

Давыдова С.А., Старостин И.А.

Класс экологичности современных сельскохозяйственных тракторов

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

УДК 631.3-1/-9

Класс экологичности современных сельскохозяйственных тракторов

Давыдова С.А., Старостин И.А.

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ

Аннотация

В статье рассмотрена проблема соответствия дизельных двигателей сельскохозяйственных тракторов мировым экологическим нормам и стандартам. Приведены статистические данные и результаты анализа характеристик современных отечественных и зарубежных тракторов, широко представленных на российском рынке. Рассмотрены основные способы совершенствования дизельных двигателей в направлении снижения количества выбросов вредных веществ в окружающую среду.

Ключевые слова: СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ТРАКТОР, ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КЛАСС, ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Агропромышленный комплекс является одной из ключевых составляющих экономики России. Повышение эффективности сельскохозяйственного производства и конкурентоспособности получаемой продукции за счет технической и технологической модернизации отрасли является одной из основных целей Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [1] и задач Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы [2]. Техническому переоснащению АПК России способствуют субсидии производителям сельскохозяйственной техники: с 2013 г. сельхозтоваропроизводители, зарегистрированные на территории Российской Федерации, имеют возможность приобрести сельскохозяйственную технику со скидкой [3]. Несмотря на предпринимаемые со стороны государства меры, в настоящее время в России сохраняется низкий уровень обеспеченности тракторами, а существующие объемы их приобретения не позволяют исправить ситуацию. По данным Минсельхоза России, в 2018 г. сельхозтоваропроизводителями приобретено 10 463 ед.

тракторов, что на 5,2% ниже уровня 2017 г. [4]. В 2019 г., по данным аналитической компании «АСМ-холдинг», в России произведено 5 809 ед. тракторов сельскохозяйственного назначения, что на 14,0% ниже уровня 2018 г. В общем количестве тракторов доля отечественных марок составила 51,1%, иномарок российской сборки – 48,9%, из них: сборка из тракторокомплектов МТЗ – 26,9%, из комплектов ХТЗ – 4,6%, из комплектов иностранных марок (Versatile, New Holland, Agrottron, Axion, John Deere, Xerion) – 17,4% [5]. В условиях низких объемов производства тракторов внутри страны, сельскохозяйственные товаропроизводители приобретают импортную технику. При принятии управленческих и технических решений по обновлению парка традиционно осуществляется сравнительная оценка технического уровня по совокупности показателей (технические, эксплуатационно-технологические и экономические показатели и др.), позволяющая определить достоинства инновационных решений в новой технике.

В соответствии со Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, одним из приоритетов развития на ближайшие 10-15 лет является переход к высокопродуктивному экологически чистому агрохозяйству [6]. В связи с этим одним из актуальных вопросов является экологичность сельскохозяйственных тракторов.

Экологический класс современных сельскохозяйственных тракторов является одной из характеристик, которая отражает уровень выбросов вредных веществ двигателями в окружающую среду. Данный показатель является достаточно важным, поскольку вредные выбросы не только загрязняют атмосферу, но и в последствии оседают в почве, что сказывается на составе и качестве получаемых продуктов питания. В процессе горения дизельного топлива образуются отработавшие газы, которые содержат основные компоненты CO_2 , H_2O , N_2 , окись углерода CO , соединения азота, представляющие собой смесь различных окислов (NO , N_2O_5 и др.), различные не окислившиеся углеводородные соединения C_xH_y , альдегиды, твердые частицы: сажи C , аэрозоли масла, несгоревшего топлива, продукты износа двигателя и другие компоненты. В течение 2019 г. в сельскохозяйственные организации было поставлено 4,2 млн. т дизельного топлива [7], что составляет 11% от общего потребления дизельного топлива в России (38,2 млн. т) [8]. При этом с продуктами сгорания дизельного топлива в России ежегодно выбрасывается около 1,5 млн. т углеводородов, 1-1,5 млн. т твердых частиц (основная масса которых приходится на сажу) и 500 тыс. т оксида серы (IV), что наносит серьезный вред экологии. Поэтому модели сельскохозяйственных тракторов должны отвечать высочайшим мировым экологическим стандартам.

Давыдова С.А., Старостин И.А.

