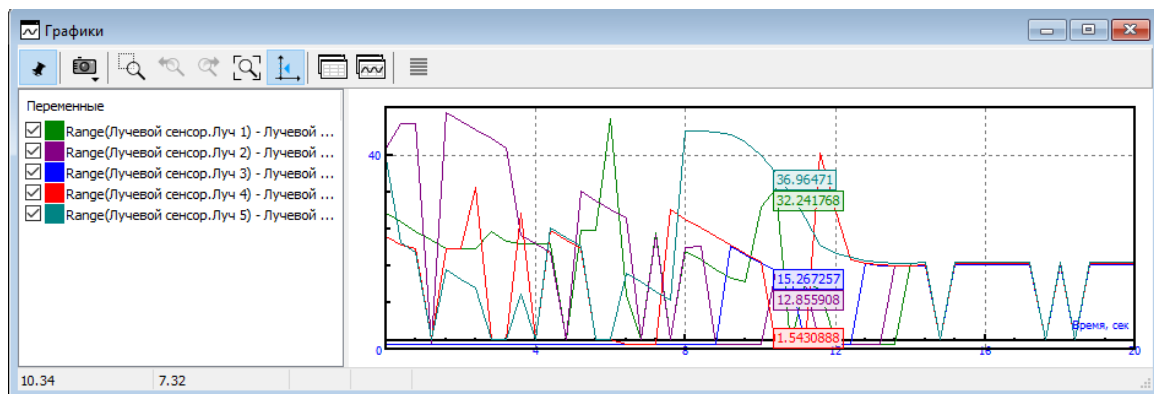


Рис. 1.21 Значения измеренных лучевым сенсором расстояний до объектов

Более наглядный способ анализа опасного сближения со встречными объектами представляет монитор лучевого сенсора.

Чтобы открыть окно монитора лучевого сенсора выберите пункт главного меню **Инструменты | Датчики | Монитор лучевых датчиков**. Появится окно, показанное на рис. 1.22.

В окне монитора рисуется прямоугольная система координат, начало которой совпадает с точкой установки лучевого сенсора на автомобиле и движется вместе с ним. Ось ординат этой системы совпадает с направлением поиска цели, указанного в настройках сенсора рис. 1.17. Остальные оси выбраны так, что на экране монитора в каждый момент времени показывается вид сверху на дорогу. Точки пересечений лучей сенсора с объектами, попадающими в сектор обзора сенсора, рисуются на экране монитора синим маркером в виде ромба рис. 1.22.

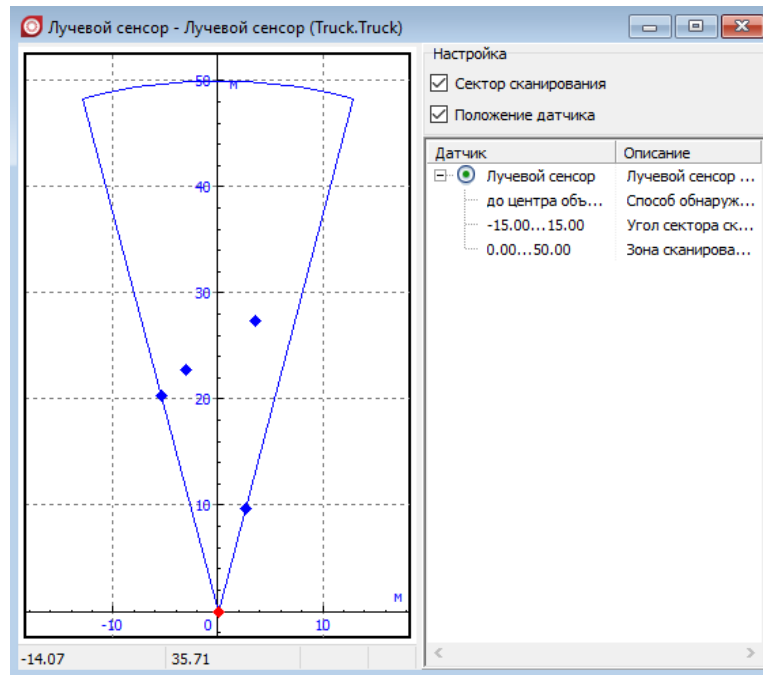


Рис. 1.22 Окно монитора лучевого сенсора

### 1.2.1.5. Добавление и настройка сенсора Радиомаяк

Включение в модель транспортного средства сенсора типа **Радиомаяк** выполняется аналогично рассмотренному в п. 1.2.1.4 добавлению и настройке лучевого сенсора.

