

8. Design of cabbage pulling-out test bed and parameter optimization test / C. Zhou, F. Luan, X. Fang, H. Chen // Chemical Engineering, 2017. – Transactions Volumes 62. – P. 1267-1272.
9. Du, D. D. Development and experiment of self-propelled cabbage harvester / D.D. Du, G.Q. Fei, J. Wang // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. – 31 (14) 16. – DOI: 10.11975 / j.issn.1002-6819.2015.14.003.
10. Gao, T. H. Optimization experiment of influence factors on greenhouse vegetable harvest cutting / T. H. Gao, T. B. Wang, Z. C. Zhou // Transactions of the CSAE. – 2015. – Vol. 31 (19). – P. 15-21.
11. Geng, D. Y. Analysis of agricultural machinery development trend in our country / D. Y. Geng, T. Z. Zhand, H. Luo // Transactions of Chinese Society for Agricultural Machinery. – 2004. – N 4. – P. 208.
12. Kanamitsu, M. Development of Chinese cabbage harvester / M. Kanamitsu, K. Yamamoto // Japan Agricultural Research Quarterly (JARQ). – 1996. – N 30 (1). – P. 35.
13. Technology and parameters of cabbage machine harvesting by careful stacking of heads in containers / S. S. Alatyrev, I. S. Kruchinkina, A. S. Alatyrev [et al.] // V 2020IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 433 (2020) 012005 DOI:10.1088/1755-1315/433/1/012005.
14. Song, K. S. Automatic cabbage feeding, piling, and unloading system for tractor implement Chinese cabbage harvester / K. S. Song, H. Hwang, J. T. Hong // IFAC Proceedings Volumes. – 2000. – Vol. 33 (29). – P. 259.
15. Patent N 3497013 USA. February 24, 1970 / W. M. Baker, P. Road. – 6 p.
16. Patent No 3827503. USA. August 6. 1974 / C. J. Hansen. – 6 p.
17. Wu, X. W. Discussion on structure of self-propelled hydraulic cabbage harvester / X. W. Wu, Y. J. Sun, X. K. Yuan // South Agricultural Machinery. – 2015. – N 11. – P. 35.

#### **Information about authors**

1. **Alatyrev Aleksey Sergeevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; Tel. 8 9050273957;
2. **Alatyrev Sergey Sergeevich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: if7@academy21.ru, tel. 8 9373911350;
3. **Kruchinkina Irina Sergeevna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, Physics and Information Technologies, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; Tel. 8 9176533438

УДК 631.372

#### **АКТУАЛЬНОСТЬ ПЕРЕВОДА БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО**

**В. Н. Батманов, Ю. Ф. Казаков, Ю. Н. Батманов**  
*Чувашский государственный аграрный университет*  
 428003, Чебоксары, Российская Федерация

**Аннотация.** В статье рассматривается целесообразность перевода бензинового двигателя на газообразное топливо. Альтернативный подход к выбору топлива с учетом достоинств систем ГБО по отношению к штатной системе питания бензиновых двигателей позволит в будущем уменьшить материальные расходы при эксплуатации автомобиля. С учетом заводских рекомендаций было установлено, что сжиженный углеводородный газ может успешно применяться в современном бензиновом двигателе автомобиля. Был установлен средний расход сжиженного газа на 100 км пути автомобиля и выполнены сравнительные экономические расчеты по отношению к жидкому топливу. Была предложена методика расчета окупаемости дооснащенного системой питания автомобиля с учетом его километражного пробега. Представлены результаты лабораторных исследований моторных масел после эксплуатации двигателя, работавшего на бензине и на газе. Альтернативное применение сжиженного газа в бензиновых двигателях внутреннего сгорания (ДВС) актуально как для населения, так и для сельскохозяйственного производства и промышленности в целом.

**Ключевые слова:** сжиженный углеводородный газ (СУГ), бензиновый двигатель, окупаемость, затраты, система питания двигателя, альтернативное топливо, газобаллонное оборудование (ГБО).

**Введение.** Актуален ли перевод бензинового двигателя автомобиля на газообразное топливо? Часто многие водители задаются этим вопросом. Рассмотрим актуальность перевода бензинового двигателя на сжиженный газ и его преимущества.

- Переводить на него двигатель внутреннего сгорания (ДВС) необходимо только тогда, когда имеется
- совместимость систем питания;
  - низкая стоимость 1-го литра топлива;
  - окупаемость затрат при установке дополнительной системы питания;

– дальнейшие положительные последствия для ДВС с учетом недостатков существующих систем питания;

– такой состав отработавших газов, который не так сильно влияет на окружающую среду.

