

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДАВАЕМОГО ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ВОЗДУХА ДЛЯ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ЗАВИХРЕНИЯ ЗАРЯДА**

Аладашвили И.К., Макарова О.И., Яруллин Ф.Ф.

**Реферат:** В статье затронута проблема работы силового агрегата, который был модернизирован, чтобы повысить его технико-экономические и экологические показатели. А именно, в ней рассмотрены основные вопросы количественного и качественного смесеобразования, выбрано правильное расположение штуцеров для подачи дополнительного воздуха, определено влияние дополнительного воздуха на физические процессы, происходящие в цилиндре силового агрегата при его функционировании. Кроме того, в ней рассмотрены теоретические аспекты динамики дополнительного воздуха, введённого в конце наполнения и в начале сжатия в цилиндре силового агрегата. Всё вышесказанное необходимо проделать для того, чтобы проведённые мероприятия по улучшению технико-экономических и экологических показателей силового агрегата не противоречили тем условиям и требованиям, которые были заложены изначально заводом изготовителем при разработке данного силового агрегата. Во-первых, на сегодняшний день добиться этого довольно сложно, причиной этого является то обстоятельство, что силовые агрегаты с каждым разом становятся более мощными, чтобы отвечать всем тем требованиям, которые возникают в условиях ожесточающейся конкурентной борьбы между разными производителями, во-вторых – это высокая степень унификации составляющих частей авто – тракторной техники и других транспортно-технологических машин и оборудования, которые оборудованы ДВС. Исходя из этого, любая доработка, пусть самая малейшая, приводит к существенным изменениям всех основных выходных параметров узлов и агрегатов машины. Кроме того, необходимо по мере возможности учитывать все виды модернизации, которые были проделаны другими исследователями, по улучшению вышесказанных параметров силового агрегата.

**Ключевые слова:** воздушный поток, общая масса горючей смеси, дополнительная воздушная магистраль, воздушный заряд, дополнительный воздух, тангенциальная скорость, коэффициент избытка воздуха, число молей, коэффициент продувки, коэффициент эжекции.

**Введение.** Одним из путей усовершенствования работы силовых агрегатов считается принудительное завихрение заряда, а именно такое расслоение горючего в камере сгорания, при котором в зоне свечи зажигания была бы сосредоточена более обогащённая смесь, а на перифериях от свечи зажигания – более обеднённая. Силовые агрегаты, с такого рода расслоением топливовоздушной смеси в цилиндре, именуются «Двигателями внутреннего сгорания с расслоением заряда».

Ниже представленный способ расслоения заряда даёт возможность существенно снизить образование токсичных компонентов в отработавших газах бензинового силового агрегата, а также способствует увеличению массы основного заряда и повышает мощность ДВС. Положительный эффект такого способа завихрения заряда в цилиндре достигается уже на этапе окисления топлива воздушной смеси в камере сгорания [1, 4, 5].

**Условия, материалы, методы и объекты исследования.** Полноценная работа любого агрегата, в том числе и двигателя внутреннего сгорания, зависит от того, как соблюдены его заводские параметры в процессе эксплуатации. Любое изменение конструкции, для улучшения его работы, в определённой форме оказывает влияние на эксплуатационные показатели данного узла или агрегата [1,6,8,9,10,11,12,13]. При рассмотрении работы ДВС наблюдается аналогичная тенденция.

В нашем случае объектом исследования является двигатель внутреннего сгорания ЗМЗ-53 Заволжского моторного завода. Данный силовой агрегат довольно широко распространён в отечественном автомобилестроении и по комплектации имеет несколько вариантов разновидностей. Предметом исследования вышесказанного силового агрегата является система питания, а в частности, процесс смесеобразования как в стандартном варианте, так и в случае, когда принудительно создается завихрение заряда для повышения технико-экономических и экологических показателей силового агрегата.

Чтобы повысить технико-экономические и экологические показатели силового агрегата, мы отдаём предпочтение способу принудительного завихрения заряда, путём подачи дополнительного воздуха в цилиндр двигателя в конце такта наполнения и в начале такта сжатия. Для этого нам необходимо определить влияние дополнительного воздуха на процессы, происходящие в силовом агрегате, особенно нам интересны такты впуска и сжатия.

