

DOI

УДК 631.372 + 662.613.53 + 504.062.2

МЕТОД РАСЧЕТА ВЫБРОСА ДИОКСИДА УГЛЕРОДА МАШИННО-ТРАКТОРНЫМИ АГРЕГАТАМИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЯХ, С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ АГРЕГАТОВ НА ФОРМИРУЕМЫЙ УРОЖАЙ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

К.А. Хафизов, Р.Н. Хафизов, А.А. Нурмиев

Реферат. Исследования проводили с целью разработки метода расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях в растениеводстве при возделывании зерновых культур. Предложен критерий оптимизации параметров и режимов работы почвообрабатывающих, посевных и других агрегатов – минимальный выброс диоксида углерода в атмосферу при их изготовлении, техническом обслуживании и производственной эксплуатации. Особенность предлагаемого метода заключается в том, что он учитывает влияние параметров техники на потери потенциального урожая, избежать которых при сегодняшнем уровне развития машин и технологий невозможно. Формирование урожая происходит в результате поглощения растениями диоксида углерода из атмосферы и, частично, из почвы. Диоксид углерода (CO_2), который потерянный урожай мог бы поглотить из атмосферы, выводится из кругооборота, а значит остается в воздухе, и в нашей методике он приписывается к CO_2 , выброшенному в атмосферу при изготовлении, обслуживании и эксплуатации агрегата. Предложена формула, которая позволяет рассчитать массу диоксида углерода для формирования зерна массой 1 кг. Из зерновых культур на формирование единицы урожая больше всего CO_2 из атмосферы (по теоретическим расчетам) поглощает озимая рожь (около 3 кг/кг), далее кукуруза (2,8 кг/кг). Опираясь на результаты этих исследований, предложена математическая модель работы машинно-тракторных агрегатов на технологических операциях по подготовке почвы к посеву и посеву по предложенному критерию оптимизации. Проверку работоспособности разработанного метода осуществляли путем вычислительных экспериментов с использованием созданной математической модели на технологической операции подготовка почвы тяжелыми дисковыми боронами (с учетом влияния веса трактора, мощности его двигателя, ширины захвата и рабочей скорости агрегата на выброс диоксида углерода). Минимальный выброс диоксида углерода для условий проведения вычислительного эксперимента обеспечивается при весе трактора 145 кН.

Ключевые слова: диоксид углерода, машинно-тракторный агрегат, экология, технологическая операция, оптимизация параметров, критерий оптимизации.

Введение. Проблема снижения карбонового следа приобретает особую актуальность в связи с непрерывным ростом среднегодовой температуры на земном шаре [1, 2, 3]. Развитие этого процесса связывают с увеличением содержания в атмосфере парниковых газов, в том числе диоксида углерода. Основным источником диоксида углерода, связанный с деятельностью человека – сжигание ископаемого топлива, которое в значительных объемах потребляется в аграрном секторе экономики [4, 5, 6]. Ископаемое топливо используют при изготовлении, техническом обслуживании и производственной эксплуатации сельскохозяйственной техники. Количество диоксида углерода, выбрасываемого в атмосферу машинно-тракторными агрегатами зависит от множества факторов рассматриваемой системы, в том числе от параметров и режимов работы трактора и агрегата в целом [7, 8, 9]. В ряде исследований было выявлено [10, 11, 12], что параметры машинно-тракторных агрегатов влияют на величину формируемого урожая, а все сельскохозяйственные растения вовлечены в процесс кругооборота углерода в природе. Поэтому составление методики расчета величины выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами в аграрном секторе экономики с учетом их влияния на формируемый урожай зерновых культур представляет научный и практический интерес и ставится целью проводимого исследования.

Цель исследований разработка метода расчета выброса диоксида углерода машинно-тракторными агрегатами на технологических операциях в растениеводстве при возделывании зерновых культур.

Условия, материалы и методы. При проведении исследований использовали метод математического моделирования работы машинно-тракторных агрегатов (МТА) на основе интегрального критерия оптимизации – удельный суммарный выброс диоксида углерода в атмосферу. Для составления математической модели воспользуемся наработанным, в сфере эксплуатации МТА, прикладным математическим аппаратом, опираясь на достижения агрономических наук.

