

Усиление подвески и лифт полноприводных автомобилей Toyota Corolla, Corolla Axio, Corolla Fielder, Corolla Runx, Allion, Premio, Alex

© К. А. Гордеев, Д. А. Еловенко

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

Аннотация. В работе представлено оптимальное техническое решение, направленное на усиление амортизационных характеристик подвески и увеличение клиренса полноприводных автомобилей Toyota Corolla, Corolla Axio, Corolla Fielder, Corolla Runx, Allion, Premio, Alex с целью повышения их ходовых характеристик и управляемости в эксплуатационных условиях Западной и Восточной Сибири, а также Дальневосточного федерального округа. Объектом исследования являются амортизационные стойки подвески, состоящие из демпфирующего и упругого элемента. Для задней подвески предложена замена штатного демпфирующего элемента на штатный или усиленный от Toyota Wish с установкой упругого элемента, имеющего прогрессивную жесткость. Увеличение клиренса на задней оси рассматриваемых моделей достигается установкой верхней опоры задней стойки от Toyota Wish. Для передней подвески предлагается замена штатных демпфирующих и упругих элементов на усиленные, а сохранение баланса по клиренсу достигается путем установки проставок толщиной 40 мм. В результате внедрения описанного в работе решения происходит лифт автомобиля на 40–45 мм и увеличение жесткости основного узла задней и передней независимой подвески – амортизационной стойки. Также были приведены несколько вариантов оптимальных компоновок с указанием каталожных номеров использованных деталей.

Ключевые слова: тюнинг автомобилей, усиление подвески, лифт подвески, независимая подвеска, проставки для увеличения клиренса, опора, опора пружины

Suspension reinforcement and lift for all-wheel drive vehicles Toyota Corolla, Corolla Axio, Corolla Fielder, Corolla Runx, Allion, Premio, Alex

© Konstantin A. Gordeyev, Denis A. Elovenko

*Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russian Federation*

Abstract. The article presents the optimal technical solution aimed at strengthening the depreciation characteristics of the suspension and increasing the clearance of all-wheel drive vehicles Toyota Corolla, Corolla Axio, Corolla Fielder, Corolla Runx, Allion, Premio, Alex in order to improve their driving characteristics and handling in the operating conditions of Western and Eastern Siberia, as well as the Far Eastern Federal District. The object of the study is the suspension struts, consisting of a damping and elastic element. For the rear suspension, an optimal technical solution was proposed to replace the standard damping element with a standard or reinforced one from Toyota Wish with the installation of an elastic element with progressive stiffness. The increase in ground clearance on the rear axle of the models under consideration is achieved by installing the upper rear pillar support from Toyota Wish. For the front suspension, it is proposed to replace the standard damping and elastic elements with reinforced ones, and maintaining the balance in terms of clearance is achieved by installing spacers 40 mm thick. As a result of the implementation of the solution described in the article, the car is lifted by 40-45 mm and the rigidity of the main unit of the rear and front independent suspension, the suspension strut, is increased. Also, several options for optimal layouts were given with their catalog numbers of the corresponding parts.

Keywords: car tuning, strengthening the suspension, suspension lift, independent suspension, spacers to increase ground clearance

Появление в России автомобилей-бестселлеров версий с увеличенным клиренсом, таких как Kia Rio версии X (X-Line) (клиренс 170 мм и 195 мм в обновленной версии); Renault Logan и Renault Sandero в вер-

сиях Stepway (клиренс 195 мм) и др. говорит о том, что состояние дорожных покрытий и климатические условия оказывают большое влияние на эксплуатацию автомобилей в нашей стране.

Простое увеличение клиренса у переднеприводных автомобилей данного класса не является решением всего комплекса дорожных проблем, существующих в Сибири. В представленной работе авторами предпринята попытка предложить изменения, оптимизирующие предусмотренную изготовителем конструкцию амортизационных стоек подвески широко распространенных в Сибири полноприводных автомобилей Toyota Corolla, Corolla Axio, Corolla Fielder, Corolla Runx, Allion, Premio, Allex. Результатом предложенных нововведений должно стать качественное улучшение эксплуатационных характеристик машин с получением аналогичного клиренса в 195 мм.