**Цель и задачи исследования.** Целью исследования является сравнительный анализ результатов применения жидкого и газообразного топлива в бензиновом двигателе с последующим определением окупаемости вложенных средств дооснащения автомобиля системой ГБО.

С учетом выше изложенного решаются следующие задачи:

- определяется совместимость применения СУГ в обычных бензиновых ДВС;
- производится сравнительный анализ цен на жидкие и газообразные виды топлива;
- определяется окупаемость установленной системы ГБО;
- оценивается остаточный ресурс отработанного моторного масла.

**Материалы и методы исследования.** Проанализируем альтернативное применение сжиженного углеводородного газа.

Современный бензиновый двигатель с искровым зажиганием обеспечивает воспламенение горючей смеси как жидкого, так и газообразного топлива, что совместимо в случае применения сжиженного газа в ДВС. Также в современных отечественных автомобилях производители рекомендуют использовать неэтилированные бензины, октановое число которых должно быть не ниже 92 % (по исследовательскому методу ОЧИ). При этом производители не ограничивают использование высокооктановых бензинов марок «Премиум Евро - 95», «Супер Евро - 98», Аи-98-К5(К4) [7]. Приняв во внимание показатель – октановое число, мы приходим к выводу, что можно применять в качестве альтернативного топлива СУГ (пропан, бутан и их смеси). Смеси сжиженных газов пропана и бутана имеют следующие значения: ОЧИ= 94-105 % [1]. Значит, сжиженный газ можно применять и в бензиновом двигателе, особенно для ДВС, имеющих в конструкции ГРМ гидротолкатели.

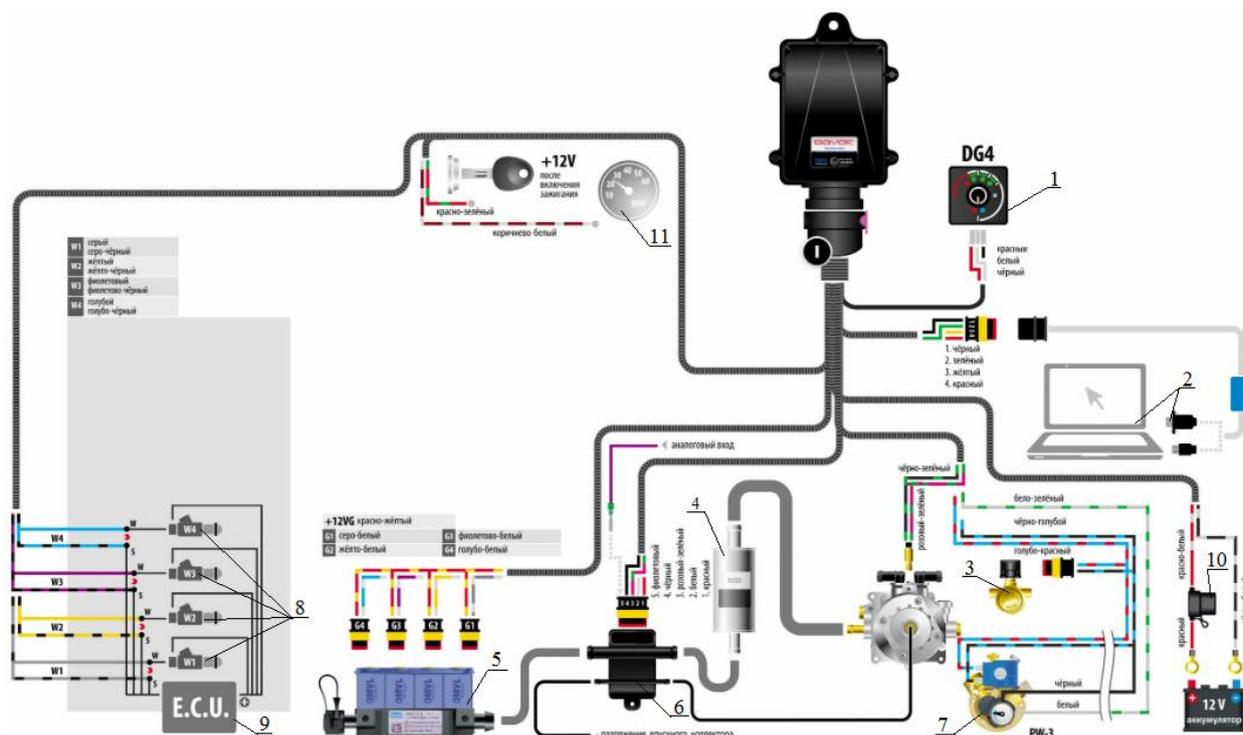


Рис. 1. Монтажная схема система ГБО модели «ОМВЛ»:

1 – переключатель вида топлива; 2 – программный интерфейс | RS232 USB| Bluetooth; 3 – клапан газовый; 4 – фильтр; 5 – газовые форсунки; 6 – датчик давления; 7 – мультиклапан; 8 – бензиновые форсунки; 9 – ЭБУ бензина; 10 – предохранитель на 10 А; 11 – тахометр (обороты двигателя).

