

# АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ АВТОМОБИЛЕЙ «БАГГИ»

Дмитренко Дмитрий Юрьевич, ст. гр. АА-41,

[dekoshtc@gmail.com](mailto:dekoshtc@gmail.com)

В середине прошлого века в США для изготовления первых багги использовались вышедшие из употребления автомобили Фольксваген «Жук».

Проект Фольксваген «Народный автомобиль» начался еще в 1933 году в Берлине как крепкий и надежный автомобиль стоимостью не более 1000 рейхсмарок.

Через пять лет проект «Народный автомобиль» завершился, и "Жук" принял свой окончательный вид. За задней осью располагался оппозитный, четырёхцилиндровый, продольного расположения двигатель с рабочим объёмом в 985 куб. см, который был заблокирован с коробкой передач, обращённой вперед. Автомобиль имел усиленное несущее плоское днище. Был оснащен независимой торсионной подвеской всех колёс.

Через два года после окончания войны "Жук" впервые вышел на международный рынок.

В США "Жуков" встречали враждебно, так как этот автомобиль ассоциировался с нацизмом. Но к 1953 году отношение к этим легковым автомобилям изменилось. Так как в США в то время был дефицит дешевых легковых автомобилей, а "Жук" продавался всего за 500 долларов.

"Жук" был и является самым массовым автомобилем в всемирной истории.

Так что вполне обосновано что для изготовления первых багги использовались вышедшие из употребления автомобили Фольксваген "Жук". От уменьшительной формы американского названия Фольксвагена "Жука" - Volkswagen Bug и произошло название "buggy", то есть "жучок". С автомобиля снимались кузов, двери и крылья, в качестве несущей структуры устанавливалась облегченная рама или стекловолоконный кузов, или оставлялась урезанная версия штатного кузова. Благодаря проходимости и прочности шасси "Жука", его высокому дорожному просвету, отсутствию радиатора, заднему расположению двигателя этот автомобиль идеально подходил для производства багги. Также способствовала популярности и вседоступность этого автомобиля.

Многие любители багги устанавливали взамен штатного двигателя "Жука" 6-цилиндровые двигатели от Chevrolet Corvair. С использованием турбонаддува мощность могла быть увеличена до 180 л. с. Стихийные соревнования стали иногда вырастать в грандиозные автокросс-шоу. Популярность багги росла и вскоре перешагнула границы США. В Европе выпуском этих машин занималась итальянская компания Autozodiaco.[1]

Предпосылками к появлению современных автомобилей Багги является несовершенство конструкций серийных автомобилей для обеспечения заданных целей начиная от спортивных автомобилей для ралли-кросса, заканчивая автомобилями для преодоления препятствий в виде скал и труднопроходимых участков гор. Развитие получили не только конструкции рамы и подвески, а также системы устойчивости, систем для улучшения сцепления и прочих систем и узлов. Также такие автомобили популяризируются в связи с тем что для спорта более уместным является использование трубчато-каркасных рам, вместо заводских кузовов, что также способствует более удобному расположению узлов и агрегатов для лучшей развесовки и компоновки. На автомобилях багги проводятся заезды в автокроссе, который собирает спонсоров и зрителей во многих странах мира.

Автокросс это гонки на кольцевой трассе с грунтовым покрытием которые проводятся с 1951 года в СССР(первый чемпионат на грузовиках) Далее в 1977 году впервые Автокросс на автомобилях багги обретает статус чемпионата СССР.

Чемпионат Украины по кроссу стартовал еще в 1983-м. В этой дисциплине состоялся первый автогоночный чемпионат новой независимой Украины – в 1993-м. На сегодняшний день чемпионат в нашей стране проводится на нескольких трассах для автомобильного кросса. В таких городах как: Харьков, Днепр, Черновцы, Кировоград. Все трассы грунтовые, иногда с глиной или песком. Протяженность трасс от 1000 до 1400 метров. С перепадами высот до 40 метров. И шириной от 12 до 30 метров.