Выберем пункты **Инструменты | Датчики | Настройка датчиков** - появится окно, позволяющее добавлять новые датчики, см. рис. 1.23.

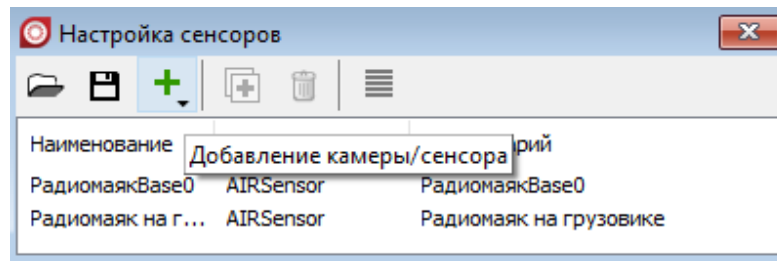


Рис. 1.23 Добавление радиомаяков

Следует отметить, что радиомаяк – это технологический сенсор, используемый для облегчения отладки модели. Особенность сенсоров этого типа состоит в том, что они взаимодействуют только между собой, поэтому их в модели должно не меньше двух. Добавим в модель два сенсора.

Первый радиомаяк привяжем к неподвижному объекту **Base0**. Второй радиомаяк установим на грузовом автомобиле.

Для этого воспользуемся окном **Настройка радиомаяка**, которое вызывается из выпадающего меню при выборе пункта **Радиомаяк**, рис. 1.24.

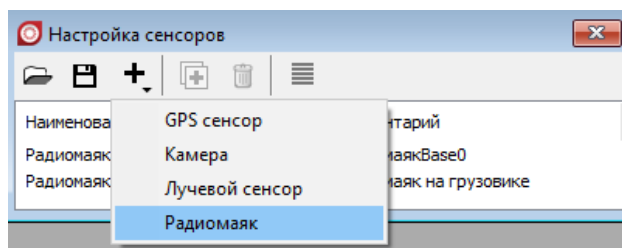


Рис. 1.24 Вызов окна **Настройка сенсора "Радиомаяк"**

Значения полей окна **Настройка сенсора "Радиомаяк"** показаны на рис. 1.25.

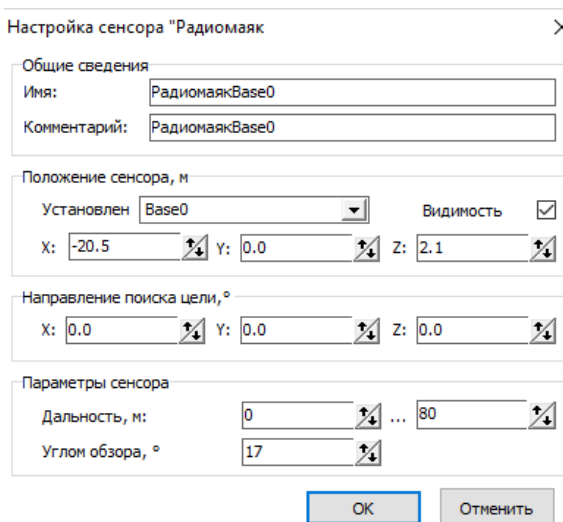


Рис. 1.25 Окно **Настройка сенсора "Радиомаяк"**

Следующие два радиомаяка установим на грузовике и прицепе как показано на рис. 1.26 и **Ошибка! Источник ссылки не найден.** соответственно.