По нашему мнению количество диоксида углерода, выбрасываемого в атмосферу при эксплуатации почвообрабатывающих и посевных машинно-тракторных агрегатов в аграрном производстве, складывается из следующих составляющих:

$$CO_2 = CO_{2и.тр} + CO_{2и.схм} + CO_{2и.пр} + CO_{2рто} + CO_{2с.р} + CO_{2упр} + CO_{2тсм} + CO_{2ар} + CO_{2упл} \rightarrow \min, (1)$$

где CO_2 – удельный суммарный выброс диоксида углерода, кг/га;

$CO_{2и.тр}$, $CO_{2и.схм}$, $CO_{2и.пр}$ – количество CO_2 , выброшенное соответственно при изготовлении трактора, сельскохозяйственной машины, прицепа, приходящееся на 1 га, кг/га;

$CO_{2рто}$ – количество CO_2 , выброшенное в атмосферу при проведении ремонта и техни-

Таблица 1 – Количество диоксида углерода, рассчитанное для формирования единицы массы зерновых культур, исходя из содержания углерода в зерне и в соломе*

Культура	Влажность %	Обменная энергия содержащаяся в 1000 г корма мДж	Сухое вещество, %	Углерод в сухом веществе, %	Коэффициент соломистости	Сухое вещество, %	Органическое вещество, %	Углерод в сухом веществе, %	Масса углерода в 1 т зерна с учетом соломы, кг	Масса CO ₂ для формирования 1 кг зерна с учетом соломы, кг
Озимая пшеница	13,0	13,18	87	18,0	1,4	8	81	40	64,0	2,34
Озимая рожь	13,0	13,39	87	18,1	1,8	8	82	42,5	81,5	2,99
Ячмень	13,0	13,01	87	17,9	1,2	8	81	40	56,9	2,09
Овес	12,5	12,55	88,5	17,4	1,2	8	79	36	52,6	1,93
Яровая пшеница	13,0	13,39	87	18,3	1,5	8	82	39	66,2	2,43
Кукуруза	13,0	13,82	87	18,7	2,0	8	81	35	76,5	2,80
Рапс	14,0	12,21	86	17,2	1,6	8	80	38,5	67,8	2,49
Гречиха	14,0	12,13	86	17,1	1,6	8	80	40	69,7	2,56
Горох	14,0	12,68	86	17,5	1,5	8	81	42	69,2	2,54
Соя	14,0	16,53	86	19,9	1,4	8	82	36	60,5	2,22
Вика	14,0	13,57	86	18,4	1,4	8	81	42	66,4	2,43

*содержание кислорода в сухом веществе всех исследованных культур ≈70 %, водорода – ≈10 %

ческого обслуживания трактора, прицепа и сельскохозяйственной машины, кг/га;

$CO_{2c.p.}$ – количество CO_2 , выброшенное в атмосферу при сборке и разборке агрегата, кг/га;

$CO_{2упр}$ – количество CO_2 , выделяемое механизатором при управлении трактором, кг/га;

$CO_{2тсм}$ – количество CO_2 , выброшенное при сжигании топлива двигателем трактора, кг/га;

$CO_{2агр}$ – количество CO_2 из атмосферы не связанное урожаем, из-за его потерь в связи с нарушением агротехнических сроков выполнения технологической операции, кг/га;

$CO_{2упл}$ – количество CO_2 не связанное урожаем из атмосферы, из-за его потерь в связи с уплотнением почвы движителями трактора кг/га.

Предлагаемый показатель (удельный суммарный выброс диоксида углерода, кг/га) и будет критерием оптимизации параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов. При разработке метода снижения выбросов диоксида углерода необходимо выявить зависимость каждого слагаемого правой части уравнения (1) от параметров и режимов работы трактора и сельскохозяйственной машины, а также факторов рассматриваемой системы трактор-оператор-орудие-поле-почва-урожай (ТООППУ) и внешней среды.

Результаты и обсуждение. Для расчета двух последних слагаемых ($CO_{2агр}$, $CO_{2упл}$) критерия оптимизации в уравнении (1), необходимо выявить размеры потерь урожая из-за нарушения агротехнических сроков выполнения технологической операции и уплотнения почвы ΔY и обосновать – сколько диоксида

углерода поглощает единица зерновой части той или иной культуры с учетом ее соломистости.

Информации по поглощению CO_2 культурными растениями в литературе мало и она разноречива. Попробуем теоретически обосновать, сколько потребляет та или иная культура диоксида углерода из атмосферы и почвы за период вегетации, то есть за год, в расчете на единицу массы урожая. Для этого воспользуемся данными о содержании в растениях (листьях, стеблях и плодах) сухого вещества [13], а также углерода в сухом веществе, далее рассчитаем, исходя из формулы диоксида углерода - CO_2 и молярной массы ее химических элементов, сколько диоксида углерода поглощает растение.

