

УДК 629.3

DOI: 10.46960/2782-5477\_2023\_1\_4

А.И. Марковнина, В.С. Макаров, А.В. Папунин,  
В.В. Беляков, У.Ш. Вахидов

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева  
Нижний Новгород, Россия

Расчет показателя эффективности вездехода может оценить оптимальность использования того или иного транспортного средства. В статье рассмотрены методики расчета эффективности, учитывающие различные комбинации рассматриваемых технических характеристик вездеходов. По результатам рассмотрения выборки методик определены наиболее эффективные модели.

**Ключевые слова:** вездеход, эффективность, грузоподъемность.

Разнообразие технических характеристик транспортных предполагает оценку эффективности использования машин и выбор наиболее эффективной модели. Анализ показателей эффективности позволяет принять обоснованное решение о целесообразности эксплуатации машины в соответствующих условиях и определить ее технико-экономический уровень. Обоснованность принятых решений обусловлена степенью соответствия показателей эффективности функциональному назначению машины, полнотой учета действующих технических, эксплуатационных и социально-экономических факторов.

Эффективность машины – это способность качественного выполнения требуемых видов работ в заданных условиях эксплуатации с минимальными затратами [1, 2]. «Эффективность наиболее полно можно характеризовать сравнением результатов деятельности с затратами на их получение... эффективность как бы является вектором деятельности, показывает ее направление, а величину этого вектора можно обозначить как эффект» [3]. Следует различать экономическую, научную, социальную, экологическую, техническую эффективность и т.д.

Было выбрано несколько методик расчета эффективности: 1) методика Я.И. Бронштейна – по фактору проходимости; 2) методика Г.Б. Безбородовой – по критерию проходимости; 3) методика В.Ф. Платонова – по показателю полезной производительности; 4) методика Дж. Вонга – по удельной транспортной эффективности и по удельной производительности. Сравнение показателя эффективности по этим методикам проводилось для нескольких типов вездеходов, а сравниваемые технические характеристики которых приведены в табл. 1. Для анализа были выбраны машины, производитель или поставщик которых указал скорость движения на плаву. Движение вездеходов рассматривается в одинаковых условиях движения на стабильном опорном основании.

1. Я.И. Бронштейн предложил оценивать эффективность функционирования транспортных средств с помощью фактора проходимости [4]:

$$\Pi = \frac{G_M}{G_0} V_M,$$

где  $G_M$  – максимальная грузоподъемность колесной машины,  $G_0$  – собственный вес автомобиля,  $V_M$  – величина фактической средней скорости движения по маршруту.

Результаты первого расчета приведены в табл. 2 и на рис. 1. Расчет проводился для двух скоростей – максимальной и на плаву.

**Таблица 1.**  
**Технические характеристики вездеходов**

Модель	Изготовитель	Грузо-подъемность, кг	Полная масса, кг	Мощность двигателя, л.с.	Максимальная скорость, км/ч	Скорость на плаву, км/ч	Расход топлива, л/100км
«Ункор» модель ТТС 39101	ООО «Транс-Маш»	750	2900	98	75	5	11,5
«Ункор» модель ТТС 39102	ООО «Транс-Маш»	750	3000	98	75	5	11,5
«Ункор» модель ТТС 39106	ООО «Транс-Маш»	1050	2900	98	75	5	11,5
«Кержак» модель ТТС 30074	ООО «Транс-Маш»	1050	4250	98	50	5	15
«Кержак» модель ТТС 30078	ООО «Транс-Маш»	2000	5850	98	50	5	15
«Алдан» модель ТТС 3942	ООО «Транс-Маш»	2000	8445	150	50	5	18
«ЗВМ-39081»	Завод вездеходных машин	2000	7000	148,9	50	3	25
«ТРЭКОЛ» 39294	ООО НПФ «ТРЭКОЛ»	400	3500	149,6	70	10	14
«Шаман»	ООО «АВТО-РОС»	1000	6300	146	70	7	20
«РУСАК» К-4	РУСАК	1000	4500	120	60	4	60
«Харп-Р»	ООО «ШЕРП»	1500	7600	93,8	40	5	35

