

# ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ



УДК 62-97/-98

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-251-9-72-78

Л.О. Круш, Д.А. Галин

L.O. Krush, D.A. Galin

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЯ УЗЛА МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ВПУСКНОГО ТРАКТА БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

### DETERMINATION OF THE INDEX VALUES OF THE MONITORING AND DIAGNOSTICS UNIT OF THE INTAKE TRACT OF A GASOLINE ENGINE

**Ключевые слова:** двигатель, впускной тракт, технологический стенд, устройство, аналогово-цифровой сигнал, датчик.

Приведены результаты исследования по определению значений показателя узла мониторинга и диагностирования системы подачи воздуха бензинового двигателя, интегрированного во впускной тракт стенового двигателя ВАЗ-21114, с применением разработанного специализированного оборудования, а также распределение зависимостей площади негерметичности и показателя аналогово-цифрового сигнала датчика. Выявлено, что при атмосферном давлении во впускном коллекторе автомобиля наблюдается напряжение датчика 4,135 В, при этом в случае повышения разряжения давления показатели аналогово-цифрового сигнала датчика снижаются. При нормальном разряжении во впускном тракте двигателя автомобиля наблюдается, что показатель аналогово-цифрового сигнала датчика равен 1,15 В. При негерметичности в 0,78 мм<sup>2</sup> отмечается резкий скачок увеличения напряжения, по причине резкой

разгерметизации впускного тракта, и снижения давления разряжения воздуха, что при наличии негерметичности с 0,78 до 7,06 мм<sup>2</sup> включительно представлено в виде плавного повышения напряжения. Проведенная полиномиальная линия в зависимости от значений на графике позволяет с точностью оценить степень изменения сигнала в зависимости от негерметичности во впусканом тракте двигателя. При значительных диапазонах увеличения площади негерметичности наблюдается плавное повышение показаний аналого-цифрового сигнала датчика давления, при этом в случае превышения границы показателя разряжения давления во впускном коллекторе происходит переход двигателя в состояние, критично отличное от номинального. Диапазон отклонений площади негерметичности оказывает небольшое влияние на отклонения давления разряжения по причине наличия разгерметизации системы подачи воздуха в двигатель автомобиля и перехода граничных значений показателя разряжения давления, при которых двигатель функционирует.

**Keywords:** engine, intake tract, process stand, device, analog-digital signal, sensor.

This paper discusses the research findings on the determination the index values of the monitoring and diagnostics unit of the gasoline engine air supply system integrated into the intake tract of the VAZ-21114 bench engine using the developed specialized equipment as well as the distribution of the dependencies of the leak area and the index of the analog-digital sensor signal. It was found that at atmospheric pressure in the intake manifold of the car, a sensor voltage of 4.135 V was observed, while at underpressure, the analog-to-digital sensor signal decreased. At normal underpressure in the intake tract of the car engine, it is observed that the analog-to-digital sensor signal is 1.15 V. With a leak of 0.78 mm<sup>2</sup>, there is an abrupt voltage jump due to an abrupt depressurization of the intake tract and de-

creased air discharge pressure which, if there is a leak from 0.78 mm<sup>2</sup> to 7.06 mm<sup>2</sup> inclusive, is represented as a gradual increase in voltage. The drawn polynomial line, depending on the values on the graph, allows to accurately estimating the degree of signal change depending on the leak in the intake tract of the engine. With significant ranges of increase in the leak area, there is a gradual increase in the readings of the analog-to-digital pressure sensor signal, and if the intake manifold pressure discharge limit is exceeded, the engine transits to a state critically different from the nominal one. The range of deviations of the leak area has a small effect on the deviations of the discharge pressure due to the presence of depressurization of the air supply system to the car engine and the transition of the boundary values of the pressure discharge index at which the engine operates.

**Круш Леонид Олегович**, вед. аналитик, аспирант, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, г. Саранск, Российская Федерация, e-mail: leonidsgrants@yandex.ru.

**Галин Дмитрий Александрович**, к.т.н., доцент, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, г. Саранск, Российская Федерация, e-mail: dagalin@yandex.ru.

**Krush Leonid Olegovich**, leading analyst, post-graduate student, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russian Federation, e-mail: leonidsgrants@yandex.ru.

**Galin Dmitriy Aleksandrovich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russian Federation, e-mail: dagalin@yandex.ru.