Формула для такого расчета будет выглядеть следующим образом:

$$M_{CO_2} = M_3 \cdot ((C_3 \cdot P_{C_3}) + (K_c \cdot C_c \cdot P_{C_c})) \cdot (44/12) \quad (2)$$

где M_{CO_2} – масса диоксида углерода для формирования зерна массой M_3 , кг/кг;

M_3 – масса зерна, кг;

C_3 – содержание сухого вещества в зерне, %;

P_{C_3} – содержание углерода в сухом веществе зерна, %;

K_c – коэффициент соломистости культуры;

C_c – содержание сухого вещества в соломе, %;

P_{C_c} – содержание углерода в сухом веществе соломы, %; 44 – молярная масса диок-

Культура	Средняя урожайность, ц/га	Поглощение CO ₂ , кг/ц	Площадь посевов, тыс.га	Масса поглощенного CO ₂ , т
Яровая пшеница	31	132*	506,4	2072188,8
Озимая рожь	38	360 *	113,8	1270008,0
Кукуруза на силос	73	140 *	129,6	1324512,0

*рассчитано с использованием результатов экспериментов, проведенных в Германии и США [15, 16]

сида углерода; 12 – молярная масса углерода.

Результаты такого расчета (табл. 1) свидетельствуют о том, что M_{CO_2} , например, для формирования 1 кг зерна озимой пшеницы с учетом массы сопутствующей соломы составит 2,34 кг/кг. Верность наших расчетов подтверждают данные исследователей из Германии и США (табл. 2). В целом наибольшим среди изученных культур поглощением CO_2 из атмосферы на формирование единицы урожая характеризуются озимая рожь (около 3 кг/кг) и кукуруза (2,8 кг/кг).

Количество CO_2 , не связанного формируемым урожаем, из-за потерь в связи с нарушением агротехнических сроков выполнения технологической операции ($CO_{2арп}$) можно рассчитать по формуле:

$$CO_{2арп} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (C_{пi} \cdot i \cdot W \cdot T_{см} \cdot n_{см}) + N_i \cdot i \cdot C_{пi} \cdot W \cdot T_{см} \cdot n_{см}}{S_0} \quad (3)$$

где $C_{пi}$ – масса не поглощенного CO_2 с 1 га в день из-за потерь урожая, кг/га/день;

$$C_{пi} = Y \cdot \Delta y \cdot M_{CO_2} / 100 \quad (4)$$

где Y – планируемая урожайность, кг/га;
 Δy – потери урожая в % на 1 день нарушения агросрока выполняемой работы;

M_{CO_2} – масса диоксида углерода для формирования зерна массой 1 кг, кг;

W – производительность машинно-тракторного агрегата, га/ч;

N_i – число целых дней в N^i ;

S_0 – объем выполняемой работы по операции, приходящейся на один МТА, га.

$$N^i = \frac{S_0}{W \cdot T_{см} \cdot n_{см}} \quad (5)$$

где N^i – число дней необходимых для выполнения объема работы S_0

$n_{см}$ – число смен в одном рабочем дне;

$T_{см}$ – продолжительность смены в часах.

Значение Δy уст анавливают экспериментально для климатических зон с учетом региональных особенностей. Из литературных источников известно, что Δy на культивации находится в пределах 0,3%, на посеве – 0,9%, а при уборке зерновых может достигать 3% [17].

Объем работы S_0 на технологической операции, приходящийся на один агрегат, в каждом конкретном предприятии будет различным. Оптимальную величину этого показателя возможно определить, рассматривая работу всего машинно-тракторного парка, так как его размеры влияют на количественный и качественный состав парка техники.

При эксплуатационных расчетах выброса диоксида углерода МТА, величину S_0 можно определить исходя из всего объема работ в хозяйстве по той или иной операции с учетом числа занятых агрегатов пропорционально их нормативной производительности.

Расчет количества диоксида углерода, не поглощенного из атмосферы из-за потерь урожая в связи с уплотнением почвы движителя-

ми колесного трактора, проводится по следующей формуле [18]:

$$CO_{2пл} = AY M_{CO_2} \left(\frac{B_1}{2B_p} \sum_{j=1}^n w b_j q_{max} + [U] \right) \left(1 - \frac{n B_1}{2B_p} \right) [U] / 100 \quad (6)$$

где A – коэффициент, определяющий долю потеряннного урожая на единицу уплотняющего воздействия колес трактора, %×м/кН; B_1 – ширина зоны влияния уплотняющего воздействия трактора на урожайность сельскохозяйственных культур на поле (в ориентировочных расчетах $B_1 = 10,8$ м); B_p – рабочая ширина МТА, м; n – общее число следов движителей, оставляемых на поле за один проход; w – коэффициент, зависящий от размеров и формы опорной поверхности движителей (для колесного $w = 1,25$); b_k – ширина профиля колеса, м; q_{max} – максимальное давление отдельного колеса трактора на почву, кПа; $[U]$ – допустимый уровень уплотняющего воздействия колеса трактора на почву, ниже которого уменьшения урожайности культуры не происходит $[U] = 75$ кН/м.