**Таблица 2.**  
**Фактор проходимости вездеходов**

Вездеход	По максимальной скорости	По скорости на плаву
«Ункор» модель ТТС 39101	19,40	1,29
«Ункор» модель ТТС 39102	18,75	1,25
«Ункор» модель ТТС 39106	27,16	1,81
«Кержак» модель ТТС 30074	12,35	1,24
«Кержак» модель ТТС 30078	17,09	1,71
«Алдан» модель ТТС 3942	11,84	1,18
«ЗВМ-39081»	14,29	0,86
«ТРЭКОЛ» 39294	8,00	1,14
«Шаман»	11,11	1,11
«РУСАК» К-4	13,33	0,89
«Харп-Р»	7,89	0,99

2. Методика Г.Б. Безбородовой [5] является усложненной методикой Я.И. Бронштейна и позволяет рассмотреть более сложные (комплексные) показатели проходимости для оценки эффективности использования автомобиля вне дорог. Ими предложено в качестве оценки проходимости автомобиля рассматривать отношение фактической производительности автомобиля в данных тяжелых дорожных условиях к его максимальной конструкционной производительности в хороших дорожных условиях. Я.И. Бронштейн этот критерий именуется

«коэффициентом ограничения проходимости», а Г.Б. Безбородова – «критерием проходимости»:

$$C = \frac{G_{\text{огр}} V_{\text{огр}}}{G_{\text{гр}} V_a},$$

где  $G_{\text{гр}}$ ,  $V_a$ ,  $G_{\text{огр}}$ ,  $V_{\text{огр}}$  – соответственно номинальная грузоподъемность и максимальная скорость движения машины по дорогам с усовершенствованным покрытием и грузоподъемность и скорость в данных дорожных условиях.

Результаты второго расчета приведены в табл. 3. Расчет проводился аналогично для двух скоростей.

**Таблица 3.**  
**Критерий проходимости по Безбородовой**

Вездеход	По максимальной скорости	На плаву
«Ункор» модель ТТС 39101	48,75	0,07
«Ункор» модель ТТС 39102	48,75	0,07
«Ункор» модель ТТС 39106	48,75	0,07
«Кержак» модель ТТС 30074	32,50	0,10
«Кержак» модель ТТС 30078	32,50	0,10
«Алдан» модель ТТС 3942	32,50	0,10
«ЗВМ-39081»	32,50	0,06
«ТРЭКОЛ» 39294	45,50	0,14
«Шаман»	45,50	0,10
«РУСАК» К-4	39,00	0,07
«Харп-Р»	26,00	0,13

3. По методике В.Ф. Платонова рассчитывается аналогичный показатель полезной производительности:

$$\Pi = G_M V_M,$$

Расчет представлен в табл. 4 и на рис. 2.

**Таблица 4.**  
**Показатель полезной производительности по Платонову**

Вездеход	По максимальной скорости	На плаву
«Ункор» модель ТТС 39101	562,5	37,5
«Ункор» модель ТТС 39102	562,5	37,5
«Ункор» модель ТТС 39106	787,5	52,5
«Кержак» модель ТТС 30074	525,0	52,5
«Кержак» модель ТТС 30078	1000,0	100,0
«Алдан» модель ТТС 3942	1000,0	100,0
«ЗВМ-39081»	1000,0	60,0
«ТРЭКОЛ» 39294	280,0	40,0
«Шаман»	700,0	70,0
«РУСАК» К-4	600,0	40,0
«Харп-Р»	600,0	75,0

4. Методика Дж. Вонга [6]. Он ввел понятие удельной транспортной эффективности, определяемой как отношение транспортной производительности к соответствующей входной мощности системы:

$$\eta_{tr} = \frac{W_p V}{P},$$

где  $W_p$  – полезная нагрузка,  $P$  – мощность двигателя колесной машины,  $V$  – скорость на данном участке местности. В расчетах используется максимальная скорость движения. Результаты расчета по данной формуле представлены в табл. 5.

