

# ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ КЛАССОВ D, E И F

д.т.н. **Кравец В.Н.**, д.т.н. **Мусарский Р.А.**, **Волков С.А.**  
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева,  
Нижний Новгород, Россия  
vnkravets@yandex.ru, musarsky@list.ru

Объектом исследования являются легковые автомобили классов D, E и F по европейской классификации, изготовленные в 2010–2015 гг. на более чем 80 предприятиях во всех автомобильных странах мира. Цель исследования заключается в установлении зависимостей снаряженной и полной масс легковых автомобилей от их главного классификационного параметра – габаритной длины. Новизна работы состоит в том, что были исследованы модели современных легковых автомобилей, тогда как аналогичные исследования выполнены на автомобилях, освоенных в производстве в начале XXI века, большинство из которых к настоящему времени сняты с производства. Выполненная работа актуальна, так как ее результаты позволяют научно обоснованно выбирать при проектировании важнейшие конструктивные параметры легковых автомобилей, снаряженную и полную массы. На основании статистической обработки исходных данных были получены аналитические и графические зависимости снаряженной и полной масс автомобилей от их габаритной длины в каждом классе и, кроме того, в классах D и E эти зависимости установлены отдельно для автомобилей с кузовами седан, хэтчбек, купе и кабриолет. Всего проанализировано 1165 моделей автомобилей. Большой объем исследованных моделей позволил получить статистически достоверные результаты.

В статье показано, что с погрешностью от 6,8 % до 27,9 % зависимости между массами и габаритной длиной автомобилей всех исследованных классов могут быть аппроксимированы полиномами второго порядка. Результаты исследования рекомендуется использовать в проектно-конструкторских и научно-исследовательских организациях автомобильных концернов для обоснованного выбора параметров проектируемых легковых автомобилей.

**Ключевые слова:** легковой автомобиль, снаряженная и полная массы автомобиля, габаритная длина автомобил, класс легкового автомобиля.

## **Введение**

В европейской классификации легковых автомобилей в качестве главного параметра принята их габаритная длина [1, 2]. В зависимости от габаритной длины при проектировании легковых автомобилей выбирают многие конструктивные параметры, в том числе важнейшие из них – снаряженную и полную массы.

Цель исследования заключается в установлении зависимостей снаряженной и полной масс легковых автомобилей классов D, E и F от их главного классификационного параметра – габаритной длины. Зависимости снаряженной и полной масс легковых автомобилей классов A, B и C от их габаритной длины даны в работе [3].

В работе [4] приведены зависимости полной и снаряженной масс легковых автомобилей всех основных классов от их габаритной длины, которые были получены статистиче-

ским анализом параметров моделей, предлагавшихся к продаже в 2002 году. Однако за время, прошедшее после публикации названной работы, появилось следующее поколение легковых автомобилей, анализ параметров которых представляет несомненный интерес для авто производителей.

## **Объект и методика исследования**

Авторы статьи выполнили исследование параметров легковых автомобилей, выпущенных с 2010 г. по 2015 г. ведущими мировыми производителями [5–12]. Всего было проанализировано 1165 марок легковых автомобилей, сошедших с конвейеров около 80 производителей в странах ЕС, США, Японии, Китая, Южной Кореи, России и др.

Применен метод аппроксимации статистических данных зависимостей масс автомобилей от их габаритной длины.

### Результаты исследований и их обсуждение

#### Автомобили большого класса (класса D).

Габаритная длина автомобилей большого класса от 4,4 м до 4,7 м. Всего проанализировано снаряженных масс 213 моделей и 189 моделей полных масс. Зависимости снаряженной  $m_0$  и полной  $m_a$  масс от габаритной длины  $L$  аппроксимированы полиномами второго порядка:

$$m_0 = 3\,951 * L^2 - 35\,214 * L + 79\,835;$$

$$m_a = 2\,195 * L^2 - 19\,100 * L + 43\,327,$$

погрешность аппроксимации которых равна 12,9 % и 10,8 % соответственно.

Результаты статистической обработки представлены на рис. 1, а и рис. 1, б, на которых кружками показаны параметры отдельных моделей автомобилей, а сплошными линиями – аппроксимирующие полиномы. Из рисунков

следует, что большая часть моделей автомобилей данного класса имеют увеличенную полную массу: *McLaren PI* купе 3,8 полной массой 3075 кг, *Volvo V60* универсал 2,4 полной массой 2505 кг, *Hyundai Santa Fe Classic* универсал 2,0 полной массой 2520 кг.

#### Большой класс (класс D) – хетчбеки.

Всего проанализировано снаряженных масс 19 моделей и полных масс 17 моделей. Зависимости снаряженной  $m_0$  и полной  $m_a$  масс от габаритной длины  $L$  аппроксимированы полиномами второго порядка:

$$m_0 = -183,5 * L^2 + 1655 * L - 2\,323,6;$$

$$m_a = 2\,008 * L^2 - 18\,286 * L + 43\,512,$$

погрешность аппроксимации которых равна 9,0 % и 27,9 % соответственно.

