

РАЗВИТИЕ ТЕХНИКИ ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ И ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

А. С. ШАНТЫКО, В. К. ЛИПСКАЯ

НТЦК ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь, 246010

(Поступила в редакцию 20.09.2021)

В научной статье анализируются проблемы, вызванные использованием сельскохозяйственных машин с дизельными двигателями, отработавшие газы которых оказывают пагубное влияние на здоровье человека и окружающую среду. Кроме того, представлен анализ экологических стандартов для дизельных двигателей внедорожных машин, в частности сельскохозяйственной уборочной техники, действующих в странах Европы, США, Российской Федерации и Республике Беларусь. Приведены меры, предпринимаемые ОАО «Гомсельмаш», для снижения экологической нагрузки от использования производимых машин. Технические решения, применяемые в разрабатываемых и серийно выпускаемых комбайнах, направлены на снижение вредных выбросов отработавших газов дизельных двигателей уборочной техники, а также уплотняющего и разрушающего действия на почву в результате давления, динамического воздействия, вибрации и неоднократного перемещения по полю.

С целью минимизации негативного воздействия на окружающую среду ОАО «Гомсельмаш» внедряются в сельское хозяйство высокотехнологичные разработки. В их числе первый в мире комбайн, работающий на сжатом природном газе – газомоторный самоходный зерноуборочный комбайн КЗС-4118К. Проводятся работы по оснащению выпускаемой сельскохозяйственной техники двигателями высоких экологических стандартов – Stage IIIA и Stage V. Используются широкозахватные жатки и полугусеничный ход для того, чтобы сократить многократное избыточное давление на почву.

Ключевые слова: сельскохозяйственные машины, экологические стандарты, выбросы отработавших газов, давление на почву, технические решения, конкурентоспособность.

The scientific article analyzes the problems caused by the use of agricultural vehicles with diesel engines, the exhaust gases of which have a detrimental effect on human health and the environment. In addition, an analysis of environmental standards for diesel engines of off-road vehicles, in particular, agricultural harvesting equipment, operating in Europe, the USA, the Russian Federation and the Republic of Belarus is presented. Measures taken by ОАО «Gomselmash» to reduce the environmental load from the use of manufactured machines are given. Technical solutions used in the developed and serially produced combines are aimed at reducing the harmful emissions of exhaust gases from diesel engines of harvesting equipment, as well as the compacting and destructive action on the soil as a result of pressure, dynamic action, vibration and repeated movement across the field.

In order to minimize the negative impact on the environment, ОАО Gomselmash is introducing high-tech developments into agriculture. Among them is the world's first compressed natural gas harvester – the KZS-4118K self-propelled gas-powered grain harvester. Work is underway to equip the manufactured agricultural machinery with engines of high environmental standards – Stage IIIA and Stage V. Wide-cut headers and half-track are used in order to reduce multiple excess pressure on the soil.

Key words: agricultural machinery, environmental standards, exhaust gas emissions, soil pressure, technical solutions, competitiveness.

Введение

Разработка и производство современной сельскохозяйственной техники играет важнейшую роль в развитии агропромышленного комплекса любой страны. Ее использование позволяет значительно облегчить тяжелый физический труд аграриев, повысить производительность выполняемых работ, путём механизации и автоматизации отдельных операций или технологических процессов. Так, например, зерноуборочные комбайны позволяют сельскохозяйственным производителям создавать в стране собственные запасы зерна высокого качества в требуемом объеме. В то же время нельзя забывать о том, что применение машин влечет за собой последствия, которые отрицательно влияют на окружающую среду. Значительную долю в ее загрязнение вносят вредные выбросы отработавших газов дизельных двигателей уборочных комбайнов, содержащие многие тяжелые металлы (бериллий, кадмий, ртуть и др.), которые попадают в почву, поверхностные и грунтовые воды, а также оказывают значительное влияние на общую концентрацию черного углерода (сажевых частиц).

Основная часть

Следует отметить, что проблема экологичности автомобилей приобрела актуальность еще в середине XX в., когда началось массовое производство и использование машин. Европейские страны в силу того, что они располагают сравнительно небольшими территориями, стали вводить экологические нормативы раньше других. При этом требования по содержанию вредных веществ в отработавших газах двигателей автомобилей в разных странах различались. В настоящее время экологические требования к двигателю автомобиля являются приоритетными.

Заметим, что в большинстве стран мира нормативно-правовая база для ограничения уровня вредных веществ в отработавших газах от дизельных двигателей основывается на европейских и американских стандартах. Что касается экологических стандартов Евросоюза, у них действуют нормы Euro и Stage. Первые устанавливают пределы выбросов для большинства транспортных средств, включая автомобили, грузовики, поезда и катера, но не распространяются на морские суда и самолеты. Принято, что стандарты для легковых автомобилей обозначаются арабскими цифрами – Euro 1, Euro 2, Euro 3 и т.д., а для большегрузных – римскими (Euro I, Euro II, Euro III и т.д.). Нормы Euro устанавливают различные пределы выбросов для бензиновых и дизельных двигателей. Для дизельных предусмотрены более строгие нормы выхлопов оксида углерода, а для бензиновых – более жесткие нормы выбросов оксидов азота [1].