Для расчета q_{max} на основе результатов экспериментальных исследований выведена эмпирическая формула [19]:

$$q_{max} = 3.46 \rho_w - 7.4493 B_p w / D + 0.075552 H - 0.23353 (\rho_n \rho_w D^3) / M \quad (7)$$

где q_{max} – максимальное давление колеса на почву, Н/м²; D – диаметр колеса, м; M – масса трактора, приходящаяся на одно колесо, кг; B – ширина профиля колеса, м; H – твердость почвы, Па; ρ_n – плотность почвы, кг/м³; ρ_w – давление воздуха в шинах, Н/м².

Остальные составляющие критерия оптимизации (1), рассчитывается путем определения энергетических затрат [10, 11] с дальнейшим перерасчетом энергии в массу CO_2 с использованием переводного коэффициента. Переводный коэффициент рассчитывается на основе усреднения массы CO_2 , приходящейся на 1 МДж энергии, полученной от сгорания различных наиболее распространенных видов топлива (уголь – 0,093; нефтепродукты – 0,072; природный газ – 0,055; биодизельное топливо – 0,071 кг/МДж) [20, 21, 22]. Средняя величина этого показателя составляет 0,072 кг/МДж.

На основе разработанного метода проведем расчет выброса CO_2 агрегатом на технологической операции – обработка почвы тяжелой дисковой бороной и выявим влияние массы трактора в составе МТА на выброс диоксида углерода. Для расчетов возьмем следующие исходные данные: площадь поля – 60 га; длина гона – 1 км; расстояние переезда с поля на поле – 2 км; плотность семян – 800 т/м³; коэффициент прочности несущей поверхности – 0,9; объем работы – 550 га; количество тракторов на поле – 1 шт.; время работы за сутки – 14 ч; суммарная урожайность культуры – 50 ц/га; давление в шинах колес трактора – 0,16 МПа; число колес на одном борту трактора – 1 шт.; коэффициент сцепления колес трактора с почвой – 0,6; коэффициент сопротивления перекачиванию колес трактора – 0,12; коэффициент рас-

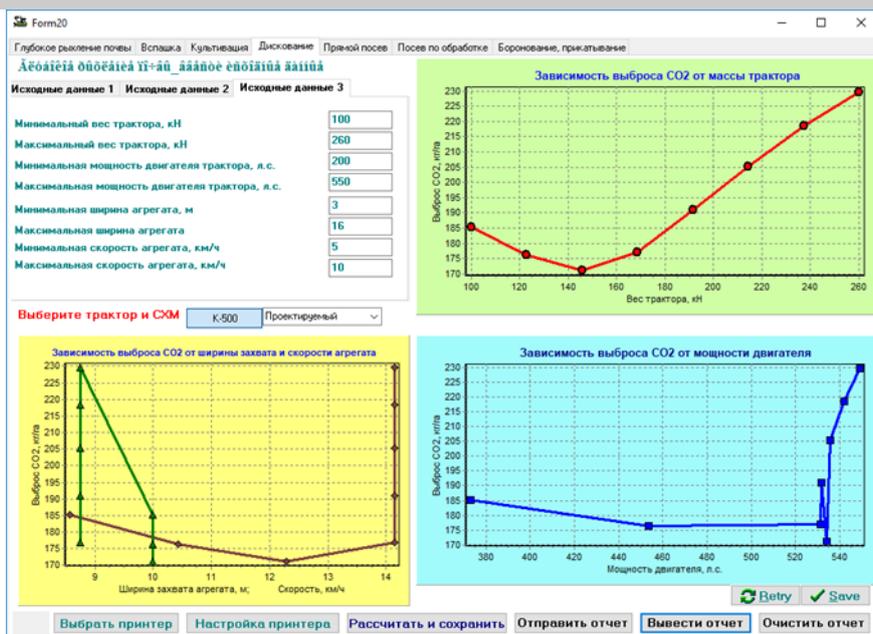


Рис. 1 – Вид окна формы прикладной программы расчета выброса CO₂ на дисковании почвы.

предела нагрузки по осям трактора – 0,98; плотность почвы – 1300 кг/м³; твердость почвы – 1500000 Па; удельное сопротивление сельхозмашины – 6,5 кН/м.

