

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ РАСХОДА ТОПЛИВА ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ НА ПЕРЕВОЗКАХ РУЛОНОВ СЕНА

Алексей Иванович Ряднов<sup>1</sup>  
Иван Владимирович Алмазов<sup>2</sup>  
Алексей Валерьевич Федоров<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Волгоградский государственный аграрный университет

<sup>2</sup>ИП Алмазова П.К., Кумылженский район, Волгоградская область

<sup>3</sup>Волгоградский государственный технический университет

В хозяйствах Нижнего Поволжья наибольшее распространение получила заготовка сена в рулонах. В настоящее время тракторы и автомобили, используемые в сельскохозяйственном производстве, оборудованы энергонасыщенными двигателями, работающими на бензине, дизельном топливе или биотопливе, цена на которые с каждым годом растёт, поэтому для сельскохозяйственных предприятий актуален вопрос его экономии. В связи с этим целью проведённых исследований являлось определение расхода топлива транспортных средств МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5, ГАЗ-3302 «Газель», ГАЗ-САЗ-3507/35071, КАМАЗ 45144 при транспортировке рулонов сена, сформированных рулонными пресс-подборщиками ПР-Ф-110 и ППР-120, на внутриусадебных (до 3 км), внутрихозяйственных (от 3 до 20 км) и внехозяйственных (более 20 км) перевозках. Расход топлива замерялся после каждого рейса с помощью поршневого расходомера, изготовленного по патенту РФ № 2639732. Полученные экспериментальные данные показывают, что с увеличением расстояния перевозки средний расход топлива всеми исследуемыми энергетическими средствами снижается. В большей степени это связано с качеством дорог и скоростью движения. Перевозка рулонов на малые расстояния от поля к месту хранения по территории хозяйства осуществлялась по полям и грунтовыми дорогам. Внутрихозяйственные перевозки осуществлялись не только по грунтовым дорогам, но и по дорогам с твёрдым покрытием. Установлено, что качество дорожного полотна оказывает существенное влияние на расход топлива энергетического средства. Наиболее выгодными на внутриусадебных перевозках являются машинно-тракторный агрегат МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5; на внутрихозяйственных – ГАЗ-3302 «Газель»; на внехозяйственных – КАМАЗ 45144 с прицепом. Для большинства грузовых автомобилей при скоростях движения 50–70 км/ч расход топлива минимальный. Транспортные средства с большей грузоподъемностью следует использовать на перевозках рулонов сена с большей массой.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: транспортное средство, вид перевозок, расход топлива, расходомер, рулон спрессованного сена.

## THE RESULTS OF STUDIES OF FUEL CONSUMPTION OF VEHICLES FOR HAY BALE TRANSPORTATION

Aleksey I. Ryadnov<sup>1</sup>  
Ivan V. Almazov<sup>2</sup>  
Aleksey V. Fedorov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Volgograd State Agrarian University

<sup>2</sup>Almazov P.K. IP, Kumylzhensky District, Volgograd Oblast

<sup>3</sup>Volgograd State Technical University

In the farms of Lower Volga region, the most widespread harvesting of hay is in bales. Currently, tractors and cars used in agricultural production are equipped with energy-saturated engines running on gasoline, diesel fuel or biofuels, the price of which is growing every year, so the issue of fuel saving is relevant for agricultural enterprises. In this regard, the purpose of the research was to determine the fuel consumption of vehicles MTZ-82.1 + 2PTS-4,5, GAZ-3302 «Gazelle», GAZ-SAZ-3507/35071, KAMAZ 45144 when transporting hay bales formed by rotobalers PR-F-110 and PRP-120, on small farm household (up to 3 km), inter-farm (from 3 to 20 km) and exterior farm (more than 20 km) transportation. Fuel consumption was measured after each round using a piston-type flowmeter manufactured according to Russian patent No. 2639732. The experimental data obtained show that with increasing transportation distance, the average fuel consumption of all the studied energy means decreases. To a greater extent, this is due to the quality of roads and the speed of traffic. Transportation of hay bales for short distances from the field to the place of storage on the territory of the farm was carried out on fields and dirt roads. Inter-farm transportation was carried out not only on dirt roads, but also on hard-surfaced roads. It is established that the quality of the road has a significant impact on the fuel consumption of the energy vehicle. The most profitable for small farm household transportation is the machine-tractor unit MTZ-82.1 + 2PTS-4,5; for inter-farm transportation is GAZ-3302