Класс экологичности современных сельскохозяйственных тракторов

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

В настоящее время экологическое загрязнение окружающей среды сельскохозяйственной техникой с двигателями внутреннего сгорания ограничивается следующими стандартами: В настоящее время действуют следующие экологические стандарты по ограничению вредных выбросов двигателей сельскохозяйственной техники: в странах ЕС с 2013 г. – нормы Stage IV; в США с 2008 г. – нормы Tier 4; в России с 2013 г. – нормы по ГОСТ Р 41.96-2011 (Правила ЕЭК ООН № 96) (эквивалентны нормам Stage III). Однако, в ЕС уже рассматривается проект новых, более жестких норм по выбросам Stage V, а в США – Tier 5.

Первым документом в области принятия мер против загрязнения атмосферы отработанными газами (далее – ОГ) автомобильных двигателей считается директива Европейского Совета (далее – ЕС) 70/220/ЕЭС от 20 марта 1970 г. о сближении законодательства государств-членов относительно мероприятий, предпринимаемых против загрязнения воздуха выбросами транспортных средств, которая в дальнейшем стала основой для стандартов Euro. Нормы выбросов, изложенные в директивах, разрабатывались Европейским Парламентом, Европейским Советом (в данном случае представленными министрами по охране окружающей среды стран-участниц ЕС) и Европейской Комиссией [9]. В соответствии с Директивой 2000/25/ЕС в странах ЕС уровень токсичных веществ выхлопных газов дизельных двигателей внедорожной техники (в том числе сельскохозяйственных и лесных тракторов) регулируют стандарты Stage. Хронология введения европейских стандартов в действие следующая: Stage I – в 1999 г.; Stage II – с 2001 по 2004 гг.; Stage III – с 2006 по 2013 гг.; Stage IV – в 2014 г.

Параллельно с Европой в 1970 г. в США создано агентство по защите окружающей среды (United States Environmental Protection Agency; EPA), основными задачами которого являются: оценка состояния окружающей среды исследования и образовательная работа, контроль за исполнением принятых стандартов и норм. В 1994 г. были приняты федеральные стандарты Tier 1 для дизельных двигателей новых внедорожных машин (мощностью свыше 37 кВт). В 1996 г. подписано Соглашение о принципах (Statement of Principles - SOP) между Управлением по защите окружающей среды США (EPA), Советом по природным ресурсам Калифорнии (ARB) и компаниями-производителями, в числе которых Caterpillar, Cummins, John Deere, Detroit Diesel, Deutz, Isuzu, Komatsu, Kubota, Mitsubishi, Navistar, New Holland, Wis-Con и Yanmar. Документ относился к дизельным двигателям внедорожных машин. 27 августа 1998 г. EPA утвердило окончательную редакцию норм, отражающую положения SOP, и в том же году были введены стандарты Tier 1 для моделей мощностью ниже 37 кВт и более жесткие Tier 2 и Tier 3 для всех

моделей, которые были введены в действие поэтапно с 2000 по 2008 гг. 11 мая 2004 г. ЕРА подписало предложенные нормы Tier 4 на токсичность ОГ, которые были введены в действие поэтапно в период с 2008 по 2015 гг. [10].

Стандарты EU Stage IV/ US EPA Tier 4 Final – самые последние действующие экологические стандарты по ограничению вредных выбросов двигателей внедорожной техники (таблица 1). Однако, в Евросоюзе уже рассматривается проект новых, более жестких норм по выбросам Stage V [11].

Сближение стандартов по регулированию вредных выхлопов между странами обусловлено стремительно развивающимися международными экономическими отношениями, а также необходимостью защиты окружающей среды. Инструментом для сближения в данной сфере служат международные конвенции. Набирающая обороты глобализация не имеет тенденции к разработке и принятию общемировых норм, поскольку переход на тот или иной стандарт требует существенных финансовых вложений в модернизацию производства, и не каждая страна или компания сможет это осуществить. Для ограничения уровня вредных выхлопов от дизельных двигателей многие страны используют преимущественно стандарты Stage/Euro, нормы Tier – для маломощных дизельных двигателей. Япония разрабатывает собственные нормы для регулирования токсичности выхлопов, при этом они не опираются на Tier и Stage/Euro, но и не существенно отличаются от них. Во многих странах Африки и Западной Азии необходимо всего лишь регулярно проходить технический осмотр, а введение Euro 1-2 только планируется в ближайшем будущем [12].