Проведение расчетов показало, что наименьший выброс CO₂ при дисковании почвы составит 171,12 кг/га; оптимальный вес трактора (Mt) – 145,714 кН; потребная мощность трактора (N) – 533,943 л.с.; оптимизированная ширина захвата (B) – 12,3 м; оптимизированная скорость (V) – 10 км/ч. Отмечено

заметное влияние на выброс диоксида углерода в атмосферу веса трактора (рис. 1, 2). Явно выраженная минимальная величина этого показателя приходится на массу равную 14571,4кг, что соответствует массе трактора 5-го тягового класса. Ее увеличение или уменьшение ведет к росту выброса CO₂. Таким образом предлагаемый метод определения выброса диоксида углерода в атмосферу МТА работоспособен и дает возможность находить пути снижения выброса CO₂ в атмосферу, что

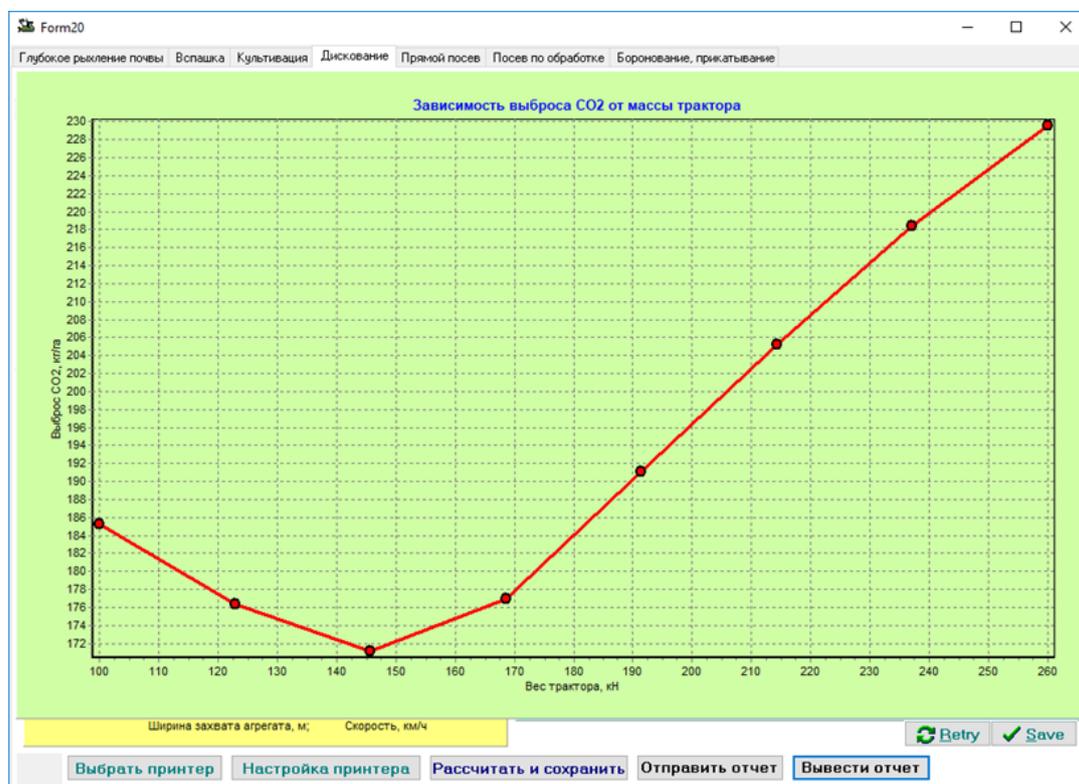


Рис. 2 – Вывод графика влияние веса трактора на выброс диоксида углерода в атмосферу.

видно и по другим графикам на рисунке 1.

Выводы. В результате исследований теоретически обоснована формула для определения количества двуокиси углерода, необходимого для формирования единицы массы зерновых культур исходя из содержания углерода в зерне и в соломе. Проведенные расчеты свидетельствуют, что больше всего углекислого газа из атмосферы на формирование единицы массы зерна с учетом соломистости культуры поглощают озимая рожь (около 3 кг/кг) и кукуруза (2,8 кг/кг).

На основе методики расчета количества двуокиси углерода, необходимого для формирования единицы массы зерновых культур и с использованием результатов предыдущих исследований, предложен метод, позволяющий

искать пути снижения выброса диоксида углерода в атмосферу при эксплуатации машинно-тракторных агрегатов на технологических операциях в сельскохозяйственном производстве. Расчеты, проведенные для технологической операции – подготовка почвы тяжелой дисковой бороной, с использованием разработанного метода расчета выброса CO₂ в атмосферу свидетельствуют о наличии зависимости количества диоксида углерода от веса трактора и других параметров агрегата. Разработанный метод позволяет проводить оптимизацию параметров агрегатов при их использовании на различных технологических операциях с целью снижения карбонового следа и искать пути снижения выброса диоксида углерода в атмосферу.