Как известно, у четырёхтактного бензинового силового агрегата общая масса горючей смеси ( $G_{об}$ ), поступившей в цилиндр в процессе впуска за один цикл, составляет сумму масс смесей поступивших при основном пуске –  $G_{h1}$ , (с момента открытия впускного клапана до положения поршня в НМТ) и дополнительно поступившей при дозарядки –  $G_{h2}$  [2,3].

Соответственно количество смеси, которое поступает в цилиндр через впускной клапан в течение одного цикла, будет:

$$G_{об} = G_{h1} + G_{h2}, \quad (1)$$

где:  $G_{h1}$  – масса смеси поступившей в цилиндр при такте пуска;

$G_{h2}$  – масса горючей смеси поступившей в цилиндр в результате запаздывания закрытия впускного клапана.

При достижении поршня положения нижней мёртвой точки (НМТ), процесс наполнения не завершается, а продолжается процесс наполнения горючей смеси в результате запаздывания закрытия впускного клапана. В нашем случае у силового агрегата с расслоением заряда (с системой дополнительной подачи воздуха), вследствие ввода дополнительного воздуха в цилиндры, общая масса смеси  $G_{ц}$  возрастает на величину  $G_{д}$ , следовательно, мы имеем следующую картину:

$$G_{ц} = G_{об} + G_{д}, \quad (2)$$

где:  $G_{об}$  – общая масса горючей смеси;

$G_{д}$  – количество воздуха, подаваемого в цилиндр, по дополнительной воздушной магистрали.

Анализируя формулу 2, видим, что если общая масса смеси (топливовоздушной) -  $G_{ц}$  будет меньше, чем количество смеси, которое могло бы уместиться в цилиндре силового агрегата при определённом давлении  $P$  и температуре  $T$ , то введённый в цилиндр дополнительный воздух увеличивает массу заряда в цилиндре до величины -  $G_{ц\max}$  [7]. В таком случае мы имеем следующее неравенство:  $G_{ц} > G_{ц\max}$ , тогда выходит, что дополнительный воздух способствует снижению количества основной рабочей смеси -  $G_{об}$ , до тех пор пока  $G_{ц} = G_{ц\max}$ . Это объясняется тем, что в конце наполнения и в начале сжатия давление в цилиндре меньше, чем давление в систему подачи дополнительного воздуха [15,16]. Теоретически из вышесказанного можно заключить, что поступивший в цилиндр дополнительный воздух увеличивает массу рабочего заряда и, следовательно, повышает мощность силового агрегата в целом.

Из результатов многочисленных экспериментов видим, что введённый в цилиндр дополнительный воздух -  $G_{д}$  в конце такта наполнения и в начале такта сжатия, безусловно, увеличивает суммарный расход общей массы (топливовоздушной) смеси -  $G_{ц}$ , до определённой величины, а затем его рост замедляется и при дальнейшем увеличении  $G_{д}$ , рост  $G_{ц}$  прекращается и, по всей видимости, с дальнейшим ростом  $G_{д}$ , величина  $G_{ц}$  скорее всего уменьшится. Из этого, следует заключить, что необходимо найти оптимальный параметр дополнительного воздуха, для нормальной эксплуатации силового агрегата с такой системой. Для этого, требуется проведение более детального анализа всех основных

процессов, которые имеют место в силовом агрегате при дополнительном завихрении заряда.

Как правило, в силовом агрегате топливовоздушная смесь сжимается после такта наполнения. В силовом агрегате с дополнительным завихрением заряда такт сжатия начинается с несколько низкой температурой смеси и теплопередача от стенок цилиндра к заряду прекращается чуть позже, а отвод тепла по ходу поршня более быстрый, тем самым из общего баланса тепла в процессе сжатия относительные потери меньше. Кроме того, большое значение имеет правильный подбор месторасположения в стенке цилиндра и угол наклона штуцеров для подачи в цилиндр дополнительного воздуха [1,14].

Для получения оптимально направленного воздушного потока со скоростью -  $\omega$ , необходимо штуцера для подачи дополнительного воздуха расположить под углом  $12...15^\circ$  относительно оси и к радиусу цилиндра силового агрегата. Такой подход к поставленной задаче позволяет перемещение в цилиндре воздушного потока дополнительного воздуха как по оси цилиндра со скоростью  $\omega_x$ , так и перпендикулярно осевой скорости -  $\omega_t$  (тангенциальная скорость). Кроме того, центр штуцеров для подачи дополнительного воздуха должен быть расположен в цилиндре силового агрегата от днища поршня, когда он находится в НМТ, на расстоянии  $8...10\text{мм}$  для бензинового силового агрегата (для дизеля это расстояние равняется около  $30\text{мм}$ ) (рисунок 1).