Результаты статистической обработки представлены на рис. 2, а и рис. 2, б. Из рисунков следует, что модели *Skoda Octavia RS* хб.5дв 2,0

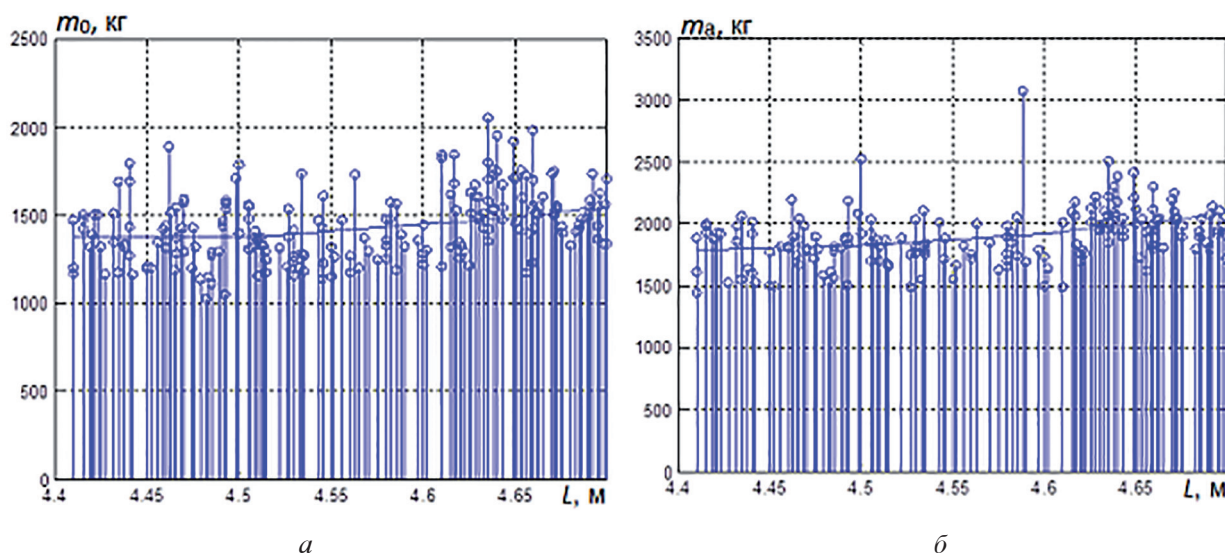


Рис. 1. Зависимости от габаритной длины масс легковых автомобилей большого класса:

а – снаряженной; б – полной

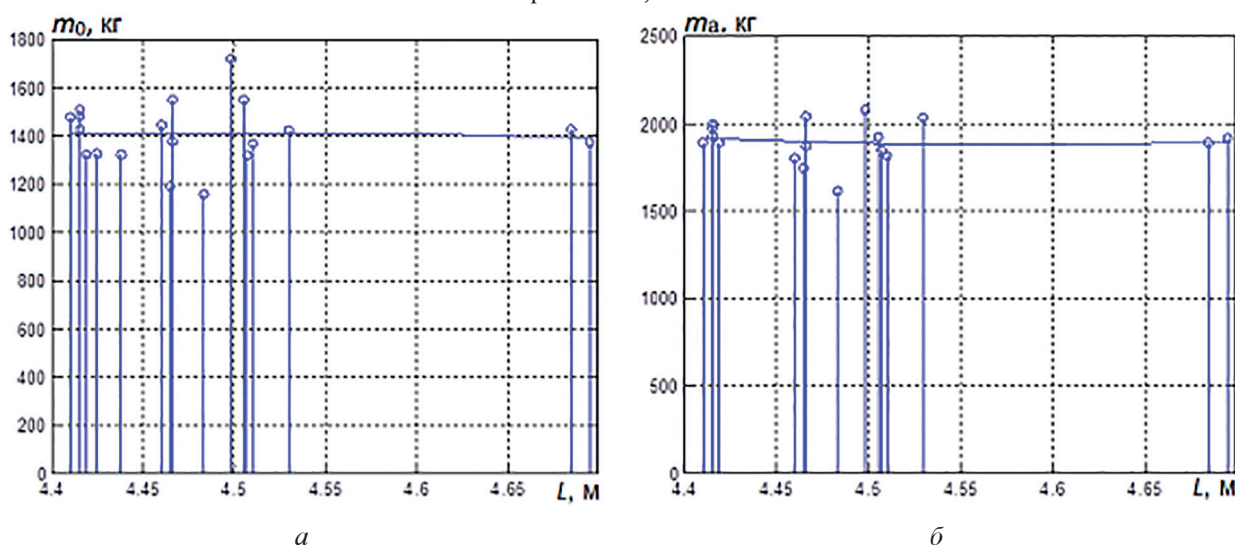


Рис. 2. Зависимости от габаритной длины масс хетчбеков большого класса: а – снаряженной; б – полной

длиной 4,685 м, полной массой 1892 кг, снаряженной массой 1425 кг, и *Renault Laguna* хб.5дв 2,0 длиной 4,695 м, полной массой 1919 кг, снаряженной массой 1369 кг, имеют увеличенную длину.

**Большой класс (класс D) – универсалы.**

Всего проанализировано 33 модели автомобилей этого класса. Зависимости снаряженной  $m_0$  и полной  $m_a$  масс от габаритной длины  $L$  аппроксимированы полиномами второго порядка:

$$m_0 = - 7\ 100 * L^2 + 65\ 980 * L - 151\ 760 ;$$

$$m_a = - 13\ 830 * L^2 + 127\ 560 * L - 292\ 010 ,$$

погрешность аппроксимации которых равна 11,9 % и 10,0 % соответственно.