Чемпионат Украины по автокроссу включает в себя такие классы багги:

Дивизион 3 (Д-3): одноместные автомобили для автокросса (багги), четырехколесные транспортные средства, сконструированные и построенные для участия в автокроссе. Автомобили могут иметь 2 или 4 ведущих колеса. Должны соответствовать требованиям ст. ст. 251...253, ст. 279А Дополнения «J»МСК ФИА [2] с изменениями и дополнениями согласно этого Регламента в следующих зачетных группах:

1-ЮСТ и 1-ЮМ - автомобили для молодежи с двигателем с рабочим объемом до  $210 \text{ см}^3$  включительно с приводом на заднюю ось, одобренные FAU с разрешенными изменениями и ограничениями в подготовке согласно п.5.17 данного Регламента[2];

2–зачетная группа - автомобили с двигателем с рабочим объемом до  $1500 \text{ см}^3$  включительно и ограничениями в подготовке согласно п.5.11 данного Регламента.- а также автомобили (багги юниор-классификация FIA) с мотоциклетным четырехтактным двигателем с рабочим объемом до  $600 \text{ см}^3$ .

Должны соответствовать (п 5.1) данного регламента, ст. 279А Дополнения «J» МСК FIA[2].

3-зачетная группа (Багги 1600 - классификация FIA)[2]

- автомобили с рабочим объемом двигателя до 1600 см<sup>3</sup> включительно без наддува;

4-зачетная группа (Супер Багги - классификация FIA)[2]

- автомобили с рабочим объемом двигателя до 4000 см<sup>3</sup> для двигателей без наддува и до 2352 см<sup>3</sup> включительно для двигателей с наддувом.

Статистический анализ применяемых компоновочных решений

Исходя из большого диапазона для выбора двигателя в автомобиль 4-зачетной группы (Супер Багги) требуется провести анализ для определения оптимальной конфигурации автомобиля для участия в кроссе.

Для всех автомобилей 3-Дивизиона требования представлены FAU[3] в виде таблицы разрешенной минимальной полной массы в зависимости от типа и рабочего объема двигателя

Таблица 1.1

### Требования регламента FAU

Параметры конструкции:	Привод			
	На одну ось (4x2)	Полный (4x4)		
Конфигурация двигателя		4-цилиндра без наддува	6-цилиндров без наддува	8-цилиндров без наддува
			4-цилиндра с наддувом	6-цилиндров с наддувом
Рабочий объем до см <sup>3</sup>	МИНИМАЛЬНЫЙ ВЕС АВТОМОБИЛЯ, КГ			
600	390	440	-	-
1300	420	470	-	-
1600	450	500	550	600
2000	500	550	600	650
2500	550	600	650	700
3000	575	625	675	725
3500	600	650	700	750
4000	625	675	725	775

Большой диапазон допускаемых объемов двигателей и типов двигателей наталкивает на вопрос, какой объем и тип двигателя будет оптимальный. Казалось бы, в спортивных гонках очень важна мощность и крутящий момент, и в этом случае есть только два варианта: первый это двигатель с наддувом и

объемом 2352 см<sup>3</sup>, а также второй это выбор двигателя без наддува объемом 4000 см<sup>3</sup>. Но если рассматривать аналоги, то заметно, что никто не использует 4-х литровые двигатели в своих автомобилях. Поэтому целью данной работы является выбор наиболее рациональной комплектации автомобиля.

Для проведения анализа отличия двигателей с разным рабочим объемом, база двигателей применяемых в соревнованиях. Были учтены такие параметры как: максимальная мощность, максимальный момент и соответствующие им обороты, а также масса двигателя. Все это дало возможность оценить наиболее часто применяемые компоновки автомобилей.