Литература

1. Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / ed. T.F. Stocker, D. Qin, G-K. Plattner, et al. Cambridge: Cambridge University Press; 2013. 1535 p
2. Адамов Н. А., Чижова Л. П., Курдюкова Н. О. Влияние изменения климата на экономическую безопасность регионов России // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2020. № 1. С. 87-90.
3. Долгопериодные изменения температуры воздуха в Татарстане и их сценарии в текущем столетии / Ю. П. Переведенцев, К. М. Шангалинский, Б. Г. Шерстников и др. // Журнал Белорусского государственного университета. География. Геология. 2019. № 2. С. 94-107. DOI 10.33581/2521-6740-2019-2-94-107.
4. Зенченко С. А., Горбачев Н. Н. Глобальные экологические проблемы // Экологический менеджмент в ЕС: курс и МООС. Минск: Общество с ограниченной ответственностью "Медисонт", 2018. С. 41-75.
5. Широков Ю. А. Анализ перспектив энергоэкономической оценки агротехнологий // Агроинженерия. 2021. № 4(104). С. 46-52. doi 10.26897/2687-1149-2021-4-46-52.
6. Energy intensity of Agriculture and food systems / N. Pelletier, E. Adli, S. Brodt, et al. // Annual Review of Environment and Resources. 2011. Vol. 36. P. 223-246. URL: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-081710-161014> (Дата обращения: 14.05.2022).
7. Пути снижения выброса в атмосферу диоксида углерода на производственных процессах в растениеводстве / Р. Н. Хафизов, Ф. Х. Халиуллин, К. А. Хафизов и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 38-42. doi: 10.12737/2073-0462-2021-38-42.
8. Даргель Р. С., Гермаковский В. А. Применение альтернативных видов топлива для автотракторных двигателей // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства : сборник научных трудов. Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. С. 168-176.
9. Сервис импортной и отечественной сельскохозяйственной техники и оборудования в современных условиях / Б. Г. Зиганшин, К. А. Хафизов, А. Р. Валиев и др. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2009. 444 с.
10. Хафизов К. А. Методика расчета МТА по критерию «совокупные энергозатраты» // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2006. № 3. С. 46-51.
11. Хафизов К. А. Оптимизация параметров и режимов работы МТА на основе энергетического анализа // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2006. № 7. С. 32-34.
12. Галиев И. Г., Хафизов К. А., Халиуллин Ф. Х. Модернизация системы смазки подшипникового узла турбокомпрессора автотракторного двигателя // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т.14. №1(52). С.71-76. doi: 10.12737/article_5ccedd77ac7e0.09639673.
13. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрехимия/под ред. Б.А. Ягодина. М.: Колос, 2002. 584 с.: ил.
14. Составлен ТОП высокоурожайных сортов сельхозкультур Татарстана. / Интернет ресурс Главглагоном. URL:<https://glavagronom.ru/news/sostavlen-top-vysokourozhaynyh-sortov-selhozkultur-tatarstana> (дата обращения: 14.05.2022).
15. Dorsch K. Heimat Landwirte informieren über CO₂-Bindung / URL:<https://www.topagrar.com/suedplus/news/heimatlandwirte-informieren-ueber-co2-bindung-12090307.html> (дата обращения: 14.05.2022).
16. CO₂ uptake and ecophysiological parameters of the grain crops of midcontinent / T.G. Gilmanov, B.K. Wylie, L.L. Tieszen, et al. // Agriculture, Ecosystems and Environment. 2013. Vol. 164. P. 162–175.
17. Киртбая Ю. К. Резервы в использовании машинно-тракторного парка. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1982.
18. Хасанов Ф. Д., Хасанов Ф. Д. Анализ выброса парниковых газов машинно-тракторными агрегатами на основной обработке почвы // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Мудрова П.Г. Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. С. 298-307.
19. Хафизов Р. Н., Хафизов Р. Н. Результаты многофакторного эксперимента по определению зависимости максимального давления колес трактора на почву от параметров трактора и физико-механических свойств почвы. Анализ уравнений // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2016. Т. 11. № 4(42). С. 99-103. doi: 10.12737/article_592fc87648e2b5.26544976.
20. Хафизов К. А. Снижение суммарных энергетических затрат на технологических операциях в АПК - путь снижения выбросов парниковых газов в атмосферу // Вестник Казанского государственного аграрного

университета. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 43-47. doi: 10.12737/2073-0462-2021-43-47.