«Gazelle»; for exterior farm transportation is KAMAZ 45144 with a trailer. For most trucks, at speeds of 50–70 km/h, fuel consumption is minimal. Vehicles with a higher load capacity should be used for transportation of hay bales of higher weight.

KEYWORDS: vehicle, type of transport, fuel consumption, flowmeter, baled hay.

### **В**ведение

Первостепенной задачей агропромышленного комплекса Российской Федерации в настоящее время является развитие животноводства. Чтобы решить данную задачу, необходимо увеличивать поголовье и продуктивность крупного рогатого скота, а для этого следует развивать кормовую базу хозяйств, основой которой являются силос и комбикорма. Но при этом в рацион крупного рогатого скота необходимо включать грубый корм – основной источник клетчатки. Наиболее распространенным грубым кормом в хозяйствах Нижнего Поволжья является сено и солома ячменя. Их доля в объеме корма крупного рогатого скота в стойловый период достигает 80%. Особая роль отводится селу в рационе телят и сухостойных высокопродуктивных коров в зимне-весенний период.

При заготовке сена необходимо применять, в первую очередь, прогрессивную технологию, обеспечивающую максимальную эффективность использования машин в данных условиях. Кроме того, выбранная технология должна максимально обеспечивать сохранность питательных веществ, большая доля которых содержится в листьях и соцветиях растений. При этом, как следует из работы [7], в растениях после их сушки в естественных условиях остаётся каротина не более 10%.

Сено заготавливают в рассыпном или прессованном виде. Производство рассыпного сена низко механизировано, поэтому трудозатратно. В последние годы широкое распространение получил способ заготовки сена с прессованием его из валков. Прессованное сено легче транспортировать, его удобнее раздавать животным, оно занимает в 2,5–3 раза меньший объём. Более того, качество прессованного сена выше, чем рассыпного: при рассыпном методе до половины сухого вещества может быть утрачено, а при прессовании потери сокращаются до 30%. Немаловажным является факт, что затраты труда при заготовке прессованного сена снижаются в 2,2 раза по сравнению с рассыпным [4]. Вот почему в хозяйствах Нижнего Поволжья наибольшее распространение получила заготовка сена в рулонах.

Технология заготовки сена, спрессованного в рулоны, включает в себя совокупность операций по скашиванию, сушке, прессованию, транспортировке и хранению рулонов. Каждая операция имеет большое значение и свои временные промежутки, но при этом следует отметить, что наиболее затратными являются операции по транспортировке рулонов сена.

Транспортные средства, используемые для перевозки рулонов сена к месту их хранения или реализации, должны быть высокоэффективными [1, 5]. Их рекомендуется выбирать по комплексному критерию эффективности [3], включающему ряд важнейших показателей, в том числе и расход топлива [10], который необходимо учитывать с высокой точностью [2, 5, 8].

В настоящее время тракторы и автомобили, используемые в сельскохозяйственном производстве, оборудованы энергонасыщенными двигателями, работающими на бензине, дизельном топливе или биотопливе, цена на которые с каждым годом растёт, поэтому для сельскохозяйственных предприятий актуален вопрос его экономии. В связи с этим целью проведённых исследований являлось определение расхода топлива транспортных средств при транспортировке рулонов сена.

### **Материалы и методы**

Процесс перевозки рулонов сена, сформированных пресс-подборщиками, исследовали в течение 3 уборочных сезонов в ИП Алмазова П.К. Кумылженского района Волгоградской области. При этом использовался метод хронометража продолжительности движения транспортных средства МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5, ГАЗ-3302 «Газель», ГАЗ-САЗ-3507/35071 и КАМАЗ 45144 по полю и по грунтовым дорогам и дорогам с

твёрдым покрытием на внутриусадбных (до 3 км), внутрихозяйственных (от 3 до 20 км) и внехозяйственных (более 20 км) перевозках.