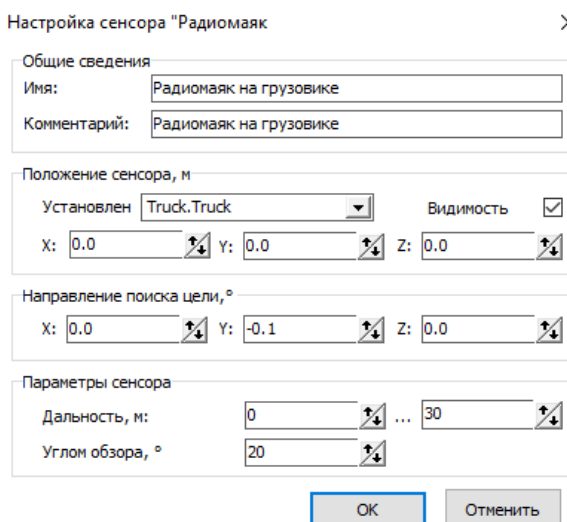


Рис. 1.26 Параметры радиомаяка, установленного на грузовике

После ввода указанных на этих рисунках значений полей сцена приобретёт следующий вид рис. 1.27.

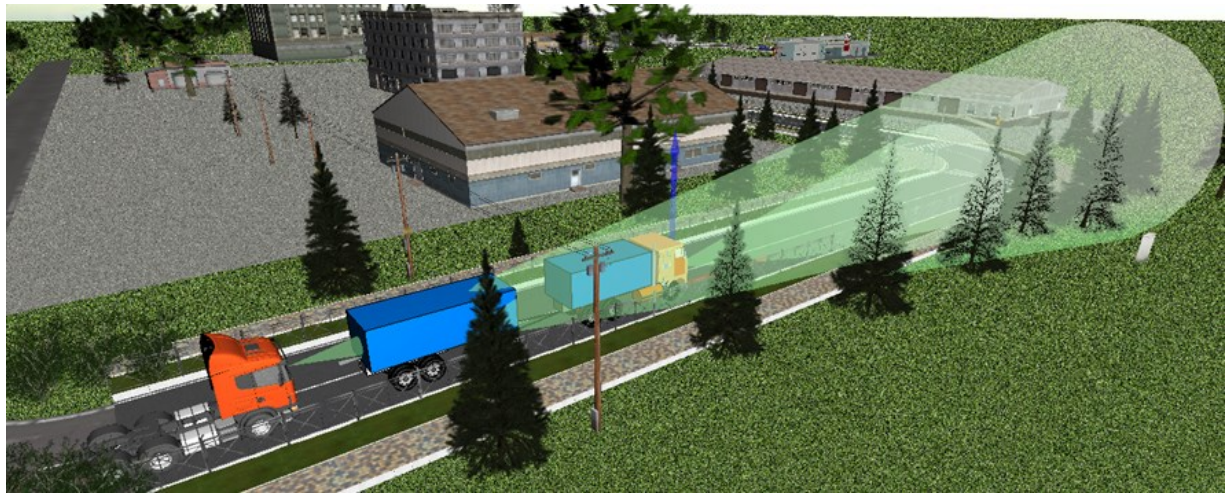


Рис. 1.27 Начало движения грузового автомобиля с прицепом

Показания радиомаяков, также как и показания лучевых сенсоров, можно выводить в виде графиков и наблюдать в окне монитора радиомаяков.

Чтобы настроить вид графиков радиомаяков, откройте **Мастер переменных** на вкладке **Радиомаяки**, см. рис. 1.28. Укажите переменные, для которых будут построены графики. В рассматриваемом случае это графики зависимости расстояния до объекта как функция времени.