**Таблица 5.**  
**Удельная транспортная эффективность по Мацкерле**

Вездеход	По максимальной скорости	На плаву
«Ункор» модель ТТС 39101	5,74	0,38
«Ункор» модель ТТС 39102	5,74	0,38
«Ункор» модель ТТС 39106	8,04	0,54
«Кержак» модель ТТС 30074	5,36	0,54
«Кержак» модель ТТС 30078	10,20	1,02
«Алдан» модель ТТС 3942	6,67	0,67
«ЗВМ-39081»	6,72	0,40
«ТРЭКОЛ» 39294	1,87	0,27
«Шаман»	4,79	0,48
«РУСАК» К-4	5,00	0,33
«Харп-Р»	6,40	0,80

Помимо этого, существуют методики расчета, в которых в качестве критерия используют следующий коэффициент эффективности [2, 7]:

$$P_{эф} = \frac{V_{cp}}{Q_{SK}},$$

и комплексный показатель – удельную производительность:

$$W_{уд} = m_n V_{cp} / Q_{SK},$$

где  $Q_{SK}$  – контрольный расход топлива, л/100 км;  $P_{эф}$  – коэффициент эффективности, км<sup>2</sup>/(ч·л),  $m_n$  – масса перевозимого груза, т.

Результаты приведены в табл. 6 и табл. 7.

После расчета эффективности по нескольким показателям создается нормированный показатель эффективности вездехода и строится два графика эффективности для проезда по грунту и по воде. Нормированный показатель определяется по формуле:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{n},$$

где  $k_i$  – нормированный показатель по выбранной методике,  $n$  – количество показателей.

**Таблица 6.**  
**Коэффициент эффективности**

<b>Вездеход</b>	<b>По максимальной скорости</b>	<b>На плаву</b>
«Ункор» модель ТТС 39101	4,35	0,29
«Ункор» модель ТТС 39102	4,35	0,29
«Ункор» модель ТТС 39106	4,35	0,29
«Кержак» модель ТТС 30074	2,22	0,22
«Кержак» модель ТТС 30078	2,22	0,22
«Алдан» модель ТТС 3942	1,85	0,19
«ЗВМ-39081»	1,33	0,08
«ТРЭКОЛ» 39294	3,33	0,48
«Шаман»	2,33	0,23
«РУСАК» К-4	0,67	0,04
«Харп-Р»	0,76	0,10

**Таблица 7.**  
**Удельная производительность**

<b>Вездеход</b>	<b>По максимальной скорости</b>	<b>На плаву</b>
«Ункор» модель ТТС 39101	4891,30	326,09
«Ункор» модель ТТС 39102	4891,30	326,09
«Ункор» модель ТТС 39106	6847,83	456,52
«Кержак» модель ТТС 30074	3500,00	350,00
«Кержак» модель ТТС 30078	6666,67	666,67
«Алдан» модель ТТС 3942	5555,56	555,56
«ЗВМ-39081»	4000,00	240,00
«ТРЭКОЛ» 39294	2000,00	285,71
«Шаман»	3500,00	350,00
«РУСАК» К-4	1000,00	66,67
«Харп-Р»	1714,29	214,29

Результаты показаны на рис. 1, 2. Исходя из полученных расчетов, анализируем наибольшую выборку технических характеристик вездеходов. Наибольшей эффективностью обладают модели Кержак 30078 и Алдан 3942. Ункор 30902 обладает высокой эффективностью на суше, но хуже движется по воде, Харп-Р, наоборот, по воде передвигается немного эффективнее, чем по суше.

Вышеописанными методиками расчета можно определить оптимальный вездеход для перевозки груза или пассажиров, но у них есть существенный недостаток – учитываются только некоторые тягово-силовые характеристики, но не рассматриваются геометрия, условия движения (территория, по которой движется транспортное средство) и режим движения.