Увеличение дорожного просвета неминуемо приводит к смещению центра тяжести, что может повлиять на устойчивость и управляемость автомобиля в некоторых режимах его эксплуатации. Традиционным решением этой проблемы является применение более жестких и энергоемких амортизационных стоек. В связи с этим целью работы является разработка метода усиления подвески и поднятия кузова рассматриваемых автомобилей на 40–45 мм, что приведет к незначительному снижению уровня комфорта из-за увеличения жесткости подвески, но при этом повысит проходимость и безопасность за счет лучшей устойчивости и управляемости автомобиля [1].

Полноприводные версии автомобилей Toyota Corolla, Corolla Axio, Corolla Fielder, Corolla Runx, Allion, Premio, Allex¹ (таблица) имеют идентичную конструкцию и размеры всех амортизационных стоек, а также аналогичную систему и конструктивные элементы реализации их полного привода. При этом практически все они имеют базовый клиренс (дорожный просвет) в 155 мм и сопоставимую массу.

Стоит отметить, что вышеперечисленные модели автомобилей Toyota (таблица) имеют автоматическую систему подключения задних колес через расположенную между карданным валом и задним редуктором фрикционную муфту, которая срабатывает при про-

буксовке передних колес. Аналогичная простая и распространенная технология подключения полного привода используется в бюджетных кроссоверах.

Модельный ряд автомобилей Toyota содержит полноприводную версию модели Wish (таблица) с аналогичной системой полного привода и идентичными размерами передних амортизационных стоек типа МакФерсон. При этом конструкция задних амортизационных стоек имеет три существенных отличия.

Во-первых, величина сечения упругого элемента (пружины) полноприводных моделей Toyota Wish составляет 14 мм при массе в 2,7 кг против 12,6 мм и 2 кг у рассматриваемых нами моделей. Пружина у Toyota Wish имеет существенно более высокую жесткость по сравнению с аналогичной линейной упругостью при работе на сжатие. Это обусловлено различием в массе между Toyota Wish и рассматриваемыми моделями на 130–290 кг (таблица), а также возможностью у Toyota Wish дополнительной грузоподъемности до 150 кг (два пассажира средней комплекции или подростка на третьем ряду).

Во-вторых, диаметр корпуса амортизационного элемента при одинаковом диаметре штоков на 6 мм (45 мм против 39 мм) больше, чем у рассматриваемых нами моделей, что является параметром, обуславливающим существенную разницу в способности гашения колебаний упругого элемента из-за большей энергоемкости².

Детальный анализ всех элементов конструкции подвески (задних амортизационных стоек) данных моделей позволил нам выявить еще одно (третье) отличие. Как видно из схемы детализировки на рис. 1 (а, б), верхние опоры пружины имеют конструктивные различия. В результате анализа геометрических параметров этих опор нами была определена разница в кратчайшем расстоянии между точками крепления штока амортизатора и плоскостью присоединения опоры к кузову автомобиля, которая составила 80 миллиметров (рис. 2) (88 мм против 8 мм). В то же время остальные геометрические пара-

¹ Каталог автомобилей // Дром. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.drom.ru/catalog> (18.08.2022).

² Оригинальные онлайн каталоги запчастей // Amayama. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.amayama.com/ru/genuine-catalogs> (19.08.2022).

метры этих конструктивных элементов являются идентичными.

Рассмотрим метод усиления задней подвески. У исследуемых моделей автомобилей эта подвеска независима и располагается на

двух поперечных рычагах. Пружина и амортизатор в ней объединены и вместе с верхней опорой пружины, пыльником и отбойником представляют собой амортизационную стойку (рис. 1) [2, 3].