Система газобаллонного оборудования (ГБО) (рис.1) модели «ОМВЛ» была установлена на новый автомобиль LADA Vesta 09 декабря 2020 г. На момент дооборудования пробег автомобиля составил 216 км.

В системе ГБО модели «ОМВЛ» используют баллоны разных объемов, подводки топливной арматуры к редуктору, патрубки, электромагнитные форсунки и электронный блок управления с датчиками.

Характеристики баллона:

- фактический объем баллона ГБО (БГТ-054.00.00) – 54 л;
- его полезный объем – 43,2 л;
- масса баллона в сборе – 27 кг;
- период освидетельствования – один раз в 2 года;

- максимальное количество заправок – 5415;
- расчетный срок службы баллона – 10 лет [5].

Средняя потребительская стоимость одного литра газа 23 рубля (на 06.02.2021 г., на день заправки СГУ) (рис.2), а на других АГЗС цена за литр составляла сумму от 22,90 руб. до 24 руб. Стоимость бензина Аи-92 в среднем была равна 43,24 руб., а бензина Аи-95 – 46,30 руб.



а)



б)

Рис. 2. Фотографии цен на жидкое и газообразное топливо:

а) цена на СУГ до подорожания, на 06.02.2021 г.; б) цены на топливо на 23.09.2021 г.

Выполним расчеты и проанализируем преимущество цены за 1 л сжиженного газа в сравнении с бензином. Обозначим стоимость сжиженного газа  $C^{СУГ}=23$  руб., 92-го бензина  $C^{Аи-92}=43,24$  руб., 95-го бензина  $C^{Аи-95}=46,30$  руб.:

- расчеты по отношению к 92-му бензину:

$$C_{СУГ}^{Аи92} = \frac{C^{Аи92}}{C^{СУГ}} = \frac{43,24}{23} = 1,88 \text{ раза;}$$

$$C_{СУГ}^{Аи92} = \frac{C^{Аи92}}{C^{СУГ}} = \frac{45,30}{31,50} = 1,44 \text{ раза;}$$

- расчеты по отношению к 95-му бензину:

$$C_{СУГ}^{Аи95} = \frac{C^{Аи95}}{C^{СУГ}} = \frac{46,30}{23} = 2,01 \text{ раза.}$$

$$C_{СУГ}^{Аи95} = \frac{C^{Аи95}}{C^{СУГ}} = \frac{48,80}{31,5} = 1,55 \text{ раза.}$$

Из расчетов видно, что сжиженный газ обходится дешевле по отношению к бензину в 1,88 – 2,01 раза по старым ценам и в 1,44-1,55 раза – по новым.

Определим окупаемость установленной системы ГБО. С учетом километражного пробега и сезонности эксплуатации автомобиля расход топлива меняется в большую или в меньшую сторону. Зимой в городском цикле расход топлива растет. Причины роста расхода топлива следующие:

- длительный прогрев ДВС;
- погодные условия (снежный коллапс);
- состояние дорожного полотна (пробуксовка в момент начала движения автомобиля);
- неопытность водителя;
- заторы на дороге и перекрестках в час пик и т.д.

Известно, что автомобиль LADA Vesta, оснащенный двигателем 21129, в городском цикле зимой расходует топливо в объеме 10,1 л на 100 км (фактический расход бензина) [4], [6]. Для расчета окупаемости примем данное значение расхода топлива – 10,1 л.

При определении расхода сжиженного газа были предприняты следующие меры:

- в процессе эксплуатации автомобиля газовый баллон полностью заправлялся и опустошался;
- фиксировался интервал пробега автомобиля при каждой заправке;
- обнулялся спидометр после каждой заправки при следующей поездке (при следующем замере).

Автомобилю, чтобы проехать в среднем расстояние 388 км (в городском цикле), хватает полного баллона сжиженного газа. Расход сжиженного газа в среднем составляет 43,81 л. Для того, чтобы определить средний расход топлива СУГ на 100 км, составим пропорцию:

Пройдено	→	израсходовано сжиженного газа
388 км	→	43,81 л.
100 км	→	X л.