Результаты статистической обработки представлены на рис. 3, а и рис. 3, б. Из рисунков следует, что модели *Volvo V60* универсал 2,4 длиной 4,635 м, снаряженной массой 2058 кг,

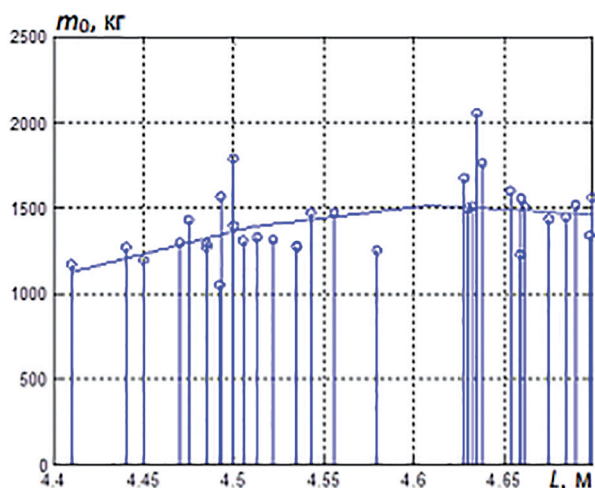
полной массой 2505 кг, *Hyundai Santa Fe Classic* универсал 2,0 длиной 4,5 м, снаряженной массой 1790 кг, полной массой 2520 кг, *Volvo V60 Cross Country* универсал 2,4 длиной 4,638 м, снаряженной массой 1763 кг, полной массой 2300 кг, *Alpina B3 Touring* универсал 3,0 длиной 4,628 м, снаряженной массой 1675 кг, полной массой 2225 кг, *Seat Freetrack* универсал 2,0 длиной 4,493 м, снаряженной массой 1571 кг, полной массой 2191 кг, имеют увеличенную массу.

**Большой класс (класс D) – купе и кабриолеты.**

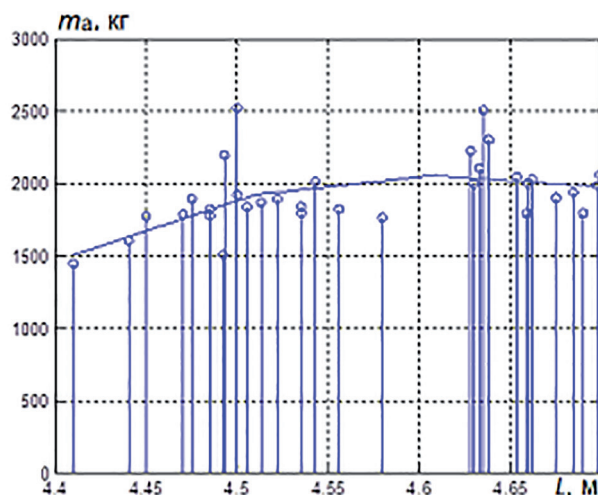
Всего проанализировано снаряженных масс 79 моделей и полных масс 66 моделей. Зависимости снаряженной  $m_0$  и полной  $m_a$  масс от габаритной длины  $L$  аппроксимированы полиномами второго порядка:

$$m_0 = 4\ 484 * L^2 - 40\ 034 * L + 90\ 855 ;$$

$$m_a = 2\ 520 * L^2 - 22\ 108 * L + 50\ 375 ,$$

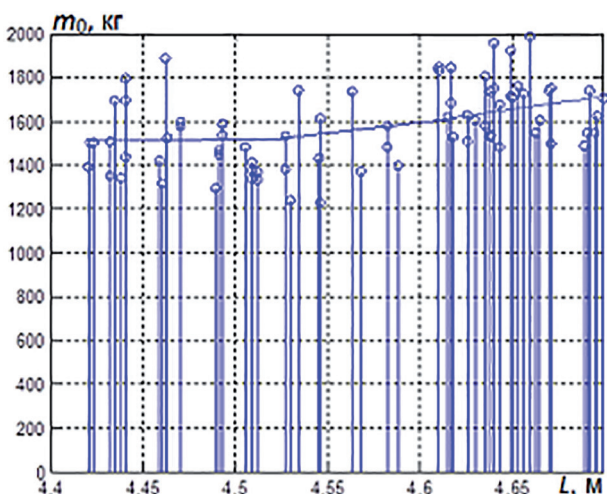


а

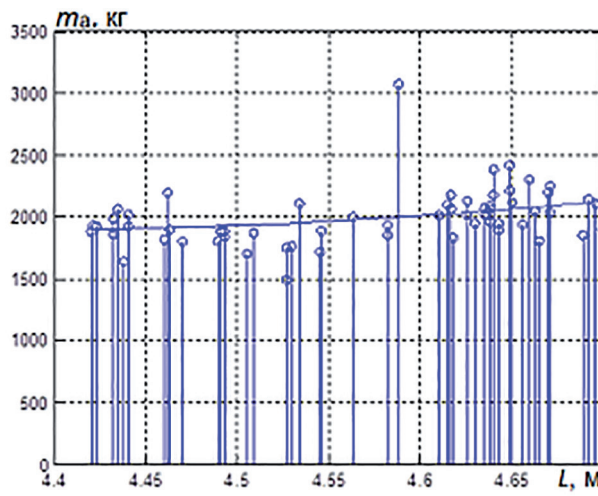


б

Рис. 3. Зависимости от габаритной длины масс универсалов большого класса: а – снаряженной; б – полной



а



б

Рис. 4. Зависимости от габаритной длины масс купе и кабриолетов большого класса: а – снаряженной; б – полной

погрешность аппроксимации которых равна 10,2 % и 22,0 % соответственно.