Модели автомобилей Toyota, имеющие систему полного привода

Наименование модели	Кузов	Клиренс, мм	Масса, кг
Toyota Corolla 1.8 luxel 4WD	CBA-ZZE124	155	1200
Toyota Corolla 1.5 X 4WD	UA-NZE124	155	1150
Toyota Corolla Axio 1.5 G 4WD	DBA-NZE144	155	1230
Toyota Corolla Axio 1.8 luxel 4WD	DBA-ZRE144	155	1270
Toyota Corolla Fielder 1.5 X 4WD	UA-NZE124G	155	1200
Toyota Corolla Fielder 1.8 S 4WD	UA-ZZE124G	155	1250
Toyota Corolla Fielder 1.5 X 4WD	DBA-NZE144	155	1280
Toyota Corolla Fielder 1.8 S 4WD	DBA-ZRE144	155	1310
Toyota Corolla Runx 1.5 X 4WD	UA-NZE124	165	1180
Toyota Corolla Runx 1.8 S 4WD	UA-ZZE124	165	1220
Toyota Allion 1.8 A18 4WD	CBA-ZZT245	165	1280
Toyota Allion 1.8 A18 4WD	DBA-ZRT265	155	1330
Toyota Premio 1.8 L 4WD	CBA-ZZT245	165	1280
Toyota Premio 1.8 X 4WD	DBA-ZRT265	155	1330
Toyota Allex 1.5 XS150 4WD	UA-NZE124	155	1180
Toyota Allex 1.8 XS180 4WD	UA-ZZE124	155	1220
Toyota Wish 1.8 X 4WD	CBA-ZNE14	155	1400
Toyota Wish 1.8 S 4WD	DBA-ZGE25	150	1440