Нормы Stage регулируют уровень токсичных веществ от отработавших газов дизельных двигателей внедорожной техники. Они распространяются на дизельные двигатели буровых установок, компрессоров, бульдозеров, экскаваторов, техники для обслуживания, строительства и ремонта дорог, снегоуборочной техники, оборудования для аэропортов и подъемных кранов, а также охватывают сельскохозяйственные и лесозаготовительные машины. Стандарты Stage регламентируют максимальное содержание в отработавших газах четырех токсичных составляющих – оксидов азота (NO_x) и оксида углерода (CO), углеводородов (C_nH_m) и дисперсных частиц (PM) [2]. Первый стандарт Stage I был введен в 1999 г. Более жесткие нормы Stage II вступали в действие поэтапно с 2001 по 2004 г., в зависимости от мощности двигателей. В настоящее время действуют нормы Stage V (табл. 1) [2].

Таблица 1. Нормы Евросоюза Stage по токсичности отработавших газов дизельных двигателей

Нормы	Категория	Мощность двигателя, кВт	Год	Содержание токсичных веществ в отработавших газах, г/(кВт·ч)				
				CO	C_nH_m	NO_x	$\text{C}_n\text{H}_m + \text{NO}_x$	PM
Stage I	C	$37 \leq P < 75$	1999	6,5	1,3	9,2	–	0,85
	B	$75 \leq P < 130$	1999	5,0	1,3	9,2	–	0,70
	A	$130 \leq P \leq 560$	1999	5,0	1,3	9,2	–	0,54
Stage II	D	$18 \leq P < 37$	2001	5,5	1,5	8,0	–	0,8
	G	$37 \leq P < 75$	2004	5,0	1,3	7,0	–	0,4
	F	$75 \leq P < 130$	2003	5,0	1,0	6,0	–	0,3
	E	$130 \leq P \leq 560$	2002	3,5	1,0	6,0	–	0,2
Stage III A	K	$19 \leq P < 37$	2007	5,5	–	–	7,5	0,6
	J	$37 \leq P < 75$	2008	5,0	–	–	4,7	0,4
	I	$75 \leq P < 130$	2007	5,0	–	–	4,0	0,3
	H	$130 \leq P \leq 560$	2006	3,5	–	–	4,0	0,2
Stage III B	P	$37 \leq P < 56$	2013	5,0	–	–	4,7	0,025
	N	$56 \leq P < 75$	2012	5,0	0,19	3,3	–	0,025
	M	$75 \leq P < 130$	2012	5,0	0,19	3,3	–	0,025
	L	$130 \leq P \leq 560$	2011	3,5	0,19	2,0	–	0,025
Stage IV	R	$56 \leq P < 130$	2014	5,0	0,19	0,4	–	0,025
	Q	$130 \leq P \leq 560$	2014	3,5	0,19	0,4	–	0,025
Stage V	NRE-v/c-1	$P < 8$	2019	8,0	–	–	7,5	0,4
	NRE-v/c-2	$8 \leq P < 19$	2019	6,6	–	–	7,5	0,4
	NRE-v/c-3	$19 \leq P < 37$	2019	5,0	–	–	4,7	0,015
	NRE-v/c-4	$37 \leq P < 56$	2019	5,0	–	–	4,7	0,015
	NRE-v/c-5	$56 \leq P < 130$	2019	5,0	0,19	0,4	–	0,015
	NRE-v/c-6	$130 \leq P \leq 560$	2019	3,5	0,19	0,4	–	0,015
	NRE-v/c-7	$P > 560$	2019	3,5	0,19	3,5	–	0,045

На рис. 1 представлена динамика ужесточения требований к токсичности отработавших газов дизельных двигателей с мощностью в диапазоне $130 \leq P \leq 560$ кВт.

Данные рис. 1 позволяют наглядно продемонстрировать, что, например, требования по содержанию оксида углерода в отработавших газах с 1999 по 2019 г. стали более жесткими – в 1,4 раза, а дисперсных частиц – в 36 раз, их количество не должно превышать 0,015 г/(кВт·ч), для сравнения в 1999 г. не более 0,54 г/(кВт·ч).