## Введение

В процессе эксплуатации автомобильного транспорта в различных условиях снижается ресурс двигателя, что влияет на эксплуатационные характеристики автомобиля в целом [1, 2].

Существующие методологии и технологическое оборудование, применяемое для диагностирования автотранспортных средств позволяет проводить операции по диагностированию в условиях технического сервиса, что при активной эксплуатации автомобиля, применяемого для коммерческих перевозок, приводит к снижению экономического эффекта от эксплуатации данного транспорта. При этом бортовые диагностические системы не способны в полной мере определять неисправности в системе подачи воздуха [3, 4].

Для снижения время-затрат на проведение операций по выявлению неисправностей двигателя и повышения экономического эффекта необходимо внедрять новые технологии диагностирования в режиме реального времени при эксплуатации автотранспортных средств как в условиях предприятий агропромышленного ком-

плекса, так и в условиях городского и международного движения.

**Цель и задачи исследования:** определение значений показателя узла мониторинга и диагностирования системы подачи воздуха бензинового двигателя, интегрированного во впускной тракт стендового двигателя ВАЗ-21114, с применением разработанного специализированного оборудования, а также распределение зависимостей площади негерметичности и показателя аналогово-цифрового сигнала датчика.

## Материалы и методы

Определение значений показателя узла мониторинга системы подачи воздуха двигателя в зависимости от площади сечения негерметичности проведено с применением специализированного технологического оборудования, предназначенного для адаптации считающих устройств и контроля технического состояния впускного тракта бензиновых двигателей внутреннего сгорания, а также изготовленных специализированных устройств с калибровочными отверстиями, портативное электронное устрой-

ство с экраном и специализированное программное обеспечение [5-7].

Методология проведения исследования по определению значений показателя разработанного узла мониторинга и диагностирования системы подачи воздуха двигателя:

- 1) подключение узла мониторинга и диагностирования системы подачи воздуха диагностического комплекса к технологическому стенду двигателя;
- 2) установка изготовленных специализированных устройств с калиброванными отверстиями, имитирующими негерметичности;
- 3) запуск технологического стенда двигателя [8-11];
- 4) подключение портативного электронного устройства с экраном;
- 5) коммутация порта портативного электронного устройства с устройством для мониторинга технического состояния системы подачи воздуха;

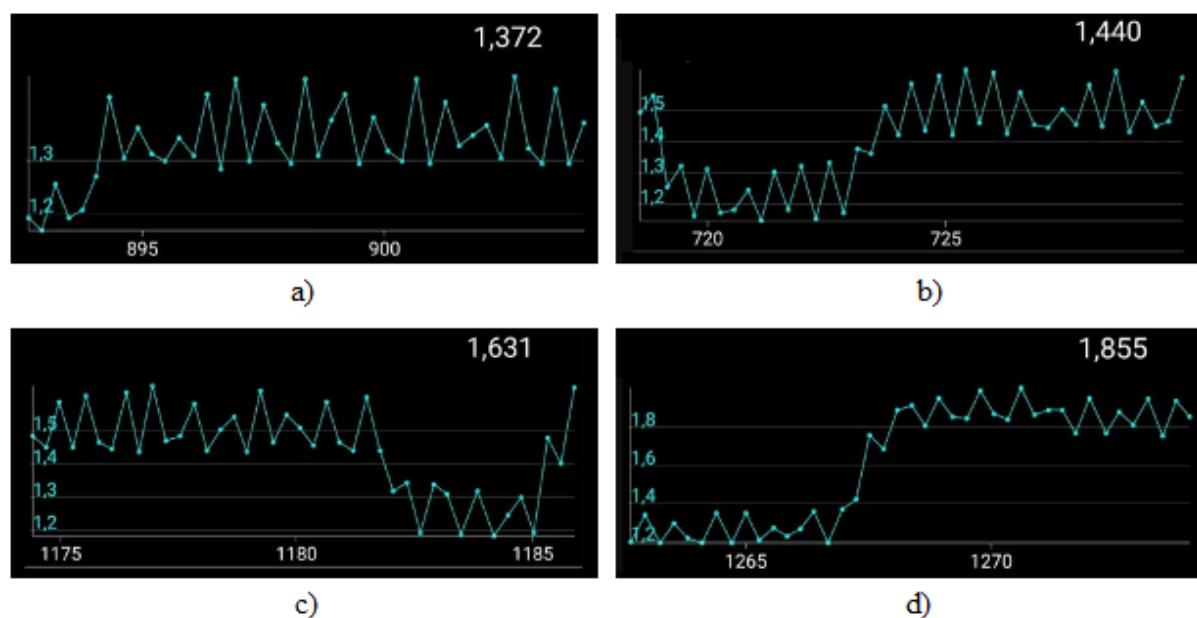
6) запуск специализированного программного обеспечения;

