

# ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ



УДК 62-97/-98

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-249-7-65-71

Л.О. Круш

L.O. Krush

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО ЗНАЧЕНИЮ РАЗРЯЖЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВО ВПУСКНОМ ТРАКТЕ ДВИГАТЕЛЯ

## DETERMINATION OF DIAGNOSTIC EQUIPMENT INDICATORS BY THE VALUE OF PRESSURE DISCHARGE AT THE ENGINE INTAKE STROKE

**Ключевые слова:** диагностика, двигатель, система управления двигателем, впускной тракт, диагностическое оборудование, автомобильный транспорт.

Приведены результаты исследования по анализу зависимости уровня давления разряжения воздуха во впускном тракте бензинового двигателя от значений площади негерметичности. Для проведения исследований был применен технологический стенд бензинового двигателя ВАЗ-21114 и специализированное диагностическое оборудование Scandoc. Для проведения исследований были созданы специализированные устройства с калибровочными отверстиями, при этом отверстия подобраны с учетом возможности малозатратного производства. В процессе исследований выявлено, что уровень отклонений также прямо пропорционален увеличению площади негерметичности, как и уровень аналого-цифрового сигнала датчика разряжения давления. Уровень отклонения составляет 0,04 атм, при этом уровень отклонения в 0,03 атм с площадью негерметичности в 12,5 мм<sup>2</sup> говорит о том, что увеличение площади негерметичности впускного тракта, подходящее к критическому значению, вынуждает системы зажигания и цилиндро-поршневую группу двигателя автомобиля работать с большими перебоями в равномерности, по причине больших отклонений параметров функционирования двигателя автомобиля от базовых. При дальнейшем увеличении площади негерметичности наблюдается резкое увеличение отклонений от нормального разряжения давления во впускном тракте, при этом показатель неравномерности вращения коленчатого вала резко увеличивается, что говорит о снижении количества оборотов двигателя

в результате нестабильной работы системы зажигания из-за слишком бедной топливно-воздушной смеси, подаваемой в двигатель. В результате чего возникают нестабильная работа двигателя и снижение эксплуатационных характеристик. Результаты данного исследования полностью подтверждают показатели специализированного технологического оборудования, разработанного, в условиях ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», для мониторинга технического состояния системы подачи воздуха.

**Keywords:** diagnostics, engine, engine control system, intake stroke, diagnostic equipment, automobile transport.

The research findings on the dependence of the level of air discharge pressure at the intake stroke of a gasoline engine on the values of the leak area are discussed. To conduct the study, the VAZ-21114 gasoline engine technological stand and specialized diagnostic equipment Scandoc were used. Specialized devices with calibration holes were developed for the research where the holes were selected taking into account the possibility of low-cost production. It was found that the level of deviations was also directly proportional to the increase of the leak area as the level of the analog-to-digital signal of the pressure discharge sensor. The deviation level is 0.04 atmospheres while the deviation level of 0.03 atmospheres with a leak area of 12.5 mm<sup>2</sup> indicates that an increase of the intake stroke leak area approaching a critical value forces the ignition systems and the cylinder-piston group of the car engine to operate with large interruptions in uniformity due to large deviations in the parameters of the car engine functioning from the basic ones. With further increase of the leak area, there is a sharp increase in deviations from

the normal pressure discharge at the intake stroke while the indicator of uneven rotation of the crankshaft increases sharply which indicates a decrease in the number of engine revolutions as a result of unstable operation of the ignition system due to too poor fuel-air mixture supplied to the engine resulting in unstable engine operation and reduced

performance. The findings of this research fully confirm the performance of specialized technological equipment developed at the National Research Ogarev Mordovia State University for monitoring the technical condition of the air supply system.

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

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

### Введение

В настоящее время автомобильный транспорт, эксплуатируемый как в условиях агропромышленного комплекса, так и в условиях городских и междугородних перевозок, подвергается значительным нагрузкам. Таковым является объем выполняемых работ, который напрямую связан с пробеговыми значениями автомобиля и временем работы двигателя в целом [1, 2].

При этом в условиях постоянных нагрузок возникают неисправности, требующие устранения, так как при возникновении данных неисправностей, к которым относятся негерметичности во впускном тракте, происходит накопительный эффект, что может привести к значительным повреждениям двигателя автомобиля.