Параметры двигателя были сведены в таблицу 1.2

Таблица 1.2

### Параметры двигателей

Объем до см <sup>3</sup>	Номер	Название и примечание	М, Н.м.	N, л.с.	nN, об/мин	nM, об/мин	мд, кг
600	1	Suzuki Bandit GSF 600 4 ряд. 0.6л	54	78	10500	9500	н/д
	2	Suzuki GSX-R600 4 ряд 0.6л	67	126	13500	11500	н/д
	3	Honda CBR 600RR 4 ряд 0.6л	67	117	13000	11000	н/д
	4	Kawasaki Ninja ZX-6R 4 ряд 0.6л	67	128	14000	11800	н/д
1300	1	ВАЗ-2108 4 ряд 1.3л	94	64	5600	3500	127
	2	Suzuki Hayabusa GSX1300R 4 ряд 1.3л	155	197	10400	7200	н/д
	3	Audi 80 4 ряд 1.3л	95	60	5800	3800	н/д
	4	Ниссан Куб 4 ряд 1.3л	108	82	6000	4000	105
1600	1	Форд Фокус 1.4л 4 ряд	124	80	5700	3500	85
	2	ВАЗ-2114 1.6л 4 ряд	125	82	5200	3000	112
	3	Фольксваген Пассат 1.4л 4 ряд	200	122	5000	1400	104
	4	Шевроле Авео 1.6л 4 ряд	150	109	5800	4000	112
2000	1	Хонда Аккорд 1.8л 4 ряд	152	110	5800	3500	160
	2	Ниссан Блудёрд 1.8л 4 ряд	142	88	5200	3200	145
	3	Субару Легаси 1.8л 4 опозитник	154	115	6000	4500	180
	4	Мазда МХ3 1.8л в6	157	129	6000	5000	165
2500	1	Тойота Королла 2.5л 4 ряд	204	125	5000	4000	175
	2	Субару Легаси 2.2л 4 опозитник	186	135	5800	4800	183
	3	Ауди 2.0 TFSI	280	200	5100	5000	152
	4	Митсубиси Галанд 2.4л 4 ряд	192	132	5250	4000	185
3000	1	Тойота Хайлюкс 2.7л в6	240	150	4800	4000	173
	2	Сузуки Гранд Витара 2.7л в6	250	185	6000	3300	200
	3	БМВ 6-серии 3л 6 ряд	400	306	6000	5000	135
	4	Митсубиси Паджеро 3л в6	278	225	6000	4000	200
3500	1	БМВ 5-серии 3.5л в8	310	218	5500	4000	145
	2	Мерседес слк 3.2л в6	315	224	5600	3000	150
	3	Митсубиси Паджеро 3.5л в6	300	208	5500	3000	230
	4	Тойота Хайлюкс 3.4 в6	298	190	4800	3600	190
4000	1	БМВ 7-серии 3.6л в8	360	272	6200	3700	213
	2	Митсубиси Паджеро 3.8л в6	329	235	5250	2750	200
	3	Тойота Прадо 4л в6	377	239	5200	3700	166
	4	Лексус лс 4.0л в8	420	300	6000	4000	165

Из таблицы характеристик двигателей можно выделить средние значения сгруппированных по каждому объему двигателей. Усредненные значения сведены в таблицу 1.3. Эти данные являются базой для дальнейшего анализа.

Таблица 1.3

**Усредненные данные по рассматриваемым категориям**

Объем до, см <sup>3</sup>	M, Н·м.	N, л.с.	nN, об/мин	nM, об/мин	mд, кг	Минимальная масса автомобиля
600	63,75	112,25	12750	10950	н/д	440
1300	113	100,75	6950	4625	н/д	470
1600	149,75	98,25	5425	2975	103,25	500
2000	151,25	110,5	5750	4050	162,5	550
2500	215,5	148	5287,5	4450	173,75	650
3000	292	216,5	5700	4075	177	675
3500	305,75	210	5350	3400	178,75	700
4000	371,5	261,5	5662,5	3537,5	186	775

Как видно из таблицы мощность изменяется от 100 до 260 л.с. а крутящий момент от 64 до 370 Н·м в то время как масса двигателя в зависимости от объема вырастает от 50 до 190 кг. Также увеличивается масса трансмиссии, креплений мотора а так же подвески что приводит к повышению массы автомобиля. Даже если это увеличение массы ввиду использования более дорогих и легких материалов возможно свести к минимуму, регламент не позволит делать автомобили с 4-х литровыми двигателями легче 775 кг, а это в свою очередь в 1,76 раз тяжелее чем автомобили с двигателями с рабочим объемом до 600 см<sup>3</sup>

Так как двигатели с рабочим объемом до 600 см<sup>3</sup> имеют небольшой крутящий момент, в среднем 63 Н·м и мощность в среднем 112 л.с. динамические возможности автомобилей с такими двигателями на порядок хуже чем у автомобилей с рабочим объемом до 1300 см<sup>3</sup>. В таблице приведены мотоциклетные и автомобильные двигатели, последние в свою очередь имеют меньшую мощность и крутящий момент, а вот мотоциклетные двигатели с рабочим объемом до 1300 см<sup>3</sup>, в частности двигатель Suzuki Hayabusa GSX1300R почти в два раза выше мощность и крутящий момент чем у двигателей с рабочим объемом до 600 см<sup>3</sup> а так же имеет схожие показатели с автомобильными двигателями с рабочим объемом до 2000 см<sup>3</sup> но разрешенная масса такого

автомобиля на 100 кг меньше что несомненно приведет к более динамичному разгону, торможению и способности прохождения поворотов. Также автомобили которые имеют двигатель с максимально допустимым рабочим объемом до 4000 см<sup>3</sup> имеют существенно больший запас мощности и крутящего момента, однако большая масса автомобиля не позволяет ему конкурировать с автомобилями чей вес порой в полтора раза меньше, в поворотах. Кроме этого передаточные числа трансмиссии для разных объемов двигателей автомобилей также отличаются.