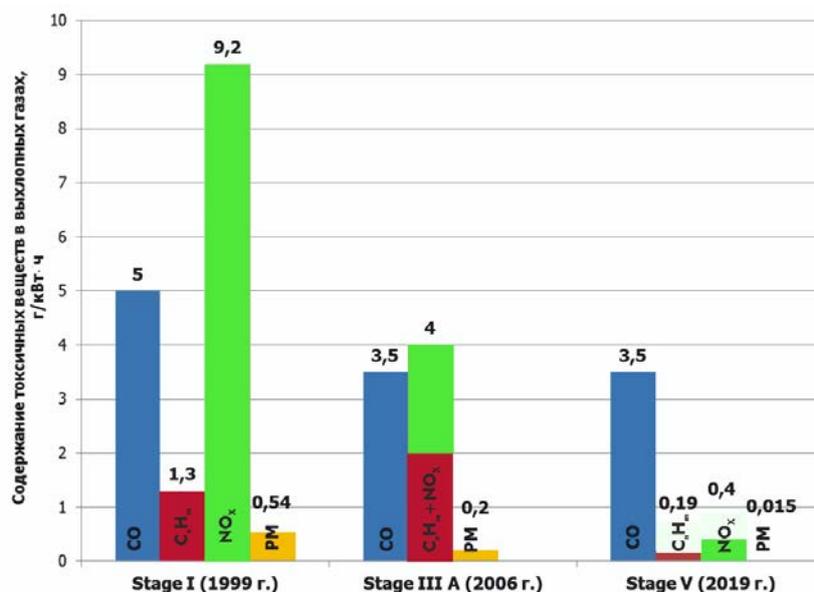


Рис. 1. Динамика ужесточения требований к токсичности отработавших газов дизельных двигателей с мощностью в диапазоне $130 \leq P \leq 560$ кВт

В США двигатели всех транспортных средств – легковые и большегрузные автомобили, а также внедорожная техника попадают под действие стандартов Tier (табл. 2) [3]. Tier 4 Final – действующие экологические стандарты по ограничению вредных выбросов двигателей.

Таблица 2. Нормы США Tier по токсичности отработавших газов дизельных двигателей

Нормы	Мощность двигателя, кВт	Год	Содержание токсичных веществ в отработавших газах, г/(кВт·ч)					
			CO	C _n H _m	NO _x	NMCH	NMCH*+ NO _x	PM
Tier 1	P < 8	2000	8,0	–	–	–	10,5	1,0
	8 ≤ P < 19	2000	6,6	–	–	–	9,5	0,8
	19 ≤ P < 37	1999	5,5	–	–	–	9,5	0,8
	37 ≤ P < 75	1998	–	–	9,2	–	–	–
	75 ≤ P < 130	1997	–	–	9,2	–	–	–
	130 ≤ P < 225	1996	11,4	1,3	9,2	–	–	0,54
	225 ≤ P < 450	1996	11,4	1,3	9,2	–	–	0,54
	450 ≤ P < 560	1996	11,4	1,3	9,2	–	–	0,54
Tier 2	P ≥ 560	2000	11,4	1,3	9,2	–	–	0,54
	P < 8	2005	8	–	–	–	7,5	0,8
	8 ≤ P < 19	2005	6,6	–	–	–	7,5	0,8
	19 ≤ P < 37	2004	5,5	–	–	–	7,5	0,6
	37 ≤ P < 75	2004	5,0	–	–	–	7,5	0,4
	75 ≤ P < 130	2003	5,0	–	–	–	6,6	0,3
	130 ≤ P < 225	2003	3,5	–	–	–	6,6	0,2
	225 ≤ P < 450	2001	3,5	–	–	–	6,4	0,2
Tier 3	450 ≤ P < 560	2002	3,5	–	–	–	6,4	0,2
	P ≥ 560	2006	3,5	–	–	–	6,4	0,2
	37 ≤ P < 75	2008	5,0	–	–	–	4,7	–
	75 ≤ P < 130	2007	5,0	–	–	–	4,0	–
	130 ≤ P < 225	2006	3,5	–	–	–	4,0	–
Tier 4	225 ≤ P < 450	2006	3,5	–	–	–	4,0	–
	450 ≤ P < 560	2006	3,5	–	–	–	4,0	–
	P < 8	2008	8,0	–	–	–	7,5	0,4
	8 ≤ P < 19	2008	6,6	–	–	–	7,5	0,4
	19 ≤ P < 37	2008	5,5	–	–	–	7,5	0,3
	37 ≤ P < 56	2008	5,0	–	–	–	4,7	0,3
Tier 4 Final	56 ≤ P < 130	2012–2014	5,0	–	0,40	0,19	–	0,02
	130 ≤ P ≤ 560	2011–2014	3,5	–	0,40	0,19	–	0,02
	P > 900	2011–2014	3,5	–	3,5	0,4	–	0,10
Tier 4 Final	P > 560	2015	3,5	–	3,5	0,19	–	0,04

* NMCH – неметановые углеводороды

Следует подчеркнуть, что стандарты EU Stage V и US Tier 4 Final схожи по номенклатуре и нормам. Эти меры предприняты для того, чтобы в условиях современной глобализации не требовалось для каждого рынка создавать отдельные двигатели.