В России в период с 2000 по 2008 гг. уровень выбросов двигателей внедорожной техники регулировался ГОСТ Р41 96-99 (Правила ЕЭК ООН N96) «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения двигателей с воспламенением от сжатия для установки на сельскохозяйственных и лесных тракторах в отношении выброса загрязняющих веществ этими двигателями» [13] (равнозначный Stage I). В 2008 г. вступил в силу ГОСТ Р41 96-2005 (Правила ЕЭК ООН N96) «Единообразные предписания, касающиеся двигателей с воспламенением от сжатия, предназначенных для установки на сельскохозяйственных и лесных тракторах и внедорожной технике, в отношении выброса вредных веществ этими двигателями» [14] (равнозначный Stage II), который утратил силу в 2018 г.; с января 2013 г. – ГОСТ Р 41.96-2011 [15], который является действующим на данный момент.

Давыдова С.А., Старостин И.А.

Класс экологичности современных сельскохозяйственных тракторов

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

Таблица 1. Нормы токсичности выхлопных газов дизельных двигателей внедорожных машин (в том числе сельскохозяйственных и лесных тракторов), г/кВт·ч

Мощность, кВт	Дата введения в действие	Оксид углерода CO	Углеводороды CH	Оксиды азота NOx	Дисперсные частицы / сажа
Stage I					
130...560	01.1999	5,0	1,3	9,2	0,54
75...130	01.1999	5,0	1,3	9,2	0,70
37...75	04.1999	6,5	1,3	9,2	0,85
Stage II					
130...560	01.2002	3,5	1,0	6,0	0,2
75...130	01.2003	5,0	1,0	6,0	0,3
37...75	01.2004	5,0	1,3	7,0	0,4
18...37	01.2001	5,5	1,5	8,0	0,8
Stage IIIA					
130...560	31.12.2005	3,5	4,0		0,2
75...130	31.12.2006	5,0	4,0		0,3
37...75	31.12.2007	5,0	4,7		0,4
19...37	31.12.2006	5,5	7,5		0,6
Stage IIIB					
130...560	31.12.2010	3,5	0,19	2,0	0,025
75...130	31.12.2011	5,0	0,19	3,3	0,025
37...75	31.12.2011	5,0	0,19	3,3	0,025
19...37	31.12.2012	5,0	4,7		0,025
Stage IV					
130...560	31.12.2013	3,5	0,19	0,4	0,025
56...130	30.09.2014	5,0	0,19	0,4	0,025
Tier 1					
>560	2000	11,4	1,3	9,2	0,54
450...560	1996	11,4	1,3	9,2	0,54
225...450	1996	11,4	1,3	9,2	0,54
130...225	1996	11,4	1,3	9,2	0,54
75...130	1997	-	-	9,2	-
37...75	1998	-	-	9,2	-
19...37	1999	5,5	-	-	0,8
8...19	2000	6,6	-	-	1,0
<8	2000	8,0	-	-	1,0
Tier 2					
>560	2006	3,5	-	-	0,2
450...560	2002	3,5	-	-	0,2
225...450	2001	3,5	-	-	0,2
130...225	2003	3,5	-	-	0,2
75...130	2003	5,0	-	-	0,3
37...75	2004	5,0	-	-	0,4

Давыдова С.А., Старостин И.А.