При проведенных ранее исследованиях выявлено, что при возникновении неисправностей во впускном тракте нарушается состав топливно-воздушной смеси, от соотношения которого зависит качество работы двигателя и его эксплуатационные характеристики. Определено, что пороговые значения негерметичности бензинового двигателя внутреннего сгорания приводят к значительным отклонениям показателей работы всех датчиков и исполнительных устройств, которые участвуют в работе двигателя [3, 4].

Так как данные неисправности являются накопительными, по причине адаптации системы управления двигателем, необходимо установить, при каких значениях негерметичности возникают отклонения уровня давления разрежения воздуха во впускном тракте двигателя, в целях разработки диагностического оборудования, способного предупреждать данные неисправности.

**Цель и задачи** исследования – определение зависимости уровня давления разрежения во впускном тракте бензинового двигателя внутреннего сгорания от площади негерметичности,

а также уровня отклонения значений давления разрежения во впускном тракте.

### Материалы и методы

При проведении экспериментальных исследований внешние погодные условия соответствовали следующим показателям:

температура – 20-23°C;

атмосферное давление – 760 мм рт. ст.;

влажность воздуха – 45-80%;

содержание кислорода в атмосферном воздухе – 21%.

Определение показателей диагностического оборудования по значению разрежения давления во впускном тракте двигателя выполнено при использовании сертифицированной системы диагностирования двигателя автомобиля Scandoc, комплект оборудования которого представлен на рисунке 1 [5].



**Рис. 1. Комплект оборудования Scandoc**

Фиксирование показателя разрежения давления во впускном тракте двигателя автомобиля необходимо для дальнейшего сопоставления значений показателя разработанного узла мониторинга и диагностирования системы подачи воздуха двигателя с уровнем давления. Исследование значения показателя уровня разрежения давления во впускном тракте двигателя автомобиля проведено при использовании изготовленных калибров негерметичности.

Для имитации наличия негерметичности были изготовлены специализированные устройства с калибровочными отверстиями в соответствии со значениями, указанными в таблице 1.

При изготовлении специализированных устройств с калибровочными отверстиями была применена формула определения площади от диаметра сверла:

$$S = \pi r^2 = \frac{\pi}{4} * D * D,$$

где S – площадь круглого отверстия;

$\pi$  – 3,14;

r – радиус;

D – диаметр.

Таблица 1

#### Значения калибровочных отверстий

Диаметр технологического отверстия, мм	Площадь сечения, мм <sup>2</sup>
1	0,78
2	3,14
3	7,06
4	12,5

Методология определения показателей диагностического оборудования по значению разряжения давления во впускном тракте двигателя:

1. Подключение сертифицированного диагностического оборудования по определению значений показателя уровня разряжения во впускном тракте двигателя автомобиля к технологическому стенду двигателя ВАЗ-21114, которое представлено на рисунке 2 [6-10].

2. Установка изготовленных специализированных устройств с калибровочными отверстиями.

3. Запуск технологического стенда двигателя.

4. Фиксирование показателей в зависимости от установленного специализированного устройства с калибром негерметичности [12].