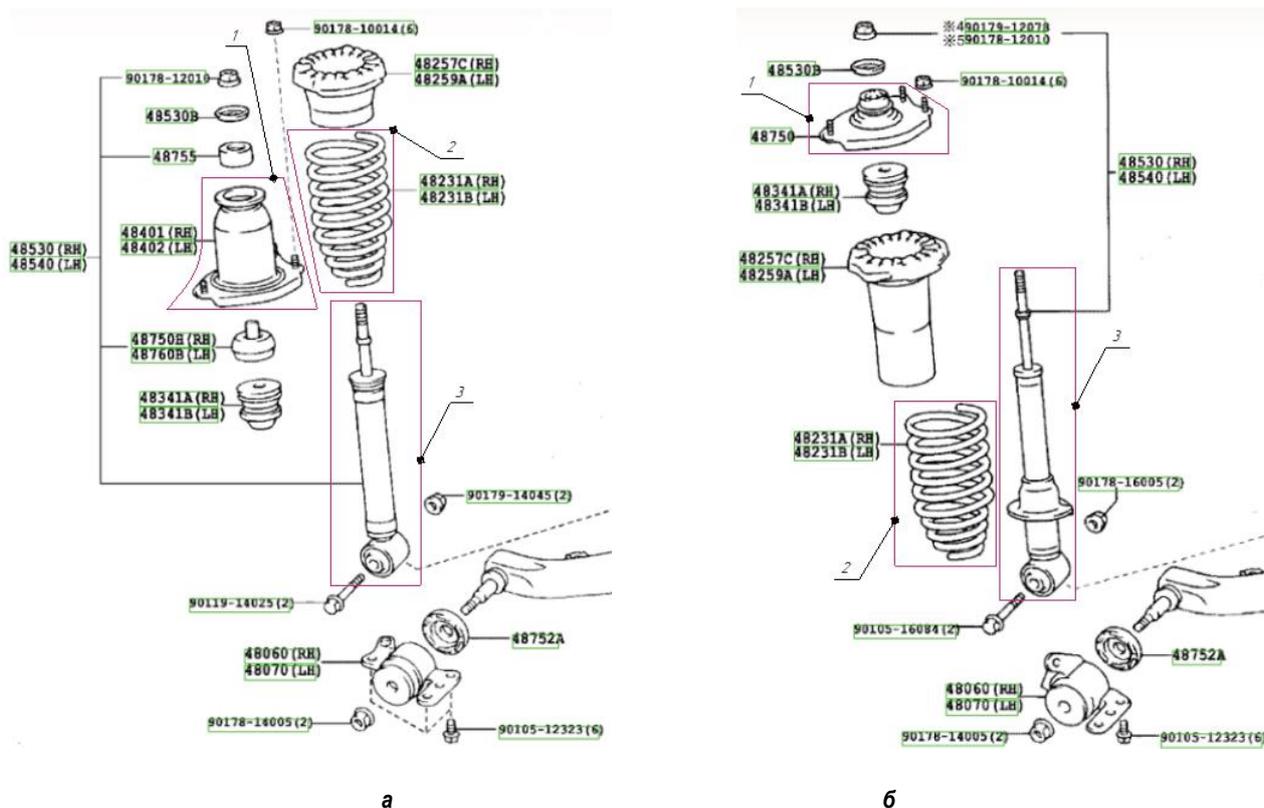


Рис. 1. Детализованные схемы амортизационных стоек задней подвески: а – рассматриваемых моделей, б – модели Wish. 1 – верхняя опора пружины, 2 – упругий элемент (пружина), 3 – демпфирующий элемент (амортизатор)

Оговоренное выше конструктивное отличие верхних опор пружины рассматриваемых моделей (48401-32020) (рис. 2а) и модели Wish (48750-68020) (рис. 2б) позволяет увеличить клиренс задней части рассматриваемых автомобилей на 80–85 мм. Этот результат также был подтвержден опытным путем на модели Corolla Fielder 1.5 X 4WD. Такая величина поднятия кузова любого легкового автомобиля, безусловно, является недопустимой. Эта проблема может быть решена за счет использования альтернативных вариантов упругого элемента амортизационной стойки, которые могли бы уменьшить полученный клиренс кузова на задней оси.

Существуют три известных нам варианта упругого элемента с прогрессивной степенью жесткости, разработанных известными японскими тюнинг-ателье специально для уменьшения базового клиренса автомобиля. Это двухдиапазонные³ пружины Toyota Racing Development (TRD) (рис. 3а) с толщиной прутка 13,15 мм и Zoom Down с толщиной прутка 13,7 мм, а также трехдиапазонные пружины Rally Sport Racing (RS★R TI 2000) (рис. 3б) с толщиной прутка 13,2 мм. Также отметим, что пружины TRD и RS★R TI 2000 имеют одинаковую длину и практически не отличаются по массе (2,54 кг и 2,53 кг соответственно). В то время как пружина Zoom Down имеет вес 3,08 кг, что превосходит даже вес штатной пружины, который равен 2,7 кг [4, 5]. На диагностическом вибростенде Nussbaum задние амортизационные стойки в их штатной (стандартной) компоновке на модели Corolla Fielder 1.5 X 4WD показали коэффициент сцепления колеса с дорожным покрытием для задней оси слева 74 % и справа 73 % (рис. 4), что говорит о полностью корректной и исправной работе демпфирующих элементов [6].

С учетом указанных фактов нами была реализована поочередная тестовая установка на автомобиль Corolla Fielder 1.5 X 4WD двух вариантов компоновок задних аморти-

зационных стоек с пружинами TRD⁴ и RS★R TI 2000 в сочетании со штатным демпфирующим элементом (Toyota 48530-69235) модели Wish. Оба варианта дали желаемый результат занижения модели Corolla Fielder 1.5 X 4WD на 35–40 мм, существенное увеличение упругости всей задней подвески в сравнении со штатными пружинами рассматриваемых моделей, а также весьма схожие, по нашему мнению, эксплуатационные характеристики.