Класс экологичности современных сельскохозяйственных тракторов

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

Мощность, кВт	Дата введения в действие	Оксид углерода CO	Углеводороды CH	Оксиды азота NOx	Дисперсные частицы / сажа
19...37	2004	5,5	-	-	0,8
8...19	2005	6,6	-	-	0,8
<8	2005	6,6	-	-	0,8
Tier 3					
450...560	2006	3,5	-	-	Не установлены. Двигатели должны соответствовать нормам Tier 2 по уровню содержания сажи.
225...450	2006	3,5	-	-	
130...225	2006	3,5	-	-	
75...130	2007	5,0	-	-	
37...75	2008	5,0	-	-	
Tier 4					
130...560	2011-2014	3,5	-	0,4	0,02
56...130	2012-2014	5,0	-	0,4	0,02
37...56	2008	5,0	-	-	0,3
	2013	5,0	-	-	0,03
19...37	2008	5,5	-	-	0,3
	2013	5,5	-	-	0,03
8...19	2008	6,6	-	-	0,4
<8	2008	8,0	-	-	0,4
ГОСТ Р 41.96-99					
≥130	01.07.2000	5,0	1,3	9,2	0,54
75...130		5,0	1,3	9,2	0,70
37...75		6,5	1,3	9,2	0,85
ГОСТ Р 41.96-2005					
130...560	01.01.2008	3,5	1,0	6,0	0,2
75...130		5,0	1,0	6,0	0,3
37...75		5,0	1,3	7,0	0,4
18...37		5,5	1,5	8,0	0,8
ГОСТ Р 41.96-2011					
130...560	01.01.2013	3,5	1,0	6,0	0,2
75...130		5,0	1,0	6,0	0,3
37...75		5,0	1,3	7,0	0,4
19...37		5,5	1,5	8,0	0,6

В Стратегии развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 7 июля 2017 г. N 1455-р, с 2020 г. запланирован переход на оснащение самоходной техники двигателями, соответствующими нормам Tier IV, а сельскохозяйственная техника, поступающая на рынок Российской Федерации, подлежит обязательной сертификации на

соответствие техническому регламенту Таможенного союза (ТР ТС 010/2011) «О безопасности машин и оборудования», утвержденному решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011 г. N 823, и техническому регламенту Таможенного союза (ТР ТС 031/2012) «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним», утвержденному решением Совета Евразийской экономической комиссии от 20 июля 2012 г. N 60 [16]. Указанные технические регламенты содержат обязательные требования, ограничивающие содержание вредных веществ в отработавших газах двигателей машин. Таким образом, с 15 февраля 2015 г. в отношении выбросов двигателей тракторов установлено ограничение на уровне Stage IIIA. Такое требование обеспечивает минимальное влияние отработавших газов на окружающую среду, жизнь и здоровье человека.

Однако, несмотря на все меры, предпринимаемые со стороны государства и производителей, современные сельскохозяйственные трактора имеют экологический класс намного ниже, чем в Европе и США – отставание от Европы по введению экологических стандартов составляет более 5 лет (таблицы 1). Данный факт подтверждает проведенный авторами комплексный структурно-динамический анализ характеристик дизельных двигателей сельскохозяйственной тракторной техники (таблица 2), выпускаемой основными предприятиями России (АО «Петербургский тракторный завод», ООО «КЗ «Ростсельмаш», ООО «Волжский комбайновый завод», АО «Череповецкий литейно-механический завод»; ЗАО «Агротехмаш», АО «Алтайский трактор», ООО «Трактор» и др.) [5].

В соответствии с приведенными данными из 39 моделей отечественных колесных и гусеничных тракторов порядка 5% соответствуют нормам Stage II; 5% – Tier 3A; 20% – Tier 3; 18% – Tier 2; 3% – Tier 1; 8% – Euro 5; 5% – Euro 4; 5% – Euro 2; 31% – Euro 0. Таким образом, большинство производящихся в России сельскохозяйственных тракторов имеют низкий экологический класс (Euro 0, Euro 2, Tier 2, Tier 3), а на внутренний рынок России поступает порядка 50% сельскохозяйственных тракторов с дизельными двигателями, в основных технических характеристиках которых указано соответствие стандартам Euro. Однако, производимая на экспорт российская сельскохозяйственная техника имеет соответствие нормам Stage и Tier.

Кроме тракторов отечественного производства на территории России распространены многочисленные модели импортных сельскохозяйственных тракторов. Основными зарубежными производителями и поставщиками тракторов на российский

Давыдова С.А., Старостин И.А.

Класс экологичности современных сельскохозяйственных тракторов

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

рынок являются Claas, Fendt, John Deere, Massey Ferguson, Case IH, Valtra, New Holland, Challenge», JCB (табл. 3).

Таблица 2. Характеристики дизельных двигателей сельскохозяйственных тракторов российского производства 2019 г.