7) фиксирование показателей в зависимости от установленных специализированных устройств с калиброванными отверстиями;

### Результаты исследований

По результатам интеграции разработанного устройства и выполнения методологии исследования были получены графические изображения поведения аналогово-цифрового сигнала, полученного с датчика давления разряжения воздуха, интегрированного в систему подачи воздуха стендового двигателя ВАЗ-21114.

Графики фиксирования показаний диагностического программного обеспечения диагностического комплекса с узлом мониторинга и диагностирования системы подачи воздуха двигателя при проведении замеров с имитацией негерметичности в процессе работы двигателя представлены на рисунке 1.



*Рис. 1. График аналогово-цифрового сигнала:  
а – при негерметичности  $0,78 \text{ мм}^2$ ; б – при негерметичности  $3,14 \text{ мм}^2$ ;  
в – при негерметичности  $7,06 \text{ мм}^2$ ; г – при негерметичности  $12,5 \text{ мм}^2$*

На графиках отображен процесс работы двигателя с негерметичностью системы подачи воздуха в двигатель автомобиля с переходом на нормальный режим работы двигателя при отсутствии негерметичности, что отображено из-

менением положения контрольных точек графиков.

Значения показателей датчика давления разряжения воздуха представлены в таблице 1.

Таблица 1

*Результаты измерений показателей датчика*

Значение АЦП при включенном зажигании, В	Значения показателя аналогово-цифрового сигнала в зависимости от площади сечения негерметичности, В				
	0 мм <sup>2</sup>	0,78 мм <sup>2</sup>	3,14 мм <sup>2</sup>	7,06 мм <sup>2</sup>	12,5 мм <sup>2</sup>
4,12-4,15	1,1-1,2	1,3-1,4	1,44-1,5	1,5-1,6	1,8-1,9

Графическое изображение проведенного исследования по определению значений показателя разработанного узла мониторинга и диагностирования системы подачи воздуха двигателя представлено на рисунке 2.

По результатам исследования было выполнено распределение зависимостей площади негерметичности, показателя аналогово-цифрового

сигнала датчика, давления разрежения во впускном коллекторе двигателя и отклонений от нормального давления разряжения (табл. 2). В качестве отсчетного показателя были выбраны значения отклонения от нормального давления разряжения, так как диапазон смещения имеет фиксированные значения в 0,01 атм.