Результаты статистической обработки представлены на рис. 4, а и рис. 4, б. Из рисунков следует, что модель *McLaren PI* купе 3,8 длиной 4,588 м, полной массой 3075 кг, снаряженной массой 1395 кг спорт кар имеет увеличенную массу.

**Бизнес-класс (класс E).** Габаритная длина автомобилей бизнес класса от 4,7 м до 4,9 м. Всего проанализировано снаряженных масс 118 моделей и полных масс 119 моделей. Зависимости снаряженной  $m_0$  и полной  $m_a$  масс от габаритной длины  $L$  аппроксимированы полиномами второго порядка:

$$m_0 = 10\,030 * L^2 - 96\,140 * L + 231\,890;$$

$$m_a = 8\,500 * L^2 - 81\,320 * L + 196\,520,$$

погрешность аппроксимации которых равна 12,6 % и 9,8 % соответственно.

Результаты статистической обработки представлены на рис. 5, а и рис. 5, б. Из рисунков следует, что модели *Bentley Continental GT* купе 6,0 полной массой 2750 кг и *Bentley Continental GT* кабриолет 6,0 полной массой 2900 кг, имеют увеличенную массу.

**Бизнес-класс (класс E) – седаны.** Всего проанализировано снаряженных масс 52 модели и 47 моделей полных масс. Зависимости снаряженной  $m_0$  и полной  $m_a$  масс от габаритной длины  $L$  аппроксимированы полиномами второго порядка:

$$m_0 = 5\,550 * L^2 - 53\,040 * L + 128\,220;$$

$$m_a = 6\,760 * L^2 - 64\,610 * L + 156\,330,$$

погрешность аппроксимации которых равна 8,6 % и 8,2 % соответственно.

Результаты статистической обработки представлены на рис. 6, а и рис. 6, б. Из рисунков следует, что модели *Opel Insignia OPC* седан

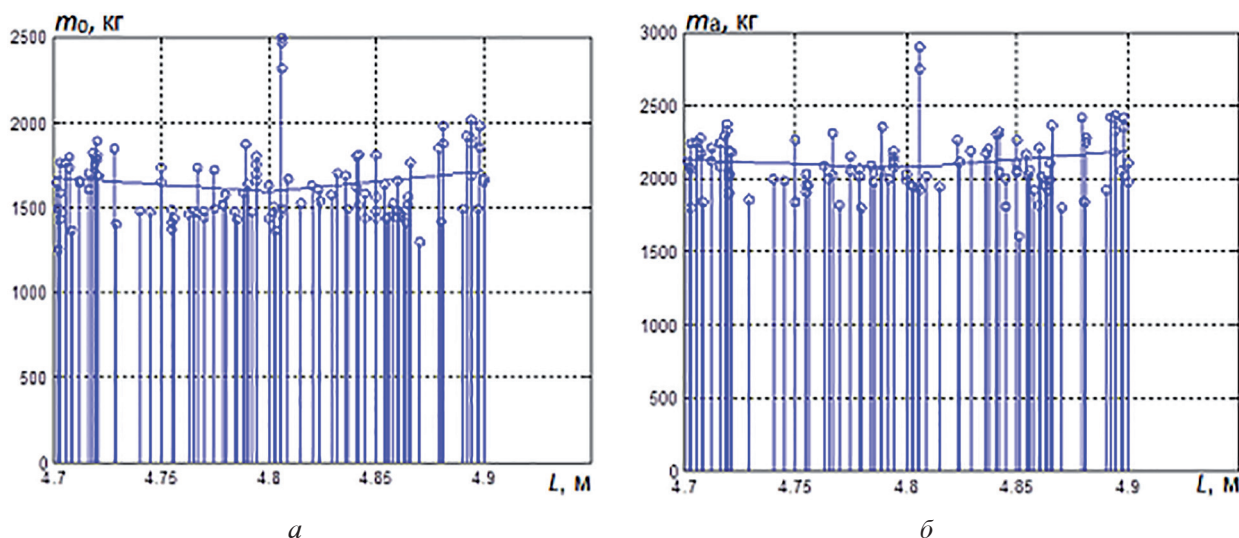


Рис. 5. Зависимости от габаритной длины масс легковых автомобилей бизнес-класса:

а – снаряженной; б – полной

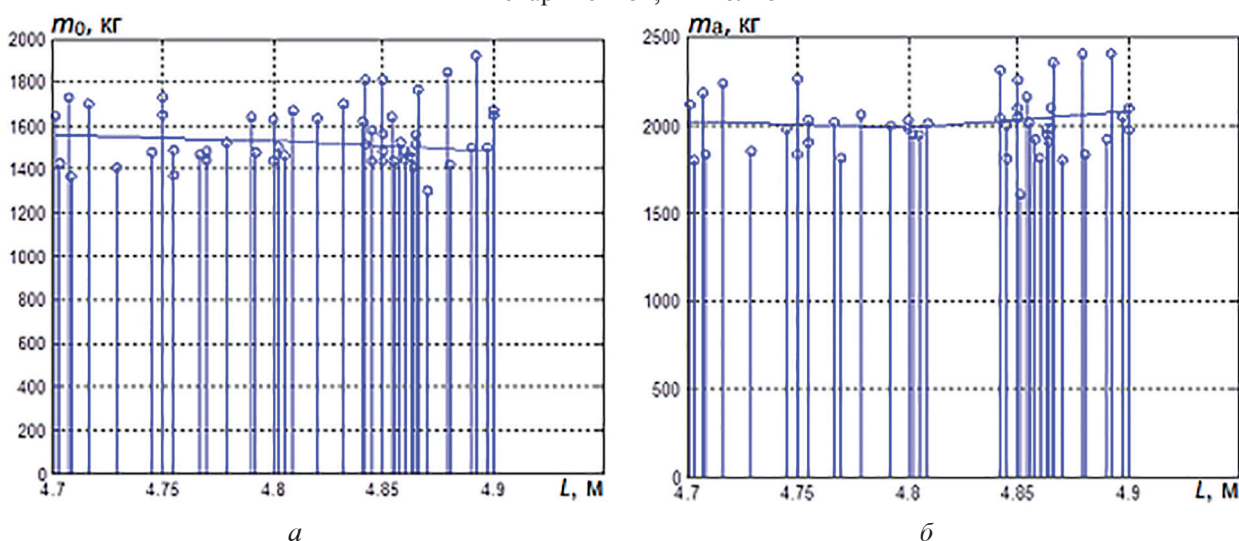


Рис. 6. Зависимости от габаритной длины масс седанов бизнес-класса: а – снаряженной; б – полной

2,8 длиной 4,842 м, полной массой 2315 кг, снаряженной массой 1810 кг, Mercedes-Benz E-Class седан 3,0 длиной 4,879 м, полной массой 2410 кг, снаряженной массой 1845 кг, Mercedes-Benz E-Class AMG седан 5,5 длиной 4,892 м, полной массой 2410 кг, снаряженной массой 1920 кг, имеют увеличенную массу.

**Бизнес-класс (класс E) – универсалы.** Всего проанализировано 20 моделей этого класса. Зависимости снаряженной  $m_0$  и полной  $m_a$  масс от габаритной длины  $L$  аппроксимированы полиномами второго порядка:

$$m_0 = 19\,280 * L^2 - 184\,970 * L + 445\,200;$$

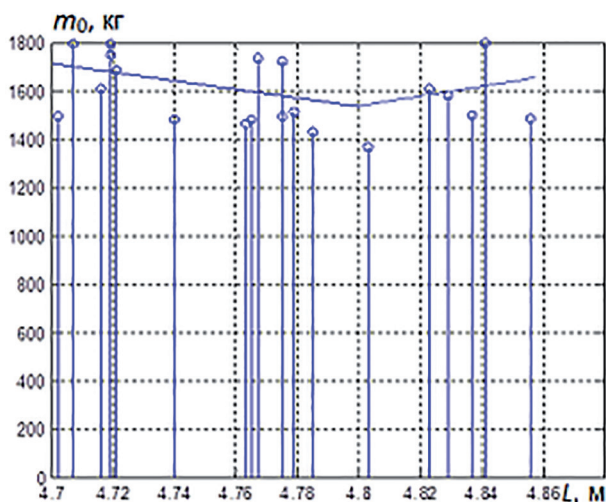
$$m_a = 22\,300 * L^2 - 213\,300 * L + 512\,070,$$

погрешность аппроксимации которых равна 7,7 % и 17,9 % соответственно.

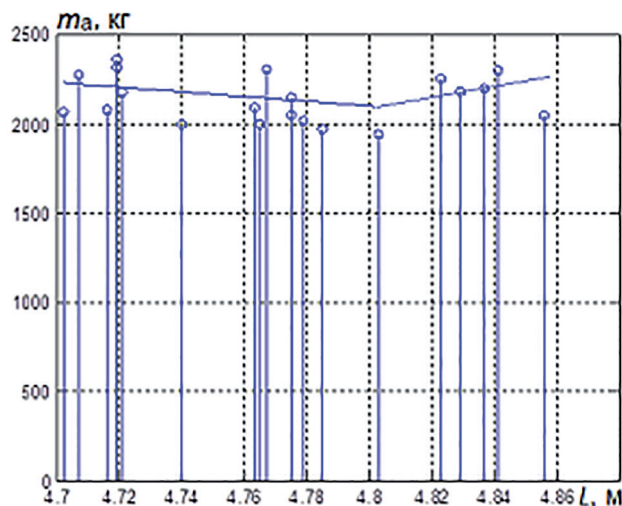
Результаты статистической обработки представлены на рис. 7, а и рис. 7, б. Из рисунков

следует, что модели Hyundai i40 универсал 1,7 длиной 4,775 м, полной массой 2150 кг, снаряженной массой 1719 кг, Volkswagen Passat универсал 2,0 длиной 4,767 м, полной массой 2310 кг, снаряженной массой 1735 кг, Audi S4 Avant универсал 3,0 длиной 4,719 м, полной массой 2320 кг, снаряженной массой 1750 кг, Saab 9-5 универсал 2,0 длиной 4,841 м, полной массой 2300 кг, снаряженной массой 1800 кг, Audi RS4 Avant универсал 4,2 длиной 4,719 м, полной массой 2365 кг, снаряженной массой 1795 кг, имеют увеличенную массу.