Авторами были проведены исследования на безмоторной установке по определению направления потока дополнительного воздуха в цилиндре и его вектора скорости  $\omega$ . На рисунке 2 представлены результаты исследования. Из графика видим, что вход дополнительного воздуха в цилиндр силового агрегата определяется направлением впускных каналов. Обязательным условием является тот факт, что длина штуцеров для подачи дополнительного воздуха должны быть больше, чем их ширина, иначе каналы существенно не по-

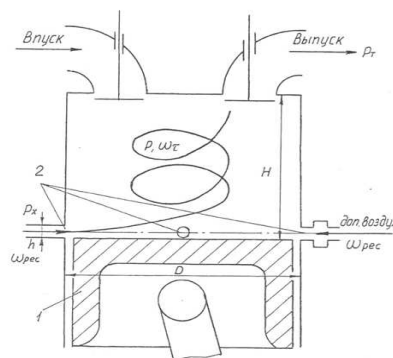


Рисунок 1 – Схема подачи дополнительного воздуха в конце такта наполнения и в начале такта сжатия и динамика его движения по высоте цилиндра

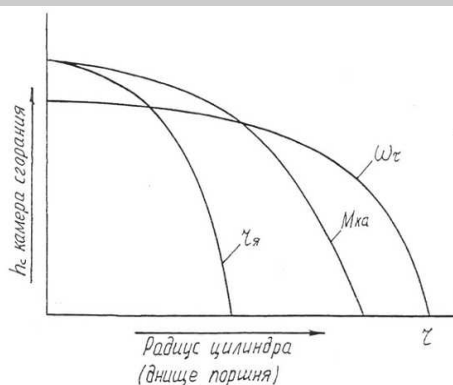


Рисунок 2 – Изменение тангенциальной скорости и момента количества движения по высоте камеры сгорания в зависимости от радиуса

вливают на направление потока и его скорость можно считать направленной по радиусу.

В нашем случае поток смеси перемещается с определённой скоростью  $\omega_x$  вверх по цилиндру к ВМТ, который повышает массу основного заряда. А заряд со скоростью  $\omega_z$  подвергается завихрению в цилиндре [13].

Допускаем, что равномерное распределение скоростей по сечению цилиндра ДВС происходит по закону плоского вихря, и эпюра скоростей в параллельных плоскостях идентична. Если пренебречь влияние пограничного слоя у стенок цилиндра, головки цилиндра и поршня ДВС, то момент количества движения рабочего заряда можно вычислить по формуле:

$$M_{кж} = M_{кж} + M_{кж}, \quad (3)$$

где:  $M_{кж}$  – момент количества движения в вихревом ядре;

$M_{кж}$  – момент количества движения в основной части цилиндра.

При тщательном анализе состояние рабочей смеси в камере сгорания силового агрегата допускаем, что когда дополнительный воздух движется в цилиндре силового агрегата по спирали вверх (рисунок 1) с тангенциальной скоростью  $\omega_\tau$  и с определённым давлением  $P$ , то величину, характеризующую смесь в цилиндре, определяем по формуле [1]:

$$\gamma = (1 + 1/\alpha L_o - \beta \varphi), \quad (4)$$

где:  $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха;

$L_o$  – теоретическое число молей необходимое для полного сгорания;

$\beta$  – коэффициент эжекции;

$\varphi$  – коэффициент продувки  $\approx 1$ .

Чтобы определить воздействие вихревого потока дополнительного воздуха на характер перемещения и динамику основного свежего заряда, воспользуемся законом Био - Савара о вихревом влиянии воздушного потока. Мы видим, что вихрь с заданной циркуляцией, в любой точке потока вызывает определённую

тангенциальную скорость, которая в виде формулы имеет следующий вид:

$$\omega_\tau = \Gamma / 4 \pi r (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2), \quad (5)$$

где:  $\Gamma$  – вихревая циркуляция;

$\pi$  – const = 3,14;

$r$  – расстояние от рассматриваемой точки до оси вихря по перпендикуляру;

$\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – углы, образованные между осью вихря и отрезками, соединяющими рассматриваемую точку потока с концами вихря.