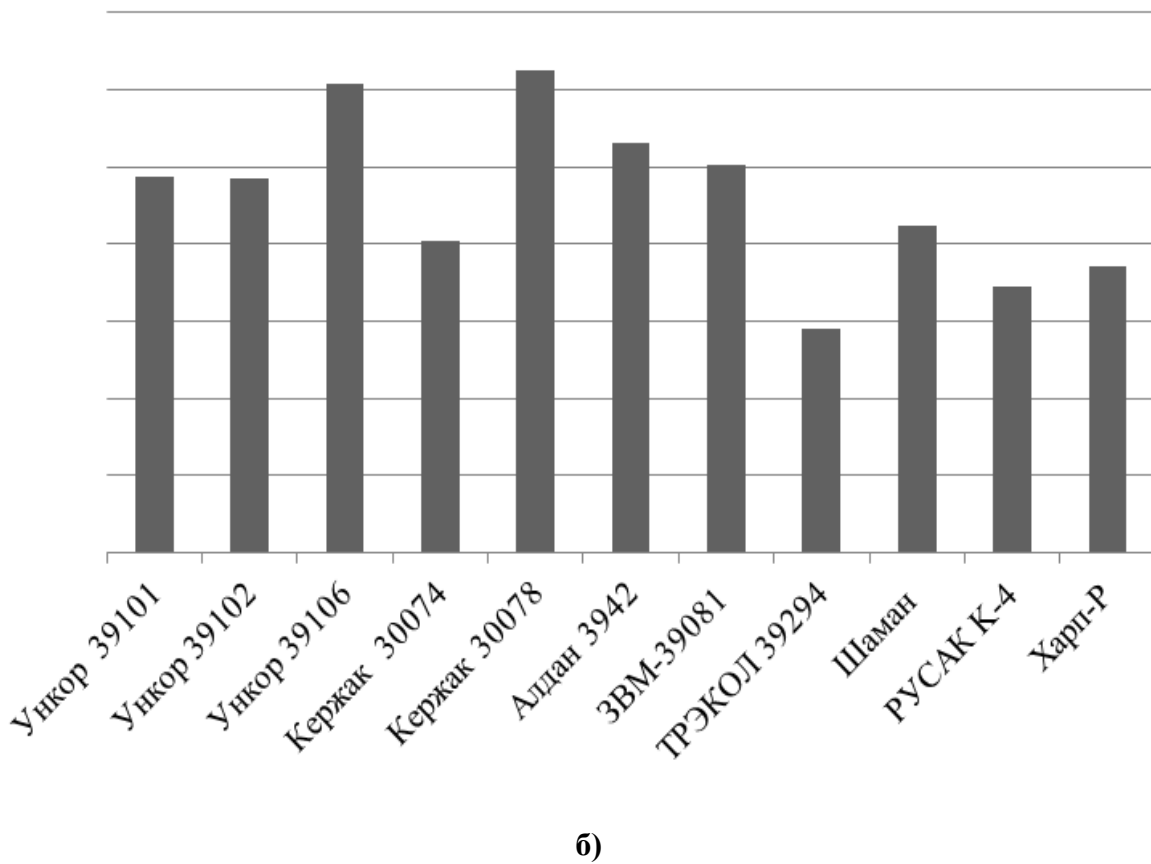
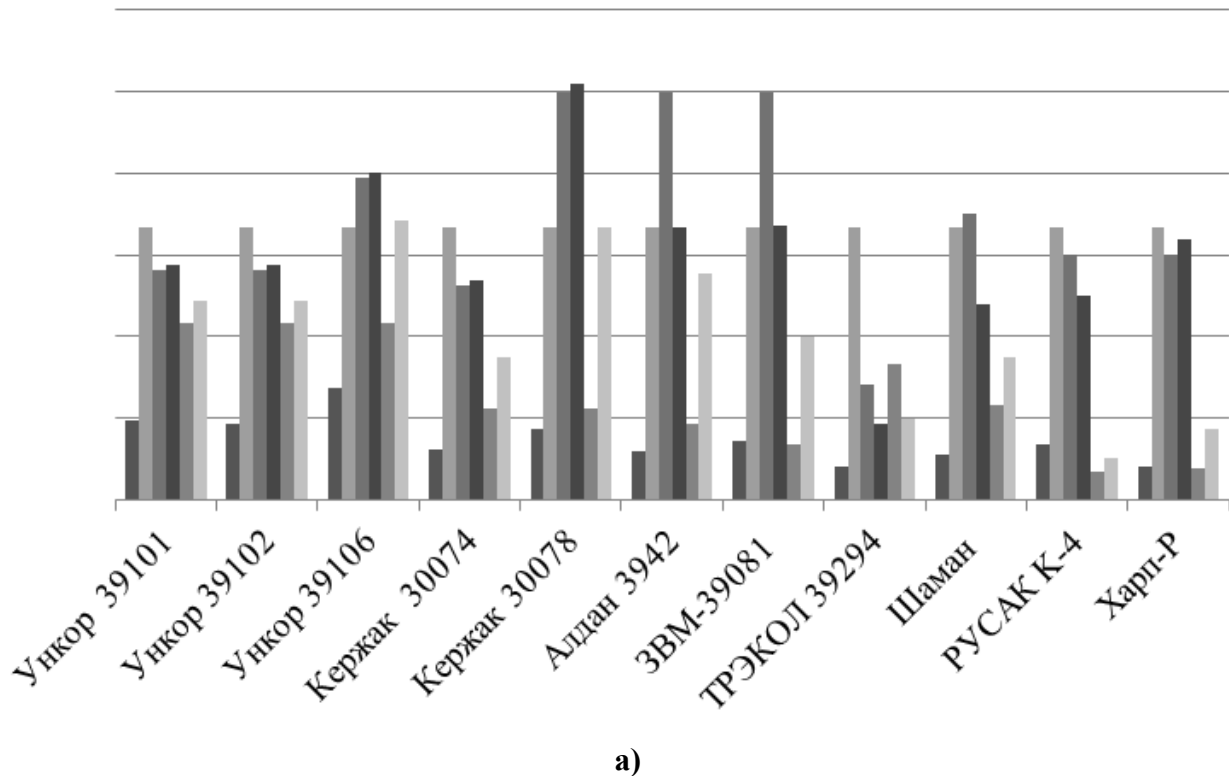