**Бизнес-класс (класс E) – купе и кабриолеты.** Всего проанализировано 37 моделей этого класса. Зависимости снаряженной  $m_0$  и полной  $m_a$  масс от габаритной длины  $L$  аппроксимированы полиномами второго порядка:

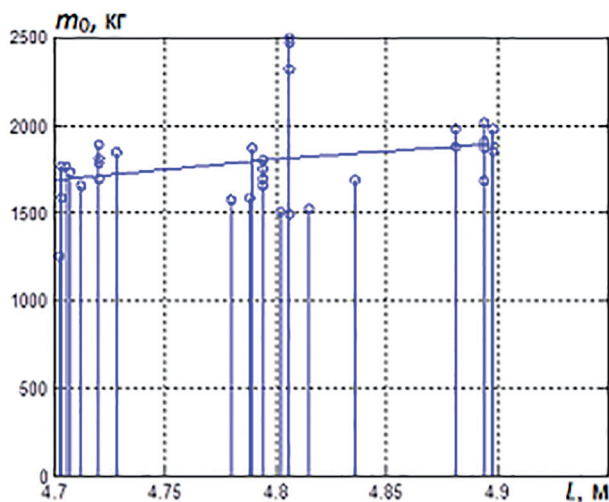


а

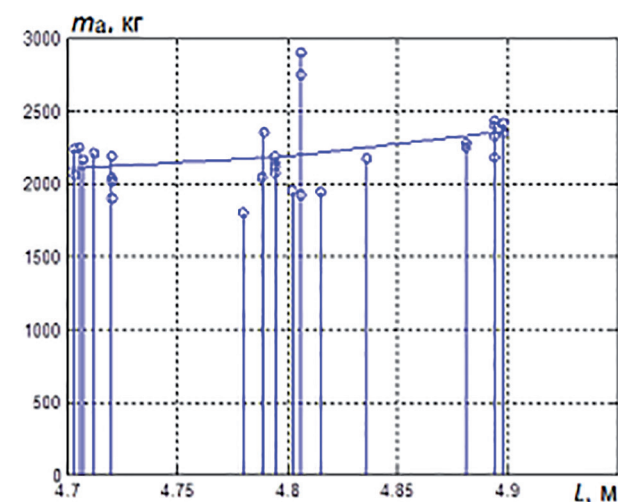


б

Рис. 7. Зависимости от габаритной длины масс универсалов бизнес-класса: а – снаряженной; б – полной



а



б

Рис. 8. Зависимости от габаритной длины масс купе и кабриолетов бизнес-класса: а – снаряженной; б – полной

$$m_0 = -1569 * L^2 + 16126 * L - 39441;$$

$$m_a = 4167 * L^2 - 38705 * L + 91968,$$

погрешность аппроксимации которых равна 13,1 % и 11,0 % соответственно.

Результаты статистической обработки представлены на рис. 8, а и рис. 8, б. Из рисунков следует, что модели *Bentley Continental GT* купе 6,0 длиной 4,806 м, полной массой 2750 кг, снаряженной массой 2320 кг, *Bentley Continental GT* кабриолет 6,0 Е длиной 4,806 м, полной массой 2900 кг, снаряженной массой 2495 кг, *Bentley Continental GTC* кабриолет 4,0 Е длиной 4,806 м, полной массой 2900 кг, снаряженной массой 2470 кг, имеют увеличенную массу.

**Автомобили представительского класса (класса F).** Габаритная длина автомобилей представительского класса более 4,9 м. Всего проанализировано 95 моделей.

Зависимости снаряженной  $m_0$  и полной  $m_a$  масс от габаритной длины  $L$  аппроксимированы полиномами второго порядка:

$$m_0 = 35,2 * L^2 + 552,8 * L - 1776,6;$$

$$m_a = -28,1 * L^2 + 1227,3 * L - 3015,7,$$

погрешность аппроксимации которых 9,5 % и 6,8 % соответственно.

Результаты статистической обработки представлены на рис. 9, а и рис. 9, б.

Автомобили представительского класса: *Maybach 62* седан 5,5 длиной 6,171 м, полной массой 3380 кг, снаряженной массой 2855 кг; *Rolls-Royce Phantom* седан 6,7 длиной 5,842 м, полной массой 3110 кг, снаряженной массой 2560 кг; *Maybach 57* седан 5,0 длиной 5,734 м,

полной массой, 3260 кг снаряженной массой 2735 кг; *Rolls-Royce Phantom* купе 6,7 длиной 5,612 м, полной массой 3050 кг, снаряженной массой 2580 кг; *Rolls-Royce Phantom* кабриолет 6,7 длиной 5,612 м, полной массой 3035 кг, снаряженной массой 2630 кг; *Bentley Mulsanne* седан 6,8 длиной 5,575 м, полной массой 3090 кг, снаряженной масса 2585 кг; *Lincoln Town Car* седан 4,6 длиной 5,490 м, снаряженной массой 1980 кг выделяются своими длинами.

Значительный интерес представляет анализ легковых автомобилей представительского класса с кузовом седан.

**Автомобили представительского класса (класса F) – седаны.** Всего проанализирована 61 модель. Зависимости снаряженной  $m_0$  и полной  $m_a$  масс от габаритной длины  $L$  аппроксимированы полиномами второго порядка:

$$m_0 = 103,276 * L^2 - 209,218 * L + 297,702;$$

$$m_a = -95,6 * L^2 + 2010,2 * L - 5305,6,$$

погрешность аппроксимации которых равна 9,9 % и 7,2 % соответственно.