На внутриусадбных перевозках применялись МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5, ГАЗ-3302 «Газель» и ГАЗ-САЗ-3507/35071, на внутрихозяйственных – ГАЗ-3302 «Газель» и ГАЗ-САЗ-3507/35071, на внехозяйственных – ГАЗ-3302 «Газель» и КАМАЗ 45144. Рулоны, транспортируемые указанными транспортными средствами, формировались двумя марками рулонных пресс-подборщиков ПР-Ф-110 и ПРП-120. Учитывалось также количество загруженных в транспортное средство рулонов сена, расстояние перевозки, продолжительность разгрузки транспортного средства и другие показатели.

Расход топлива фиксировался после каждого рейса транспортного средства.

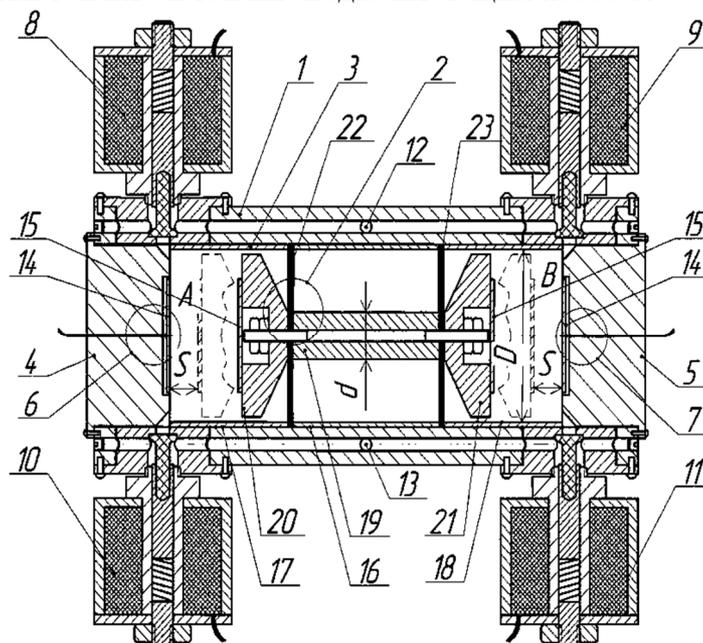
Полученные данные хронометража обрабатывали с помощью компьютерной программы Microsoft Excel 2010 из пакета Microsoft Office 2010.

Анализ информации о расстоянии транспортировки и количестве перевезённых рулонов сена определённой массы каждым транспортным средством всего и за один рейс, а также о суммарном расходе топлива позволил определить расход топлива на один перевезённый рулон и установить зависимость среднего расхода топлива транспортными средствами от расстояния перевозки рулонов сена.

Для измерения расхода топлива можно использовать расходомеры самых различных конструкций:

- прямоточный [13];
- лазерный [16];
- ультразвуковой [17];
- калориметрический [14];
- магнитный [15] и другие.

В настоящих исследованиях использовался поршневой расходомер (рис. 1), разработанный по патенту РФ № 2639732 и прошедший испытания на точность измерения расхода топлива [11]. В дизельном двигателе расходомер устанавливался между фильтром грубой очистки топлива и топливоподкачивающим насосом.



**Рис. 1. Схема расходомера топлива: 1 – корпус; 2 – поршень; 3 – измерительный цилиндр; 4 и 5 – крышки; 6 и 7 – ёмкостные датчики; 8, 9, 10 и 11 – электромагнитные клапаны; 12 – подводящий штуцер; 13 – отводящий штуцер; 14 и 15 – металлические обкладки конденсатора; 16 – центральный элемент измерительного цилиндра; 17 и 18 – крайние элементы измерительного цилиндра; 19 – центральный элемент поршня; 20 и 21 – крайние элементы поршня; 22 и 23 – мембраны**

## ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

### Результаты и их обсуждение

Для расчёта расхода топлива транспортными средствами на один перевезённый рулон и один километр пробега определяли суммарный расход топлива, а также количество перевезённых рулонов сена, сформированных пресс-подборщиками ПР-Ф-110 и ППР-120 (табл. 1).