Исходя из пропорции, определим значение X:

$$X = \frac{43,81 \cdot 100}{388} = 11,29 \approx 11,3 \text{ л.}$$

Для автомобиля LADA Vesta расход сжиженного газа составил 11,3 л/100 км.

С учетом стоимости 92-го и 95-го бензина выполним следующие расчеты и определим экономическую выгоду в пользу СУГ в рублях:

Таблица – Расчеты, определяющие экономическую выгоду в пользу СУГ

Топливо	Расход топлива на 100 км	Цена за 1 литр	Стоимость 100 км (из расчета затрат на приобретение топлива)	Экономия на сжиженном газе (со 100 км пробега)
Расчеты до повышения цен на 06.02.2021г. рис. 2а (зима-весна)				
Аи-95	10,1л.	46,30 руб.	10,1·46,3=467,63руб.	Э <sup>Аи95</sup> =467,63–259,9 =207,73руб.
СУГ (ПБА)	11,3л.	23 руб.	11,3·23=259,9руб.	
Аи-92	10,1л.	43,24 руб.	10,1·43,24=436,72руб.	Э <sup>Аи92</sup> =436,72–259,9=176,82руб.
СУГ (ПБА)	11,3л.	23 руб.	11,3·23=259,9руб.	
Расчеты после повышения цен на 23.09.2021г. рис. 2б (лето)				
Аи-95	8,8л.	48,80 руб.	10,1·48,8=492,88руб.	Э <sup>Аи95</sup> =492,88–299,3 =193,58руб.
СУГ (ПБА)	9,5л.	31,50 руб.	9,5·31,5=299,3руб.	
Аи-92	8,8л.	45,30 руб.	10,1·45,3=457,53руб.	Э <sup>Аи92</sup> =457,53–299,3=158,23руб.
СУГ (ПБА)	9,5л.	31,50 руб.	9,5·31,5=299,3руб.	

Из расчетов видно, что при преодолении пути в 100 км экономия средств может составить от 176,82 руб. до 207,73 руб. до подорожания топлива и 158,23 до 193,58 руб. после подорожания.

Система ГБО с установкой на автомобиль была приобретена за  $Z^{ГБО} = 30\ 800$  руб. (затраты, связанные с дооснащением автомобиля дополнительной системой питания на СУГ). Для расчета окупаемости системы мы поступим следующим образом. Разделим затраты, связанные с дооснащением дополнительной системой,  $Z^{ГБО} = 30\ 800$  руб. на показатель экономии 92-го бензина  $\mathcal{E}^{Аи92} = 176,82$ руб. и 95-го бензина  $\mathcal{E}^{Аи95} = 207,73$ руб.

$$n^{Аи95} = \frac{Z^{ГБО}}{\mathcal{E}^{Аи95}} = \frac{30800}{207,73} = 148,27 \approx 148,3 \quad \text{раза экономятся средства при преодолении пути в 100 км на СУГ от сэкономленной суммы по отношению к бензину Аи-95;}$$

$$n^{Аи92} = \frac{Z^{ГБО}}{\mathcal{E}^{Аи92}} = \frac{30800}{176,82} = 174,19 \approx 174,2 \quad \text{раза экономятся средства при преодолении пути в 100 км на СУГ от сэкономленной суммы по отношению к бензину Аи-92.}$$

Полученные значения умножим на 100, то есть 100 км преодолеваемого автомобилем пути, что позволит определить окупаемый пробег. Он может составить:

$$L^{Аи95} = n^{Аи95} \cdot 100 = 148,3 \cdot 100 = 14830 \text{ км} \quad \text{- окупаемый пробег на СУГ по отношению к Аи-95;}$$

$$L^{Аи92} = n^{Аи92} \cdot 100 = 174,2 \cdot 100 = 17420 \text{ км} \quad \text{- окупаемый пробег на СУГ по отношению к Аи-92.}$$

Из расчетов видно, что установленная система ГБО может себя окупить в интервале от 14830 км до 17420 км пробега автомобиля LADA Vesta. При среднемесечном пробеге автомобиля в 3500 км возможно достигнуть окупаемости в период от 4 до 5 месяцев.

Ранее, до приобретения LADA Vesta, мы эксплуатировали автомобиль ВАЗ-1118, работающий как на бензине марки АИ-92, так и на СГУ марки ПБА. Было интересно понять, насколько изменятся свойства моторных масел при эксплуатации автомобиля в реальных условиях на бензине и на СГУ. Автомобиль ВАЗ-1118 эксплуатировался на бензине с 2009 г. (декабрь месяц) по 18.10.2016 г. и пробежал перед установкой ГБО 64082 км, далее автомобиль эксплуатировался на СУГ (в настоящий момент его пробег составляет 163080 км) (рис. 3).

