

References

1. Baturin, S.A. Physical bases and mathematical modeling of processes of a soot allocation and thermal radiation in diesels: Thesis of ... Dr. of Tech. Sci. / S.A. Baturin. – Leningrad, 1982. – 443 p.
2. Razleytsev, N. F. Modeling and optimization of process of combustion in diesels / N.F. Razleytsev. – Kharkiv: The higher school, 1980. – 169 p.
3. Reshetnikov, S.M. Anatomy of burning / M.S. Reshetnikov, I.S. Reshetnikov. – Moscow: NGSS, 2014. – 247 p.
4. Yampolsky, Yu. P. Elementary reactions and mechanism of pyrolysis of hydrocarbons / Yu.P. Yampolsky. – Moscow, 1990. – 216 p.

Information about authors

1. **Likhanov Vitaly Anatolyevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Heat Engines, Automobiles and Tractors, Vyatka State Agricultural Academy, 610017, Kirovskaya oblast, Kirov, 133, Oktyabrsky prospect, tel. 8(8332)57-43-07;
2. **Rossokhin Aleksey Valeryevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Heat Engines, Automobiles and Tractors, Vyatka State Agricultural Academy, 610017, Kirovskaya region, Kirov, 133, Oktyabrsky prospect, tel. 8-912-727-08-74.

УДК 621.436

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ НА МЕТАНОЛЕ И МЕТИЛОВОМ ЭФИРЕ РАПСОВОГО МАСЛА НА УСТАНОВОЧНЫХ УГЛАХ ОПЕРЕЖЕНИЯ ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА

В.А. Лиханов, А.С. Юрлов

*Вятская государственная сельскохозяйственная академия
610017, г.Киров, Российская Федерация*

Аннотация. В работе представлены материалы, доказывающие возможность применения альтернативных видов топлива в автотракторном дизеле воздушного охлаждения с полусферической камерой сгорания. В качестве топлива вместо дизельного предлагается использовать метиловый спирт (метанол) и метиловый эфир рапсового масла. Актуальность проводимых нами исследований подтверждается все возрастающими требованиями к экологическим показателям работы двигателей внутреннего сгорания, а также диктуется и экономическими соображениями, поскольку стоимость товарных нефтепродуктов, в том числе и дизельного топлива, постоянно увеличивается.

Одним из способов замещения традиционного дизельного топлива является внедрение на уже существующих и выпускаемых дизелях двойной системы топливоподачи, в которых есть как основное топливо, в нашем случае это метанол, так и запальное – метиловый эфир рапсового масла. Оба этих вида топлива имеют биологическое происхождение, могут синтезироваться в промышленных масштабах, причем сырьевая база, требующаяся для их производства, практически не ограничена. По своим физико-химическим и моторным свойствам эти виды топлива безвредны для дизеля и вполне могут заменить дизельное топливо без необходимости существенных переделок в системе его питания.

Конечно, применение этих видов топлива требует серьезных исследований рабочего процесса двигателя, которые должны сопровождаться определением оптимальных регулировочных параметров с целью сохранения мощностных и эффективных показателей работы двигателя, степени содержания в отработавших газах вредных веществ.

В данной работе рассмотрено влияние установочных углов опережения впрыскивания топлив на изменение давления газов в цилиндре дизеля в зависимости от угла поворота коленчатого вала с целью определения оптимальных значений этих углов. Дальнейший анализ полученных индикаторных диаграмм позволит определить показатели процессов сгорания и тепловыделения в цилиндре двигателя, сравнить их с аналогичными показателями при работе на дизельном топливе, определить оптимальные значения.

Ключевые слова: дизель, метанол, метиловый эфир рапсового масла, индикаторная диаграмма, двойная система топливоподачи.

Введение. Эксплуатация автомобилей и тракторов сопровождается значительным загрязнением токсичными компонентами отработавших газов окружающей среды: атмосферного воздуха, водной среды, почв и сельхозпродукции – которые оказывают негативное воздействие на здоровье человека.

Снижение доли транспорта, участвующего в загрязнении окружающей среды, является одним из главных государственных приоритетов транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 г. Для снижения негативного воздействия транспорта на окружающую среду предполагается выработать механизмы государственного регулирования, обеспечивающие повышение мотивации перевода транспортных средств на экологически чистые виды топлива, и введение их в действие. Одним из индикаторов этого процесса является

доля альтернативных видов топлива в общем топливопотреблении, а также доля парка автотранспортных средств, работающих на альтернативных видах топлива (таблица 1).