Таким образом, полученная нами компоновка задних амортизационных стоек для рассматриваемых моделей является более сильной и энергоемкой, чем штатная как по параметру упругих элементов, так и по параметру демпфирующих. Отметим также, что и штатные демпфирующие элементы рассматриваемых моделей (рис. 5а), и их усиленный вариант KYB New SR Special NSF 9157⁵ (рис. 5б), обладают меньшей демпфирующей способностью, чем предлагаемый нами стандартный вариант (рис. 5в) или его усиленная версия KYB New SR Special NSF 9132. Наконец существует демпфирующий элемент KYB TRD sportivo (48530-ZE110) (рис. 5г), который имеет такой же наружный диаметр корпуса в 45 мм и другие геометрические параметры, что и Toyota 48530-69235, но измененную конструкцию клапанной системы, также направленную на более эффективное гашение колебаний кузова. Все предлагаемые варианты демпфирующих элементов имеют двухтрубную конструкцию и сохраняют уровень эксплуатационного комфорта гражданского автомобиля.

Следует отметить, особенности работы амортизатора «на отбой». Применение заниженных спортивных пружин дает запас для свободного хода штока амортизатора, причем ход его «на отбой» должен быть, как правило, больше хода на сжатие. Это означает, что на слишком сильно «лифтовать» автомобиль нельзя: из-за невозможности большего хода штока амортизатора появля-

³ Самый «стойкий» элемент подвески – пружины // ГиперАвто. [Электронный ресурс]. URL: <https://hyperauto.ru/articles/encyclopedia/samyu-%C2%ABstoykiy%C2%BB-element-podveski---pruzhiny/> (27.08.2022).

⁴ TRD каталог запчастей // TRD Sportivo. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.trdparts.jp/english/> (26.08.2022).

⁵ Официальный центр KYB // Амортизаторы KYB. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kyb-shop.ru/> (21.08.2022).

ется риск нарушения контакта колеса с дорогой при преодолении многочисленных ям на дороге. Следствием этого может стать потеря управления автомобилем и аварийная ситуация.

У рассматриваемых амортизаторов ход штока составляет 117 мм. При эксплуатации штатной компоновки амортизационных стоек модели Wish на рассматриваемых моделях не соблюдается идеальное отношение выхода штока (1/4 сжатия к отбою). При использо-

вании на рассматриваемых моделях предлагаемых нами компоновок амортизационных стоек соотношение сжатие/отбой примет следующий вид: ход сжатия – 1/4 максимального хода штока; ход отбоя – 3/4 максимального хода штока; 30 мм к 87 мм соответственно. Как видим, предлагаемые нами варианты компоновок дают увеличение клиренса на 40–45 мм при сохранении благоприятного соотношения хода штока на сжатие к отбою ~ 1/3 [7, 8].



Рис. 2. Верхние опоры пружины: а – рассматриваемые модели, б – модель Wish



Рис. 3. Упругие элементы задней подвески (пружины) для Toyota Wish: а – RS★R TI2000, б – TRD sportivo



Рис. 4. Диагностические данные определения коэффициента сцепления задней оси



Рис. 5. Демпфирующие элементы (амортизаторы): а – штатный от Toyota Corolla Fielder, б – усиленный от Toyota Corolla Fielder, в – штатный от Toyota Wish, г – усиленный от Toyota Wish

Передняя подвеска рассматриваемых автомобилей типа МакФерсон («качающаяся свеча») (рис. 6). Нами не найдена конструкция амортизаторов передней подвески, которая имела бы большую длину при прочих равных геометрических параметрах. В то же время у модели Wish существуют усиленные демпфирующие элементы двух видов. Учи-

тывая успешную трехлетнюю практику эксплуатации одной из таких моделей на рассматриваемых автомобилях (в частности, Corolla Fielder в кузове NZE144), соавтор данной работы может рекомендовать их к установке в паре с максимально сильной пружиной для модели Wish.