Чаще всего двигатели укомплектовываются своими штатными коробками передач, а динамические свойства и диапазон скоростей, в том числе и максимальную скорость, варьируют передаточным числом главной передачи. Разные передаточные числа трансмиссии также оказывают влияние на динамику разгона за счет резного коэффициента учета вращающихся масс [4], который рассчитывается по следующей формуле

$$\delta_j = 1,04 + 0,04 \cdot U_{ki}^2, \quad (1)$$

где  $U_{ki}$  – передаточные числа коробки передач на  $i$ -той передаче.

Так для полноприводного автомобиля максимально возможное ускорение будет ограничено коэффициентом сцепления и отличается на разных передачах за счет разного коэффициента учета вращающихся масс (см. (2)) [4]

$$j_\varphi = (g \cdot \varphi_x) / \delta_i, \quad (2)$$

где  $\varphi_x=0,45$  – коэффициент сцепления на грунтовой трассе,

$g=9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения.

В соответствии с таблицей 1.3 проведен анализ ускорения, по формуле (2), который показал какое ускорение по сцеплению с дорогой развивают автомобили с разным объемом двигателя на разных передачах. Результаты приведены на рис. 1

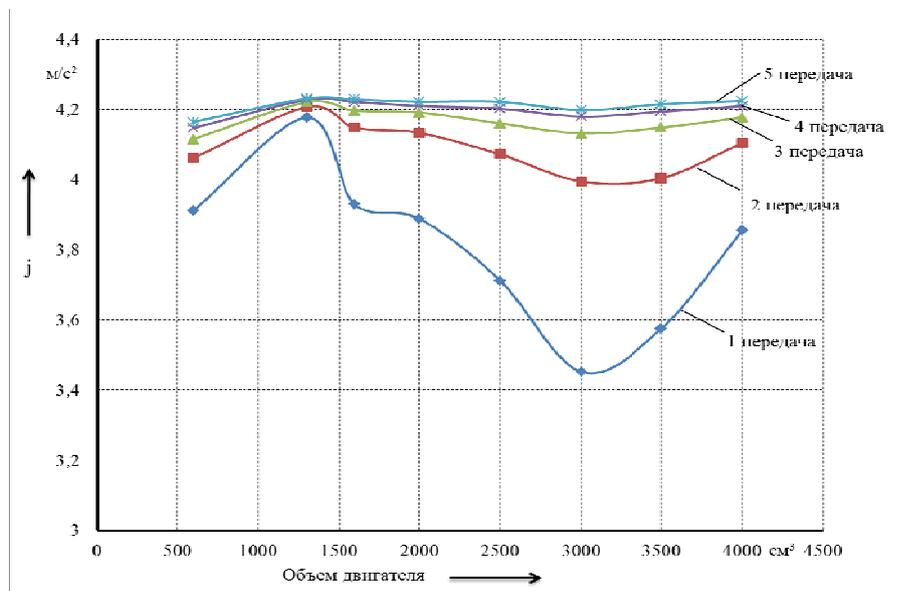


Рис. 1. Графики ускорений на разных передачах по сцеплению

Данные приведенные на рис. 1 не учитывают реальных возможностей автомобиля с конкретным двигателем. Согласно данных таблицы 1.3 был проведен тяговый расчет для каждой группы двигателей [4], исходя из результатов расчета, получены ускорения на каждой передаче. В результате наложив данные тягового расчета и рисунка 1, а также выбрав минимальные значения ускорений из двух вариантов, получены реальные ускорения приведенные на рис. 2.