Таблица 1 – Значения индикаторов реализации Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года

Индикаторы	Годы				
	2015	2018	2020	2024	2030
Базовый сценарий					
Объем выбросов загрязняющих атмосферу веществ автотранспортом на один приведенный т-км (по отношению к уровню 2011 года), %	92	84	76	68	60
Доля альтернативных видов топлива в общем топливопотреблении автотранспортных средств, %	6	12	17	23	27
Доля парка транспортных средств с гибридными, электрическими двигателями и двигателями на альтернативных видах топлива в общей численности парка транспортных средств, %	13	21	26	35	49
Инновационный сценарий					
Объем выбросов загрязняющих атмосферу веществ автотранспортом на один приведенный т-км по видам транспорта (по отношению к уровню 2011 года), %	91	82	73	64	55
Доля альтернативных видов топлива в общем топливопотреблении автотранспортных средств	9	14	20	26	30
Доля парка транспортных средств с гибридными, электрическими двигателями и двигателями на альтернативных видах топлива в общей численности парка транспортных средств	16	24	29	39	54

Решение этих задач предусматривает дальнейшее мотивирование к переходу на использование экологически чистых видов топлива, возобновляемых источников энергии, материалов и технологий, минимизирующих негативное воздействие транспорта, а также меры экономического стимулирования экологичных транспортных технологий, оптимизацию тарифной политики на основе критериев энергоэффективности и экологичности.

Интерес в первую очередь представляют виды топлива, производство которых в промышленных масштабах в России обеспечено большими запасами сырьевых ресурсов (природного газа, угля), в том числе возобновляемых (растительных остатков, бытовых отходов). К таким видам топлива можно отнести спирт, в особенности метиловый, а также виды топлива, получаемые из растительного сырья.

Применение спиртовых видов топлива, получаемых из возобновляемой растительной биомассы, имеет ряд бесспорных преимуществ. Углеродный цикл применения спиртов характеризуется минимальной продолжительностью. Кроме того, спирты, в частности метанол, можно получать из природного газа, пищевых и сельскохозяйственных отходов. Следует напомнить, что Россия обладает 40 % разведанных запасов мирового природного газа.

Не менее важным аргументом в пользу применения видов топлива, получаемых из биологического сырья, является и значительно меньшее содержание токсичных компонентов, появляющихся в процессе сгорания в цилиндре ДВС, по сравнению с традиционным нефтяным топливом.

Разработка видов топлива из органического сырья и их применение в дизелях позволит создать двигатели, в которых будет полностью или частично замещено нефтяное моторное топливо, что позволит перейти на новое, экологически чистое.

На сегодняшний день наиболее эффективным способом применения метанола является подача его непосредственно в цилиндры дизеля с использованием двойной системы топливоподачи (ДСТ) и воспламенением его запальной порцией высокоцетанового топлива, что позволяет заместить до 80 % нефтяное топливо. Воспламенение метанола при этом можно осуществлять как за счет подачи запальной порции дизельного топлива, так и за счет впрыскивания, например, метилового эфира рапсового масла (МЭРМ). В этом случае такой способ применения метанола, как подача его непосредственно в цилиндр дизеля с использованием двойной системы топливоподачи и воспламенением от запальной порции метилового эфира рапсового масла, позволяет полностью исключить необходимость использования нефтяного моторного топлива. Применение ДСТ вместе с тем требует внесения ряда изменений в конструкцию двигателя (установка второй форсунки и второго топливного насоса), но при этом оно может быть реализовано на дизелях, уже находящихся в эксплуатации.

Применение метанола в дизеле с использованием двойной системы топливоподачи и воспламенением запальной порции ДТ обеспечивается при помощи установки двух топливных систем на двигатель,

включающих установку двух топливных насосов типа 2УТНМ и дополнительной форсунки на каждый цилиндр. При такой компоновке подача метанола производилась штатной топливной системой, а дополнительный ТНВД обеспечивал подачу запального МЭРМ.

При использовании МЭРМ в качестве запального топлива необходимо также учитывать его отличительные особенности.

Материалы и методы. Существует два способа применения рапсового масла в дизелях: использование чистого рапсового масла и его эфира в качестве топлива. У каждого из этих способов есть свои преимущества и недостатки, связанные, прежде всего с физико-химическими свойствами данных видов топлива, а также с особенностями их производства.