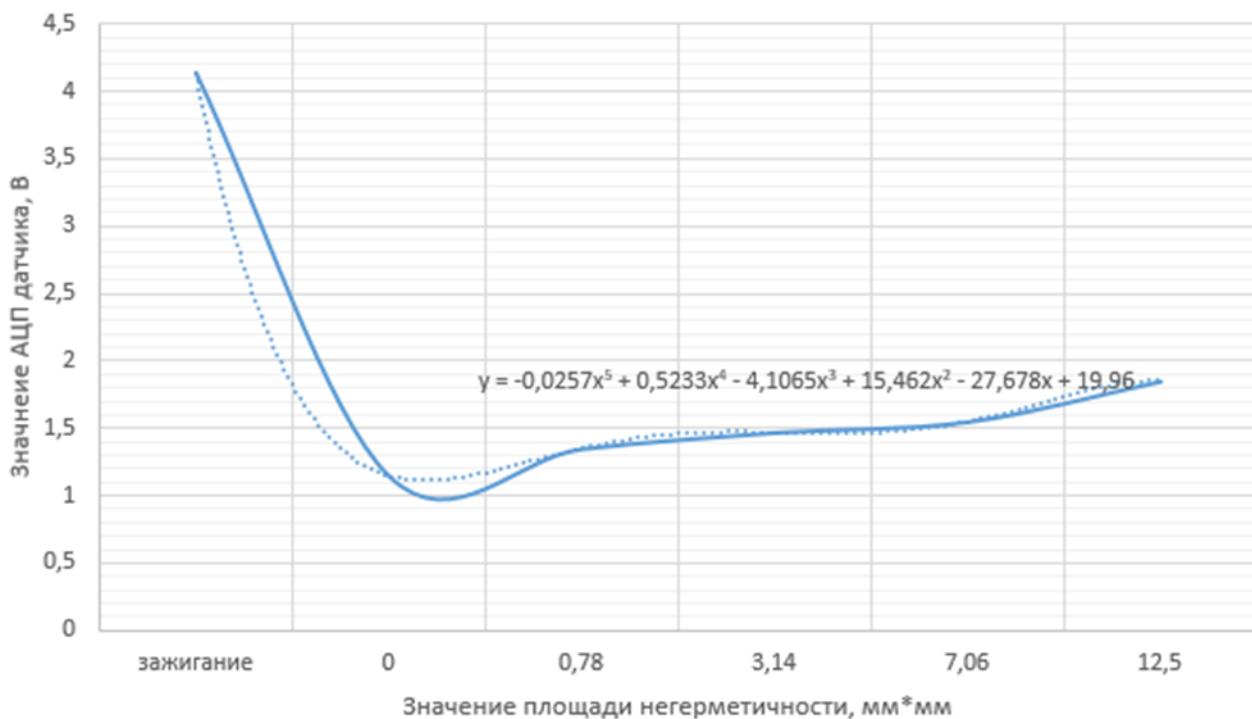


Рис. 2. График изменения сигнала датчика в зависимости от негерметичности

### Выводы

По результатам исследования выявлено, что при атмосферном давлении во впусканом коллекторе автомобиля наблюдается напряжение датчика 4,135 В, при этом в случае повышения разряжения давления, показатели аналогово-цифрового сигнала датчика снижаются. При нормальном разряжении во впусканом тракте двигателя автомобиля наблюдается, что показатель аналогово-цифрового сигнала датчика равен

1,15 В. При негерметичности в 0,78 мм<sup>2</sup> отмечен резкий скачок увеличения напряжения, по причине резкой разгерметизации впусканого тракта и снижения давления разряжения воздуха, что при наличии негерметичности с 0,78 до 7,06 мм<sup>2</sup> включительно представлено в виде плавного повышения напряжения. Проведенная полиномиальная линия в зависимости от значений на графике позволяет с точностью оценить степень изменения сигнала в зависимости от негерме-

тичности во впускном тракте двигателя. При значительных диапазонах увеличения площади негерметичности наблюдается плавное повышение показаний аналого-цифрового сигнала датчика давления, при этом в случае превышения границы показателя разряжения давления во впускном коллекторе происходит переход двигателя в состояние, критично отличное от

номинального. Диапазон отклонений площади негерметичности оказывает небольшое влияние на отклонения давления разряжения по причине наличия разгерметизации системы подачи воздуха в двигатель автомобиля и перехода граничных значений показателя разряжения давления, при которых двигатель функционирует.

Таблица 2

*Распределение зависимостей по результатам исследования*

Площадь негерметичности, $\text{мм}^2$	Показатель аналого-цифрового сигнала, В	Давление разряжения, атм.	Отклонение от нормального давления разряжения, атм.
0	1,15	0,7	0
0,195	1,2	0,69	0,01
0,39	1,25	0,68	0,02
0,585	1,3	0,67	0,03
0,78	1,35	0,66	0,04
1,37	1,375	0,65	0,05
1,96	1,4	0,64	0,06
2,55	1,425	0,63	0,07
3,14	1,45	0,62	0,08
4,12	1,475	0,61	0,09
5,1	1,5	0,6	0,1
6,08	1,525	0,59	0,11
7,06	1,55	0,58	0,12
8,87	1,65	0,57	0,13
10,68	1,75	0,56	0,14
12,5	1,85	0,55	0,15

**Библиографический список**

1. Экспериментальное исследование влияния характеристик двигателя на эксплуатационные свойства легкового коммерческого автомобиля / П. С. Мошков, Е. И. Торопов, А. С. Вашурин [и др.]. – Текст: непосредственный // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 12 (часть 5). – С. 930-934.
2. Пешков, А. А. Анализ эксплуатационных характеристик электромобиля и автомобиля с двигателем внутреннего сгорания / А. А. Пешков, В. Г. Кондратенко. – Текст: непосредственный // Современные технологии, применяемые при обслуживании и ремонте автомобилей: сборник трудов V Национальной межвузовской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых. – 2022. – С. 41-49.
3. Яковлев, В. Ф. Диагностика электронных систем управления автомобильными двигателями: учебное пособие / В. Ф. Яковлев. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 122 с. – Текст: непосредственный.
4. Власов, Ю. А. Оптимизация выбора и эффективность использования диагностического оборудования / Ю. А. Власов, А. Н. Ляпин. – Текст: непосредственный // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 2. – С. 12-18.
5. Патент RU 2812549 C1. Устройство для мониторинга технического состояния системы подачи воздуха бензинового двигателя автомо-