**Таблица 1. Расход топлива транспортными средствами, суммарное расстояние перевозки рулонов сена и количество перевезённых рулонов**

Показатель	Транспортное средство						
	МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5	ГАЗ-3302 «Газель»	ГАЗ-САЗ-3507/35071		КАМАЗ 45144 с прицепом		
	Расстояние перевозки рулонов, км						
	до 3	до 3	от 3 до 20	до 3	более 20	от 3 до 20	более 20
Расход топлива, л	42	191	421	154	802	253	2949
$l_r$ , км	168	1162	2772	761	5811	1280	9765
Количество рулонов, шт.	1361	3991	1406	2934	1072	704	5124
Расход топлива на один рулон, л/шт.	0,031	0,048	0,299	0,052	0,748	0,359	0,576

Данные, представленные в таблице 1, показывают следующее:

- трактор МТЗ-82.1 использовался только на внутриусадебных перевозках, а автомобиль КАМАЗ 45144 – на внехозяйственных;
- наиболее используемым транспортным средством является автомобиль ГАЗ-3302 «Газель», этим автомобилем перевезено 6469 рулонов (39%);
- большую долю (50%) рулонов сена из 16 592 шт., сформированных двумя марками пресс-подборщиков ПР-Ф-110 и ППР-120, перевозили на расстояние до 3 км, а 41,6% рулонов сена транспортировали на расстояние более 20 км;
- транспортными средствами на один перевозимый рулон по расходу топлива наиболее выгодными являются: на внутриусадебных перевозках – машинно-тракторный агрегат МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5; на внутривозяйственных – ГАЗ-3302 «Газель»; на внехозяйственных перевозках – КАМАЗ 45144 с прицепом.

Исследования свидетельствуют также о том, что номинальную грузоподъёмность рассматриваемых транспортных средств используют в разной степени. Этот факт нами оценивался коэффициентом использования грузоподъёмности, который рассчитывали по формуле

$$\gamma = \frac{M_p}{q_n},$$

где  $M_p$  – суммарная масса рулонов сена, транспортируемых за один рейс, кг;

$q_n$  – номинальная грузоподъёмность транспортного средства, кг.

**Таблица 2. Значения коэффициента использования грузоподъёмности транспортного средства**

Марка транспортного средства	Номинальная грузоподъёмность, кг	Расстояние перевозки, км					
		до 3		от 3 до 20		от 20 до 100 и более	
		Марка пресс-подборщика					
		ПР-Ф-110	ППР-120	ПР-Ф-110	ППР-120	ПР-Ф-110	ППР-120
МТЗ-82.1 + 2ПТС-4,5	4 500	0,46	0,70	-	-	-	-
ГАЗ-3302 «Газель»	1 500	0,91	0,94	0,87	0,86	0,84	0,79
ГАЗ-САЗ-3507/35071	3 930	0,37	0,66	0,30	0,56	-	-
КАМАЗ 45144 с прицепом	14 000 + 7 000	-	-	-	-	0,27	0,43

Результаты расчётов, представленные в таблице 2, показали, что номинальная грузоподъёмность максимально используется автомобилем ГАЗ-3302 «Газель», а минимально – автомобилем КАМАЗ 45144.

Экспериментальными исследованиями определялась масса одного рулона сена, сформированного пресс-подборщиками ПР-Ф-110 и ППР-120. Так, среднестатистическая масса одного рулона, сформированного пресс-подборщиком ПР-Ф-110 и ППР-120 «Pelikan», составляла соответственно 147 и 248 кг со средним квадратическим отклонением  $\sigma_{m1} = 13$  кг и  $\sigma_{m2} = 11$  кг. На основании этих данных и результатов, представленных в таблице 2, можно заключить, что транспортные средства с большей грузоподъёмностью следует использовать на перевозке рулонов сена с большей массой.