В таблице 2 представлены в сравнении основные физико-химические свойства рапсового масла, метилового эфира рапсового масла и стандартного дизельного топлива. Сопоставляя значения цетановых чисел рапсового масла, его метилового эфира и ДТ, можно утверждать, что данные альтернативные виды топлива можно применять в двигателях с воспламенением от сжатия.

Однако из-за большого содержания кислорода в составе альтернативных видов топлива низшая теплота сгорания как рапсового масла, так и его эфира ниже, чем у нефтяного дизтоплива. В то же время плотность рапсового масла и эфира выше плотности дизельного топлива, что увеличивает энергонасыщенность цикловой порции того же объема.

Исследования, проведенные на автотракторных дизелях, показали, что применение МЭРМ имеет ряд особенностей, которые в общем случае можно разделить на три направления: эксплуатационные, экономические и экологические.

Таблица 2 – Сравнительные физико-химические характеристики топлив

Свойства	Топливо		
	РМ	ДТ	МЭРМ
Элементарный состав, кг/кг;			
углерод	0,77	0,87	0,78
водород	0,12	0,13	0,13
кислород	0,11	-	0,09
Плотность при 15° С, кг/м ³	877	863	860...900
Теоретическое количество воздуха, необходимое для полного сгорания 1 кг топлива, кг воздуха/кг топлива	12,5	14,35	12,7
Поверхностное натяжение, Н/м при 20°С	33,2·10 ⁻³	27,1·10 ⁻³	30,7·10 ⁻³
Температура вспышки, °С	100	35...80	120
Вязкость при 20 °С, мм ² /с, (сСт)	80	3,0...6,0	12
Теплота сгорания, кДж/кг	36700	42530	37200
Цетановое число	44	45	51

Изменение эксплуатационных характеристик двигателя, адаптированного для работы на МЭРМ, связано, прежде всего, с увеличением плотности и кинематической вязкости, а также с меньшим значением низшей теплоты сгорания метилового эфира по сравнению с ДТ. Необходимость сохранения энергонасыщенности цикловой подачи приводит к увеличению активного хода плунжера топливного насоса. А наличие окислителя непосредственно в молекуле эфира ведет к более интенсивному горению топлива в цилиндре дизеля. Это вместе с увеличением плотности и цикловой подачи приводит к возрастанию эффективной мощности и крутящего момента. Метилловый эфир обладает лучшими смазывающими свойствами по сравнению с ДТ, что в сочетании с отсутствием серы приводит к росту износостойкости двигателя. Однако наличие остатков метанола в эфире может повредить некоторым резиновым и пластиковым элементам топливной аппаратуры [2].

На топливную экономичность, прежде всего, влияет меньшее содержание углерода в молекуле МЭРМ, что приводит к уменьшению энергонасыщенности цикловой порции топлива равного объема и, как следствие, к росту часового и удельного расхода топлива.

Экологические показатели дизеля при работе на МЭРМ в общем случае улучшаются. Это обусловлено снижением выбросов углерода, СО и углеводородов C_mH_n в сравнении с минеральным ДТ на высоких нагрузках. Это объясняется увеличением дальнотойности топливного факела, что приводит к преобладанию на этих режимах пристеночного смесеобразования над объемным.

С точки зрения эксплуатации не менее важным является такой показатель, как температура вспышки в закрытом тигле. Чем выше это значение, тем более безопасным считается топливо с точки зрения пожароопасности. Исходя из значений, представленных в таблице 2, видно, что и рапсовое масло, и его эфир выгодно отличаются от стандартного нефтяного топлива.

Но прежде, чем новое моторное топливо может быть применено на серийных двигателях, необходимо

провести целый ряд исследований, связанных с изучением особенностей протекания рабочего процесса.

Результаты исследований и их обсуждение. В Вятской ГСХА проводились исследования по применению метанола в качестве моторного топлива. Его применение в дизеле с использованием двойной системы топливоподачи и воспламенением запальной порции МЭРМ обеспечивалось при помощи установки на двигатель двух топливных систем, включающих установку двух топливных насосов типа 2УТНМ и дополнительной форсунки на каждый цилиндр. При такой компоновке подача метанола производилась штатной топливной системой, а дополнительный ТНВД обеспечивал подачу запального МЭРМ. Объектом исследований был выбран двигатель 2Ч 10,5/12,0.