**Рис. 2. Подключенное оборудование к технологическому стенду двигателя автомобиля**

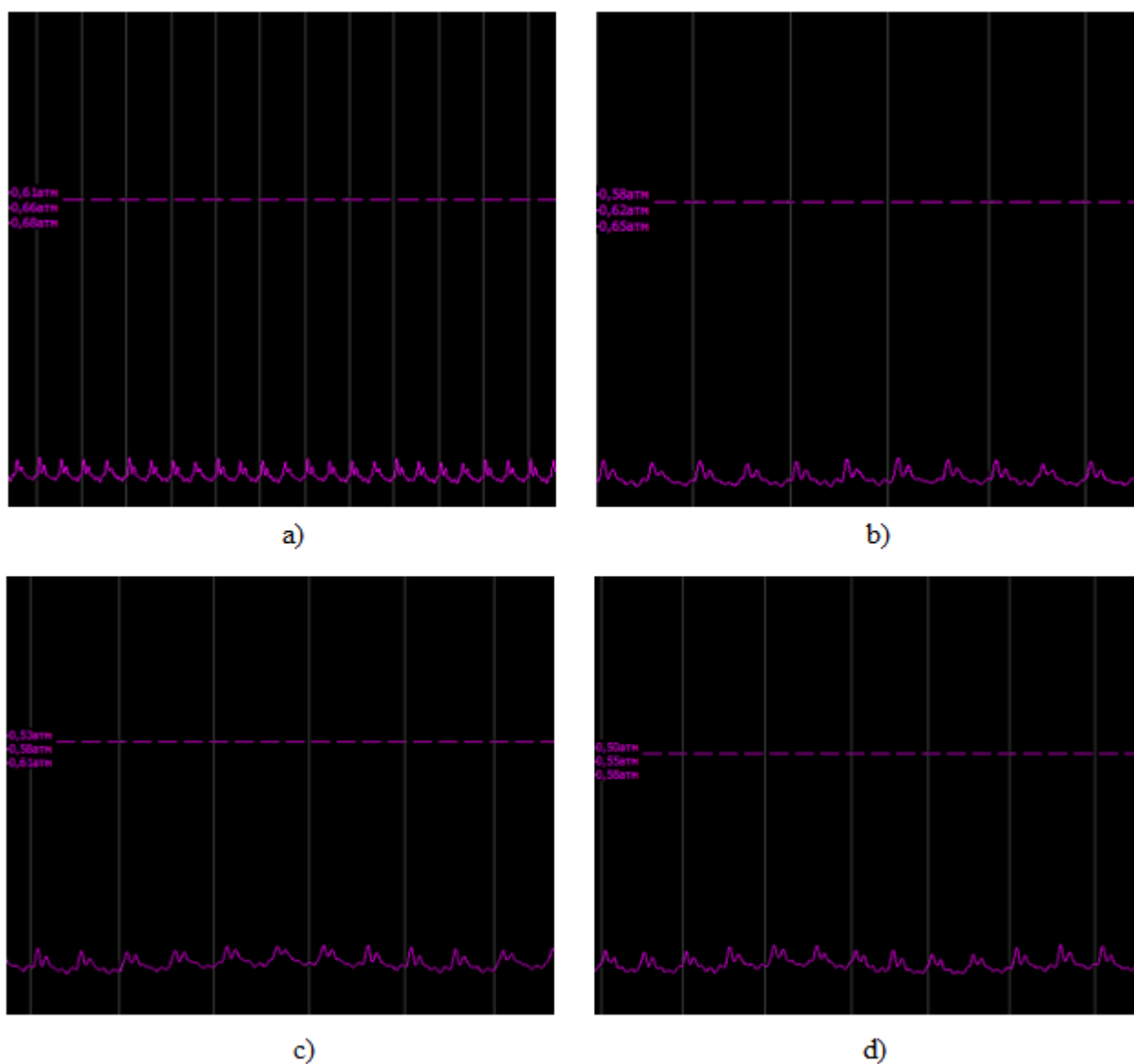
#### Результаты исследований

В процессе исследования были определены показатели уровня давления разряжения воздуха во впускном тракте двигателя в зависимости от установленного специализированного устройства с калибром негерметичности, графики со специализированного программного обеспечения которых представлены на рисунке 3.

Результаты проведенного исследования по определению показателей диагностического оборудования по значению разряжения давления во впускном тракте двигателя представлены в таблице 2.

Графическое изображение результатов проведенного исследования по определению показателей диагностического оборудования по значению разряжения давления во впускном тракте двигателя представлены на рисунке 4.

По графику видно, что изменение значений уровня разряжения давления во впускном тракте стендового двигателя ВАЗ-21114, при экспериментальных исследованиях, в зависимости от значений площади негерметичности имеет плавный график, что говорит о линейной зависимости данных составляющих характеристик, что подтверждается экспоненциальной линией.



**Рис 3. Графики разряжения давления при негерметичности впускного тракта:**  
**a – при негерметичности 0,78 мм<sup>2</sup>; b – при негерметичности 3,14 мм<sup>2</sup>;**  
**c – при негерметичности 7,06 мм<sup>2</sup>; d – при негерметичности 12,5 мм<sup>2</sup>**

Таблица 2

## Показатели уровня разряжения давления воздуха

№ измерения	Площадь негерметичности, мм <sup>2</sup>	Значение показателя разряжения давления, атм	Отклонение показателя разряжения давления, атм
1	0	0,7	0
2	0,78	0,66	0,04
3	3,14	0,62	0,08
4	7,06	0,58	0,12
5	12,5	0,55	0,15