Теоретический анализ, проведённый для бензинового двигателя внутреннего сгорания ЗМЗ – 53, показывает (рисунок 3), что в средней полости сечения цилиндра силового агрегата вихрь дополнительного воздуха с наибольшей интенсивностью отбрасывает частицы заряда. Из-за этого основной заряд, поступивший в цилиндр через впускной клапан, расширяется к середине цилиндра и сужается к вершине камеры сгорания. Данное обстоятельство благоприятно влияет на общую картину и никак не препятствует принципу соединения основного заряда с порцией дополнительного воздуха.

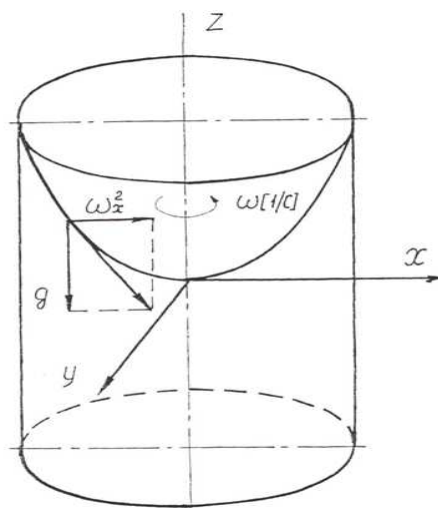


Рисунок 3 – Схема распределения смеси по объёму камеры сгорания

**Выводы.** В результате исследований установлено, что введённый в цилиндр силового агрегата дополнительный воздух в конце наполнения и в начале сжатия однозначно увеличивает массу рабочего заряда, что в свою очередь повышает технико-экономические и экологические показатели силовых агрегатов с подобной системой принудительного завихрения заряда. Это отчётливо видно в результатах экспериментов как авторов этой статьи, так и в огромном количестве работах многих учёных и исследователей в данной области науки.

Литература

1. Аладашвили, И.К. Проблемы и обеспечение экономических и экологических показателей дизельного двигателя с дополнительным завихрением заряда при функционировании трактора в полевых условиях: дисс...канд. тех. н. – Казань: КГСХА, 2002.
2. Аладашвили, И.К. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах двигателей с дополнительным завихрением и расслоением заряда / И.К. Аладашвили, Д.Н. Самойлов, А.М. Гаврилок // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 11. – С. 30-31.
3. Аладашвили, И.К. Результаты полевых испытаний трактора Т-25 / И.К. Аладашвили, И.Г. Сибгатуллин, Р.А. Ихсанов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 12. – С. 30-31.
4. Аладашвили, И.К. Техничко-экономический и экологический анализ систем питания дизеля Д-21 / И.К. Аладашвили, И.Г. Сибгатуллин, А.Р. Ихсанов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 3. – С. 26-27.
5. Аладашвили, И.К. Работа двигателя с дополнительным завихрением заряда / И.К. Аладашвили, И.Г. Сибгатуллин, Д.Н. Самойлов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 6. – С. 24-26.
6. Валиев, А.Р. Исследование взаимодействия ротационного конического рабочего органа с почвой / А.Р. Валиев, Ф.Ф. Яруллин // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 10 (220). – С. 27-31.
7. Валиев, А.Р. Обоснование параметров конического почвообрабатывающего рабочего органа путем решения многокритериальной задачи оптимизации / А.Р. Валиев, Р.И. Ибятов, Ф.Ф. Яруллин // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – № 7. – С.69-72.
8. Гизатуллин, Р.Р. Влияние вредных производственных факторов на работников цементной промышленности / И.Н. Гаязиев, О.И.Макарова, Р.Р. Гизатуллин, Ф.Ф. Яруллин // Студенческая наука-аграрному производству: Материалы 76-ой студенческой (региональной) научной конференции.- Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2018. – 167-172 с.
9. Дидманидзе О.Н., Афанасьев А.С., Хакимов Р.Т. Исследования показателей тепловыведения газовых двигателей // Записки Горного института. – 2018. – Т.229. – С. 50-55.
10. Макарова, О.И. Особенности охраны труда на производстве / О.И. Макарова // Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях глобальных рисков. Материалы научно-практической конференции - Казань: Изд-во Казанского ГАУ. – 2016.- 229-232 с.
11. Work improved of air-and-screen cleaner of combine harvester / Aldoshin N., Didmanidze O., Lylin N., Mosyakov M. // В сборнике Engineering for Rural Development Proceedings. 2019. P. 100-104.
12. Methods of analyzing the structure of the modular car park and the intensity of its operation / Vinogradov O.V., Moskvichev D.A., Didmanidze O.N., Parlyuk E.P. // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2019. – Т. 6 №3. – P. 5289-5292.
13. Aldshin N., Didmanidze O. Harvesting lupines albus axial rotary combine harvesters // Research in Agricultural Engineering. – 2018. – Т. 64. №3. – P. 209-214.
14. Aroma Constantin Newapproches to fuel economy in spark-ignition engines Progr. Energy and Combust Sei. 2006. 1. № 4.
15. Gussak A., V.P.Karpov and Yu. V. Tikhonov. The Application of hay-Process in Prechamber Engines. SAE 2000.
16. Kobig Axel. Ellinger Karl – Werner. Kolllel kurl engine operation on partially dissociated methanol // SAE. – 2005.