При эксплуатации двигателя, работающего на бензине, моторное масло (SAE 10w-40, API SL) и масляный фильтр меняли через каждые 10000-11000 км пробега автомобиля, а после перевода на СГУ замену моторного масла (SAE 10w-40, API SL) производили через 19000-20000 км пробега, масляный фильтр при этом меняли через 9500-10000 км пробега.



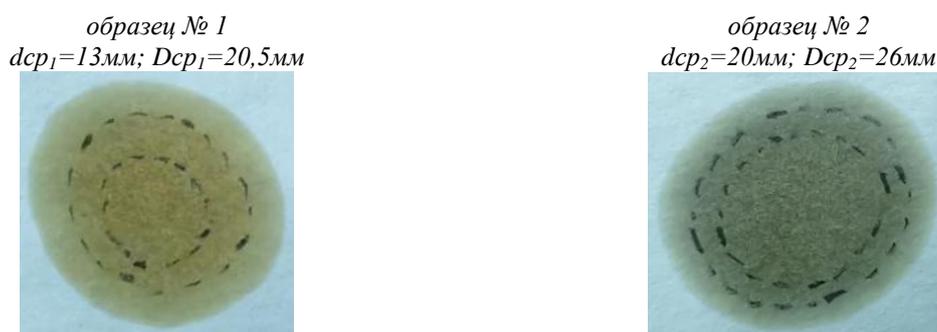


Рис. 5. Фотографии полученных хроматограмм

Определяем площадь диффузии на хроматограмме [2]:

$$\text{– для образца № 1} \quad DC_1 = 1 - \frac{d_{cp1}^2}{D_{cp1}^2} = 1 - \frac{13^2}{20,5^2} = 0,6 \quad ;$$

$$\text{– для образца № 2} \quad DC_2 = 1 - \frac{d_{cp2}^2}{D_{cp2}^2} = 1 - \frac{20^2}{26^2} = 0,41 \quad ,$$

где  $d_{cp}$  – средний диаметр центрального ядра, мм;  $D_{cp}$  – средний диаметр внешнего кольца зоны диффузии, мм [2].

Полученные величины  $DC$  выражены в условных единицах. Неудовлетворительными считаются  $DC < 0,3$  усл. ед. [2]. По полученным расчетным данным образец № 1 приблизительно в 1,5 раза превосходит образец № 2 и в 2 раза – допустимые предельные значения. Неудовлетворительное значение  $DC$  требует дальнейшей замены отработанного моторного масла. Эффективность оставшихся в образце № 1 присадок такова: они способны обработать двойной, а может и тройной ресурс в системе смазки ДВС до следующей смены моторного масла.

Основным смазывающим свойством моторного масла является кинематическая вязкость [3]. Для определения кинематической вязкости образцов использовали вискозиметр Оствальда-Пинкевича. Характеристики прибора представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики прибора

Характеристики прибора, условные обозначения, рабочая жидкость	
Номер вискозиметра, №	2122
Диаметр капилляра, мм	0,73
Постоянная вискозиметра $c=$	0,03087

Замеры выполнялись при температуре  $100^\circ\text{C}$  в ванне, заполненной глицериновым маслом. До замеров прибор с исследуемым образцом выдерживался в ванной 10 мин, после чего приступали к его замерам. Результаты замеров представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследований

Показатели	Образец № 1	Образец № 2
Среднее время истечения масла из капилляра вискозиметра (из трех замеров), сек	442	348
Расчетная формула	$V = c \cdot t$	
Кинематическая вязкость $\nu$ , сСт	13,6	10,7

Данные, представленные в таблице 2, свидетельствуют о том, что кинематическая вязкость образцов имеет существенную разницу – 2,9 сСт, т. е. образец № 2 стал менее вязким (более текучим) от своего первоначального состояния – 14,7 сСт. Образец под № 1 стал более текучим (от 14,7 сСт до значения 13,6 сСт) и способен в дальнейшем работать в системе смазки ДВС.

Оценили также в пробах № 1 и № 2 содержание воды (проба на потрескивание). Результаты показали следующее:

- в образце № 1 вода отсутствует;
- в образце № 2 имеются следы воды.