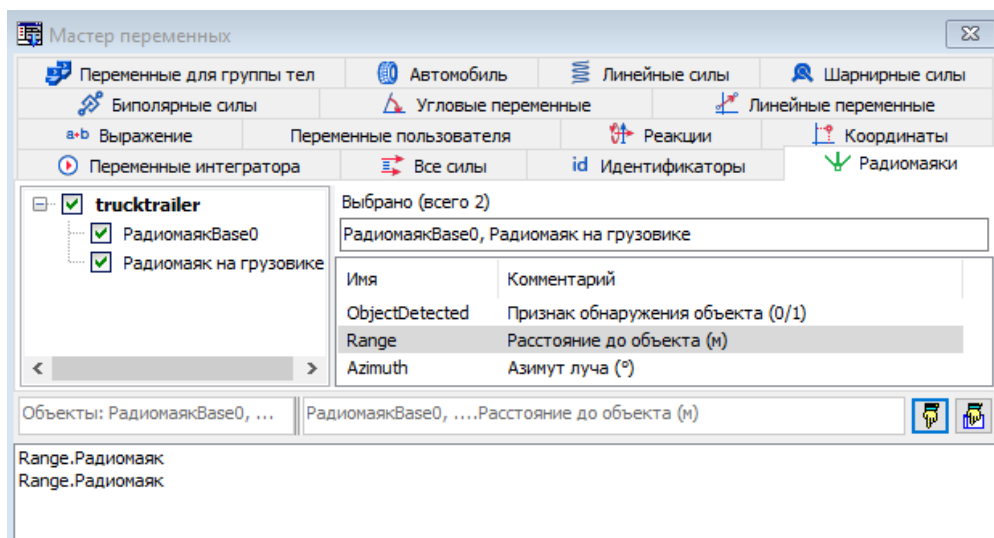


Рис. 1.28 Настройка параметров графиков радиомаяков

В окне **Инспектор моделирования объекта** на вкладке **Параметры моделирования** укажем значения параметры интегрирования уравнений движения, как показано на рис. 1.29.

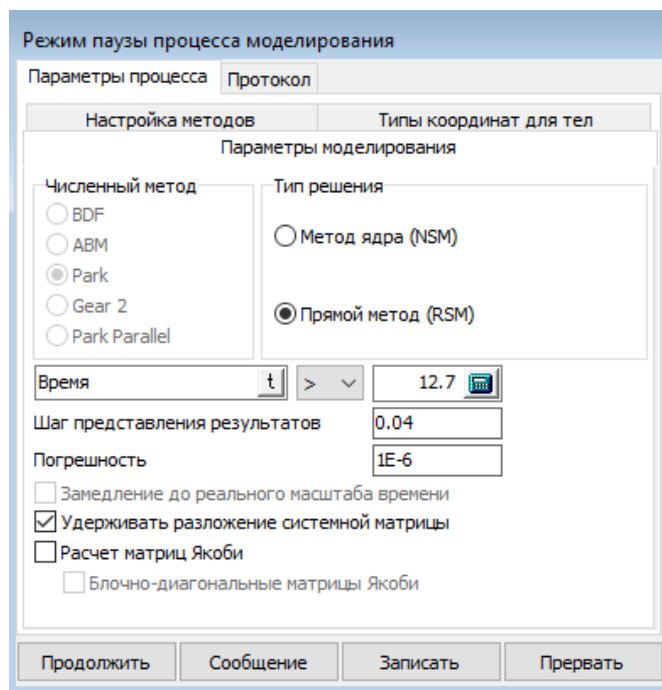


Рис. 1.29 Окно Инспектор моделирования объекта

Во время моделирования в окне **Графики** будет отображаться текущее расстояние между датчиками **РадиомаякBase0** и **Радиомаяк на грузовике** рис. 1.30.