В Российской Федерации экологические нормы для сельскохозяйственной, лесной и внедорожной техники регулируются ГОСТ (табл. 3) [4–6]. Первый стандарт ГОСТ Р41.96-99, равнозначный Stage I (Tier 1), был принят также в 1999 г. Взамен ему сначала в 2005 г. введен ГОСТ Р41.96-05, а позже в 2011 г. ГОСТ Р41.96-11. С 2018 г. действует только ГОСТ Р41.96-11. Заметим, что приведенные в нем нормы соответствуют нормам стандарта EU Stage II и Stage IIIA, с 2014 г. для вновь разработанных машин – Stage IIIA.

Таблица 3. Нормы Российской Федерации по токсичности отработавших газов дизельных двигателей

Нормы	Категория	Мощность двигателя, кВт	Содержание токсичных веществ в отработавших газах, г/(кВт·ч)				
			CO	C _n H _m	NO _x	C _n H _m + NO _x	PM
ГОСТ Р 41.96-99	–	37 ≤ P < 75	6,5	1,3	9,2	–	0,85
	–	75 ≤ P < 130	5,0	1,3	9,2	–	0,70
	–	P ≥ 130	5,0	1,3	9,2	–	0,54
ГОСТ Р 41.96-05	–	37 ≤ P < 75	6,5*	1,3*	9,2*	–	0,85*
	–	75 ≤ P < 130	5,0*	1,3*	9,2*	–	0,70*
	–	P ≥ 130	5,0*	1,3*	9,2*	–	0,54*
	D	18 ≤ P < 37	5,5	1,5	8,0	–	0,8
	G	37 ≤ P < 75	5,0	1,3	7,0	–	0,4
	F	75 ≤ P < 130	5,0	1,0	6,0	–	0,3
	E	130 ≤ P ≤ 560	3,5	1,0	6,0	–	0,2
ГОСТ Р 41.96-11	D**	18 ≤ P < 37	5,5	1,5	8,0	–	0,8
	G**	37 ≤ P < 75	5,0	1,3	7,0	–	0,4
	F**	75 ≤ P < 130	5,0	1,0	6,0	–	0,3
	E**	130 ≤ P ≤ 560	3,5	1,0	6,0	–	0,2
	K	19 ≤ P < 37	5,5	–	–	7,5	0,6
	J	37 ≤ P < 75	5,0	–	–	4,7	0,4
	I	75 ≤ P < 130	5,0	–	–	4,0	0,3
H	130 ≤ P ≤ 560	3,5	–	–	4,0	0,2	

* – для серийно выпускаемых двигателей, поставленных на производство до введения в действие настоящего стандарта;

** – для всех проектируемых и модернизируемых, начиная с даты введения в действие настоящего стандарта, сертификация двигателей с диапазонами мощностей D, G, F и E на соответствие требованиям настоящего стандарта не проводится.

В Республике Беларусь экологические нормы для сельскохозяйственной техники регулируются следующими документами: ГОСТ 17.2.2.05-97, ГОСТ 17.2.2.02-98 и Правила ЕЭК ООН № 96 (02)/Пересмотр 1 [7–9]. Первые два документа устанавливают менее жесткие нормы, чем предусмотрены EU Stage I. Последний, утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь от 25 января 2010 г. № 1 в качестве государственного стандарта и действует с 1 июля 2010 г. и по настоящее время. В нем, как и в ГОСТ Р41.96-11, представлены нормы, аналогичные Stage II и Stage IIIA. Для вновь разработанных машин с 01.07.2010 г. значения выбросов вредных веществ не должны превышать значений, установленных для диапазонов мощности K–H, т. е. должны соответствовать Stage IIIA. Однако, в соответствии с законом Республики Беларусь «О техническом нормировании и стандартизации» [10], рассмотренные выше документы являются стандартами добровольного применения. Законом предусмотрено обязательное соблюдение требований технических регламентов Республики Беларусь, а также технических регламентов Евразийского экономического союза. В то же время Технический регламент Таможенного союза «О безопасности машин и оборудования» (ТР ТС -1-/2011), введенный в действие с 15.02.2013 г., не предусматривает обязательное подтверждение соответствия Правилам ЕЭК ООН № 96 (02)/Пересмотр 1. Следовательно, производители сельскохозяйственной техники для ее реализации на внутреннем рынке и рынках стран ЕАЭС могут устанавливать на свои машины двигатели более низких экологических классов и лишь по своему желанию применять двигатели соответствующие нормам Stage IIIA. При реализации техники на европейских рынках требуется обязательное соблюдение норм Stage V.

С целью минимизации негативного воздействия на окружающую среду ОАО «Гомсельмаш» внедряет в сельское хозяйство высокотехнологичные разработки. В их числе, например, первый в мире комбайн, работающий на компримированном природном газе (метане) – газомоторный самоходный зерноуборочный комбайн КЗС-4118К, поставленный на производство в 2019 г. Кроме того, ОАО «Гомсельмаш» проводит работы по оснащению выпускаемой сельскохозяйственной техники двигателями высоких экологических стандартов. Эти меры направлены на повышение производительности сельскохозяйственных машин, уменьшение затрат труда на их техническое обслуживание и ремонт, повышение топливной экономичности и значительное улучшение экологических характеристик.

