

Копылов А. С., Пильщиков А. П. *Водоподготовка*. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 270 с. 6. Тузов Л. В. *Защита элементов жидкостных систем охлаждения ДВС от кавитационно-коррозионных разрушений* / Л. В. Тузов, О. К. Безюков, В. А. Жуков // *Двигатель-97. Материалы международной научно-технической конференции*. - М., МГТУ, 1997, - с. 67-68. 7. Тузов Л.В. *Вибрация судовых двигателей внутреннего сгорания* / Тузов Л.В., Безюков О.К., Афанасьева О.В. - СПб.: Изд-во По-

литехн. ун-та, 2012. - 348 с. 8. Лебедев О. Н. *Двигатели внутреннего сгорания речных судов: Учеб. Для вузов* / О. Н. Лебедев, В. А. Сомов, С. А. Калашников. - М.: Транспорт, 1990. - 328 с. 9. Патент 2459093 РФ МПК F01P 5/10 Система охлаждения двигателя внутреннего сгорания / Безюков О.К., Жуков В.А. Опубл.20.08.2012 Бюл. № 23. - 7 с. 10. Патент 2453714 РФ МПК F01P 5/10 Система охлаждения двигателя внутреннего сгорания / Жуков В.А.; опубл. 20.06.2012, Бюл. № 17. - 7 с.

Поступила в редакцию 13.06.2013

**Безюков Олег Константинович** – доктор техн. наук, профессор, заведующий кафедрой теории и конструкции судовых ДВС Санкт-Петербургского государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия

**Жуков Владимир Анатольевич** – доктор техн. наук, доцент, заведующий кафедрой технологии машиностроения и ДВС Тутаевского филиала ФГБОУ ВПО «Рыбинский государственная авиационный технический университет имени П. А. Соловьева», Тутаев, Россия

**Николенко Евгений Николаевич** – старший преподаватель кафедры технологии машиностроения и ДВС Тутаевского филиала ФГБОУ ВПО «Рыбинский государственная авиационный технический университет имени П. А. Соловьева», Тутаев, Россия

### УДОСКОНАЛЕННЯ РІДИННОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ДВЗ

*О.К. Безюков, В.А. Жуков, Є.М. Ніколенко*

У статті представлений аналіз параметрів охолодження, що впливають на процеси теплообміну та ерозійно-корозійних руйнувань у порожнинах охолодження, що свідчить про необхідність удосконалювання систем рідинного охолодження двигунів. Описана методика оцінки впливу цих параметрів на економічність і надійність ДВЗ. Наведені 7 результати розрахункових і експериментальних досліджень, що підтверджують ефективність запропонованих напрямків удосконалення рідинного охолодження ДВЗ. Дані рекомендації з модернізації систем охолодження.

### THE IMPROVING OF LIQUID COOLING SYSTEMS FOR TRANSPORT INTERNAL COMBUSTION ENGINES

*O.K. Bezjukov, V.A. Zhukov, E.N. Nikolenko*

The article presents an analyses of parameters, which has influence on processes of heat-transfer and erosion-corrosion destruction in cooling cavity. This analyses shows, that improving of liquid cooling system of engines is necessary. Method of valuation influence of this parameters on fuel consumption and reliability is presented. The article contains results of numerical and experimental investigations, which confirms effect from presenting improve of cooling systems of internal combustion engine. Recommendations for modernization of cooling systems are given.

УДК 621.43.06:534.83

*А.А. Прохоренко, И.В. Парсаданов, Д.Е. Самойленко*

### НОВАЦИОННАЯ КОНСТРУКЦИЯ ГЛУШИТЕЛЯ ШУМА ВЫПУСКА ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

*В статье рассмотрено решение задачи уменьшения габаритного размера глушителя шума выпуска колесного трактора при сохранении акустической эффективности и аэродинамических характеристик. Предложена новационная конструкция глушителя, позволяющая улучшить обзорность с рабочего места оператора. Расчеты параметров работы глушителя выполнены с помощью программного комплекса AVL BOOST-Linear Acoustics.*

К одному из значительных экологических нарушений относится шумовое загрязнение – раздражающий акустический шум антропогенного происхождения, наносимый вред жизнедеятельности живых организмов и человека. Главным источником шумового загрязнения являются транспортные и механизированные средства, в том числе – сельскохозяйственного назначения. Шум тракторов и комбайнов влияет на экологическую обстановку окружающей среды, на состояние здоровья оператора и является нормируемой величиной. Поэтому

разработка решений, направленных на его снижение является актуальной задачей.