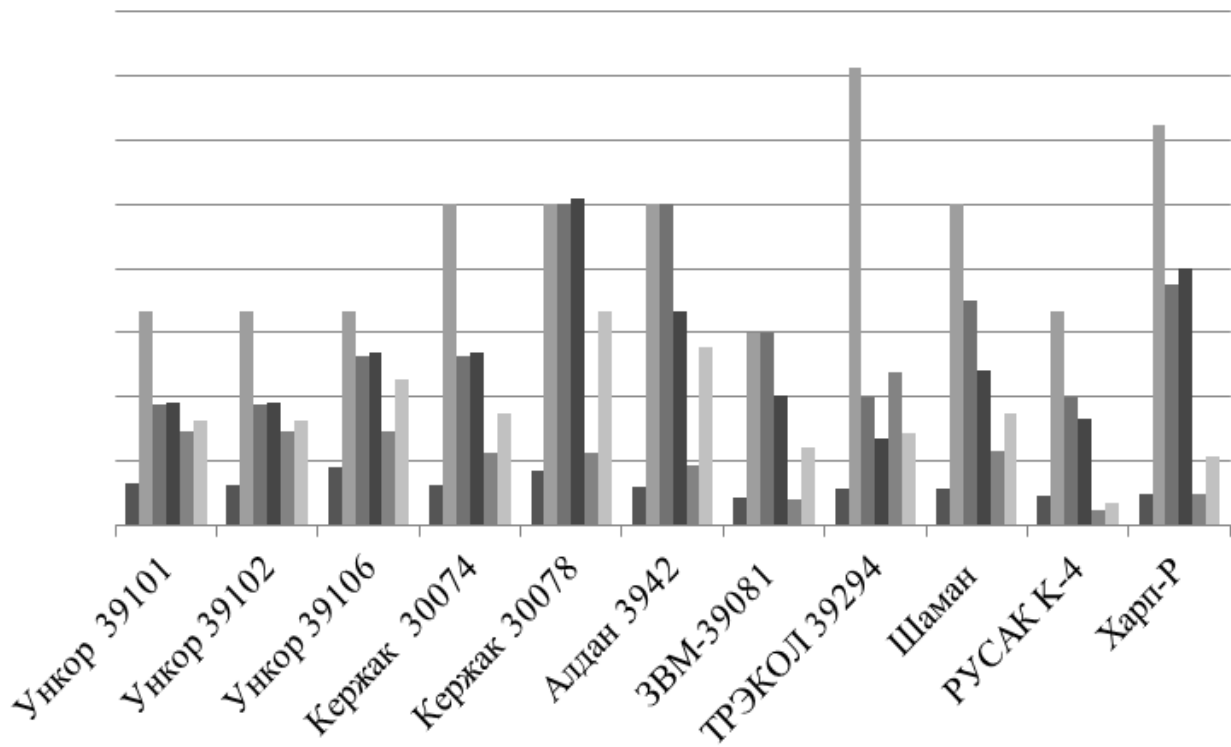
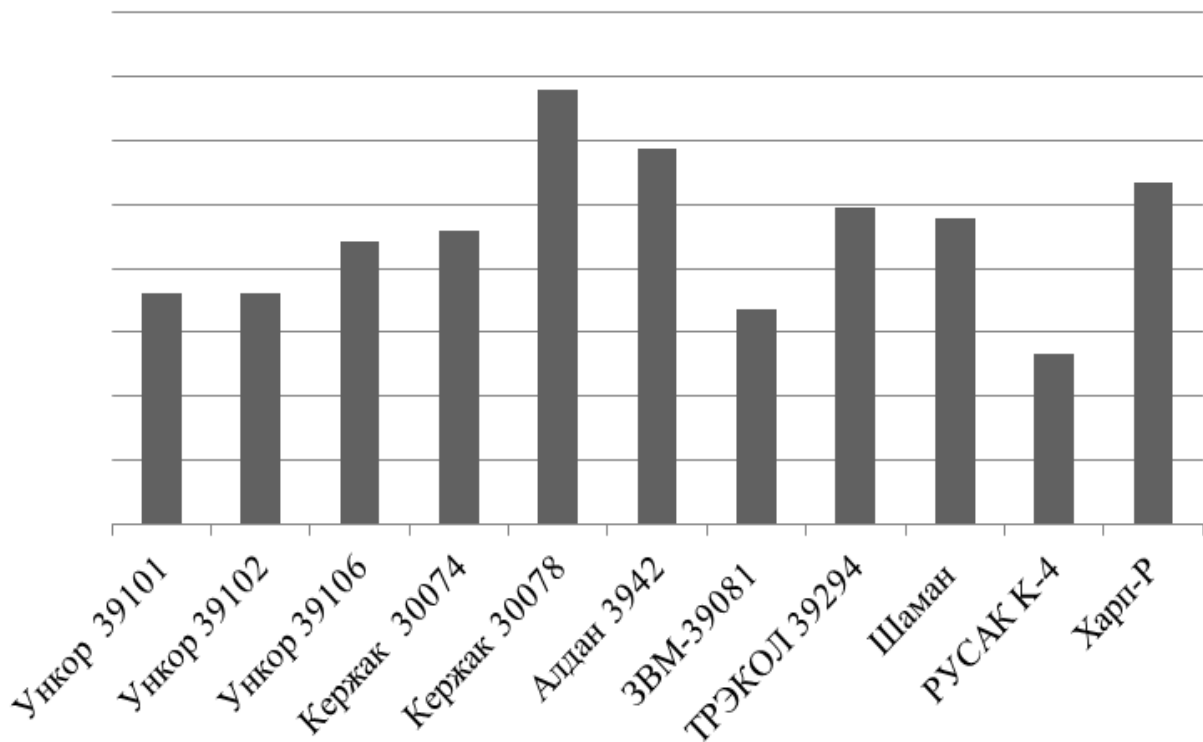