По экспериментальным данным построены графики изменения среднего расхода топлива  $Q_{cp}$  (л/100 км) автомобилями КАМАЗ 45144, ГАЗ-САЗ-3507/35071 и ГАЗ-3302 «Газель», а также трактором МТЗ-82.1 в зависимости от среднего расстояния  $L_{cp}$  (км/ч) перевозки рулонов сена (рис. 2).

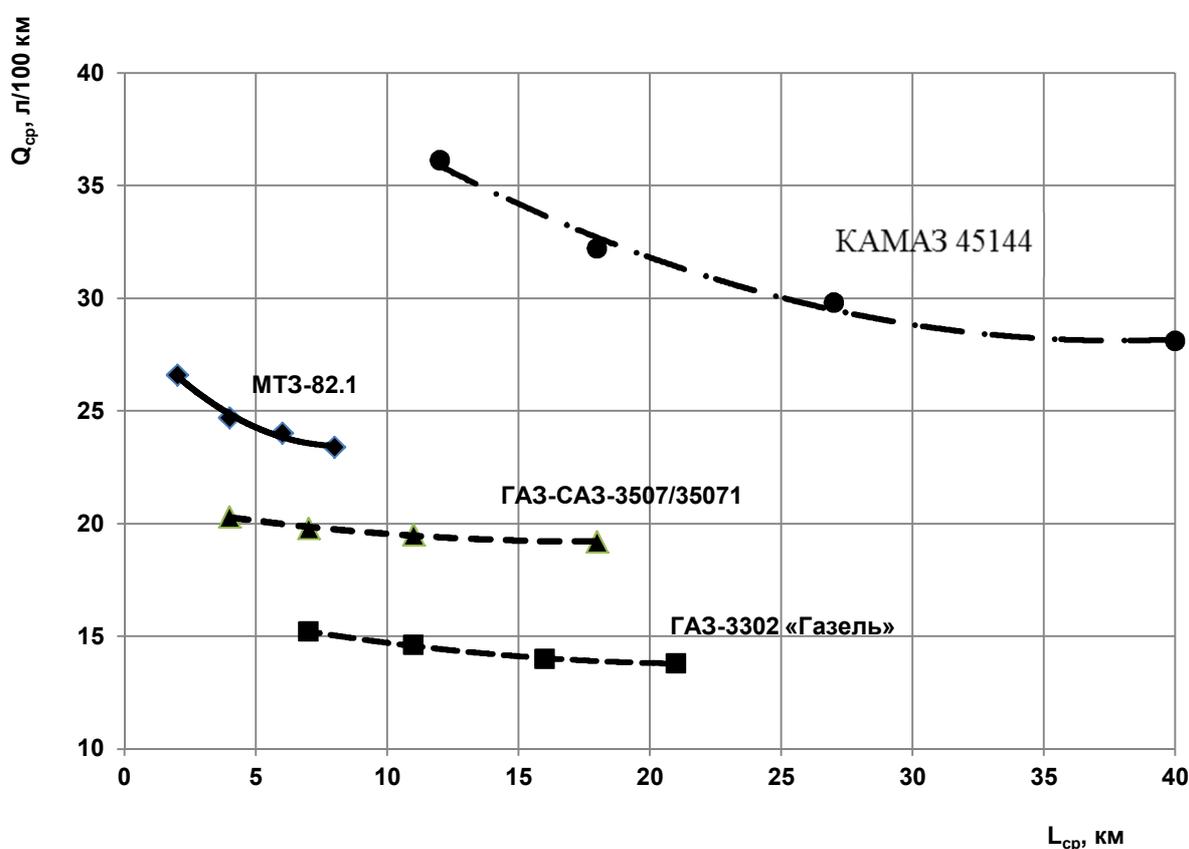


Рис. 2. Графики изменения среднего расхода топлива энергетическими средствами в зависимости от среднего расстояния перевозки рулонов сена