Так, почти все серийные зерноуборочные комбайны имеют исполнения с двигателями, соответствующими нормам Stage IIIA. К ним относятся следующие машины 4–9 класса производительности: КЗС-812, КЗС-10К, КЗС-10С, КЗС-1218, КЗС-1218А-1, КЗС-1119Р, КЗС-3219КР, КЗС-1624-1, КЗС-

2124КР. Кроме того, для поставки на Европейские рынки разработаны машины, оснащенные двигателем Stage V – КЗС-812, КЗС-1218, КЗС-1624-1 и ГН810. На кормоуборочные комбайны и другую уборочную технику также устанавливаются двигатели соответствующими нормам Stage IIIA, в числе которых: КСК-600, КВК-6025, КВК-6033, КВК-800, КВК-8060, КС-200, КС-100, КП-6.

Следует отметить, что в последнее десятилетие в мире активно идет процесс перевода автомобилей на метан, в виде сжатого (КПГ) и сжиженного (СПГ) природного газа, используемого в качестве моторного топлива вместо бензина, дизельного топлива и пропана, так как его применение значительно экономичнее, экологичнее и безопаснее. Так, двигатели, работающие на метане, без дополнительного оборудования по очистке отработавших газов, соответствуют экологическим стандартам Евро-5 и Евро-6. В продуктах его сгорания содержится меньше окиси углерода и окислов азота, в нем полностью отсутствуют дисперсные частицы и сернистые соединения (основные компоненты смога), до 65 % снижаются выбросы угарного газа и тяжелых углеводородов.

Несмотря на то, что в последние годы получили широкое распространение газодизельные и газовые двигатели в автомобильной технике, в производстве автономных генераторных установок, работающих на сжатом природном газе, газодизельных модификаций известных моделей тракторов, использование газовых двигателей для оснащения зерноуборочных комбайнов на практике не предпринималось. Исключением стала разработка специалистами научно-технического центра комбайностроения и производство ОАО «Гомсельмаш» перспективного зерноуборочного комбайна КЗС-4118К на газовом топливе. За счет своей конструкции он обеспечивает стабильный обмолот на уборке «трудных», в том числе засоренных, высокосоломистых и влажных хлебов. КЗС-4118К изготовлен на базе серийно выпускаемого комбайна КЗС-1218А-1. Главными его отличительными особенностями является двигатель Cummins SG12Ge5-350 мощностью 351 л.с., работающий на сжатом природном газе (на комбайне КЗС-1218А-1 установлен двигатель ЯМЗ-238ДЕ мощностью 330 л.с.) и восемь газовых баллонов в подкапотном пространстве. По техническим характеристикам новый зерноуборочный комбайн на газовом топливе соответствует лучшим зарубежным машинам аналогичного класса.

В соответствии с протоколом поручений, данных Президентом Республики Беларусь А. Г. Лукашенко 10.08.2018 по итогам рабочей поездки в Гомельскую область, в 2019 г. ГУ «Белорусская МИС» проводилась оценка эффективности уборки урожая с использованием комбайнов, работающих на газомоторном топливе. В результате оценки было установлено, что применение этих комбайнов позволяет обеспечить экономию затрат на приобретение топлива, так затраты на газовое топливо на уборку 1 т зерна в сезоне 2019 г. были в 2,45 раза меньше, чем затраты на дизельное топливо.

Было определено, что эксплуатация зерноуборочных комбайнов КЗС-4118К позволяет в несколько раз снизить выбросы токсичных веществ в окружающую среду: оксида углерода – в 2,5 раза, оксида азота – в 2 раза, углеводородов – в 3 раза, дымность отработавших газов – в 9 раз, обеспечив при этом экологические требования на уровне Stage V.

Необходимо подчеркнуть, что еще одним отрицательным последствием от использования сельскохозяйственных машин является уплотняющее и разрушающее действие на почву в результате давления, динамического воздействия и вибрации. В качестве государственного стандарта, регулирующего нормы воздействия техники сельскохозяйственной на почву, в Республике Беларусь с 1992 г. применяется ГОСТ 26955-86 (перездан в 2011 г.). В Российской Федерации действует ГОСТ Р 58655-2019 схожего содержания. Нормы максимального давления движителей на суглинистую и глинистую почву и нормального механического напряжения в почве должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 4 [11, 12]. Для супесчаных почв нормы максимального давления на почву увеличивают на 20 %. НВ – наименьшая влагоемкость почвы.