При проведении испытаний дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле и МЭРМ с ДСТ, согласно методике, были сняты регулировочные характеристики двигателя при различных установочных УОВТ. В процессе поиска оптимальных установочных УОВТ изучалось влияние их на процесс сгорания в цилиндре дизеля. С этой целью проводилось индицирование рабочего процесса на всех сочетаниях установочных углов подачи топлива [3].

На рис. 1 представлены совмещенные индикаторные диаграммы, снятые при $\Theta_{\text{мет}} = 34^\circ$ и различных $\Theta_{\text{МЭРМ}}$ на номинальном режиме работы ($n = 1800 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,588 \text{ МПа}$). Как видно на графиках, при более позднем впрыскивании МЭРМ его воспламенение происходит значительно позднее при таком положении поршня, когда значительно увеличился объем КС. В результате чего резко падает максимальное давление цикла, и весь процесс сгорания сдвигается за линию в.м.т.

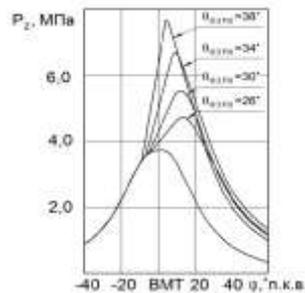


Рис. 1. Совмещенные индикаторные диаграммы дизеля 2Ч 10,5/12,0 при различных установочных углах опережения впрыскивания МЭРМ: при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,588 \text{ МПа}$, $\Theta_{\text{мет}} = 34^\circ$

На рис. 2,а представлены те же диаграммы, полученные при установочном угле опережения впрыскивания метанола $\Theta_{\text{мет}} = 26^\circ$ и различных $\Theta_{\text{МЭРМ}}$.

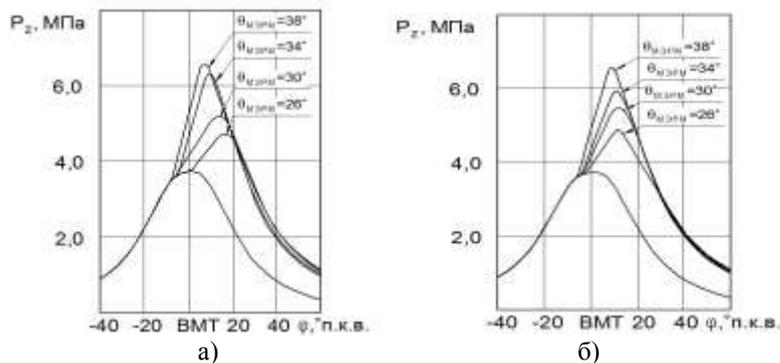


Рис. 2. Совмещенные индикаторные диаграммы дизеля 2Ч 10,5/12,0 при различных установочных углах опережения впрыскивания МЭРМ: при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,588 \text{ МПа}$, а) $\Theta_{\text{мет}} = 26^\circ$, б) $\Theta_{\text{мет}} = 30^\circ$

Если при оптимальных установочных УОВТ ($\Theta_{\text{МЭРМ}} = 34^\circ$, $\Theta_{\text{мет}} = 34^\circ$) максимальное давление газов равно $p_{z, \text{max}} = 6,6 \text{ МПа}$ и достигается при угле $\varphi = 9,0^\circ$ после в.м.т., то при большем значении $\Theta_{\text{МЭРМ}} = 38^\circ$ давление газов в цилиндре возрастает до $p_{z, \text{max}} = 7,65 \text{ МПа}$ и достигается при угле $\varphi = 4,65^\circ$. При других значениях $\Theta_{\text{МЭРМ}} = 30^\circ$, $\Theta_{\text{МЭРМ}} = 26^\circ$ значения давления газов в цилиндре снижаются, соответственно, до 5,52 и 4,73 МПа и достигают своего значения при углах φ , равных $12,18^\circ$ и $13,09^\circ$, после в.м.т. [1].

При углах $\Theta_{\text{МЭРМ}}$, равных 26° , 30° , 34° , 38° , максимальное давление газов $p_{z, \text{max}}$ равно, соответственно, 4,72, 5,19, 6,31, 6,55 МПа и достигает своего значения при углах φ , равных $15,7^\circ$, $13,7^\circ$, $9,7^\circ$ и $6,9^\circ$, после в.м.т. Вследствие поздней подачи метанола процесс сгорания на всех углах впрыскивания МЭРМ развивается медленнее. Максимальные значения давления газов в цилиндре сдвигаются вправо от в.м.т. на линию расширения, сгорание происходит в увеличивающемся объеме, падает мощность дизеля, а также ухудшается его экономичность.