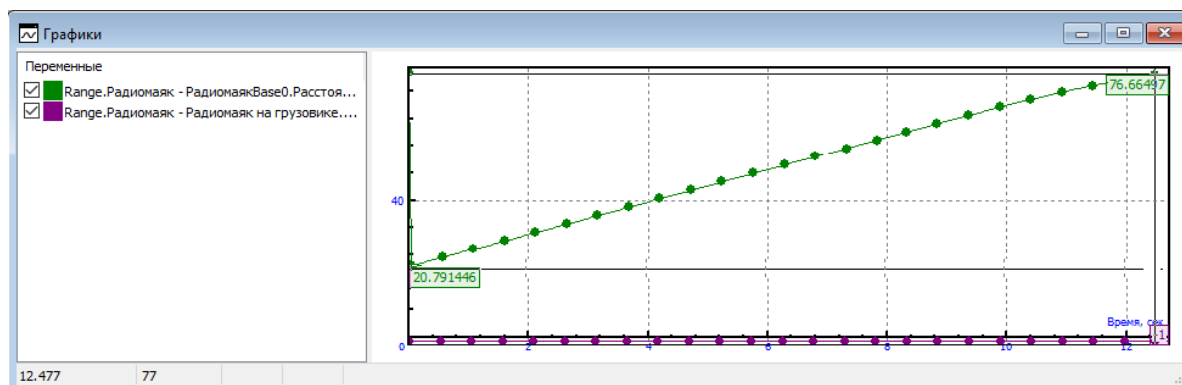


Рис. 1.30 Расстояние между датчиками **РадиомаякBase0** и **Радиомаяк на грузовике**

Время моделирования 12,7 с (рис. 1.28) выбрано так, что автомобиль останавливается при пересечении границы области видимости радиомаяка. Это наглядно видно на экране монитора радиомаяков рис. 1.31. и на виде сверху на поворот догори, в момент выполнения манёвра автомобилем рис. 1.32. Этот пример позволяет оценить точность и согласованность данных, получаемых при моделировании движения автомобиля с использованием модуля **UM Sensors**.