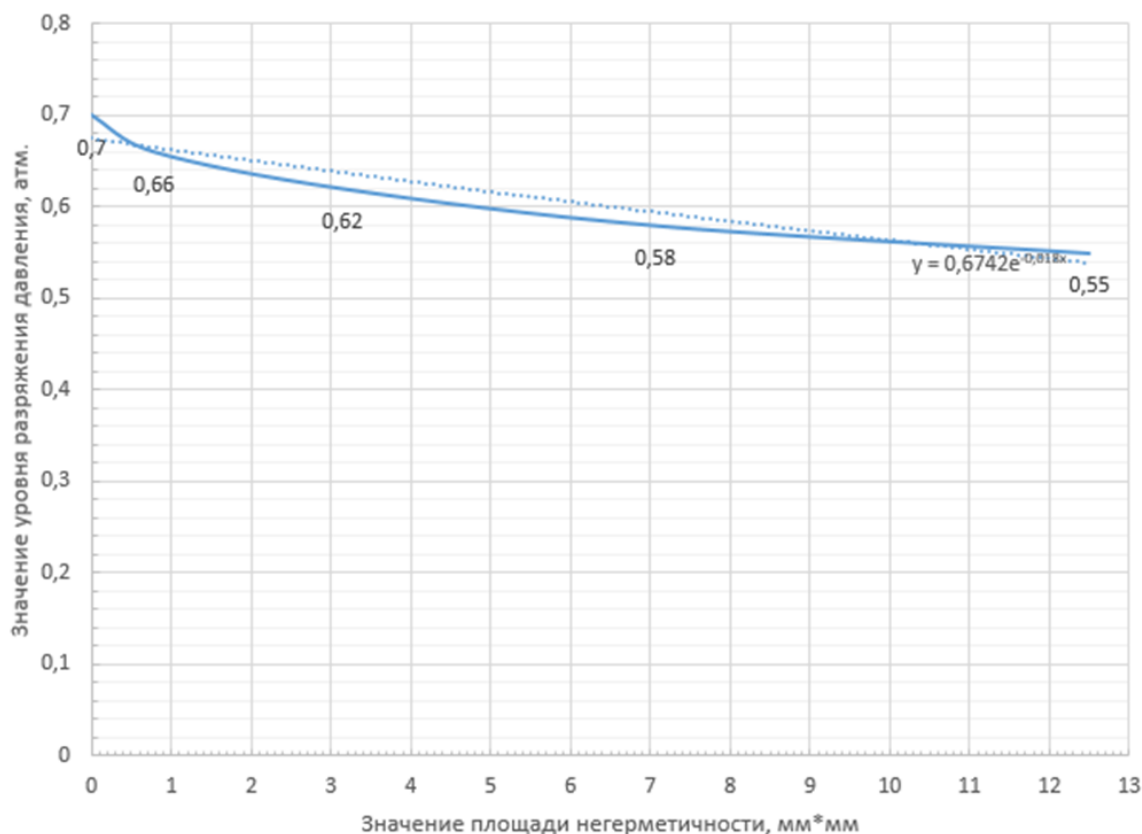


Рис. 4. График показателей разрежения давления, определенный экспериментальным методом

### Выводы

По результатам анализа таблицы 2 и рисунка 4 можно сделать вывод, что уровень отклонений также прямопропорционален увеличению площади негерметичности, как и уровень аналого-цифрового сигнала датчика разрежения давления. Уровень отклонения составляет 0,04 атм, при этом уровень отклонения в 0,03 атм с площадью негерметичности в 12,5 мм² говорит о том, что увеличение площади негерметичности впускного тракта подходящее к критическому значению, вынуждает системы зажигания и цилиндро-поршневую группу двигателя автомобиля работать с большими перебоями в равномерности, по причине больших отклонений параметров функционирования двигателя автомобиля от базовых.

При дальнейшем увеличении площади негерметичности наблюдается резкое увеличение отклонений от нормального разрежения давления во впускном тракте, при этом показатель неравномерности вращения коленчатого вала резко увеличивается, что говорит о снижении количества оборотов двигателя в результате нестабильной работы системы зажигания из-за слишком бедной топливно-воздушной смеси, подаваемой в двигатель.

Результаты данного исследования полностью подтверждают показатели специализированного технологического оборудования, разработанного в условиях ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва» для мониторинга технического состояния системы подачи воздуха.

### Библиографический список

1. Яковлев, В. Ф. Диагностика электронных систем управления автомобильными двигателями: учебное пособие / В. Ф. Яковлев; ФГБОУ ВО «СамГТУ». – Самара, 2010. – 122 с. – Текст: непосредственный
2. Булатов, С. В. Сравнительный анализ расхода запасных частей и технико-эксплуатационных показателей парка электромобилей и автомобилей с двигателями внутреннего сгорания / С. В. Булатов. – Текст: непосредственный // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2024. – № 3 (69). – С. 3-7.
3. Круш, Л. О. Определение изменения значений показателей элементов электронной системы управления двигателем от наличия негерметичности в системе подачи воздуха / Л. О. Круш, Д. А. Галин. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-223-5-85-91. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аг-

рарного университета. – 2023. – № 5 (223). – С. 85-91.