На рис. 2, б представлены совмещенные индикаторные диаграммы, снятые при $\Theta_{\text{мет}} = 30^\circ$ и различных $\Theta_{\text{МЭРМ}}$. Из данных диаграмм также видно, что более ранняя подача запального МЭРМ ведёт к росту максимального давления в цилиндре. Одновременно с этим пик давления сдвигается ближе к ВМТ. При этом при углах $\Theta_{\text{МЭРМ}}$, равных $26^\circ, 30^\circ, 34^\circ, 38^\circ$, максимальное давление газов $p_{z \text{ max}}$ равно, соответственно, 4,87, 5,46, 5,93, 6,56 МПа и достигает своего значения при углах φ , равных $11,40^\circ, 11,39^\circ, 10,41^\circ, 8,65^\circ$, после в.м.т.[1].

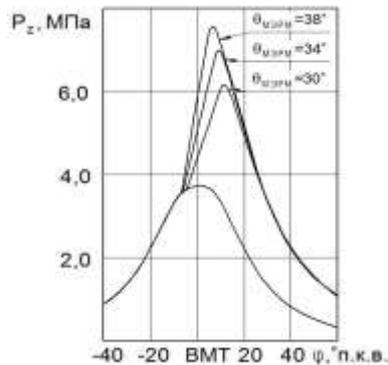


Рис. 3. Совмещенные индикаторные диаграммы дизеля 2Ч 10,5/12,0 при различных установочных углах опережения впрыскивания МЭРМ:
при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,588 \text{ МПа}$, $\Theta_{\text{мет}} = 38^\circ$

Данная тенденция сохраняется при дальнейшем росте установочного угла опережения подачи метанола и при $\Theta_{\text{мет}} = 38^\circ$ (рис. 3) и углах $\Theta_{\text{МЭРМ}}$, равных $30^\circ, 34^\circ, 38^\circ$, максимальное давление газов $p_{z \text{ max}}$ равно, соответственно, 6,15, 7,0, 7,56 МПа и достигает своего значения при углах φ , равных $11,31^\circ, 9,01^\circ, 6,69^\circ$, после в.м.т.

Выводы

Таким образом, проанализировав полученные индикаторные диаграммы (см. рис. 1–3) можно сделать вывод, что позднее впрыскивание МЭРМ и метанола вызывает сдвиг воспламенения топливовоздушного заряда за в.м.т., а процесс сгорания сдвигается на линию расширения, что приводит к снижению максимального давления газов в цилиндре дизеля и ухудшению процесса сгорания. Как следствие, происходит поздняя подача как метанола, так и запального МЭРМ, что приводит к увеличению расхода топлива. Раннее впрыскивание метанола сопровождается предварительным испарением и накоплением в объеме КС паров спирта, в результате чего воспламенение запального МЭРМ, да и всего заряда в целом происходит с большей задержкой, а сгорание идет с большей скоростью, значительно повышая «жесткость» процесса сгорания. При одновременном впрыскивании МЭРМ и метанола ($\Theta_{\text{МЭРМ}} = 34^\circ$, $\Theta_{\text{мет}} = 34^\circ$) процесс сгорания близок к оптимальному. Поэтому данные углы опережения впрыскивания топлива ($\Theta_{\text{МЭРМ}} = 34^\circ$, $\Theta_{\text{мет}} = 34^\circ$) были приняты за оптимальные, и все дальнейшие эксперименты проводились при этих регулировках.

Литература

1. Анфилатов, А.А. Влияние применения метанола с двойной системой топливоподачи на регулировочные показатели дизеля / А.А. Анфилатов, А.С. Юрлов // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания: материалы IX Международной научно-практической конференции. – Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – № 12. – С. 144-149.
2. Анфилатов, А.А. Влияние применения метанола с двойной системой топливоподачи на эксплуатационные показатели дизеля / А.А. Анфилатов, А.С. Юрлов // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания: материалы IX Международной научно-практической конференции. – Киров: Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – № 12. – С. 127-131.
3. Юрлов, А.С. Влияние установочных УОВТ на процесс сгорания в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле и МЭРМ с ДСТ / [и др.] // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы Международной научно-практической конференции. – Йошкар-Ола, 2016. – Вып. XVIII. – С. 302- 305.

