

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ПОМЕЩЕНИЯХ С ОГРАНИЧЕННЫМ ВОЗДУХООБМЕНОМ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

А.Л. Новоселов, А.А. Мельберт, К.С. Боков

В статье представлена модель загрязнения окружающей среды вредными выбросами двигателей мобильных машин в помещениях с ограниченным воздухообменом, которая позволяет прогнозировать экологическую ситуацию и рекомендовать к применению отдельные методы и средства для обеспечения экологической безопасности и нормальных условий труда. Приведены данные о компонентах помещения при использовании машинотракторных агрегатов в сельскохозяйственном производстве.

Ключевые слова: сельскохозяйственное производство, зерносклад, загрязнение окружающей среды, экологическая безопасность, воздухообмен.

В сельскохозяйственном производстве широко используется мобильная техника с дизелями, которые выбрасывают в атмосферу производственных помещений от 20 до 30 г/(кВт·ч) оксидов азота NO_x ; от 10 до 12 г/(кВт·ч) оксидов углерода CO ; от 2,3 до 8,0 г/(кВт·ч) углеводородов C_xH_y и от 0,8 до 2,0 г/(кВт·ч) твердых частиц ТЧ.

Экологическая безопасность сельскохозяйственной техники может достигаться различными путями. Относительно мобильных машин и стационарных установок с тепловыми двигателями, используемых при механизации процессов в закрытых помещениях с ограниченным воздухообменом существует целый ряд инженерных методов и технических средств [1], косновным из которых следует отнести следующие:

- применение двигателей с малотоксичными рабочими процессами в составе мобильных машин и стационарных установок;
- воздействие на состав отработавших газов за счет применения малотоксичных альтернативных топлив и присадок к ним;
- создания систем каталитической очистки отработавших газов;
- обоснование и выбор технологических режимов работы техники, обеспечивающих снижение вредных выбросов в атмосферу.

Удельные выбросы дизелей при работе на режимах полной нагрузки достигают: по оксиду углерода (CO) - 1,5...12 г/(кВт·ч); по оксиду азота (NO_x) - 10...30 г/(кВт·ч); по углеводородам суммарно (C_xH_y) - до 0,25 г/(кВт·ч); по твердым частицам, включая сажу (ТЧ) - 0,25...2,0 г/(кВт·ч). Вместе с тем, в Европейском сообществе с 01.10.2008 введен стандарт ЕВРО-5, ограничивающий выбросы дизелей: по CO - до 1,5 г/(кВт·ч); по NO_x - до 2,0

г/(кВт·ч); по C_xH_y - до 0,25 г/(кВт·ч); по твердым частицам (ТЧ) - до 0,02 г/(кВт·ч). А с 01.10.2013 вводится новый стандарт ЕВРО-6, ограничивающий выбросы дизелей: по CO - до 1,5 г/(кВт·ч); по NO_x - до 0,4 г/(кВт·ч); по C_xH_y - до 0,13 г/(кВт·ч); по твердым частицам (ТЧ) - до 0,01 г/(кВт·ч).

Решение проблемы обеспечения экологической безопасности мобильных машин при механизации технологических процессов в складах сельскохозяйственной продукции требует системного подхода, который должен базироваться на анализе, логике, экономике, прикладной математике и нормативных предписаниях, регулирующих вопросы безопасности труда в отрасли сельскохозяйственного производства.

При системном подходе объекты различной природы представлены в виде системы взаимодействующих элементов. Рассматриваемая система «Окружающая среда - мобильная машина - двигатель» взаимодействует в условиях эксплуатации в сельскохозяйственном производстве. Двигатель работает в условиях случайных воздействий вероятностно статистическом смысле и «перерабатывает» эти условия в энергетические и экологические показатели. Условия работы и качественные показатели есть возможность оценивать. Первые - характером и относительным временем загрузки, вторые - эксплуатационным расходом топлива и уровнями выброса вредных веществ с отработавшими газами.

Рассмотрение проблемы повышения экологической безопасности при механизации процессов в сельскохозяйственном производстве с позиций системного подхода требует связывать условия окружающей среды,

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ПОМЕЩЕНИЯХ С ОГРАНИЧЕННЫМ ВОЗДУХООБМЕНОМ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

рельефа местности, режимов эксплуатации техники и видов выполняемых операций в процессе механизации, уровни вредных выбросов двигателей, процессы рассеивания вредных веществ в атмосфере.