Марка / модель трактора	Марка двигателя	Мощность двигателя, кВт	Экологический класс
Уралец 244	-	16	Euro 4
Беларус 320.4	Lombardini LDW	26,5	Tier 3A
Беларус 622	Lombardini LDW	46	
Агромаш 85 ТК	Д-145Т		Tier 2
Беларус-82.1	Д-243	59,6	
Беларус 92П-Ч	Д-245.5	65	
Беларус 892.2		66	
Беларус 921		65	
Беларус 1221.2	Д-260.2	96	Euro 2
Беларус 1523	Д-260.1	114	Tier 2
Агромаш-180ТК	SISU66 СТА-4V	133	Tier3
ВТГ-90А	А-41СИ-02	64	Stage II
ВТГ-90М	Д-245-5S2	70	
Агромаш-90ТГ	А-41СИ-02	69,1	Euro 0
ХТЗ-150 К	ЯМЗ-236Д-3	128,7	
Беларус 2022.3	Д-260.4 S2	147	Euro 2
Агромаш-ТГ-150 (зарубежных гусеничных аналогов не существует)	Д- 442-16 (АМЗ)	95,5	Tier1
БТЗ-245К / БТЗ-246К	ЯМЗ-65655	132	Tier 3
БТЗ-243 К	ЯМЗ-53645	184	
БТЗ-244К	ЯМЗ-65654	169,2	
Беларус 2022.3	Д-260.4S2	156	Tier 2
К-424 (К-708.4)	ЯМЗ-53625	176	Tier 3
Премиум, Премиум1			
К-525	ЯМЗ-53645	184	Tier 3
Т-360	Cummins ISL 360 50	265	
БТЗ-181	ЯМЗ-238КМ2-3	140	Euro 0
К-707Т «Baltiets / Балтиец»	ЯМЗ238-НД5	220	
К-730 (К-744Р1) Стандарт	ЯМЗ-65854	220	Euro 4
К-730 (К-744Р1) Стандарт3	ТМЗ 8481.10-11	220	Euro 0
К-735 (К-744 Р2) Премиум	ТМЗ 8481.10	260	Euro 5
К-702М-СХТ Т1	ЯМЗ238-НД5	220	Euro 0
К-735 (К-744 Р2) Стандарт	ТМЗ 8481.10	257	
К-702М-СХТ Т2	ЯМЗ238-НД5	257	
К-702М-СХТ Т3	ТМЗ-8481.10-02	228	
К-702М-СХТ Т4	ТМЗ-8481.10-04	309	

Давыдова С.А., Старостин И.А.

Класс экологичности современных сельскохозяйственных тракторов

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

Марка / модель трактора	Марка двигателя	Мощность двигателя, кВт	Экологический класс
К-739/40 (К-744 Р3)	ТМ38481.10-02	287	Euro 0
К-742 (К-744 Р4) Стандарт	ТМ38481.10-04	420	
К-742 (К-744 Р4) Премиум	Mercedes	428	Euro 5
К-9400	Mercedes OM 457 LA	295	

Таблица 3. Характеристики дизельных двигателей сельскохозяйственных колесных тракторов зарубежного производства

Марка / модель трактора	Марка двигателя	Мощность двигателя, кВт	Экологический класс
Kubota MX5200D	V2403CR-T	40,8	Tier 4
New Holland TD5.110	S8000	81	Tier 3
Kubota M100GX	Kubota V3800-TI-CRS	74,6	Tier 4
ANT 4135F	Zetor 1605	100,2	Tier 3
Deutz-Fahr Agroplus F410	SDF 1000	63	
Deutz-Fahr Agrolux 4.80		59,8	Tier 2
Kubota M135GX	V6108-TI-CRS	100,7	Tier 4
John Deere 6095B	PowerTech M	70	Tier 2
MF6713	AGCO POWER	94,5	
Case Maxxum 140	FPT	103,7	Tier 3
Case FARMALL JX110	S8000	81	
John Deere 6110B	PowerTech E	81	Tier 2
Case PUMA 155	Case IH, Fiat Power Train	116	Tier 3
John Deere 6135B	PowerTech E	99	Tier 2
John Deere 7830	Tech Plus	150	Tier 4
John Deere 7930		162	
Valtra T193	AGCO Power, 74 AWI-4V	140	Tier 2
Claas Arion 630C	DPS	107	Tier 3
Claas Arion 640C		114	
New Holland T6050	NEF	93	Tier 2
Deutz-Fahr Agrottron 180	DEUTZ 1013	132	
John Deere 6150M	PowerTech E	110	
John Deere 6155M		114	
John Deere 6170M		121	
Claas Axion 820	DPS	139	Tier 3
John Deere 6175M	PowerTech E	129	Tier 2
John Deere 6195M		143	
New Holland T7060	FPT NEF	157	Tier 3
MF7624	AGCO POWER	173	Tier 4 i
Case PUMA 210	Case IH, Fiat Power Train	157	Tier 3
Claas Axion 850	DPS	171	
Versatile 320	Cummins QSC 8.3		Tier 3
New Holland T6090	NEF	121	

Давыдова С.А., Старостин И.А.