4. Komorska, I., Wolczyński, Z., Borczuch, A. (2019). Diagnosis of sensor faults in a combustion engine control system with the artificial neural network. *Diagnostyka*. 20. DOI: 10.29354/diag/110440.

5. Власов, Ю. А. Оптимизация выбора и эффективность использования диагностического оборудования / Ю. А. Власов, А. Н. Ляпин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 2. – С. 12-18.

6. Poorghasemi, K., Saray, R.K., Ansari E., et al. 2017. Effect of diesel injection strategies on natural gas/diesel RCCI combustion characteristics in a light duty diesel engine. *Applied Energy* 199: 430–446. DOI:10.1016/j.apenergy.2017.05.011.

7. Song, Q., Wenzhi, G., Zhang, P., et al. (2019). Detection of engine misfire using characteristic harmonics of angular acceleration. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. 233. 095440701983410. DOI: 10.1177/0954407019834104.

8. Rossi, E., Hummel, S., Cupo, F., et al. (2021). Experimental and Numerical Investigation for Improved Mixture Formation of an eFuel Compared to Standard Gasoline. *SAE Technical Paper*. 2021-24-0019. <https://doi.org/10.4271/2021-24-0019>.

9. Kannadhasan, A. (2021). Self Diagnostic Cars: Using Infotainment Electronic Control Unit. *SAE Technical Papers*. DOI: 10.4271/2021-26-0027.

10. Kihass, D., Pachner, D., Baramov, L., et al. (2016). Concept Analysis and Initial Results of Engine-Out NOx Estimator Suitable for on ECM Implementation. *SAE Technical Papers*. *SAE 2016 World Congress and Exhibition*. DOI: 10.4271/2016-01-0611.

11. Azizahwati A., Rahmad M., Hidayat F. (2020). Development of a Circular Motion Experimental Device Using an Arduino Uno Microcontroller. *Journal of Physics: Conf. Ser.* 1655 012154. DOI: 10.1088/1742-6596/1655/1/012154.

12. Takeuchi, Y., Oike H., Ishikawa T. (2020). Development of Motor Health Examination System Using Arduino Uno. *23rd International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)*. DOI: 10.23919/ICEMS50442.2020.9290982.

## References

1. Yakovlev V.F. Diagnostika elektronnykh sistem upravleniya avtomobil'nymi dvigatelyami: ucheb. posob. / V.F. Yakovlev. – Samara: Samar. gos. tekhn. un-t, 2010. – 122 s.

2. Bulatov S.V. Sravnitel'nyy analiz raskhoda zapasnykh chastey i tekhniko-ekspluatatsionnykh pokazateley parka elektromobiley i avtomobiley s dvigatelyami vnutrennego sgoraniya / S.V. Bulatov // Tekhniko-tehnologicheskie problemy servisa. 2024. No. 3 (69). S. 3-7.

3. Krush L.O. Opredelenie izmeneniya znacheniy pokazateley elementov elektronnoy sistemy upravleniya dvigatelem ot nalichiya negermetichnosti v sisteme podachi vozdukh / L.O. Krush, D.A. Galin // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023. No. 5 (223). S. 85-91. DOI: 10.53083/1996-4277-2023-223-5-85-91.

4. Komorska, I., Wolczyński, Z., Borczuch, A. (2019). Diagnosis of sensor faults in a combustion engine control system with the artificial neural network. *Diagnostyka*. 20. DOI: 10.29354/diag/110440.

5. Vlasov YU.A. Optimizatsiya vybora i effektivnost' ispol'zovaniya diagnosticheskogo oborudovaniya / YU.A. Vlasov, A.N. Lyapin // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2012. No. 2. S. 12-18.

6. Poorghasemi, K., Saray, R.K., Ansari E., et al. 2017. Effect of diesel injection strategies on natural gas/diesel RCCI combustion characteristics in a light duty diesel engine. *Applied Energy* 199: 430–446. DOI:10.1016/j.apenergy.2017.05.011.

7. Song, Q., Wenzhi, G., Zhang, P., et al. (2019). Detection of engine misfire using characteristic harmonics of angular acceleration. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. 233. 095440701983410. DOI: 10.1177/0954407019834104.