Такая система представляет собой целостную совокупность, связанную с каждым из взаимодействующих элементов. К числу определяющих относится человеческий фактор, однако в настоящей работе ему не уделено внимание.

Моделирование загрязнения окружающей среды вредными выбросами двигателей мобильных машин при механизации процессов в закрытых помещениях сельскохозяйственного производства предшествуют процедуры изучения нормативов на обеспечение безопасности труда обслуживающего персонала, документации на типовые проекты.

Обязательным является установление продолжительности технологических циклов при выполнении работ, определение по тяговым расчетам расхода топлива и других параметров рабочего процесса двигателей для характерных режимов эксплуатации. Устанавливаются типы двигателей и изучаются их технические характеристики. Затем по программе «TOXIC», разработанной ранее АлтГТУ им. И.И. Ползунова, А.Л. Новоселовым и В.Ю. Русаковым (Рис.1) проводится моделирование уровней вредных выбросов двигателей для характерных режимов работы, определяются уровни выбросов в единицу времени, массовые выбросы с учетом вредности каждого из компонентов. Результаты расчетов служат базой для дальнейшего моделирования. В качестве параметра оптимизации выступает показатель удельного приведенного нормообъема. Физический смысл последнего заключается в том, что он определяет количество чистого воздуха, необходимого для разбавления вредных выбросов двигателей до безвредных концентраций в воздухе производственных помещений.

Моделирующая система является сложной, потому, что содержит сложный элемент дизель, установленный в сложном элементе - мобильной машине.

В общем случае рассмотрим движущийся источник выброса вредных веществ в открытом пространстве. Отметим вначале установленный ранее факт того, что при отношении $(V_{or}/\bar{u}) < 3,56$ наблюдается снижение средней высоты подъема факела отработавших газов относительно среза трубы, а при $(V_{or}/\bar{u}) > 3,56$ - повышение на 0,5 высоты среза трубы уже на расстоянии 3...3,5 м [2].

Исходя из теории массопереноса, турбулентность атмосферы определяется динамическими и термическими критериями, в том числе, динамическим критерием Рейнольдса - Re и термическим критерием Ричардсона - Ri . При рассмотрении влияний турбулентности атмосферы на рассеяние и распространение вредных веществ в составе отработавших газов дизелей учитываются следующие величины:

-показатель метеоусловий, определяемый по величине вертикального переноса количества движения - γ , $0 < \gamma < 1$;

- средняя скорость воздуха - $\bar{u} = 0,5$ м/с, для закрытых помещений в переходной и холодный период года;

-характерный размер шлейфа отработавших газов - L , м;

-кинематический коэффициент вязкости воздуха - $\nu = 14,16 \cdot 10^{-6}$ м²/с;



Рисунок 1 – Структура экологической модели дизеля

- динамический коэффициент вязкости воздуха - $\eta = 17,16 \cdot 10^{-6}$ Па·с;

- плотность воздуха - $\rho = 1,247$ кг/м³;

- ускорение свободного падения - g , м/с², $g = 9,81$ м/с²;

- температура окружающей среды - T_0 , К;

- величина силы трения, отнесенная к единице поверхности - τ_t ;

- градиент скорости по вертикали - du/dz ;

- градиент температуры по вертикали - dT/dz ;

- коэффициент турбулентной вязкости - K_m ;

- средняя концентрация f-го вещества в точке А с координатами x, y, z , г/м³;

- скорости движения воздуха вдоль осей координат X, Y, Z - u, v, w, м/с;

- R(x) - эйлеровский коэффициент корреляции;

- $\dot{u}(\xi)$, $\dot{u}(\xi+t)$ - пульсация скоростей относительно оси X в момент с абсциссами ξ и $(\xi+x)$;

- $\dot{u}(\Omega)$, $\dot{u}(\Omega+t)$ - пульсации скоростей с абсциссой X в момент времени Ω и $(\Omega+t)$;

- коэффициенты Сеттона, характеризующие вертикальную и горизонтальную турбулентные диффузии - Su_z , Su_y ;

- скорость осаждения частиц $v_f = 0,03$ м/с.