Оценив остаточные свойства образцов № 1 и № 2, переходим к расчетам экономической целесообразности увеличения периодичности смены моторных масел. Подсчитаем затраченную сумму на расходные материалы при обслуживании системы смазки ДВС. К ним можно отнести расходы на моторное масло и масляный фильтр. Стоимость этих материалов следующая:

– масляный фильтр от отечественного производителя стоит в среднем от 180 руб., от брендовых фирм – до 380 руб.

Обозначим и примем следующее значение стоимости масляного фильтра –  $C^{\Phi}=180$  руб.;

– 1 л синтетического моторного масла 10w-40 «Роснефть» (API SL) –  $C^{Msa1}=130$  рублей;

– для расчета требуемого количества моторного масла (4,7 л) для двигателя 21129 примем  $V^M=5$  л – стоимость принятого объема масла

$$C^{Msa5} = V^M \cdot C^{Msa1} = 5 \cdot 130 = 650 \text{ рублей.}$$

Периодичность смены моторного масла примем за 20000 км, а масляного фильтра – 10000 км. Подсчитаем затраты на расходные материалы при обслуживании системы смазки ДВС с периодичностью:

– 20000 км на СУГ (один раз меняется масло и 2 раза – масляный фильтр)

$$Z_{СУГ}^{PM} = C^{Msa5} + 2 \cdot C^{\Phi} = 650 + 2 \cdot 180 = 1010 \text{ руб.}$$

– 10000 км – на бензине, но с пробегом в 20000 км (2 раза меняется масло и 2 раза – масляный фильтр)

$$Z_{Au}^{PM} = 2 \cdot C^{Msa5} + 2 \cdot C^{\Phi} = 2 \cdot (C^{Msa5} + C^{\Phi}) = 2 \cdot (650 + 180) = 1660 \text{ руб.}$$

Экономия на расходных материалах с пробегом в 20000 км при равных условиях пробега на сжиженном газе по сравнению с бензином может составлять

$$\mathcal{E}^{PM} = Z_{Au}^{PM} - Z_{СУГ}^{PM} = 1660 - 1010 = 650 \text{ руб.}$$

Экономия с 20000 км пробега составляет 650 руб. Определим сэкономленные средства с 1 км пути, приняв во внимание экономию топлива в случае применения СУГ и расходных материалов на обслуживание системы смазки:

– по отношению к Аи-92

$$\mathcal{E}_{Au92}^{1км} = \frac{\mathcal{E}^{PM}}{20000} + \frac{\mathcal{E}^{Au92}}{100} = \frac{650}{20000} + \frac{176,82}{100} = 1,8 \text{ руб./км;}$$

– по отношению к Аи-95

$$\mathcal{E}_{Au95}^{1км} = \frac{\mathcal{E}^{PM}}{20000} + \frac{\mathcal{E}^{Au95}}{100} = \frac{650}{20000} + \frac{207,73}{100} = 2,11 \text{ руб./км.}$$

Экономия от применения СУГ в сравнении с бензином на 1 км может составлять от 1,8 до 2,11 рублей.

В научных источниках [1], [3] представлена информация о выбросе токсичных веществ в отработавших газах ДВС при использовании сжиженного газа и бензина. Сравнительные экологические показатели при использовании в ДВС СУГ следующие: выбросы окиси углерода уменьшились буквально в 3-4 раза, окиси азота – в 1,2-2 раза и углеводородов – в 1,2-4 раза.

Из приведенных расчетов видно, что применение СУГ в бензиновых ДВС на сегодняшний день более актуально и выгодно для потребителя.

#### Выводы.

Расчеты показали следующие преимущества при переводе бензинового ДВС на СУГ (по отношению к Аи-92, Аи-95):

– совместимое применение сжиженного газа в современном двигателе внутреннего сгорания (для модели 21129);

– стоимость сжиженного газа в 1,88–2,01 раза ниже стоимости бензина;

– окупаемость вложенных затрат наступит уже через 14830 либо 17420 км;

– экономия с 1 км может составить от 1,8 до 2,11 руб.;

– периодичность смены моторного масла можно увеличить с 10000 км до 20000 км и более (в зависимости от стиля вождения).

С учетом выше изложенного мы можем сделать следующий вывод: каждый водитель самостоятельно принимает решение, связанное с переводом бензинового ДВС на СУГ. Преимущества сжиженного газа очевидны.

#### Литература

1. Батманов, В. Н. Настройки бензинового двигателя на сжиженный газ / В. Н. Батманов // Научно-образовательная среда как основа развития агропромышленного комплекса и социальной инфраструктуры села: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА. – Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2016. – С. 374-378.

2. Батманов, В. Н. Эксплуатационные материалы. Лабораторный практикум / В. Н. Батманов, Ю. Н. Батманов. – Чебоксары: Чувашская ГСХА, 2015. – 143 с.