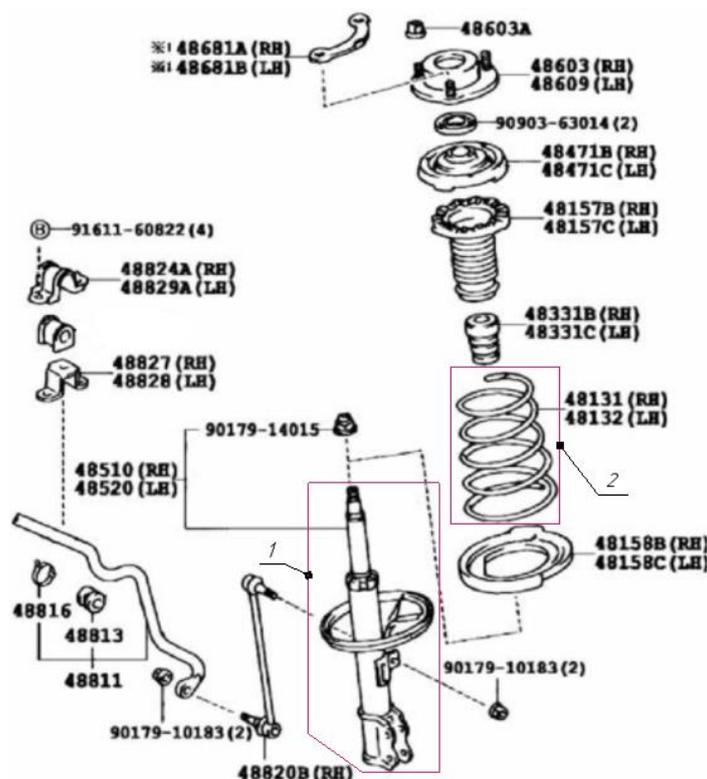


Рис. 6. Схема передней подвески автомобиля Toyota Corolla Fielder: 1 – демпфирующий элемент (амортизатор), 2 – упругий элемент (пружина)

Итак, в качестве замены штатных амортизаторов (48510-80094) предлагаются их усиленные варианты: KYB NST5247ZL, либо KYB TRD sportivo 48520-ZE110. Необходимо обратить внимание на индекс «Z» в конце каталожного номера, указывающий на то, что амортизатор имеет еще большую степень усиления при работе на отбой, что позволяет устанавливать максимально усиленные варианты пружин (Osaka Vane Ind. (OBK) C4T68201H или Trust Auto TATY102F).

Замена демпфирующего и упругого элементов в компоновке передней стойки с учетом осадки пружин не способна обеспечить увеличение клиренса, сопоставимое с полученным на задней оси. В связи с этим замена необходима, главным образом, для усиления амортизационной стойки и повышения ее энергоемкости. Поэтому для сохранения баланса необходимо применять специальные проставки.

В условиях низких температур Сибири предлагается установить высокопрочные полиуретановые проставки фирмы «Полимер» (рис. 8), имеющие высоту 40 мм (артикул:

011501040)⁶ [9, 10]. Полиуретан долговечнее и прочнее других применяемых материалов, лучше выдерживает перепады температур, обладает свойствами дополнительного виброгасителя и демпфера ударов. Проставки из алюминия еще лучше подходят для работы в условиях резких перепадов температур, но на данный момент на рынке нет деталей необходимой высоты. Также недостатком алюминиевых проставок является отсутствие у них функции поглощения и гашения ударов, что ведет к быстрому износу опор амортизационных стоек. Проставки из других материалов либо не предназначены для использования в климатических условиях Сибири, либо являются менее ударопрочными даже в обычных температурных условиях. На данный момент проставки высотой 40 мм из других материалов нет на рынке, поэтому авторами предлагаются именно полиуретановые проставки [10].

⁶ Комплект проставок опор передних стоек для Toyota TOY-15-010 // Тема4x4. [Электронный ресурс]. URL: https://tema4x4.ru/catalog/prostavki/prostavki_opor_perenikh_stoek_dlya_toyota_toy_15_010_poliuretani/?oid=86127 (18.08.2022).



Рис. 7. Полиуретановые приставки под передние стойки

Итак, поставленные задачи по усовершенствованию передней подвески выполнены.