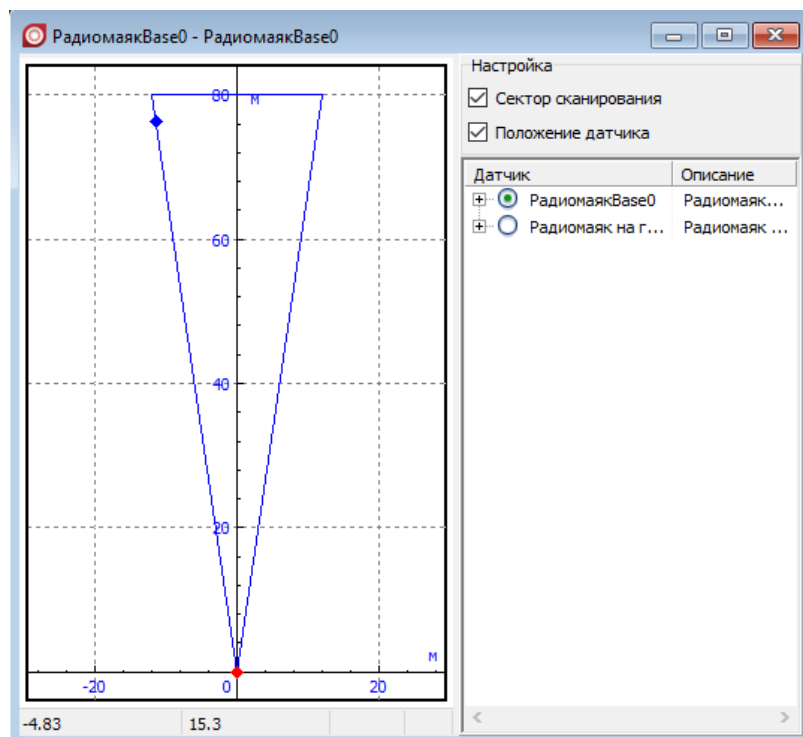


Рис. 1.31 Окно монитора радиомаяков

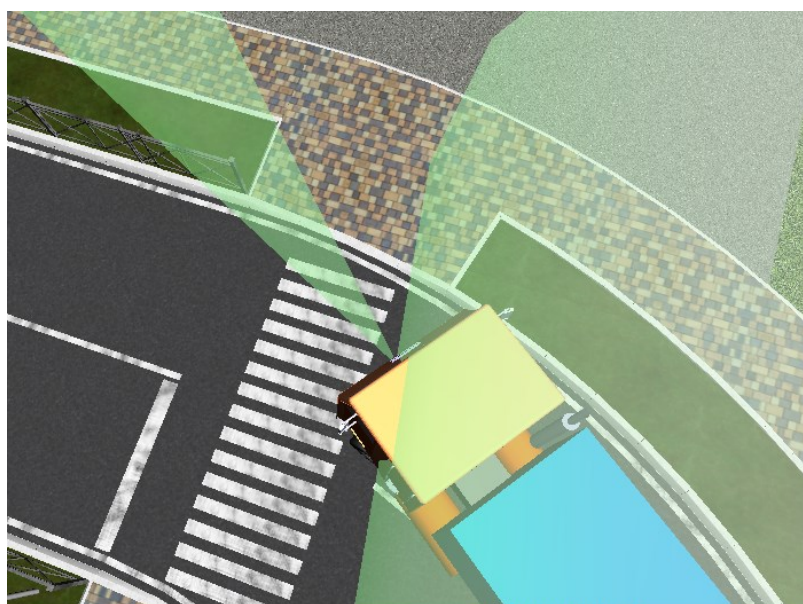


Рис. 1.32 Выезд автомобиля из зоны видимости радиомаяка

## Список литературы

- [1] G. Xu и Y. Xu, GPS: Theory, Algorithms and Applications 3rd ed. -: Springer, 2016 - 489 р..
- [2] Slavisa Salinic, Modeling of a light elastic beam by a system of rigid bodies // Theoret. Appl. Mech. – 2004.– V.31(3-4) – P.395-410.
- [3] James M. Gere, Stephen P. Timoshenko, Mechanics of materials. Boston PWS Pub Co. 1997. 4th ed..
- [4] Euler–Bernoulli beam theory,  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Euler%E2%80%93Bernoulli\\_beam\\_theory](https://en.wikipedia.org/wiki/Euler%E2%80%93Bernoulli_beam_theory).
- [5] Euler's critical load, [https://en.wikipedia.org/wiki/Euler%27s\\_critical\\_load](https://en.wikipedia.org/wiki/Euler%27s_critical_load).
- [6] В. Л. Бидерман, Теория механических колебаний: Учебник для вузов – М.: Высш. школа, 1980. – 408 с.
- [7] А. С. Вольмир, Устойчивость механических систем – М.: Наука, 1967. – 984 с.
- [8] С. П. Тимошенко, Дж. Гере, Механика материалов: Учебник для вузов. 2-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2002. – 672 с..
- [9] Б. К. Леонтьев, GPS: Все, что Вы хотели знать, но боялись спросить. Неофициальное пособие по глобальной системе местопределения, Литературное агентство «Бук-Пресс», 2006. - 352 с.
- [10] Kaplan E. D. и . C. J. Hegarty, Understanding GPS Principles and Applications 2nd ed.-: Springer, 2007, - 723 р..
- [11] B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger и E. Wasle, GNSS - Global Navigation Satellite Systems GPS, GLONASS, Galileo, and more Springer Wien NewYork, 2008 – 546 р..
- [12] МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ ГОСТ 32453-2017. Глобальная навигационная спутниковая система. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ. Методы преобразований координат определяемых точек. Издание официальное.- Москва: Стандартинформ, 2017, - 23 с..
- [13] Постановление Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2016 г. № 1240 «Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы».
- [14] PIDA: LiDAR in ADAS Applications Will Experience Most Rapid Growth.  
URL:<https://en.ctimes.com.tw/DispNews.asp?O=HK2C3A8BPUQSAA00NB> (Дата: 04.03.2019).
- [15] Electronics-Driver Assistance Systems. Техническая информация Hella. Hella 2003, 2004, 2005. [www.hella.com](http://www.hella.com).
- [16] Сысоева С., Датчики. Актуальные технологии и применения датчиков автомобильных систем активной безопасности. Часть 1. Новые технологии и применения датчиков автомобильных систем помощи водителю URL: [www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2006\\_08\\_34.pdf](http://www.kit-e.ru/assets/files/pdf/2006_08_34.pdf).

- [17] T. Yoshida, H. Kuroda, T. Nishigaito. Adaptive Driver-assistance Systems.  
[http://www.hitachi.com/ICSFiles/afieldfile/2004/11/26/r2004\\_04\\_104\\_1.pdf](http://www.hitachi.com/ICSFiles/afieldfile/2004/11/26/r2004_04_104_1.pdf).
- [18] В. И. Арнольд, Математические методы классической механики: Учеб. Пособие для вузов. – 3-е изд. испр. и доп. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. лит., 1989. – 472 с.