3. Васильева, Л. С. Автомобильные эксплуатационные материалы / С. Васильева. – Москва: Наука-Пресс, 2004. – 421 с.

4. Какой реальный расход Лада Веста. – Текст: электронный // ЛАДА. Онлайн: [сайт]. – URL: <https://xn--80aal0a.xn--80asehdb/reviews-tests/lada-vesta-reviews-tests/798-kakoy-realnyy-rashod-topliva-lada-vesta.html>.
5. Паспорт газового баллона колесного транспортного средства. Номер № ЕАЭС 01312.RU. Изготовитель ООО «Сфера». – Саранск, 2020. – 6 с.
6. Реальный средний расход Весты, 1,6 л., 2019 г. – Текст: электронный // DRIVE2.RU: [сайт]. – URL: <https://www.drive2.ru/l/553817410914746831/> (дата обращения: 20.11.2021).
7. Руководство по эксплуатации автомобиля LADA Vesta и его модификаций (состояние на 29.10.2020 г.). – Тольятти: Двор печатный АВТОВАЗ, 2020. – 172 с.

#### Сведения об авторах

1. **Батманов Владимир Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: [bvn.academi-gsxa@yandex.ru](mailto:bvn.academi-gsxa@yandex.ru), тел. 89003308860;
2. **Казakov Юрий Федорович**, доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: [ura.kazakov@mail.ru](mailto:ura.kazakov@mail.ru), тел. 89033596675;
3. **Батманов Юрий Николаевич**, магистрант инженерного факультета, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: [batmanov\\_yura@mail.ru](mailto:batmanov_yura@mail.ru), тел. 89053414245.

### RELEVANCE OF TRANSITION OF ENGINE OPERATION FROM GASOLINE MODE TO GASEOUS FUEL

**V. N. Batmanov, Yu. F. Kazakov, Yu. N. Batmanov**  
*Chuvash State Agrarian University*  
 428003, Cheboksary, Russian Federation

**Brief abstract.** *The article discusses the feasibility of converting a gasoline engine to gaseous fuel. An alternative approach to the choice of fuel, taking into account the advantages of gas equipment systems in relation to the standard power supply system for gasoline engines, will allow in the future to reduce material costs during vehicle operation. Taking into account the factory recommendations, it was found that liquefied petroleum gas can be successfully used in a modern gasoline car engine. The average consumption of liquefied gas per 100 km of the vehicle's path was established and comparative economic calculations were carried out in relation to liquid fuel. A method was proposed for calculating the payback of a car retrofitted with a power supply system, taking into account its kilometer mileage. The results of laboratory studies of motor oils after the operation of an engine running on gasoline and gas are presented. Alternative use of liquefied gas in gasoline internal combustion engines (ICE) is relevant both for the population and for agricultural production and industry in general.*

**Key words:** *liquefied petroleum gas (LPG), gasoline engine, payback, costs, engine power supply system, alternative fuel, gas equipment.*

#### References

1. Batmanov, V. N. Nastrojki benzinovogo dvigatelya na szhizhennyj gaz / V. N. Batmanov // Nauchno-obrazovatel'naya sreda kak osnova razvitiya agropromyshlennogo kompleksa i social'noj infrastruktury sela: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj 85-letiyu FGBOU VO CHuvashskaya GSKHA. – Чебоксары: Чувашская GSKHA, 2016. – С. 374-378.
2. Batmanov, V. N. Eksplyuatsionnye materialy. Laboratornyj praktikum / V. N. Batmanov, YU. N. Batmanov. – Чебоксары: Чувашская GSKHA, 2015. – 143 с.
3. Vasil'eva, L. S. Avtomobil'nye eksplyuatsionnye materialy / S. Vasil'eva. – Moskva: Nauka-Press, 2004. – 421 с.
4. Kakoj real'nyj raskhod Lada Vesta. – Текст: электронный // ЛАДА. Онлайн: [сайт]. – URL: <https://xn--80aal0a.xn--80asehdb/reviews-tests/lada-vesta-reviews-tests/798-kakoy-realnyy-rashod-topliva-lada-vesta.html>.
5. Паспорт газового баллона колесного транспортного средства. Номер № ЕАЭС 01312.RU. Изготовитель ООО «Сфера». – Саранск, 2020. – 6 с.
6. Real'nyj srednij raskhod Vesty, 1,6 л., 2019 г. – Текст: электронный // DRIVE2.RU: [сайт]. – URL: <https://www.drive2.ru/l/553817410914746831/> (дата обращения: 20.11.2021).
7. Руководство по эксплуатации автомобиля LADA Vesta и его модификаций (состояние на 29.10.2020 г.). – Тольятти: Двор печатный АВТОВАЗ, 2020. – 172 с.