Заключение

Описанный метод модернизации подвески приводит к увеличению клиренса на 40–45 мм для каждой оси (равномерный подъем), что повышает проходимость автомобиля до оптимальных в условиях Сибири показателей. В итоге клиренс автомобилей равен 195+ мм, что находится на уровне Kia Rio версии X (X-Line), Renault Logan и Renault Sandero в версиях Stepway. Были предложены варианты установки на исследуемые автомобили передних усиленных амортизаторов от тюнинг-ателье KYB NST5247ZL или KYB TRD sportivo 48520-ZE110, являющихся более энергоемкими в сравнении со штатными, и пружин Osaka Bane Ind C4T68201H или

Trust Auto TATY102F с использованием высокопрочных полиуретановых проставок фирмы «Полимер» (Артикул: 011501040). Для задней подвески была предложена замена штатных амортизаторов на амортизаторы от Toyota Wish (штатных, KYB New SR Special NSF 9132 или TRD (48530-ZE110) с большей энергоемкостью. Также использовались спортивные занижающие пружины с прогрессивной жесткостью (RS★R TI2000 или TRD), менее жесткие, чем штатные от Toyota Wish, но более жесткие, чем у рассматриваемых автомобилей. Итогом работы стало усиление демпфирующих и упругих элементов в амортизационных стойках, что повышает безопасность и управляемость автомобилей Toyota Corolla, Corolla Axio, Corolla Fielder, Corolla Runx, Allion, Premio, Alex.

Список источников

1. Данилов В. Ф., Епанешников В. В. Увеличение проходимости автомобилей // Инновации и инвестиции. 2019. № 4. С. 239–244.
2. Вахламов В. К., Шатров М. Г., Юрчевский А. А. Автомобили: теория и конструкция автомобиля и двигателя. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 816 с.
3. Яковлев В. Ф. Устройство легкового автомобиля. М.: Изд-во «Третий Рим», 2008. 78 с.
4. Гладов Г. И. Устройство автомобилей. М.: Издательский центр «Академия», 2017. 352 с.
5. Мамичев А. О., Карпиков Р. О., Августовская М. А., Галченкова В. Ю., Проколова В. О. Замена пружин и

- амортизаторов в автомобиле // Перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении: сборник научных статей 3-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (г. Курск, 15–16 февраля 2018 г.). Курск, 2018. С. 229–231.
6. Мангушев А. Н. Коэффициент сцепления дорожного покрытия с колесом автомобиля // ЦЭИИС [Электронный ресурс]. URL: <https://ceiis.mos.ru/presscenter/news/detail/5767103.html> (20.09.2022).
7. Чуклинов И. О. Работа амортизационной стойки // Drive2. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.drive2>

.ru//495227459927540191/ (30.08.2022).

8. Шишлов А. Н., Лебедев С. В. Ходовая часть автомобилей. Органы управления автомобилей. М.: ГБПОУ КАТ №9, 2017. 279 с.

9. Данзан Д., Желтышев А. В. Повышение надежности элементов подвески автомобиля применением дета-

лей из полиуретана // Механики XXI века. 2011. № 10. С. 95–96.

10. Патент на полезную модель № 96066 U1 Российская Федерация, МПК В60G 15/06. Проставка амортизатора / Ващенко А. В., Ушков О. Б. Заявл. 17.03.2010; опубл. 20.07.2010.

Информация об авторах / Information about the Authors

Константин Александрович Гордеев,
аспирант кафедры конструирования
и стандартизации в машиностроении,
Институт авиационного машиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
konstantin.gordeev.1999@mail.ru

Денис Александрович Еловенко,
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры конструирования
и стандартизации в машиностроении,
Институт авиационного машиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
elovenko03@gmail.com

Konstantin A. Gordeyev,
Postgraduate Student,
Design and Standardization in
Mechanical Engineering Department,
Institute of Aircraft Engineering and Transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
konstantin.gordeev.1999@mail.ru

Denis A. Elovenko,
Cand. Sci (Technics),
Professor of the Design and Standardization
in Mechanical Engineering Department,
Institute of aircraft engineering and transport,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russian Federation,
elovenko03@gmail.com