Построенные графики позволили определить математические зависимости  $Q_{cp} = f(L_{cp})$  для следующих транспортных средств: КАМАЗ 45144 (1), ГАЗ-САЗ-3507/35071 (2), ГАЗ-3302 «Газель» (3) и МТЗ-82.1 (4) с высокой достоверностью их аппроксимации  $R^2$ :

$$Q_{cp} = 0,0117L_{cp}^2 - 0,8814L_{cp} + 44,77, \quad R^2 = 0,989; \quad (1)$$

$$Q_{cp} = 0,0057L_{cp}^2 - 0,2016L_{cp} + 20,99, \quad R^2 = 0,9917; \quad (2)$$

$$Q_{cp} = 0,006L_{cp}^2 - 0,2692L_{cp} + 16,804, \quad R^2 = 0,9982; \quad (3)$$

$$Q_{cp} = 0,0813L_{cp}^2 - 1,3275L_{cp} + 28,875, \quad R^2 = 0,9895. \quad (4)$$

Полученные результаты показывают, что с увеличением расстояния перевозки рулонов сена средний расход топлива всеми исследуемыми энергетическими средствами снижается. В большей степени это связано с качеством дорог и скоростью движения. Перевозка рулонов на малые расстояния от поля к месту хранения по территории хозяйства осуществлялась, как правило, по полям и грунтовым дорогам. Внутрихозяйственные перевозки осуществлялись не только по грунтовым дорогам, но и по дорогам с твёрдым покрытием. Качество дорожного полотна оказывает существенное влияние на расход топлива энергетического средства [6, 12]. Кроме того, для большинства грузовых автомобилей при скоростях движения 50–70 км/ч расход топлива минимальный [12].

### Выводы

Установлено, что по расходу топлива на один перевозимый рулон наиболее выгодными транспортными средствами являются:

- на внутриусадебных перевозках – машинно-тракторный агрегат МТЗ-82.1+ 2ПТС-4,5;
- на внутрихозяйственных перевозках – ГАЗ-3302 «Газель»;
- на внехозяйственных перевозках – КАМАЗ 45144 с прицепом.

Транспортные средства с большей грузоподъёмностью следует использовать на перевозках рулонов сена с большей массой.

С увеличением расстояния перевозки рулонов сена средний расход топлива всеми исследуемыми энергетическими средствами снижается.

---

### Библиографический список

1. Автоматическое управление режимами работы машинно-тракторных агрегатов / А.П. Савельев, С.В. Глотов, С.Б. Тимонин, В.С. Глотов // Сельский механизатор. – 2015.– № 12. – С. 34–37.
2. Артамонов П.И. Преобразователь перемещений поршня расходомера жидкости в унифицированный сигнал с емкостным датчиком, использующим принцип временной избыточности / П.И. Артамонов, Ф.У. Маликова, П.Т. Харитонов // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2013. – № 1. – С. 21–24.
3. Бышов Н.В. Методика комплексной оценки эффективности использования транспорта в сельскохозяйственном производстве / Н.В. Бышов, А.И. Ряднов // Вестник Рязанского государственного агро-технологического университета им. П.А. Костычева. – 2019. – № 1 (41). – С. 104–108.
4. Иванов Ю.А. Современные технологии заготовки, хранения и раздачи кормов на животноводческих фермах и комплексах / Ю.А. Иванов, В.К. Скоркин, Л.М. Цой // Техника и оборудование для села. – 2008. – № 11. – С. 8–13.
5. Калачин С.В. Алгоритм управления режимами работы машинно-тракторного агрегата / С.В. Калачин // Тракторы и сельхозмашины. – 2019. – № 3. – С. 45–50.