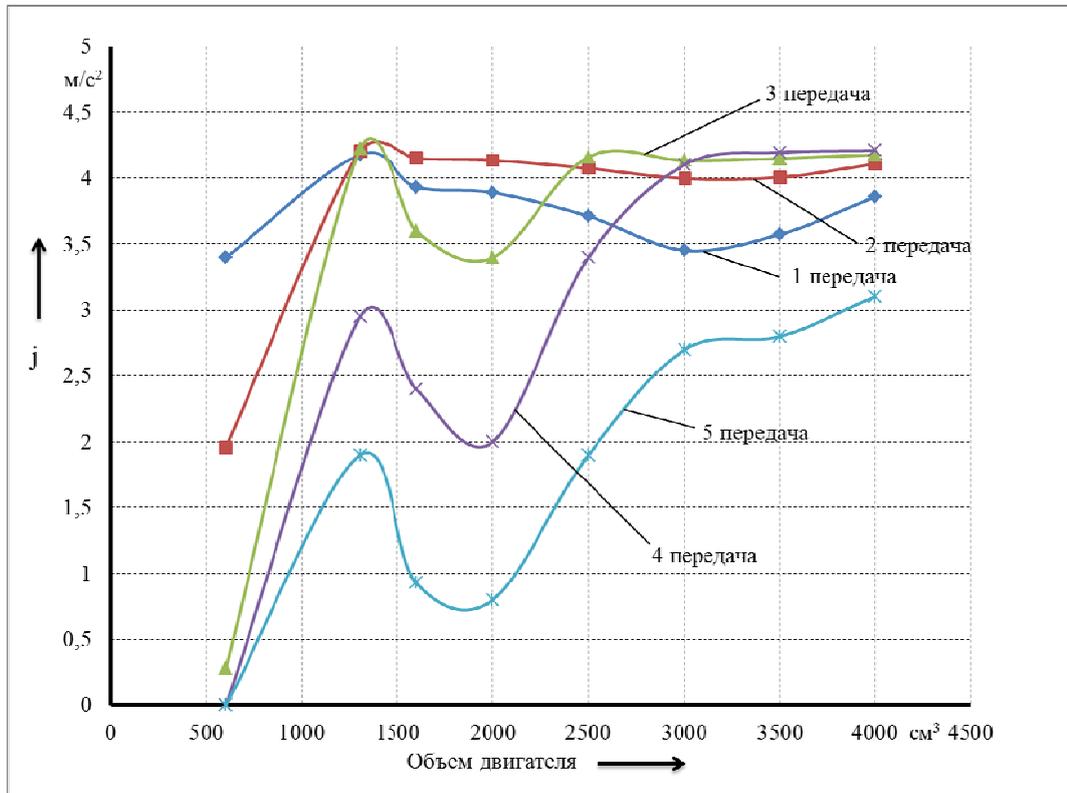


Рис. 2. Графики ускорений на разных передачах по двигателю

Приведенные на рис. 2 данные учитывают не только тяговые возможности каждого авто, исходя из крутящего момента двигателя, передаточных чисел трансмиссии, и ограничений динамических характеристик по сцеплению. Данных на рис.2 недостаточно для анализа, так как приведенные кривые не отображают скоростной диапазон в котором доступны эти ускорения. Окончательный график, дающий более полную картину, для анализа, предоставлены на рис.3 и представляет собой набор кривых, огибающих графики ускорения на всех передачах для каждого объема двигателя.

При расчете возможности ускорения по сцеплению не учитывались реальные возможности двигателя, ниже приведены графики ускорений на разных передачах исходя из возможностей двигателей, где ускорение не превышает возможные по сцеплению.