**Сведения об авторах:**

Аладашвили Иосиф Карлович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Тракторы, автомобили и энергетические установки», e-mail: s.aladashvili1101@gmail.com  
 Макарова Ольга Ивановна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность», e-mail: olga\_180472@mail.ru  
 Яруллин Фанис Фаридович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность», e-mail: fanis4444@mail.ru  
 ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия.

**THEORETICAL STUDY OF THE SUPPLY ADDITIONAL AIR PARAMETERS FOR FORCED TURBULENCE OF THE CHARGE**

**Aladashvili I.K., Makarova O.I., Yarullin F.F.**

**Abstract.** The article touches upon the problem of the power unit's operation, which has been modernized in order to increase its technical, economic and environmental indicators. Namely, it addresses the main issues of quantitative and qualitative mixture formation, the correct location of the fittings for supplying additional air is selected, the effect of additional air on the physical processes occurring in the cylinder of the power unit during its operation is determined. In addition, it considers the theoretical aspects of the dynamics of additional air introduced at the end of the filling and at the beginning of compression in the cylinder of the power unit. All of the above must be done so that the measures taken to improve the technical, economic and environmental indicators of the power unit do not contradict the conditions and requirements that were originally laid down by the manufacturer when developing this power unit. Firstly, today it is quite difficult to achieve this, the reason for this is the fact that the power units each time become more powerful in order to meet all the requirements that arise in the context of fierce competition between different manufacturers, and secondly - a high degree of unification of the constituent parts of automotive - tractor equipment and other transport technological machines and equipment that are equipped with ICE. Based on this, any refinement, even the slightest, leads to significant changes in all the main output parameters of the nodes and assemblies of the machine. In addition, it is necessary, whenever possible, to take into account all types of modernization that have been done by other researchers to improve the above-

mentioned parameters of the power unit.

**Key words:** air flow, total mass of the combustible mixture, additional air line, air charge, additional air, tangential speed, excess air coefficient, number of moles, purge coefficient, ejection coefficient.