Класс экологичности современных сельскохозяйственных тракторов

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

Марка / модель трактора	Марка двигателя	Мощность двигателя, кВт	Экологический класс
Versatile 340	Cummins QSL 9.0		
John Deere 8310R	John Deere PowerTech Plus	228	Tier 4
MF8690	AGCO POWER	272	Tier 2
MF8737			Tier 4 f
Fendt 933	Deutz	243	Tier 4
Fendt 936		265	
John Deere 8295R	John Deere PowerTech Plus	217	Tier 2
John Deere 8320R		235	
John Deere 8335R		272	Tier 4
John Deere 8370R			
Case MAGNUM 340	Case IH, Fiat Power Train	250	Tier 3
Claas AXION 930		259	
Claas AXION 940	FPT	282	
Claas AXION 950		306	
New Holland T8.380	FPT Cursor 9	229	Tier 2
New Holland T8.410		250	
CH MT685	Agco Sisu Power	272	Tier 3
New Holland T9.505	FPT Cursor 13	369	
Case STEIGER 450	Case IH, Fiat Power Train	336	Tier 2
John Deere 9470R	John Deere PowerTech	346	Tier 4
Claas XERION 4500 Trac	Caterpillar C13	330	Tier 3
Claas XERION 5000 Trac		385	

Анализ зарубежных моделей сельскохозяйственных тракторов, поставленных на российский рынок в период 2015-2019 гг., на соответствие экологическим нормам показал, что в Россию поставляется 44% тракторов, двигатели которых отвечают экологическому стандарту Tier 3, 34% – Tier 2 и 22% – Tier 4.

В большинстве случаев производители сельскохозяйственных тракторов достигают соответствие стандартам Tier 1 – Tier 3 за счет усовершенствования конструкции двигателей без использования или при ограниченном использовании нейтрализации – окисления отработавших газов в системе выпуска в присутствии катализатора [17].

В двигателях мощностью до 560 кВт применяются следующие технологические решения [18]:

- механическая система впрыска топлива, без рециркуляции ОГ;
- механическая система впрыска топлива, внутренняя рециркуляция ОГ;

-электронная система впрыска топлива, внутренняя рециркуляция ОГ и поздние углы впрыска либо рециркуляция ОГ с наружным охлаждением;

-электронная система впрыска топлива, внутренняя рециркуляция ОГ плюс сажевый фильтр, или предкамерный впрыск плюс сажевый фильтр плюс управляемая регенерация фильтра, или бензиновый двигатель с трехкомпонентным каталитическим нейтрализатором;

-электронная система впрыска топлива, внутреннее или наружное охлаждение рециркуляции ОГ плюс сажевый фильтр, или электронная система впрыска топлива (>1800 бар), рециркуляция ОГ с наружным охлаждением плюс система с фильтром с непрерывной регенерацией, например, окислительный каталитический нейтрализатор с сажевым фильтром;

-электронная система впрыска топлива, рециркуляция ОГ с наружным охлаждением плюс сажевый фильтр, или электронная система впрыска топлива (>1600 бар) плюс нейтрализация с применением реагента AdBlue (SCR);

-рециркуляция ОГ не применяется, сажевый фильтр не применяется; электронная система впрыска топлива, рециркуляция ОГ с наружным охлаждением плюс сажевый фильтр и SCR, или электронная аппаратура впрыска топлива (>2200 бар), рециркуляция ОГ с наружным охлаждением плюс SCR;

-сажевый фильтр не применяется.

В двигателях мощностью более 560 кВт применяется [18]:

-электронная система впрыска топлива, рециркуляция ОГ не применяется; электронная система впрыска топлива плюс рециркуляция ОГ с наружным охлаждением;

-электронная система впрыска топлива, рециркуляция ОГ с наружным охлаждением плюс сажевый фильтр или электронная аппаратура впрыска топлива плюс нейтрализация с AdBlue (SCR).