бия / Круш Л. О., Галин Д. А., Давыдкин А. М.; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». – № 2023107654; заявл. 29.03.2023; опубл. 30.01.2024. – Текст: непосредственный.

6. Kihas, D., Pachner, D., Baramov, L., Uchanski, M. et al. (2016). Concept Analysis and Initial Results of Engine-Out NOx Estimator Suitable for on ECM Implementation. *SAE Technical Paper*. 2016-01-0611. <https://doi.org/10.4271/2016-01-0611>.

7. Hlaing, P., Silva, M., Echeverri, M., et al. (2021). Estimates of the air-fuel ratio at the time of ignition in a pre-chamber using a narrow throat geometry. *International Journal of Engine Research*. 24. 146808742110591. DOI: 10.1177/14680874211059148.

8. Система управления двигателями ВАЗ-21114 (1,6 л 8 кл.) и ВАЗ-21124 (1,6 л 16 кл.) с распределенным впрыском топлива под нормы токсичности ЕВРО-3 автомобилей ВАЗ-11183, 21101, 21104: руководство по диагностике и ремонту. – ОАО «АвтоВАЗ», 2004, – 209 с. – Текст: непосредственный.

9. Хендерсон, Б. OBD-II и Электронные системы управления двигателем. Руководство по обслуживанию, диагностике и ремонту систем управления двигателем / Б. Хендерсон, Джон ЭйчХайнес. – Москва: Алфамер Паблишинг, 2011. – 248 с. – Текст: непосредственный.

10. Alahmer, Ali. (2018). Performance and Emission Assessments for Different Acetone Gasoline Blends Powered of Spark Ignition Engine. *International Journal of Vehicle Structures and Systems*. DOI: 10.10.4273/ijvss.10.2.10.

11. Shang H., Zhang L., Chen B., Chen X. (2020). Experimental test and thermodynamic analysis on scaling-down limitations of a reciprocating internal combustion engine. *Science Progress*. 103 (3). DOI:10.1177/0036850420935731.

## References

1. Moshkov P.S. Eksperimentalnoe issledovanie vliianiia kharakteristik dvigatelia na ekspluatatsionnye svoistva legkovogo kommercheskogo avtomobilia / Moshkov P.S., Toropov E.I., Vashurin A.S., Trusov Iu.P., Tikhomirov A.N. // Fundamentalnye issledovaniia. – 2015. – No. 12-5. – S. 930-934.

2. Peshkov A.A. Analiz ekspluatatsionnykh kharakteristik elektromobilia i avtomobilia s dvigatelem vnutrennego sgoraniia / Peshkov A.A., Kondratenko V.G. // Sbornik trudov V Natsionalnoi mezhvuzovskoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii studentov, magistrantov, aspirantov i molodykh uchenykh. Sovremennye tekhnologii, primenяemye pri obsluzhivanii i remonte avtomobilei. 2022. S. 41-49.

3. Iakovlev V.F. Diagnostika elektronnykh sistem upravleniya avtomobilnymi dvigateliами: ucheb. posob. / V.F. Iakovlev. – Samara: Samar. gos. tekhn. un-t, 2010. – 122 s.

4. Vlasov Iu.A. Optimizatsiia vybora i effektivnost ispolzovaniia diagnosticheskogo oborudovaniia / Vlasov Iu.A., Liapin A.N. // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2012. – No. 2. – S. 12-18.

5. Patent RU 2812549 C1. Ustroistvo dlia monitoringa tekhnicheskogo sostoianiiia sistemy podachi vozdukhha benzинovogo dvigatelia avtomobilia / Krush L.O., Galin D.A., Davydkin A.M. // Federalnoe gosudarstvennoe biudzhetnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniia «Natsionalnyi issledovatelskii Mordovskii gosudarstvennyi universitet im. N.P. Ogareva». Zaiavka: No. 2023107654 ot 29.03.2023. Opublikовано: 30.01.2024.