21. Черкаев Г. В. Анализ выбросов загрязняющих веществ от судовых двигателей при сжигании традиционных и альтернативных видов топлив // Морские интеллектуальные технологии. 2021. № 1-2(51). С. 97-101. DOI 10.37220/MIT.2021.51.1.031.

22. Михайличенко Т. А., Гальчун А. Г. Экологическая характеристика различных источников энергии // Вестник горно-металлургической секции Российской академии естественных наук. Отделение металлургии. 2018. № 41. С. 238-240.

Сведения об авторах:

Хафизов Камиль Абдулхакович – доктор технических наук, заведующий кафедры тракторы, автомобили и безопасность технологических процессов, e-mail: fts-kgau@mail.ru

Хафизов Рамиль Наилевич – кандидат технических наук, доцент кафедры тракторы, автомобили и безопасность технологических процессов, e-mail: ramilajz@mail.ru

Нурмиев Азат Ахиарович – старший преподаватель кафедры тракторы, автомобили и безопасность технологических процессов, e-mail: azat-nurmiev@mail.ru

Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

METHOD OF CALCULATION OF CARBON DIOXIDE EMISSION BY MACHINE-TRACTOR UNITS IN TECHNOLOGICAL OPERATIONS, TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF THE UNITS ON THE FORMED CROP OF GRAIN CROPS

C.A. Khafizov, R.N. Khafizov, A.A. Nurmiev

Abstract. Researches were conducted for the purpose of development of a method of calculation of emission of carbon dioxide by machine and tractor units on technological operations in crop production at cultivation of grain crops. The criterion of optimization of parameters and operating modes of soil-cultivating, sowing and other units – the minimum emission of carbon dioxide in the atmosphere at their production, maintenance and production operation is offered. Feature of the offered method is the fact that it considers influence of parameters of the equipment on losses of a potential harvest which to avoid at today's level of development of the equipment and technologies it is impossible. Formation of a harvest results from absorption by carbon dioxide plants from the atmosphere and, partially, from the soil. Carbon dioxide (CO₂) which the lost harvest could absorb from the atmosphere is removed from a circulation, so remains in air, and in our technique it is attributed to CO₂ released into the atmosphere at production, service and operation of the unit. In article the method of calculation of amount of the carbon dioxide necessary for formation of unit of a grain part of a harvest and not grain part accompanying it is in detail considered. The formula which allows to calculate the mass of carbon dioxide in kg for formation of grain weighing 1 kg is offered. It became clear that from grain crops on formation of unit of a harvest, most of all CO₂ from the atmosphere is absorbed by winter rye (about 3 kg/kg), further corn (2,8 kg/kg by theoretical calculations). Leaning on these researches, the mathematical model of operation of machine and tractor units on technological operations on preparation of the soil for crops and crops by the offered criterion of optimization is developed. An inspection of operability of the offered method by carrying out computing experiments with use of the created mathematical model on technological operation – preparation of the soil heavy disk harrows is carried out. During calculations influence of weight of the tractor, power of its engine, width of capture of the unit and working speed of the unit on carbon dioxide emission became clear. The minimum emission of carbon dioxide, for conditions of carrying out a computing experiment, is provided weighing tractor of 145 kN. The tractor weight deviation towards increase or reduction leads to growth of emission of carbon dioxide in the atmosphere.

Key words: carbon dioxide, machine-tractor unit, ecology, technological operation, optimization of parameters, optimization criterion.