Таблица 4. Нормы максимального давления движителей и нормального механического напряжения

Влажность почвы в слое 0-30 см	Максимальное давление на почву колесного и гусеничного движителей, кПа, не более		Нормальное напряжение в почве на глубине 0,5 м, кПа, не более	
	весенний период	летне-осенний период	весенний период	летне-осенний период
Свыше 0,9 НВ	80	100	25	30
Свыше 0,7 НВ до 0,9 НВ включ.	100	120	25	30
Свыше 0,6 НВ до 0,7 НВ включ.	120	140	30	35
Свыше 0,5 НВ до 0,6 НВ включ.	150	180	35	45
0,5 НВ и менее	180	210	35	50

Следует отметить, что ГОСТ 26955-86 также является стандартом добровольного применения, поэтому приведенные в нем нормы можно назвать рекомендуемыми.

Заметим, что в современном мире бизнес требует постоянного повышения производительности выпускаемой техники. В этой связи, например, у зерноуборочных комбайнов увеличивается мощность двигателя до 500–600 кВт, растет вместимость бункера до 17–18 м³, возрастает ширина захвата жаток до 12–13,8 м, а это, в свою очередь, вызывает рост единичной массы техники до 32–35 т и дает

нагрузку на ось до 10–12 т. Поэтому, несмотря на старания производителей шин, они не могут обеспечить щадящее воздействие ходовых систем комбайнов на почву. Установлено, что в результате неоднократного передвижения машин по полю происходит значительное переуплотнение почвы, которое распространяется на большую глубину (до 100 см), а машинные следы покрывают до 80 % поля. Под влиянием тяжелой техники плотность почвы возросла к настоящему времени на 20–40 % [13]. Высокая плотность почвы обуславливает резкое ухудшение ее физико-химических и агрофизических свойств, оказывает большое сопротивление проникновению в них корневых систем растений, вызывает недостаток кислорода и др. Результатом угнетения почвы становится серьезное снижение урожайности, общие потери урожая, например, на черноземах достигают 45 % в год. Урожайность зерновых падает на 20 %, картофеля – на 40 % [13].

Для снижения уплотнения почв ОАО «Гомсельмаш» осуществляет совершенствование выпускаемой и разрабатываемой сельскохозяйственной техники и ее ходовых систем. Так, для уменьшения числа проходов по полю зерноуборочных комбайнов разработана 12-рядковая жатка ЖК-12 для уборки кукурузы на зерно. В 2021 г. планируется провести ее приемочные испытания и поставить на производство. Серийно выпускается жатка для уборки подсолнечника ПС-12 с числом убираемых рядков 12 шт. (ширина захвата 8,4 м); жатки транспортерные с шириной захвата 9 и 12 м позволяют повысить производительность и уменьшить количество проходов комбайна; жатки для зерновых культур – до 9,2 м.

Следует подчеркнуть, что помимо переуплотнения грунта, использование комбайнов на колесном ходу на почвах с низкой несущей способностью или переувлажненных почвах после дождей зачастую приводит к полной потере урожая. К мерам по снижению негативного воздействия колесных ходовых систем зерноуборочных комбайнов относятся следующие: установка спаренных ведущих колес (колеса ведущего моста: основная шина 30,5L-32, спаренная шина 18,4R38, колеса управляемого моста: шина 18,4-24); применение арочных шин (колеса ведущего моста: шина 71x47.00-25, колеса управляемого моста: шина 18,4-24); производство полноприводных машин с различными шинами (колеса ведущего моста: шина 800/65R32 или 900/60R32, колеса управляемого моста: шина 600/65R28).

Первые две меры позволяют обеспечить улучшение проходимости в сравнении с серийными шинами 30,5L-32 на полях с подсевом трав и торфяниках. На переувлажненных глинистых участках возможно буксование ведущих колес из-за забивания пространства между грунтозацепами, а также между спаренными колесами. Использование полноприводных машин обеспечивает значительное улучшение проходимости на большинстве полей. Однако на переувлажненных глинистых почвах возможно образование колеи глубиной до достижения клиренса. Выезд с места буксования в большинстве случаев обеспечивается за счет привода управляемых колес.

Избежать негативного воздействия на почву позволяет применение полугусеничного хода, устанавливаемого на передний ведущий мост вместо ведущих колес комбайнов. Наиболее известными и авторитетными производителями полугусеничных систем для зерноуборочной техники являются компании CLAAS (Германия), Poluzzi Track System (Италия), Camso (Канада), Sousy Track (Канада), КДМ-Агро (Россия).

Научно-техническим центром комбайностроения ОАО «Гомсельмаш» в последние годы проводились работы по установке полугусеничных систем большинства из этих компаний на свою технику. На рис. 1 и 2 приведено сравнение воздействия колесных и полугусеничных ходовых систем зерноуборочных комбайнов КЗС-2-1218Т и КЗС-3321КР в рабочей комплектации с полностью заполненным бункером относительно максимально допустимого давления на почву в летне-осенний период (согласно ГОСТ 26955-86).