Сведения об авторах

1. **Лиханов Виталий Анатольевич**, доктор технических наук, академик РАТ, профессор, заведующий кафедрой тепловых двигателей, автомобилей и тракторов, Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 610017, Кировская область, г. Киров, Октябрьский проспект, 133; e-mail: lihanov.va@mail.ru, тел. 8(8332)57-43-07;

2. **Юрлов Анатолий Сергеевич**, аспирант кафедры тепловых двигателей, автомобилей и тракторов, Вятская государственная сельскохозяйственная академия 610017, Кировская область, г. Киров, Октябрьский проспект, 133; e-mail: amadeus_92@mail.ru, тел. 8-963-554-03-33.

STUDY OF DIESEL ON METHANOL AND METHYLETHER OF RAPE OIL ON INSTALLATION ANGLES OF FUEL INJECTION OUTSTRIPPING

V.A. Likhanov, A.S.Yurlov
Vyatka State Agricultural Academy
610017, Kirov, Russian Federation

Abstract. *The paper presents materials on the feasibility of using alternative fuels in an air-cooled diesel air-cooled diesel engine with a hemispherical combustion chamber. As fuel in place of diesel, methyl alcohol (methanol) and rapeseed oil methyl ester are considered. The urgency of our studies is confirmed by systematically increasing demands both for the environmental indicators of internal combustion engines and for economic reasons, since the cost of commodity petroleum products, including diesel fuel, is constantly increasing.*

One of the ways to replace traditional diesel fuel is to introduce a dual fuel delivery system on existing and produced diesel engines, when there is main fuel, in our case it is methanol and fuels - rapeseed oil methyl ester. Both these fuels are of biological origin, can be synthesized on an industrial scale, and the raw material base for this is practically unlimited. In terms of their physicochemical and motor properties, these fuels can easily replace diesel fuel without the need for significant modifications in the diesel engine power system and without harm to the diesel engine.

Of course, the use of these fuels requires serious studies of the engine's working process, the determination of optimal control parameters in order to maintain the powerful and efficient engine performance parameters, and to determine the content of harmful substances in the exhaust gases.

In this paper, we consider the effect of setting angles of fuel injection advancing on the change in gas pressure in a diesel cylinder, depending on the angle of rotation of the crankshaft, in order to determine the optimum values of these angles. Further analysis of the obtained indicator diagrams will allow to determine the parameters of combustion and heat generation in the engine cylinder, compare them with similar parameters when working with diesel fuel, determine the optimum values.

Key words: *diesel, methanol, rapeseed oil methyl ether, indicator diagram, dual fuel delivery system.*

References

1. Anfilatov, A. A. Influence of use of methanol with the double system of fuel feeding on operational indicators of the diesel / A.A. Anfilatov, A.S. Yurlov//Improvement of operational indicators of internal combustion engines: materials IX of the International scientific and practical conference. – Kirov: Vyatka State Agricultural Academy, 2016. – No. 12. – Pp. 127-131.
2. Anfilatov, A. A. Influence of use of methanol with the double system of fuel feeding on adjusting indicators of the diesel / A.A. Anfilatov, A.S. Yurlov//Improvement of operational indicators of internal combustion engines: materials IX of the International scientific and practical conference. – Kirov: Vyatka state agricultural academy, 2016. – No. 12. – Pp. 144-149.
3. Yurlov, A. S. Influence of adjusting UOVT on process of combustion in the cylinder of the diesel 2Ch 10,5/12,0 during the work on methanol and MERM with DST/ A. S. Yurlov, [etc.]//Topical issues of improvement of the production technology and processing of production of agriculture//Topical issues of improvement of the production technology and processing of production of agriculture. Mosolovsky readings: materials of the International scientific and practical conference. – Yoshkar-Ola, 2016. – Issue XVIII. – Pp. 302 - 305.

Information about authors

1. **Likhanov Vitaly Anatolyevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Heat Engines, Automobiles and Tractors, Vyatka State Agricultural Academy, 610017, Kirovskaya region, Kirov, 133, Oktyabrsky prospect, e-mail: lihanov.va@mail.ru, tel. 8(8332)57-43-07;

2. **Yurlov Anatoliy Sergeevich**, Graduate Student at the Department of Heat Engines, Automobiles and Tractors, Vyatka State Agricultural Academy, 610017, Kirovskaya region, Kirov, 133, Oktyabrsky prospect, e-mail: amadeus_92@mail.ru, tel. 8-963-554-03-33.