В двигателях мощностного диапазона 56-130 кВт в основном используется система впрыска Common Rail, которая имеет широкие возможности изменения цикловой подачи, угла опережения впрыска и числа впрысков за один цикл. Для турбонаддува в двигателях этого мощностного диапазона используются турбоагнетатели с постоянной геометрией и активно управляемым перепускным клапаном. Рециркуляция ОГ с охлаждением работает под высоким давлением, поэтому используется электронное управление количеством перепускаемых ОГ [19].

Таким образом, на тракторах средней и высокой мощности наиболее распространены двигатели с турбонаддувом и охлаждением наддувочного воздуха. С учетом требований к выхлопным газам двигателей тракторов зарубежные фирмы предлагают электронные системы управления подачей топлива как серийное оборудование.

Также используются технологии SCR (Selective Catalytic Reduction) – селективная каталитическая нейтрализация ОГ (с применением реагента – мочевины) для нейтрализации NOx в ОГ в системе выпуска с дозированием AdBlue (водного раствора мочевины). Для ОГ, выпускаемых из камеры сгорания двигателя с охлаждаемой системой рециркуляции ОГ, уровень содержания NOx должен составлять примерно 2 г/кВт·ч, чтобы соответствовать требованиям норм Stage IV по NOx – в перспективе 0,36 г/кВт·ч (на 10% ниже предела 0,4 г/кВт·ч) с SCR и температуры ОГ по методике испытаний двигателей внедорожных машин на неустановившихся режимах [19].

Кроме того, поскольку тепловыделение двигателей, соответствующих Stage IV, выше по сравнению с двигателями Stage III, особое внимание уделяется повышению мощности систем охлаждения. В настоящее время имеется характерная тенденция: при переходе к двигателям Stage V многие зарубежные компании запланировали исключение из конструкции системы рециркуляции отработавших (выхлопных) газов (EGR) для уменьшения тепловыделения двигателя (до 40%) и, соответственно, необходимой производительности системы охлаждения (размеров радиатора) [19].

Производителям все сложнее с помощью существующих решений добиться соответствия ужесточающимся требованиям. В связи с этим в последнее время интенсивно ведутся разработки в направлении использования биодизельного топлива, компримированного газа, создания полностью электрического трактора. Разработка последнего в перспективе позволила бы снять вопрос вредного воздействия выхлопных газов сельскохозяйственных тракторов на окружающую среду.

Выводы: В России на фоне низкой обеспеченности сельскохозяйственной техникой, которая отражается на экономике АПК, имеется серьезная проблема, связанная с несоответствием представленных на отечественном рынке сельскохозяйственных тракторов мировым экологическим стандартам Stage и Tier. Одной из причин этого является отставание по введению норм, ограничивающих вредные выхлопы сельскохозяйственной техники. При этом как отечественные, так и зарубежные производители стремятся к внедрению инноваций в дизельных двигателях тракторов,

которые направлены не только на повышение мощности, крутящего момента, уменьшение расхода топлива, но и на снижение токсичности выхлопных газов. С этой целью применяются регулируемый турбонаддув, охлаждение наддувочного воздуха, частичная рециркуляция выхлопных газов, четырехклапанная система газораспределения, электронные устройства управления мощностью, система впрыска высокого давления Common Rail с электронным управлением, системы очистки и нейтрализации выхлопных газов. На тракторах средней и высокой мощности наиболее распространены двигатели с турбонаддувом и охлаждением наддувочного воздуха. С учетом требований к выхлопным газам двигателей тракторов зарубежные фирмы предлагают электронные системы управления подачей топлива как серийное оборудование. Все это усложняет конструкцию двигателей, часто приводит к удорожанию тракторов, снижению их мощности и экономичности. К тому же, производителям все сложнее с помощью существующих решений добиться соответствия ужесточающимся требованиям. В связи с этим начинают интенсивнее вестись разработки в направлении использования биодизельного топлива, компримированного газа, создания электрического трактора, не выделяющего выхлопные газы при своей работе.