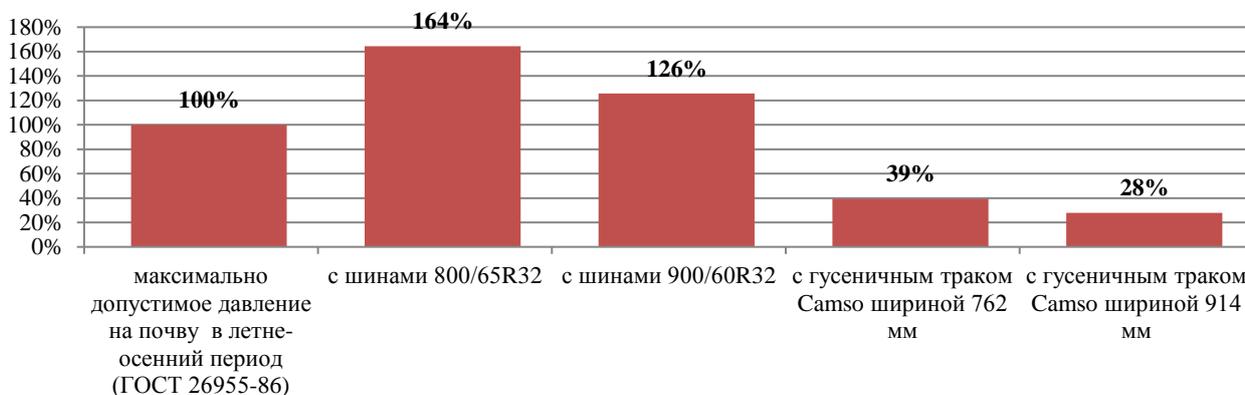


Рис. 1. Давление на почву ходовых систем зерноуборочного комбайна КЗС-2-1218Т с полным бункером и жаткой зерновой шириной захвата 9 м и приспособлением для уборки рапса шириной захвата 9 м, относительно максимально допустимого

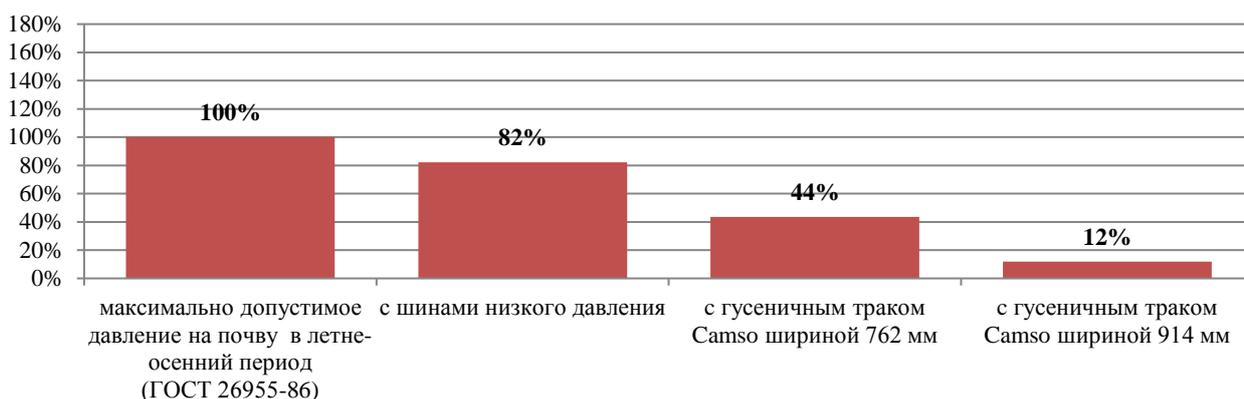


Рис. 2. Давление на почву ходовых систем зерноуборочного комбайна КЗС-3321КР с полным бункером и жаткой ЖК-12, относительно максимально допустимого

Данные рис. 1 позволяют визуально оценить, что удельное давление под колесным двигателем комбайна КЗС-2-1218Т в комплектации с жаткой зерновой шириной захвата 9 м и приспособлением для уборки рапса шириной – 9 м, а также полным бункером превышает максимально допустимые значения, регламентированные ГОСТ 26955-86. Решением проблемы, как видно из рис. 1 и 2, является установка шин низкого давления или полугусеничного хода. Особенно это актуально при необходимости проведения уборочных работ в особо тяжелых условиях.

В настоящее время ОАО «Гомсельмаш» выпускает следующие модели зерноуборочных комбайнов на гусеничном и полугусеничном ходу: КЗС-812С, КЗС-10С, КЗС-812С PRO, КЗС-2-1218Т, КЗС-1624-1Т и КЗС-2124КРТ. В виду того, что альтернативным и менее дорогостоящим вариантом уменьшения давления на почву является применение шин низкого давления, ОАО «Гомсельмаш» ведутся работы по применению таких шин на серийно производимой технике.