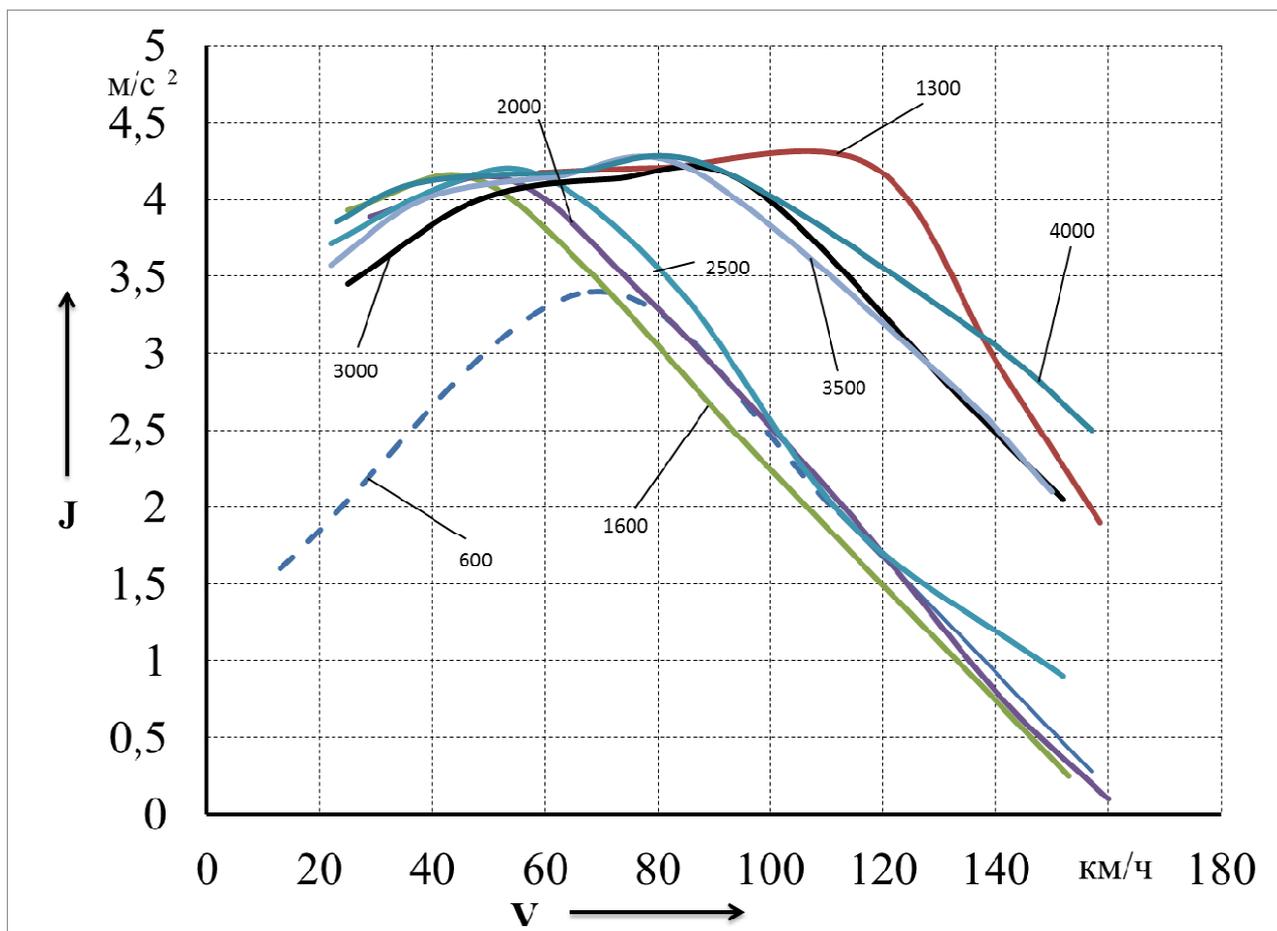


Рис. 3. График зависимости ускорения от скорости автомобилей с разным рабочим объемом двигателей

Из графика зависимости ускорения от скорости видно что автомобиль имеющий двигатель с рабочим объемом до 600 см<sup>3</sup> явно будет проигрывать в разгоне до 70 км/ч, автомобилям с большим объемом двигателя. Также видно что автомобиль с двигателем Suzuki Hayabusa GSX1300R с рабочим объемом до 1300 см<sup>3</sup> будет иметь преимущество по сравнению с другими автомобилями в диапазоне скоростей от 90 до 135 км/ч, и почти не будет уступать на более низких скоростях. Из этого следует что автомобиль с мотоциклетным двигателем Suzuki Hayabusa GSX1300R, или подобным, будет быстрее автомобилей с автомобильными, или мотоциклетными двигателями с другим рабочим объемом. Данный анализ показывает преимущества указанного двигателя при разгоне по прямой, что подтверждается практикой [5].

Преимущества тех или иных автомобилей при движении в повороте требует дополнительных исследований.

## Литература

1. Багги [электронный ресурс] режим доступа: [\[https://ru.wikipedia.org/wiki/Багги\]](https://ru.wikipedia.org/wiki/Багги) 3 стр.
2. Дополнение J МСК FIA [электронный ресурс] режим доступа: <http://www.fia.com/file/52623/download/17461?token=SPW5E7-h39>стр.
3. Общий регламент [электронный ресурс] режим доступа: <http://cross-fau.com.ua/wp-content/uploads/2016/08/Kross.-CHempionat-i-Kubok-Ukrainyi-natsionalnaya-seriya---Superkubok-1600---2016-g.-Obshhiy-reglament-redaktsiya-ot-18.04.20151.pdf> 34 стр.
4. В.П. Волков. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: Науч. Пособник. –Харьков: ХНАДУ, 2003.-292 с.
5. Результаты соревнований [электронный ресурс] режим доступа: <http://cross-fau.com.ua/rezultatyi/2016-god>

*Научный консультант: доц.. Михалевич Н. Г.*