Результаты статистической обработки представлены на рис. 10, а и рис. 10, б. Автомобили: *Maybach 62* седан 5,5 длиной 6,171 м, полной массой 3380 кг, снаряженной массой 2855 кг, *Rolls-Royce Phantom* седан 6,7 длиной 5,842 м, полной массой 3110 кг, снаряженной массой 2560 кг, *Maybach 57* седан 5,0 длиной 5,734 м, полной массой 3260 кг, снаряженной массой 2735 кг, *Bentley Mulsanne* седан 6,8 длиной 5,575 м, полной массой 3090 кг, снаряженной массой 2585 кг, выделяются своими массами и длинами.

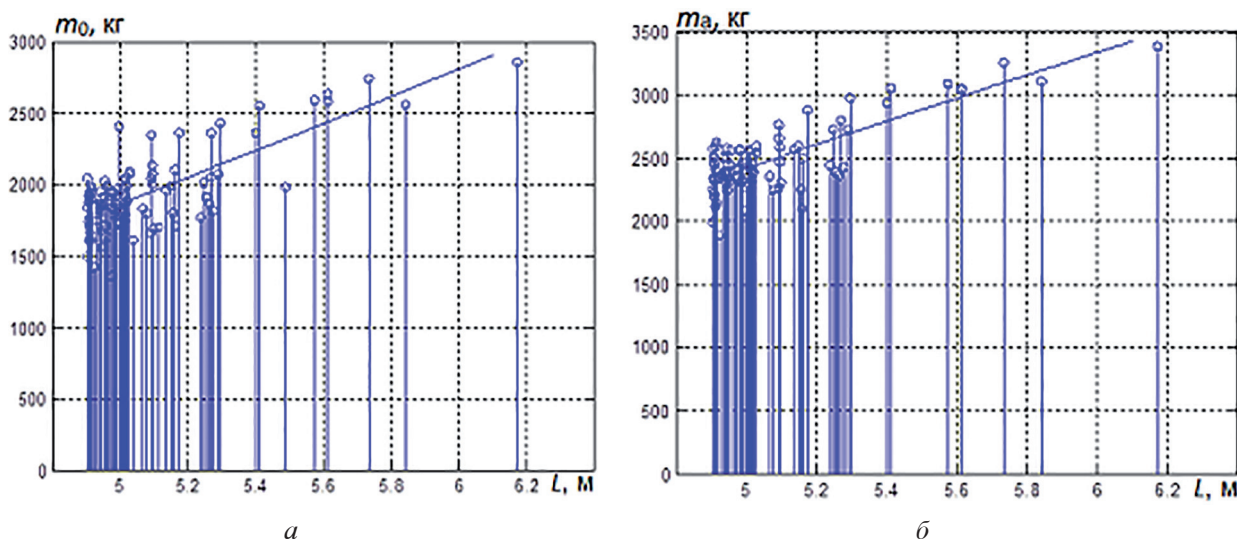


Рис. 9. Зависимости от габаритной длины масс автомобилей представительского класса:

а – снаряженной; б – полной

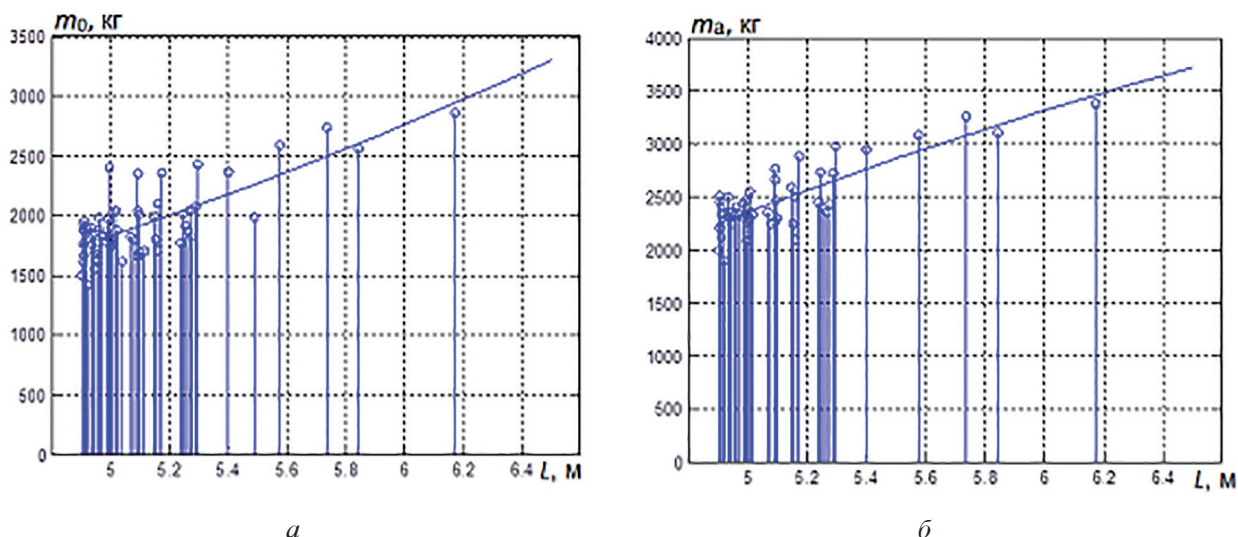


Рис. 10. Зависимости от габаритной длины масс седанов представительского класса:  
 $a$  – снаряженной;  $b$  – полной

### Выводы

Показано, что с погрешностью в пределах от 6,8 % до 27,9 %, зависимости между массой и габаритной длиной автомобилей классов D, E и F могут быть аппроксимированы полиномами второго порядка.