Рис. 1. Эффективность вездеходов при движении по грунту:  
 а) сравнение по отдельным методикам, б) нормированный показатель



а)



б)

Рис. 2. Эффективность вездеходов при движении по воде:  
 а) сравнение по отдельным методикам, б) нормированный показатель

**Библиографический список**

1. **Зезюлин, Д.В.** Разработка методики выбора конструкционных параметров двигателей, обеспечивающих эффективность движения колесных машин по снегу [Текст]: дис. ...канд. тех. наук: 05.05.03 – Н. Новгород, 2013. – 218 с.
2. **Беляков, В.В.** Подвижность и конкурентоспособность транспортно-технологических машин [Текст] // Известия Академии инженерных наук РФ им. акад. А.М. Прохорова. Транспортно-технологические машины и комплексы. 2003. Т. 5 С. 3-25.
3. **Костин, И.М.** Обеспечение конкурентоспособности грузовых автомобилей на этапе разработки [Текст] / И.М. Костин, Х.А. Фасхиев. – Набережные Челны: Изд-во КамПИ, 2001. – 349 с.
4. **Бронштейн, Я.И.** Проходимость автомобиля / Я.И. Бронштейн, Н.А. Бухарин, В.М. Буянов и др. – Л.: Воениздат, 1959. 310 с.
5. **Безбородова, Г.Б.** О направлениях научных исследований проходимости автомобилей // Известия вузов. Машиностроение. 1965. № 5. С. 145-148.
6. **Вонг, Дж.** Теория наземных транспортных средств [Текст] / Дж. Вонг. – М.: Машиностроение, 1982. – 284 с.
7. **Беляков, В.В.** Подвижность наземных транспортно-технологических машин [Текст] / В.В. Беляков, Д.В. Зезюлин, В.Е. Колотилин, В.С. Макаров // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2013. № 4 (101). С. 72-77.