Основными источниками шума при работе колесного трактора признаны [1]: выпускная система, корпус двигателя, вентилятор системы охлаждения и трансмиссия. Причем, наибольший уровень звука имеет выпускная система – 100-120 дБА [1-4], что на 15-35 дБА превышает допустимый уровень. Следовательно, основной задачей является снижение уровня шума именно этого источника, для чего используются глушители [1, 2].

По принципу действия глушители разделяются на диссипативные (абсорбционные) и реактивные [5, 6].

В диссипативных глушителях снижение шума достигается за счет потерь акустической энергии на трение в звукопоглощающих материалах (волоконистых или пористых поглотителях, сетках, перфорированных листах и т.п.), расположенных на пути распространения звука.

В реактивных глушителях снижение шума обеспечивается за счет отражения части звуковой энергии в сторону источника. Звуковые волны, попадая в полость реактивного глушителя, возбуждают в нем собственные колебания, что приводит к ослаблению звука в одних частотных областях и усилению в других.

Применяются также и комбинированные глушители, содержащие в себе как реактивные так и диссипативные элементы. В принципе, любой глушитель является комбинированным, так как имеет место частичное отражение звуковых волн от диссипативных элементов, а в реактивных энергия колебаний при отражении волн переходит в тепловую.

К глушителю шума выпуска ДВС предъявляются следующие требования [1, 4]:

1. Акустическая эффективность – обеспечение требуемого снижения звукового давления в широком диапазоне частот ( $\Delta L$ , дБ).

2. Минимально возможное гидросопротивление, выраженное в потерях давления при прохождении газов по аэродинамическому тракту ( $\Delta p$ , мм вод. ст.).

3. Минимально возможные габаритные размеры.

4. Применение материалов, стойких к коррозии и тепловым нагрузкам.

5. Конструктивная и технологическая простота.

До настоящего времени не разработано единой методики расчета глушителей шума [2]. Проектирование глушителей проводится на основе экспериментальных исследований, включающих изготовление опытных образцов и их стендовые испытания, по результатам которых выбирается лучший вариант. Такой подход связан со значительными материальными затратами и далеко не всегда приводит к желаемому результату, вследствие чего подготовленные к производству глушители в большинстве случаев нуждаются в дальнейшей доработке.

Для глушителя шума выпуска колесного трактора особую важность приобретает требование №3 – минимизации габаритных размеров. Это требование определяется нормированными действующими

стандартами, местом расположения струи ОГ и обзорностью с рабочего места оператора.

В данной работе предложено решение задачи уменьшения диаметрального габаритного размера глушителя шума выпуска колесного трактора при повышении (улучшении) акустической эффективности и аэродинамических характеристик.

В настоящее время на колесных тракторах применяются глушители реактивно-диссипативного типа, конструкция которого приведена на рис. 1,а. Глушитель состоит из камеры расширения (I), переходящей в диссипативную часть в виде однотрубной абсорбционной камеры (II) и имеет в своем составе три четвертьволновых резонатора (III). Такие глушители имеют приемлемые показатели акустической эффективности и гидросопротивления, но обладают относительно большим габаритным диаметром. Например, для колесного трактора ХТЗ-172 этот диаметр равен 180 мм, что создает ухудшенный обзор для оператора при монтаже агрегата вдоль стойки кабины.

При уменьшении диаметрального габарита следует учитывать, что уменьшение объема глушителя, как правило, приводит к ухудшению его акустических характеристик [1].

Исходя из этого, предлагается оригинальное решение компоновки глушителя, имеющего эллиптическое поперечное сечение корпуса. Глушитель реактивно-диссипативного типа. Его конструкция приведена на рис. 1,б. Он состоит из камеры расширения (I) диаметром 180 мм, сужающейся при переходе к диссипативной части по одной из осей до 120 мм, *двухтрубной* абсорбционной камеры (II) и имеет в своем составе три четвертьволновых резонатора (III). Заданный акустический эффект, несмотря на уменьшение эквивалентного диаметра сечения по сравнению с базовой конструкцией, сохраняется за счет разделения потока на выходе в две трубы. Это увеличивает площадь соприкосновения со звукопоглощающим материалом, при равной площади проходного сечения, в  $\sqrt{2}$  раз.