8. Rossi, E., Hummel, S., Cupo, F., et al. (2021). Experimental and Numerical Investigation for Improved Mixture Formation of an eFuel Compared to Standard Gasoline. *SAE Technical Paper*. 2021-24-0019. <https://doi.org/10.4271/2021-24-0019>.

9. Kannadhasan, A. (2021). Self Diagnostic Cars: Using Infotainment Electronic Control Unit. *SAE Technical Papers*. DOI: 10.4271/2021-26-0027.

10. Kihass, D., Pachner, D., Baramov, L., et al. (2016). Concept Analysis and Initial Results of Engine-Out NOx Estimator Suitable for on ECM Implementation. *SAE Technical Papers*. SAE 2016 World Congress and Exhibition. DOI: 10.4271/2016-01-0611.

11. Azizahwati A., Rahmad M., Hidayat F. (2020). Development of a Circular Motion Experi-

mental Device Using an Arduino Uno Microcontroller. *Journal of Physics: Conf. Ser.* 1655 012154. DOI: 10.1088/1742-6596/1655/1/012154.

12. Takeuchi, Y., Oike H., Ishikawa T. (2020). Development of Motor Health Examination System Using Arduino Uno. 23rd International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS). DOI: 10.23919/ICEMS50442.2020.9290982.



УДК 631.363

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-249-7-71-78

С.Ю. Булатов, М.С. Симачкова

S.Yu. Bulatov, M.S. Simachkova

## ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИКОРМОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА СТАДИИ ЕГО ПОКУПКИ

### SEQUENCE OF EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF COMPOUND FEED EQUIPMENT AT THE STAGE OF ITS PURCHASE

**Ключевые слова:** абсолютный показатель, вкладка, комбикормовые линии, коэффициент, относительный показатель, оценка, панель управления, программа, расчет, сравнение.

Представлено описание программы и последовательности расчета в ней показателей эффективности комбикормового оборудования (по критериям энергоэффективности, ресурсоэффективности, экономической эффективности, качества оборудования и рыночной надежности продавца) при его покупке. Оценка комбикормовых линий проводится по абсолютным, относительным и безразмерным показателям. Кроме того, программа позволяет провести оценку комбикормовых линий с помощью метода расстановки приоритетов, метода стандартизации, рангового метода и по интегральному показателю эффективности, позволяющего провести объективную оценку сравниваемого оборудования по выбранным критериям. Программа состоит из списка глобальных переменных, локальных переменных, методов расчета экономических показателей и показателей эффективности, методов для функционала интерфейса программы и основного программного кода. Программа содержит несколько вкладок. Во вкладке «Исходные данные» производится выбор количества анализируемых линий и вводятся исходные данные для расчета. После ввода данных осуществляется последовательный автоматический расчет критериев оценки комбикормового оборудования. В каждой группе показателей энергоэффективности, ресурсоэффективности, экономической эффективности отражаются значения абсолютных, относительных и безразмерных показателей. Качество оборудования оценивается через коэффициенты унификации и уровня автоматизации, а надежность продавцов – через

коэффициент рыночной надежности. На последней вкладке отражаются все комплексные показатели, а также интегральный показатель эффективности подбора комбикормового оборудования. Программа позволяет автоматизировать процесс расчета и визуализацию показателей энергоэффективности, ресурсоэффективности, экономической эффективности, качества линий, рыночной надежности продавца при одновременной оценке нескольких линий для производства комбикормов, сокращая трудозатраты на их реализацию.

**Keywords:** absolute index, tab, compound feed lines, coefficient, relative index, evaluation, control panel, software, calculation, comparison.

The software and the sequence of calculation of the indices of the effectiveness of compound feed equipment (according to the criteria of energy efficiency, resource efficiency, economic efficiency, equipment quality and market reliability of the seller) when purchasing it are discussed. The evaluation of compound feed lines is based on absolute, relative and dimensionless indices. In addition, the software allows evaluating compound feed lines using the prioritization method, the standardization method, the rank method and the integral efficiency indicator which allows an objective estimation of the compared equipment according to selected criteria. The software consists of a list of global variables, a list of local variables, methods for calculating economic and performance indices, methods for the functionality of the software interface and the main software code. The software contains several tabs. In the "Source data" tab, the number of analyzed lines is selected and the source data for the calculation is entered. After entering the data, sequential automatic calculation of the criteria for evaluating compound feed equipment is carried