**References**

1. Aladashvili I.K. *Problemy i obespechenie ekonomicheskikh i ekologicheskikh pokazateley dizelnogo dvigatelya s dopolnitelnym zavikhreniem zaryada pri funktsionirovanii traktora v polevykh usloviyakh.* // *Diss. kand. KGSKhA.* (Problems and ensuring economic and environmental indicators of a diesel engine with an additional charge turbulence during tractor operation in the field. // Dissertation for a degree of Ph.D.). – Kazan. 2002.
2. Aladashvili I.K. Reducing the content of nitrogen oxides in the exhaust gases of engines with additional turbulence and charge separation. [Snizhenie soderzhaniya oksidov azota v otrabotavshikh gazakh dvigateley s dopolnitelnym zavikhreniem i rassloeniem zaryada]. I.K. Aladashvili, D.N. Samoylov, A.M. Gavrilok // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. - Mechanization and electrification of agriculture.* – 2007. – № 11. – P. 30-31.
3. Aladashvili I.K. The results of field tests of the tractor. [Rezultaty polevykh ispytaniy traktora T-25]. I.K. Aladashvili, I.G. Sibgatullin, R.A. Ikhsanov // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. - Mechanization and electrification of agriculture.* – 2007. – № 12. – P. 30-31.
4. Aladashvili I.K. Technical, economic and environmental analysis of diesel power systems D-21. [Tekhniko-ekonomicheskii i ekologicheskii analiz sistem pitaniya dizelya D-21]. I.K. Aladashvili, I.G. Sibgatullin, A.R. Ikhsanov // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. - Mechanization and electrification of agriculture.* – 2007. – № 3. – P. 26-27.
5. Aladashvili I.K. Engine operation with additional charge swirl. [Rabota dvigatelya s dopolnitelnym zavikhreniem zaryada]. I.K. Aladashvili, I.G. Sibgatullin, D.N. Samoylov // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. - Mechanization and electrification of agriculture.* – 2007. – № 6. – P. 24-26.
6. Valiev A.R. A study of the interaction of a rotating conical working unit with soil. [Issledovanie vzaimodeystviya rotatsionnogo konicheskogo rabocheho organa s pochvoy]. / A.R. Valiev, F.F. Yarullin // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela. - Machinery and Equipment for Rural Area.* – 2015. – № 10 (220). – P. 27-31.
7. Valiev A.R. Justification of the parameters of the conical tillage working unit by solving the multicriteria optimization problem. [Obosnovanie parametrov konicheskogo pochvoobrabatyvayushchego rabocheho organa putem resheniya mnogokriterialnoy zadachi optimizatsii]. / A.R. Valiev, R.I. Ibyatov, F.F. Yarullin // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - Achievements of science and technology of the agro-industrial complex.* 2017. № 7. P. 69-72.
8. Gizatullin R.R. *Vliyaniye vrednykh proizvodstvennykh faktorov na rabotnikov tsementnoy promyshlennosti.* // *Studencheskaya nauka-agrarnomu proizvodstvu: Materialy 76-oy studencheskoy (regionalnoy) nauchnoy konferentsii.* (The influence of harmful production factors on cement industry workers. / I.N. Gayaziev, O.I. Makarova, R.R. Gizatullin, F.F. Yarullin // Student science is to agrarian production: Proceedings of 76<sup>th</sup> Student (regional) scientific conference). Kazan: Izdatelstvo Kazanskogo GAU, 2018. – P. 167-172.
9. Didmanidze O.N. Studies of heat dissipation of gas engines. [Issledovaniya pokazateley teplovyvedeniya gazovykh dvigatelej]. / O.N. Didmanidze, A.S. Afanasyev, R.T. Khakimov // *Zapiski Gornogo instituta. – Journal of Mining Institute.* – 2018. – T.229. – P. 50-55.
10. Makarova O.I. *Osobennosti okhrany truda na proizvodstve.* // *Ustoychivoe razvitie selskogo khozyaystva v usloviyakh globalnykh riskov. Materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii.* (Features of labor protection at work. / O.I. Makarova // Sustainable development of agriculture in the context of global risks. Proceedings of scientific and practical conference). - Kazan: Izd-vo Kazanskogo GAU. 2016. - P. 229-232.
11. Work improved of air-and-screen cleaner of combine harvester / Aldoshin N., Didmanidze O., Lylin N., Mosyakov M. // В сборнике *Engineering for Rural Development Proceedings.* 2019. P. 100-104.
12. Methods of analyzing the structure of the modular car park and the intensity of its operation / Vinogradov O.V., Moskvichev D.A., Didmanidze O.N., Parlyuk E.P. // *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences.* – 2019. – T. 6 №3. – P. 5289-5292.
13. Aldshin N., Didmanidze O. Harvesting lupines albus axial rotary combine harvesters // *Research in Agricultural Engineering.* – 2018. – T. 64. №3. – P. 209-214.
14. Aroma Constantin Newapproches to fuel economy in spark-ignition engines *Progr. Energy and Combust Sei.* 2006. 1. № 4.
15. Gussak A., V.P.Karpov and Yu. V. Tikhonov. The Application of hay-Process in Prechamber Engines. SAE 2000.
16. Kobig Axel. Ellinger Karl – Werner. Kollel kurl engine operation on partially dissociated methanol // SAE. – 2005.

**Authors:**

Aladashvili Iosif Karloevich – Ph.D. of Technical sciences, Associate Professor of Tractors, cars and power plants Department", e-mail: s.aladashvili1101@gmail.com

Makarova Olga Ivanovna – Ph.D. of Agricultural Sciences, Associate Professor of Technosphere Security Department, e-mail: olga\_180472@mail.ru

Yarullin Fanis Faridovich – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor of Technosphere Security Department, e-mail: fanis4444@mail.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.