Важным конструктивным отличием новационного глушителя от серийного является то, что он имеет эллиптическое поперечное сечение с малой осью 120 мм и большой осью 180 мм. Таким образом, получаем значительное улучшение обзорности из кабины при расположении большой оси по линии зрения оператора. Зависимость видимого сечения от угла зрения приведена на рис. 2. Как видно из рисунка, изменение угла зрения  $\alpha$  до 20 град. (что примерно соответствует отклонению головы водителя на 30 см на расстоянии 1 м) практически не приводит к увеличению кажущегося диаметра  $D$  (видимого габарита). Для получения приведенных

результатов был выполнен расчет, базирующийся на каноническом уравнении эллипса:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1. \quad (1)$$

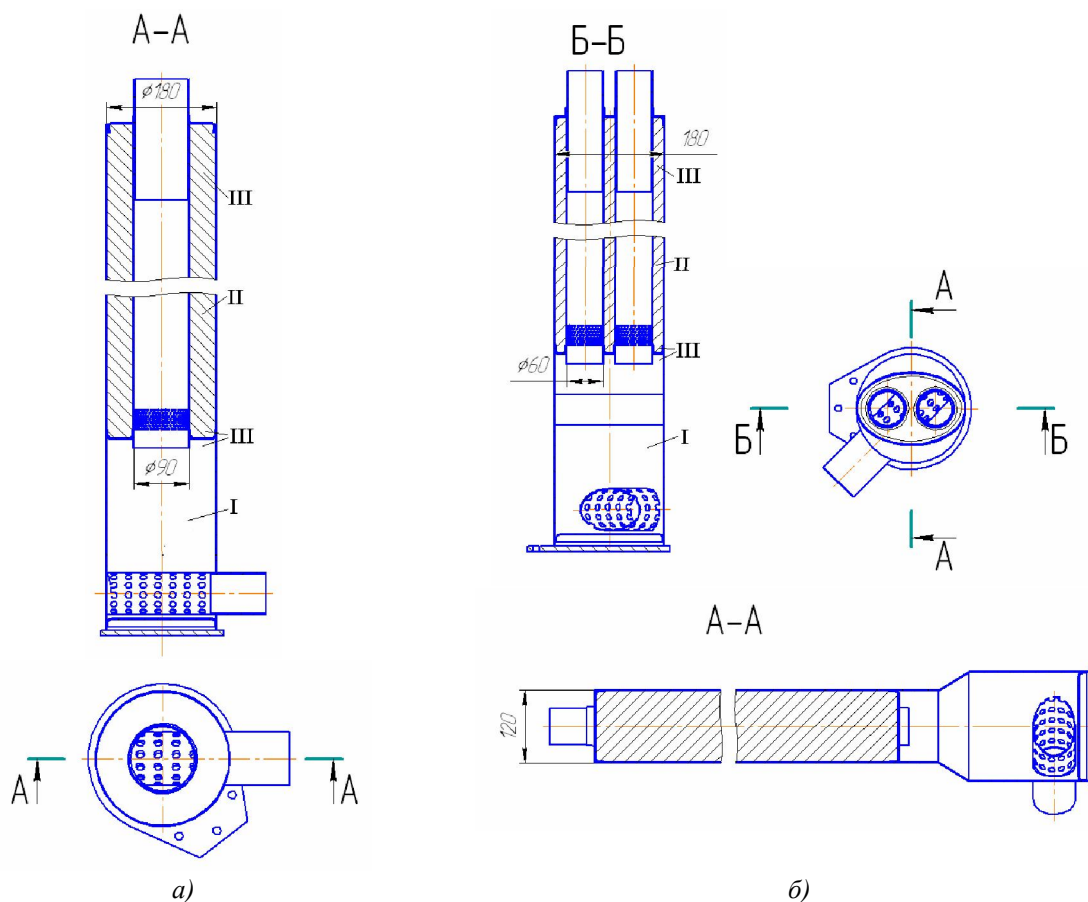


Рис. 1. Конструкция глушителя:  
а – серийного, б – новационного

После введения параметрической замены:

$$\begin{cases} x = t \cos \alpha; \\ y = t \sin \alpha, \end{cases} \quad (2)$$

$$D = 2t = 2b \sqrt{\frac{1}{(b/a)^2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}}. \quad (3)$$

и последующих преобразований, было получено расчетное уравнение:

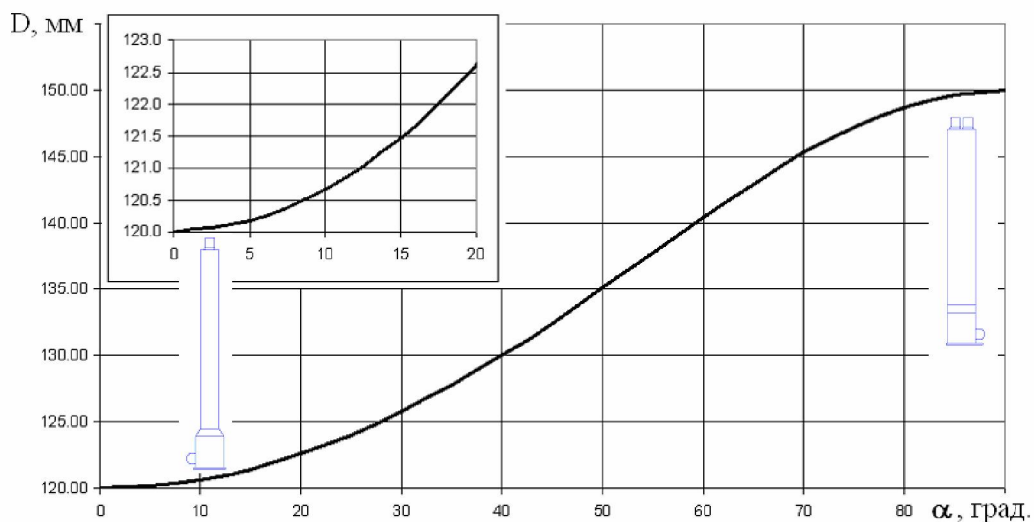


Рис. 2. Зависимость видимого габарита глушителя  $D$  от угла зрения оператора  $\alpha$

Акустический расчет глушителей выполнен с помощью программного комплекса AVL BOOST-Linear Acoustics, который представляет собой решатель в частотной области на основе метода матриц перехода. При этом акустическая система описывается моделью простейших элементов, расположенных между источником звука и, так называемым, терминатором. Акустические свойства систе-

мы определяются как совокупность акустических свойств каждого элемента [7]. Расчетные схемы (модели) акустических систем для исследуемых глушителей приведены на рис. 3. Разработанные модели содержат следующие простейшие элементы: «PPIP» – перфорированная труба в трубе, «SB» – системный ограничитель и трубы (отмечены цифрами без литерного обозначения).

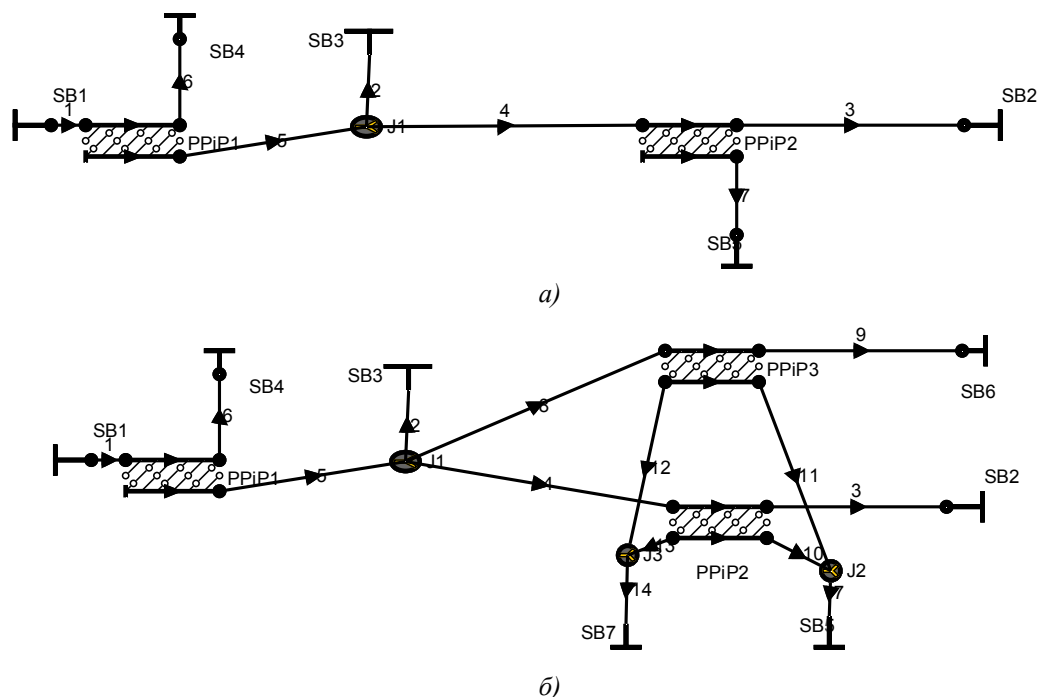


Рис 3. Расчетные схемы комплекса AVL AST Boost: а – серийный глушитель, б – новационный глушитель