6. Kihas, D., Pachner, D., Baramov, L., Uchanski, M. et al. (2016). Concept Analysis and Initial Results of Engine-Out NOx Estimator Suitable for on ECM Implementation. *SAE Technical Paper*. 2016-01-0611. <https://doi.org/10.4271/2016-01-0611>.

7. Hlaing, P., Silva, M., Echeverri, M., et al. (2021). Estimates of the air-fuel ratio at the time of ignition in a pre-chamber using a narrow throat geometry. *International Journal of Engine Research*. 24. 146808742110591. DOI: 10.1177/14680874211059148.

8. Sistema upravleniia dvigateliами VAZ-21114 (1,6 l 8 kl.) i VAZ-21124 (1,6 l 16 kl.) s raspredelennym vpryskom topliva pod normy toksichnosti EVRO-3 avtomobilei VAZ-11183, 21101, 21104. Rukovodstvo po diagnostike i remontu. ОАО «Avtovaz», 2004. 209 s.
9. Khenderson B. OBD-II i Elektronnye sistemy upravleniia dvigatelem. Rukovodstvo po obsluzhivaniyu, diagnostike i remontu sistem upravleniia dvigatelem / B. Khenderson, Dzhon Eich Kheines. – Alfamer Publishing, 2011. – 248 s.
10. Alahmer, Ali. (2018). Performance and Emission Assessments for Different Acetone Gasoline Blends Powered of Spark Ignition Engine. *International Journal of Vehicle Structures and Systems*. DOI: 10.10.4273/ijvss.10.2.10.
11. Shang H., Zhang L., Chen B., Chen X. (2020). Experimental test and thermodynamic analysis on scaling-down limitations of a reciprocating internal combustion engine. *Science Progress*. 103 (3). DOI:10.1177/0036850420935731.



УДК 631.41

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-251-9-78-84

**Е.С. Поликутина, С.В. Щитов, З.Ф. Кривуца,  
А.А. Kovshun, В.А. Щитова**  
**E.S. Polikutina, S.V. Shchitov, Z.F. Krivutsa,  
A.A. Kovshun, V.A. Shchitova**

## **ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ НА ТЯГОВО-СЦЕПНЫЕ КАЧЕСТВА ТРАКТОРА ПРИ РАБОТЕ С ПРИЦЕПНЫМИ ОДНООСНЫМИ МАШИНАМИ**

### **INFLUENCE OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF MACHINE-TRACTOR UNITS ON THE TRACTION AND COUPLING QUALITIES OF A TRACTOR WHEN WORKING WITH SINGLE-AXLE TRAILED MACHINES**

**Ключевые слова:** нагрузка, энергетическое средство, опорные поверхности, сцепной вес, ведущие двигатели.

Как показали ранее проведенные исследования, на тягово-сцепные возможности энергетического средства, выполняющего роль тягача, оказывает влияние сцепной вес, приходящийся на ведущие опорные поверхности. Особенно это важно для тех энергетических средств, у которых не все опорные поверхности являются ведущими, иными словами, тракторы, имеющие колёсную формулу 4К2. Частично данный вопрос при движении по горизонтальной поверхности возможно решить, используя устройство, позволяющее перераспределять часть веса с передних неведущих опорных поверхностей на задние. Но при движении по поверхности, имеющей угол наклона к горизонту, это приводит к снижению продольной устойчивости и управляемости энергетического средства. Одним из факторов, влияющих на продольную устойчивость, оказывают прицепные

одноосные сельскохозяйственные агрегаты, которые воздействуют на прицепное устройство энергетического средства путём передачи частичной нагрузки. При этом данная нагрузка может иметь переменный характер в случае, когда масса самого прицепного агрегата изменяется по мере выполнения им возложенной на него функции. Решить данную проблему возможно за счёт использования промежуточной тележки, которая может регулировать перераспределение нагрузки на прицепное устройство энергетического средства (трактора). В связи с этим были проведены исследования по выявлению и обоснованию факторов, влияющих на сцепные качества трактора при работе с прицепными одноосными машинами. С целью определения влияния ряда конструктивно-технологических параметров на нагрузку, приходящуюся на задние ведущие двигатели трактора с колёсной формулой 4К2, применялась методика планирования эксперимента. Проведенные экспериментальные и теоретические исследования позволили выявить влияние конструктивно-техноло-