Результаты исследования рекомендуется использовать в проектно-конструкторских организациях автомобильных концернов для обоснованного выбора снаряженной и полной масс проектируемых легковых автомобилей различных классов.

### Литература

1. Кравец В.Н., Хорычев А.А. Классификация транспортных средств: учеб. пособие / НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Н. Новгород, 2008. 96 с.
2. Кравец В.Н., Селифонов В.В. Теория автомобиля. М.: ООО «Гринлайт+». 2011. 884 с.
3. Кравец В.Н., Мусарский Р.А., Волков С.А. Выбор основных параметров легковых автомобилей классов А, В и С // Известия МГТУ «МАМИ», 2016. № 4(30). С. 36–41.
4. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля. СПб: БХВ-Петербург. 2006. 478 с.
5. Характеристики автомобилей. (Дата обращения 01.03.2016). Режим доступа: <http://www.autonet.ru>
6. Автокаталог (справочник автомобилей). (Дата обращения 01.03.2016). Режим доступа: <http://www.drivernotes.net>
7. Технические характеристики автомобилей. (Дата обращения 01.03.2016). Режим доступа: <http://www.avtomarket.ru>

8. Новости автомира. (Дата обращения 01.03.2016). Режим доступа: <http://www.avto-russia.ru>
9. Каталог автомобилей. (Дата обращения 11.04.2016). Режим доступа: <http://www.wroom.ru/cars>
10. Поисковая система. (Дата обращения 23.04.2016). Режим доступа: <http://www.nizhniynovgorod.carsguru.net>
11. Энциклопедия автомобилей. (Дата обращения 06.05.2016). Режим доступа: <http://www.autowp.ru/>
12. Автомобильная социальная сеть. (Дата обращения 18.05.2016). Режим доступа: <https://www.blamper.ru>

### References

1. Kravets V.N., Khorychev A.A. *Klassifikatsiya transportnykh sredstv* [Classification of vehicles: Textbook]. N. Novgorod, NGTU im. R.E. Alekseeva Publ. 2008. 96 p.
2. Kravets V.N., Selifonov V.V. *Teoriya avtomobilya* [Theory of automobile]. M.: ООО «Grinlayt+» Publ., 2011. 884 p.
3. Kravets V.N., Musarskiy R.A., Volkov S.A. Selection of the main parameters of passenger cars of classes A, B and C. *Izvestiya MGТУ «МАМИ»*, 2016. No 4(30), pp. 36-41 (in Russ.).
4. Tarasik V.P. *Teoriya dvizheniya avtomobilya* [Theory of automobile]. SPb: BKhV-Peterburg Publ., 2006. 478 p.
5. *Kharakteristiki avtomobiley* (in Russ.). URL: <http://www.autonet.ru> (accessed 01.03.2016).
6. *Avtokatalog (spravochnik avtomobiley)* (in Russ.). URL: <http://www.drivernotes.net> (accessed 01.03.2016).

7. Tekhnicheskie kharakteristiki avtomobiley (in Russ.). URL: <http://www.avtomarket.ru> (accessed 01.03.2016).
8. Novosti avtomira (in Russ.). URL: <http://www.avto-russia.ru> (accessed 01.03.2016).
9. Katalog avtomobiley (in Russ.). URL: <http://www.wroom.ru/cars> (accessed 11.04.2016).
10. Poiskovaya sistema (in Russ.). URL: <http://www.nizhniynovgorod.carsguru.net> (accessed 23.04.2016).
11. Entsiklopediya avtomobiley (in Russ.). URL: <http://www.autowp.ru/> (accessed 06.05.2016).
12. Avtomobil'naya sotsial'naya set' (in Russ.). URL: <https://www.blamper.ru> (accessed 18.05.2016).

## SELECTION OF THE MAIN PARAMETERS OF PASSENGER AUTOMOBILES D, E AND F CLASSES

Dr. Eng. **V.N. Kravets**, Dr. Eng. **R.A. Musarskiy**, **S.A. Volkov**  
Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia  
[vnkravets@yandex.ru](mailto:vnkravets@yandex.ru), [musarsky@list.ru](mailto:musarsky@list.ru)

*The object of the study are passenger automobiles of D, E and F classes according to the European classification, manufactured in 2010–2015 at more than 80 enterprises in all the automotive countries of the world. The purpose of the study is to establish the dependencies of the curb and fully loaded weight of passenger cars on their main classification parameter – overall length. The novelty of the work is that models of modern automobiles were investigated, whereas similar studies were performed on automobiles that were mastered in production at the beginning of the 21st century, most of which have now been withdrawn from production. The performed work is actual, since its results make it possible to scientifically and reasonably choose the most important design parameters of passenger cars: curb and fully loaded weight. Based on the statistical processing of the initial data, analytical and graphical dependencies of the curb and fully loaded weight of automobiles on their overall length in each class were obtained and, in addition, in classes D and E, these dependences were established separately for automobiles with sedan, hatchback, coupe and cabriolet bodies. A total number of 1165 automobile models were analyzed. A large volume of the investigated models allowed to obtain statistically reliable results. The article shows that, with an error of 6,8 % to 27,9 %, the relationship between the masses and the overall length of cars of all the studied classes can be approximated by polynomials of the second order. The results of the research are recommended to be used in the design and research organizations of automobile concerns for a reasoned selection of the design parameters of the designed automobiles.*

**Keywords:** *automotive vehicle, curb and fully loaded weight, dynamics, overall length of the car, automobile class.*