При выполнении акустических расчетов в первом приближении принято, что средний эквивалентный диаметр эллиптического сечения составляет  $d_{eq} = \sqrt{120 \cdot 180} = 147$  мм.

Результаты акустических расчетов относительно величины подавления шума, выполненного с помощью созданных моделей исследуемых конструкций глушителей, приведены на рис. 4.

Расчетное исследование обеих конструкций глушителей позволило определить и сравнить обеспечиваемое ими уменьшение шума выпуска в виде снижения уровня звукового давления ( $\Delta L_q$ , дБА) в октавных полосах с указанными в ГОСТ Р 52914-2008 среднегеометрическими частотами. Эти результаты приведены в табл. 1. Как видно из таблицы, новационный глушитель обеспечивает лучшие акустические показатели как по снижению уровня звука в октавных полосах  $\Delta L_{qi}$  до 10 дБА, так и по общему уровню звука  $\Delta L_a = 6$  дБА.

Также, выполненные расчеты показали, что гидросопротивление (аэродинамическое сопротив-

ление) исследуемых конструкций глушителей составляет: для базовой конструкции – 700 мм вод. ст., для новационной – 650 мм вод. ст.

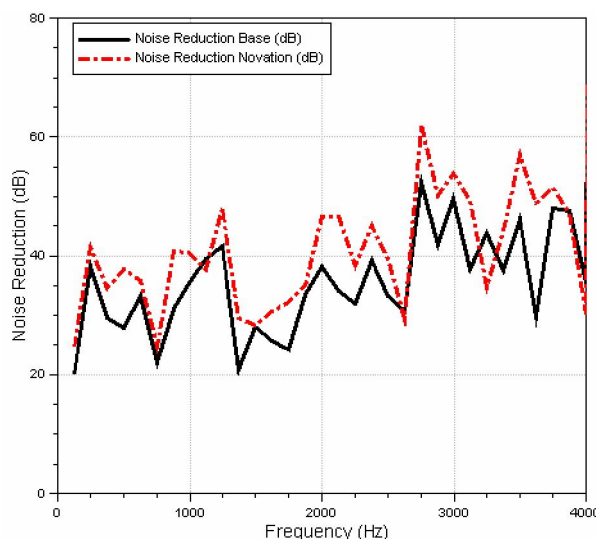


Рис. 4. Результаты моделирования акустических характеристик глушителей

При выполнении акустических расчетов в первом приближении принято, что средний эквива-

лентный диаметр эллиптического сечения составляет  $d_{eq} = \sqrt{120 \cdot 180} = 147$  мм.

Таблица 1. Снижение шума выпуска глушителями,  $\Delta L_q$ , дБА

	По среднегеометрическим частотам октавных полос, Гц							По уровню звука
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Базовый	20	38	28	35,5	38	35,5	154	35,5
Новационный	24,5	41,5	37,5	40,5	47	30	145	41,5
	<b>4,5</b>	<b>3,5</b>	<b>9,5</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>-4,5</b>	<b>-9</b>	<b>6</b>

### Выводы

Таким образом, по результатам проведенного исследования можно сделать вывод, что предлагаемая новационная конструкция глушителя является рациональным решением, позволяющим улучшить обзорность с рабочего места оператора при сохранении и улучшении параметров его акустической эффективности и аэродинамического сопротивления.