Список использованных источников

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г. N 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» (с изм. и доп.) [Электронный ресурс]. URL: <http://ivo.garant.ru/#/document/70210644/paragraph/23505545:0> (дата обращения 26.05.2020).
2. . Постановление Правительства Российской Федерации от 25 августа 2017 г. N 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы» [Электронный ресурс]. URL: <http://pravo.gov.ru> (дата обращения 15.04.2020).
3. Постановление Правительства РФ от 27 декабря 2012 г. N 1432 «Об утверждении Правил предоставления субсидий производителям сельскохозяйственной техники» [Электронный ресурс]. URL: <http://pravo.gov.ru> (дата обращения 15.04.2020).
4. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2018 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия». – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 179 с.
5. Производство и продажа тракторной и сельскохозяйственной техники производителями России и других стран СНГ: аналитический обзор. – М.: ОАО «АСМ-холдинг». – 2019. – 107 с.

6. Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. N 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449/page/1> (дата обращения 17.04.2020).
7. Некрасов Р.В. Итоги работы отрасли растениеводства и инженерно-технических служб в 2019 году, задачи по обновлению машинно-тракторного парка и меры по подготовке и организованному проведению в 2020 году сезонных полевых сельскохозяйственных работ: доклад директора Департамента растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Минсельхоза России. – М.: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – 31 с.
8. Производство нефтепродуктов / Министерство энергетики Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1213> (дата обращения: 26.05.2020).
9. Сельскохозяйственные тракторы: каталог [Электронный ресурс]. URL: <http://kirovets-ptz.com/catalog/> (дата обращения 27.02.2020).
10. Подгурский С. Нормы токсичности для внедорожных машин // Основные средства. – 2008. – N 1. – С. 23-27.
11. Экологические стандарты: Stage, Euro и Tier [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.elektrodisel.ru/articles/euro-stage-tier.html> (дата обращения: 01.04.2020).
12. Дизельные двигатели [Электронный ресурс]. – URL: <https://rentenergo.livejournal.com/6369.html> (дата обращения: 01.04.2020).
13. ГОСТ Р41 96-99 (Правила ЕЭК ООН N96) «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения двигателей с воспламенением от сжатия для установки на сельскохозяйственных и лесных тракторах в отношении выброса загрязняющих веществ этими двигателями». – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 58 с.
14. ГОСТ Р41 96-2005 (Правила ЕЭК ООН N96) «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения двигателей с воспламенением от сжатия для установки на сельскохозяйственных и лесных тракторах в отношении выброса загрязняющих веществ этими двигателями». – М.: Стандартиформ, 2006. – 60 с.
15. ГОСТ Р41 96-2011 (Правила ЕЭК ООН N96) «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения двигателей с воспламенением от сжатия для установки на сельскохозяйственных и лесных тракторах в отношении выброса загрязняющих веществ этими двигателями». – М.: Стандартиформ, 2013. – 64 с.
16. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_219731/db0ed6e6266ac06a5c2793a578f7fbc1a9287922/ (дата обращения: 27.05.2020).
17. Стандарты токсичности в США. Дизельные моторы внедорожных машин [Электронный ресурс]. – URL: <https://exkavator.ru/articles/designer/~id=6952> (дата обращения: 01.04.2020).
18. Подгурский С. Экологические перспективы: двигатели для спецтехники (ч. 1). Средства достижения норм Stage IV/ Tier 4 на внедорожных мобильных машинах [Электронный ресурс]. – URL: <https://os1.ru/article/7516-ekologicheskie-perspektivy-dvigateli-dlya-spetstehniki-sredstva-dostizheniya-norm-stage-iv-tier-4-na-vnedorojnyh-mobilnyh-mashinah> (дата обращения: 04.04.2020).

Давыдова С.А., Старостин И.А.

Класс экологичности современных сельскохозяйственных тракторов

Электронный научно-производственный журнал

«АгроЭкоИнфо»

19. Обзор новинок дизельных двигателей экологического класса Stage V [Электронный ресурс]. – URL: <https://os1.ru/article/14890-obzor-novinok-dizelnyh-dvigately-ekologicheskogo-klassa-stage-v-ispolnennye-energii-ch-1> (дата обращения: 04.04.2020).

=====

Цитирование:

Давыдова С.А., Старостин И.А. Класс экологичности современных сельскохозяйственных тракторов // АгроЭкоИнфо. –2020, №2. – http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/2/st_214.pdf.