References

1. Stocker TF, Qin D, Plattner G-K. Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press. 2013; 1535 p
2. Adamov NA, Chizhova LP, Kurdyukova NO. [Influence of climate change on the economic security of Russian regions]. RISK: Resursy, Informatsiya, Snaabzhenie, Konkurentsiya. 2020; 1. 87-90 p.
3. Perevedentsev YuP, Shantalinskii KM, Sherstyukov BG. [Long-term changes in air temperature in Tatarstan and their scenarios in the current century]. Zhurnal Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta. Geografiya. Geologiya. 2019; 2. 94-107 p. DOI 10.33581/2521-6740-2019-2-94-107.
4. Zenchenko SA, Gorbachev NN. [Global environmental problems]. Ekologicheskii menedzhment v ES: kurs i MOOS. Minsk: Obshchestvo s ogranichennoi otvetstvennost'yu “Medison”. 2018; 41-75 p.
5. Shirokov YuA. [Analysis of the prospects for the energy-economic assessment of agricultural technologies]. Agrozhenneriya. 2021; 4(104). 46-52 p. doi 10.26897/2687-1149-2021-4-46-52.
6. Pelletier N, Adsl E, Brodt S. Energy intensity of Agriculture and food systems. Annual Review of Environment and Resources. 2011. Vol. 36. 223-246 p. [cited 2022 May 14]. Available from: <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-081710-161014>.
7. Khafizov RN, Khaliullin FK, Khafizov KA. [Ways to reduce carbon dioxide emissions into the atmosphere during production processes in crop production]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021; Vol.16. 3 (63). 38-42 p. doi: 10.12737/2073-0462-2021-38-42.
8. Dargel' RS, Germakovskii VA. Primenenie al'ternativnykh vidov topliva dlya avtotraktornykh dvigatelei. [The use of alternative fuels for autotractor engines]. Innovatsionnye resheniya v tekhnologiyakh i mekhanizatsii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva : sbornik nauchnykh trudov. Gorki: Belorusskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya. 2020; 168-176 p.
9. Ziganshin BG, Khafizov KA, Valiev AR. [Service of imported and domestic agricultural machinery and equipment in modern conditions]. Kazan': Kazanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. 2009; 444 p.
10. Khafizov KA. [Methodology for calculating the MTA according to the criterion “total energy costs”]. Traktory i sel'skokhozyaistvennyye mashiny. 2006; 3. 46-51 p.
11. Khafizov KA. [Optimization of parameters and operating modes of MTA based on energy analysis]. Traktory i sel'skokhozyaistvennyye mashiny. 2006; 7. 32-34 p.
12. Galiev IG, Khafizov KA, Khaliullin FK. [Modernization of the lubrication system for the bearing assembly of a turbocharger of an autotractor engine]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2019; Vol.14. 1 (52). 71-76 p. doi: 10.12737/article_5ccedd77ac7e0.09639673.

13. Yagodin BA, Zhukov YuP, Kobzarenko VI. *Agrokimiya*. [Agrochemistry]. Moscow: Kolos. 2002; 584 p.
14. The TOP of high-yielding varieties of agricultural crops of Tatarstan was compiled. [Internet]. Glavagronom. [cited 2022, May 14]. Available from: <https://glavagronom.ru/news/sostavlen-top-vysokourozhaynyh-sortov-selhozkulturno-tatarstana>.
15. Dorsch K. Heimat Landwirte informieren über CO2-Bindung. [cited 2022 May 14]. Available from: <https://www.topagrar.com/suedplus/news/heimatlandwirte-informieren-ueber-co2-bindung-12090307.html>. German.
16. Gilmanov TG, Wylie BK, Tieszen LL. CO2 uptake and ecophysiological parameters of the grain crops of midcontinent. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 2013; Vol.164. 162-175 p.
17. Kirtbaya YuK. Rezervy v ispol'zovanii mashinno-traktornogo parka. [Reserves in the use of the machine and tractor fleet]. Moscow: Kolos. 1982.
18. Khasanov FD, Khasanov FD. [Analysis of greenhouse gas emissions by machine-tractor units in the main soil development. Current state and prospects for the development of the technical base of the agro-industrial complex]. *Nauchnye trudy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati d.t.n., professora Mudrova P.G. Kazan': Kazanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet*. 2021; 298-307 p.
19. Khafizov RN, Khafizov RN. [Results of a multifactorial experiment to determine the dependence of the maximum pressure of the tractor wheels on the soil on the tractor's parameters and the physical and mechanical properties of the soil. Analysis of equations]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016; Vol.11. 4 (42). 99-103 p. doi: 10.12737/article_592fc87648e2b5.26544976.
20. Khafizov KA. [Reduction of total energy costs for technological operations in the agro-industrial complex - a way to reduce greenhouse gas emissions into the atmosphere]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021; Vol.16. 3 (63). 43-47 p. doi: 10.12737/2073-0462-2021-43-47.
21. Cherkaev GV. [Analysis of pollutant emissions from ship engines during the combustion of traditional and alternative fuels]. *Morskoe intellektual'nye tekhnologii*. 2021; 1-2(51). 97-101 p. DOI 10.37220/MIT.2021.51.1.031.
22. Mikhailichenko TA, Gal'chun AG. [Ecological characteristics of various energy sources]. *Vestnik gornometallurgicheskoi sektsii Rossiiskoi akademii estestvennykh nauk. Otdelenie metallurgii*. 2018; 41. 238-240 p.

Authors:

Khafizov Kamil Abdulkhakovich - Doctor of Technical sciences, Head of Tractors, automobiles and safety of technological processes Department, e-mail: fts-kgau@mail.ru
 Khafizov Ramil Nailovich – Ph.D. of Technical sciences, Associate Professor of Tractors, automobiles and safety of technological processes Department, e-mail: ramilajz@mail.ru
 Nurmiev Azat Akhbarovich - Senior Lecturer of Tractors, automobiles and safety of technological processes Department, e-mail: azat-nurmiev@mail.ru
 Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.