### Список литературы:

1. *Техническая акустика транспортных машин / Под ред. Н.И. Иванова.* – СПб.: Политехника, 1992. – 365 с. 2. *Комкин А.И. Разработка современных методов расчета и проектирования автомобильных глушителей шума с требуемыми характеристиками: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Комкин Александр Иванович; Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.* – Санкт-Петербург, 2012. – 47 с. 3. *Айрбабамян С.А. Разработка глушителей шума дизелей для повышения мощностных и экономических характеристик / С.А. Айрбабамян, Г.И. Калабухов // Грузовик.* – 2012. – №10. – С. 22-23, 48. 4. *Бангоян Э.Г. Разработка методов и средств снижения шума выпуска дизелей автопозрузчиков (на примере дизеля автопозрузчика ДВ – 1792М): автореф. дис. ... канд. техн. наук / Бангоян Эмиль Гайкович.* – Московский государственный технический университет «ММИ». – Москва, 2007. –

26 с. 5. *Международный стандарт ИСО 14163, Акустика – Руководящие принципы управления шумом с помощью глушителей.* 6. *Григорьян Ф.Е. Расчет и проектирование глушителей шума энергоустановок/ Ф.Е. Григорьян, Е.А. Перцовский.* – Л.: Энергия, 1980. – 120с. 7. *BOOST v2011 – Linear Acoustics Users Guide, AVL LIST GmbH, Hans-List-Platz 1, A-8020 Graz, Austria.*

### Bibliography (transliterated):

1. *Tekhnicheskaja akustika transportnyh mashin / Pod red. N.I. Ivanova.* – Spb.: Politehnika, 1992. – 365 s. 2. *Komkin A.I. Razrabotka sovremennyh metodov rascheta i proektirovaniya avtomobil'nyh glushitelej shuma s trebuemyimi harakteristikami: avtoref. dis. ... d-ra tehn. nauk / Komkin Aleksandr Ivanovich; Baltijskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet «VOENMEH» im. D.F. Ustinova.* – Sankt-Peterburg, 2012. – 47 s. 3. *Ajrbabamjan S.A. Razrabotka glushitelej shuma dizelej dlja povyshenija moshhnostnyh i jekonomičeskikh harakteristik / S.A. Ajrbabamjan, G.I. Kalabuhov // Gruzovik, 2012, №10 – S. 22-23, 48. 4. Bangojan Je.G. Razrabotka metodov i sredstv sniženija shuma vypuska dizelej avtopogruzchikov (na primere dizelja avtopogruzchika DV – 1792M): avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk / Bangojan Jemil' Gajkovich. – Moskovskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet «MAMI». – Moskva, 2007. – 26 s. 5. Mezhdunarodnyj standart ISO 14163, Akustika – Rukovodjashhie principy upravlenija shumom s pomoshh'ju glushitelej. 6. Grigor'jan F.E. Raschet i proektirovanie glushitelej shuma jenergoustanovok/ F.E. Grigor'jan, E.A. Percovskij. – L.: Jenergija, 1980. – 120s. 7. BOOST v2011 – Linear Acoustics Users Guide, AVL LIST GmbH, Hans-List-Platz 1, A-8020 Graz, Austria.*

Поступила в редакцию 29.05.2013

**Прохоренко Андрей Алексеевич** – доктор техн. наук, старший научный сотрудник, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», e-mail: prokhorenko@kpi.kharkov.ua

**Парсаданов Игорь Владимирович** – доктор техн. наук, главный научный сотрудник, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Харьков, Украина, e-mail: parsadanov@kpi.kharkov.ua

**Самойленко Дмитрий Евгеньевич** – канд. техн. наук, старший научный сотрудник, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», e-mail: dima\_samojlenko@hotmail.com

## НОВАЦІЙНА КОНСТРУКЦІЯ ГЛУШНИКА ШУМУ ВИПУСКУ ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

*А.О. Прохоренко, І.В. Парсаданов, Д.Є. Самойленко*

У статті розглянуто рішення задачі зменшення габаритного розміру глушника шуму випуску колісного трактора при збереженні акустичної ефективності і аеродинамічних характеристик. Запропоновано новацийну конструкцію глушника, що дозволяє поліпшити обзорність з робочого місця оператора. Розрахунки параметрів роботи глушника виконані за допомогою програмного комплексу AVL BOOST-Linear Acoustics.

## AN INNOVATION DESIGN OF THE MUFFLER FOR TRACTOR DIESEL

*A. Prokhorenko, I. Parsadanov, D. Samoilenko*

The paper considers the solution of reducing the overall size of the muffler for the wheel tractor while maintaining its acoustic and aerodynamic efficiency. We propose an innovation design of the muffler, which allows better visibility for the operator of the tractor. Calculations of the muffler's parameters are made using complex software AVL BOOST-Linear Acoustics.