6. Лукачевский Н.И. Особенности влияния качества дорог на расход топлива и стоимость перевозки грузов / Н.И. Лукачевский, А.И. Борисов // Московский экономический журнал. – 2018. – № 5–3. – С. 373–377.
7. Особов В.И. Современные технологии и комплексы машин для заготовки кормов / В.И. Особов // Техника и оборудование для села. – 2005. – № 4. – С. 20–21.
8. Палицын А.В. Применение поршневого расходомера для контроля эксплуатационных параметров машинно-тракторных агрегатов / А.В. Палицын // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 9. – С. 49–51.
9. Пат. 2639732 Российская Федерация, МПК G01F 3/00 (2006.01). Расходомер / А.И. Ряднов ; патентообладатель ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. – № 2017100285 ; заявл. 09.01.2017 ; опубл. 22.12.2017, Бюл. № 36. – 5 с.
10. Ряднов А.И. Выбор транспортного средства для перевозки рулонов сена по затратам на топливо-смазочные материалы / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, И.В. Алмазов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1 (53). – С. 364–371.
11. Ряднов А.И. Совершенствование конструкции поршневого расходомера топлива / А.И. Ряднов, О.А. Федорова, А.В. Федоров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 4 (56). – С. 255–262.
12. Филиппов В.В. О зависимости расхода топлива и влияния на него скорости движения автомобиля и дорожных условий / В.В. Филиппов, Н.В. Смирнова, Д.Н. Леонтьев // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2014. – № 67. – С. 7–12.
13. Automation of direct measurement and control of volumetric flow / W. Wójcik, K. Gromaszek, B. Akhmetov, P. Kharitonov, F. Malikova, T. Kartbayev // Przegląd Elektrotechniczny. – 2015. – Vol. 91, No. 11. – Pp. 296–299.
14. Calorimetric flow meter of motor fuel with inlet temperature regulation / I. Korobiichuk, M. Kachniarz, O. Bezvesilna, M. Nowicki A. Ilchenko, R. Szewczyk // International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT). Spain, Barcelona, 5–7 April, 2017. – Pp. 975–979. DOI: 10.1109/CoDIT.2017.8102725
15. Coble J. Calorimetric Analysis to Infer Primary Circuit Flow in Integral and Pool-Type Reactors / J. Coble, R. Tarver, J.W. Hines // IEEE Transactions on Nuclear Science. – 2017. – Vol. 64 (2). – Pp. 837–843. DOI: 10.1109/TNS.2017.2650963.
16. Measurements on Injection Rate by LDA Flow Rate Meter / K. Edure, S. Kikuchi, T. Koyama, H. Kawashima, T. Ishima // JSAE/SAE 2015 International Powertrains, Fuels & Lubricants Meeting. Technical Papers. – USA, 2015. DOI: 10.4271/2015-01-2005.
17. Zhang X.-Z. The Ultrasonic Mass Flow Measurement Method of Light Fuel Based on the Artificial Neural Network Model / X.-Z. Zhang, F.-Q. Meng, S.-K. Song // Jiliang Xuebao/Acta Metrologica Sinica. – 2017. – Vol. 38 (2). – Pp. 205–208.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Алексей Иванович Ряднов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры эксплуатации и технического сервиса машин в АПК ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», Россия, г. Волгоград, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru.

Иван Владимирович Алмазов – кандидат технических наук, главный инженер ИП Алмазова П.К. Кумылженского района Волгоградской области, Россия, Волгоградская область, Кумылженский район, e-mail: ialmazov707@gmail.com.

Алексей Валерьевич Федоров – обучающийся, факультет автоматизированных систем, транспорта и вооружений ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Россия, г. Волгоград, e-mail: alex\_fedorow\_97@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 13.11.2020

Дата принятия к печати 17.12.2020

### AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Aleksey I. Ryadnov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, the Dept. of Operation and Technical Service of Machines in Agro-Industrial Complex, Volgograd State Agrarian University, Russia, Volgograd, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru.

Ivan V. Almazov, Candidate of Engineering Sciences, Chief Engineer, Almazov P.K. IP, Kumylzhensky District, Volgograd Oblast, Russia, Volgograd Oblast, Kumylzhensky District, e-mail: ialmazov707@gmail.com.

Aleksey V. Fedorov, Student, the Faculty of Automated Systems, Transport and Weapons, Volgograd State Technical University, Russia, Volgograd, e-mail: alex\_fedorow\_97@mail.ru.

Received November 13, 2020

Accepted after revision December 17, 2020