Заключение

Проведенные исследования показали, что решение экологических проблем в настоящее время является приоритетным и требует объединения производителей техники для реализации мероприятий направленных на сохранение и улучшение окружающей среды. В первую очередь необходимо направить усилия на снижение токсичных выбросов отработавших газов дизельных двигателей сельскохозяйственных машин в атмосферу, а также уплотняющего и разрушающего действия на почву в результате различных воздействий, динамического давления, вибрации и неоднократного передвижения техники по полю. В этой связи, поскольку действующие в Республике Беларусь нормативные документы, регулирующие пределы выбросов вредных веществ и устанавливающие нормы максимального давления двигателей на почву являются документами добровольного применения и носят, скорее, рекомендательный характер, производителям машин следует брать их за основу и придерживаться указанных норм, т.е. в разрабатываемых машинах использовать двигатели, соответствующие нормам не ниже Stage IIIA с постепенным переходом на более жесткие, действующие в Европейских странах. А также применять широкозахватные адаптеры, шины низкого давления и полугусеничный ход на тяжелой энергоёмкой сельскохозяйственной технике.

Так, ОАО «Гомсельмаш» для решения экологических проблем, в частности с целью минимизации негативного воздействия на окружающую среду, проводит работы по оснащению выпускаемой сельскохозяйственной техники двигателями высоких экологических стандартов – от Stage IIIA до Stage V. Кроме того, Научно-техническим центром комбайностроения разработан и в 2019 г. поставлен на производство первый в мире комбайн, работающий на сжатом природном газе – газомоторный самоходный зерноуборочный комбайн КЗС-4118К. Эта машина позволяет в несколько раз сократить выбросы токсичных веществ в окружающую среду, обеспечив при этом экологические требования на уровне Stage V.

Для снижения уплотняющего и разрушающего действия на почву в результате давления, динамического воздействия и вибрации сельскохозяйственными машинами, а также сокращения числа их передвижений по полю, ОАО «Гомсельмаш» реализует следующие мероприятия:

- разработка и применение широкозахватных жаток, в числе которых 12-рядковая жатка для уборки кукурузы на зерно;
- совершенствование ходовых систем уборочных машин, использование полугусеничного хода.

Мероприятия по снижению экологической нагрузки, применяемые в сельскохозяйственной технике ОАО «Гомсельмаш», способствуют повышению ее привлекательности и уровня конкурентоспособности, а также продвижению на внешних рынках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стандарты Euro и Stage для дизельных двигателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rentenergo.ru/dizelnyie-dvigateli-standart/standartyi-euro-i-stage-dlya-dizelnyih-dvigatelay.html>. – Дата доступа: 28.04.2021.
2. EU: Nonroad Engines [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dieselnet.com/standards/eu/nonroad.phps1>. – Дата доступа: 28.04.2021.
3. United States: Nonroad Diesel Engines [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dieselnet.com/standards/us/nonroad.php>. – Дата доступа: 28.04.2021.
4. 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: ГОСТ Р 41.96-1999. – Введ. 01.01.2001. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 61 с.
5. 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: ГОСТ Р 41.96-2005. – Введ. 01.01.2008 (взамен ГОСТ Р 41.96-1999). – М.: Стандартиформ, 2006. – 61 с.
6. 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: ГОСТ Р 41.96-2011. – Введ. 01.03.2013 (взамен ГОСТ Р 41.96-2005). – М.: Стандартиформ, 2020. – 61 с.
7. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения двигателей с воспламенением от сжатия для установки на сельскохозяйственных и лесных тракторах и внедорожной мобильной технике в отношении выброса загрязняющих веществ этими двигателями: Правила ЕЭК ООН № 96 (пересмотр 1). – Введ. 01.07.2010 (взамен Правил ЕЭК ООН № 96 (01)). – Мн.: Госстандарт, 2010. – 170 с.
8. Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы определения выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизелей, тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин: ГОСТ 17.2.2.05-97. – Введ. 01.07.1999 (взамен ГОСТ 17.2.2.05-86). – Мн.: Госстандарт, 2010. – 12 с.
9. Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы определения дымности отработавших газов дизелей, тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин: ГОСТ 17.2.2.02-98. – Введ. 01.01.2000 (взамен ГОСТ 17.2.2.02-86). – Мн.: Госстандарт, 2010. – 16 с.
10. О техническом нормировании и стандартизации: Закон Респ. Беларусь, 5 января 2004 г. № 262-3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=h10400262>. – Дата доступа: 28.04.2021.
11. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву: ГОСТ 26955-86. – Введ. 01.01.1987. – Мн.: Госстандарт, 2011. – 6 с.
12. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву: ГОСТ Р 58655-2019. – Введ. 30.12.2019. – М.: Стандартиформ, 2019. – 6 с.
13. Б о с е н к о, Н. С. Экологичность использования машин и технологий в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologichnost-ispolzovaniya-mashin-i-tehnologiy-v-selskom-hozyaystve/viewer> / Н. С. Босенко – Дата доступа: 28.04.2021.