**Information about the authors**

1. **Batmanov Vladimir Nikolaevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: [bvn.academi-gsxa@yandex.ru](mailto:bvn.academi-gsxa@yandex.ru), tel. 89003308860;

2. **Kazakov Yuri Fedorovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: [ura.kazakov@mail.ru](mailto:ura.kazakov@mail.ru), tel. 89033596675;

3. **Batmanov Yuri Nikolaevich**, Master's student of the Faculty of Engineering, Chuvash State Agrarian University, 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: [batmanov\\_yura@mail.ru](mailto:batmanov_yura@mail.ru), tel. 89053414245.

УДК 631.33

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ  
КОНСТРУКЦИИ ОПОРНОГО МОСТА КАПУСТОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ УКМ-2А НА ЕЕ  
ТЯГОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ**

**В. В. Белов<sup>1)</sup>, Е. Л. Белов<sup>1)</sup>, С. Н. Мардарьев<sup>1)</sup>, С. В. Белов<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Чувашский государственный аграрный университет

428003, Чебоксары, Российская Федерация

<sup>2)</sup>ООО «Эрнст энд Янг»

115035, г. Москва, Российская Федерация

**Аннотация.** В статье представлены результаты экспериментальных исследований, направленных на изучение зависимости устойчивости движения капустоуборочной машины УКМ-2А от параметров конструкции опорного моста. Также были проанализированы результаты исследований с подробным описанием их методики, позволяющие проследить изменение нагрузки на опорные колеса в зависимости от положения выгрузного транспортера прицепной капустоуборочной машины УКМ-2А, а также от величины колеи опорных колес. В работе представлены и проанализированы результаты полевых исследований, направленных на изучение зависимости тягового сопротивления от размеров шин колес. На основе проведенных экспериментов был сделан вывод о том, что основной причиной появления разворачивающего момента капустоуборочной машины УКМ-2А в горизонтальной плоскости является смещение центра тяжести от осевой линии агрегата. Было выявлено распределение нагрузки, определено местоположение центра тяжести прицепной капустоуборочной машины УКМ-2А. Было доказано, что частичного устранения разворачивающего момента можно добиться с помощью изменения параметров моста опорных колес. Наиболее полное устранение разворачивающего момента возможно при установке на капустоуборочной машине со стороны аппаратов активного опорно-приводного колеса. Использование моста опорных колес с шинами 310х406 снижает разницу тяговых сопротивлений как в транспортном, так и в рабочем положении. Наиболее устойчивый ход имеет машина с шинами 310х406 при колее моста в 2,1 м, так как при этом тяговые сопротивления имеют минимальную разницу. Проведенные экспериментальные исследования подтвердили гипотезу о возможности снижения тягового сопротивления путем оптимизации конструктивных параметров моста опорных колес прицепной капустоуборочной машины УКМ-2А. Результаты исследований, направленных на изучение влияния параметров конструкции опорного моста капустоуборочной машины УКМ-2А на ее тяговое сопротивление, позволяют рекомендовать установку шин на мост опорных колес путем замены колес в сборе. В этом случае уменьшатся энергозатраты при уборке капусты за счет снижения тягового сопротивления.

**Ключевые слова:** уборка, капуста, прицепная капустоуборочная машина, разворачивающий момент, мост опорных колес.

**Введение.** Современная аграрная политика развивающейся страны нацелена на полное удовлетворение потребностей населения страны в продовольствии.

Белокочанная капуста в СССР занимала до 30 % площадей, отведенных под овощные культуры [4], [7], [8]. Капуста являлась основной овощной культурой Нечерноземной зоны РСФСР. Под выращивание капусты в Нечерноземной зоне отводилось до 45 %, а в Ленинградской области до 53 % от всех площадей, занятых овощными культурами [4], [7], [9]. Урожайность капусты колеблется в диапазоне от 20 до 70 т/га, а в специализированных хозяйствах она составляет более 100 т/га [4], [7].

Известно, что трудоемкость при производстве овощных культур в 80 раз выше, чем при производстве зерновых, и в 6-7 раз выше, чем при производстве картофеля и сахарной свеклы [5], [7], [9]. Решение поставленных задач, а также снижение трудоемкости при выращивании овощных культур возможно при эффективном использовании имеющихся машин и разработке новых машин, позволяющих значительно снизить трудозатраты при производстве основных овощных культур, к которым относится также белокочанная