Число Рейнольдса характеризует отношение сил инерции к силам вязкости (динамический критерий)

$$Re = \frac{\bar{u} \cdot L}{\nu}, \quad (1)$$

Термический критерий Ричардсона представляет собой число, определяющее меру стабильности турбулентности атмосферы и ее расслоения по мощности

$$Ri = \frac{\frac{g}{T_0} \frac{dT}{dz} r}{\left(\frac{d\bar{u}}{dz}\right)^2}, \quad (2)$$

Поскольку трубы дизелей мобильных машин имеют высоту над поверхностью почвы порядка 3...3,5 м, в уравнении (2) термического критерия Ричардсона градиент температуры по вертикали будет величиной незначительной, как и адиабатический градиент.

В случае ламинарных потоков количество движения переносится молекулами по касательной к потоку и пропорциональной градиенту скорости

$$\bar{T}_T = \mu_E \cdot \frac{d\bar{u}}{dz}, \quad (3)$$

а отношение динамической вязкости к плотности атмосферы представляется выражением

$$\frac{\bar{T}_T}{\rho_0} = \eta \cdot \frac{d\bar{u}}{dz}. \quad (4)$$

В условиях эксплуатации мобильных машин приходится иметь дело только с турбулентными потоками атмосферы, где количество движения переносится крупнообъемными движущимися массами вблизи почвы, а коэффициент турбулентной вязкости будет иметь вид:

$$\vec{K}_M = \vec{K}_{Mx} + \vec{K}_{My} + \vec{K}_{Mz}. \quad (5)$$

Для помещений с ограниченным воздухообменом, где количество движения переносится направленными ламинарными потоками и пространство ограничено по высоте, коэффициент турбулентной вязкости имеет вид:

$$\vec{K}_M = \vec{K}_{Mx} + \vec{K}_{My}. \quad (6)$$

Отношение динамической вязкости к плотности атмосферы принимает вид для условий эксплуатации на открытом пространстве:

$$\frac{\bar{T}_T}{\rho_0} = (K_M +) \frac{d\bar{u}}{dz} \approx K_M \cdot \frac{d\bar{u}}{dz}, \quad (7)$$

а для условий эксплуатации в закрытых помещениях с ограниченным воздухообменом:

$$\frac{\bar{T}_T}{\rho_0} \approx K_M, \quad (8)$$

Общее уравнение диффузии с учетом коэффициентов массопереноса имеет вид:

$$\frac{d\bar{c}}{dt} = \frac{d\bar{c}}{dt} + \bar{u} \frac{d\bar{c}}{dx} + \bar{v} \frac{d\bar{c}}{dy} + \bar{w} \frac{d\bar{c}}{dz} = \\ = \frac{d}{dx} \left(K_x \frac{d\bar{c}}{dx} \right) + \frac{d}{dy} \left(K_y \frac{d\bar{c}}{dy} \right) + \frac{d}{dz} \left(K_z \frac{d\bar{c}}{dz} \right). \quad (9)$$

Уравнение (9) будет справедливо, если рассматривать загрязнение окружающей среды одним из компонентов отработавших газов дизеля мобильной машины, закрепленного неподвижно, диффузия осуществляется в виде пульсаций, которые характеризуются величинами Эйлеровской корреляции в пространстве:

$$R(x) = \frac{\dot{u}(\xi) \cdot \dot{u}(\xi+x)}{(\dot{u}^2(\xi))}, \\ R(y) = \frac{\dot{v}(\xi) \cdot \dot{v}(\xi+y)}{(\dot{v}^2(\xi))}, \\ R(z) = \frac{\dot{w}(\xi) \cdot \dot{w}(\xi+x)}{(\dot{w}^2(\xi))}. \quad (10)$$

и Логранжевской корреляции во времени:

$$R(t)_x = \frac{\dot{u}(\Omega) \cdot \dot{u}(\Omega+t)}{(\dot{u}^2(\Omega))}, \\ R(t)_y = \frac{\dot{v}(\Omega) \cdot \dot{v}(\Omega+t)}{(\dot{v}^2(\Omega))}, \\ R(t)_z = \frac{\dot{w}(\Omega) \cdot \dot{w}(\Omega+t)}{(\dot{w}^2(\Omega))}. \quad (11)$$

С учетом описанных рассуждений, для определения концентраций вредных выбросов в точке A пространства с координатами x, y, z используют [4]:

$$C_f(x, y, z) = \frac{2K_M V_{0\sigma}}{\pi \cdot Su_y \cdot Su_z \cdot \bar{u} \cdot x^{(2-r)}} \exp \left[-\frac{1}{x^{(2-r)}} \left(\frac{y^2}{Su_y^2} + \frac{(z+H)^2}{Su_z^2} \right) \right] \quad (12)$$

Здесь направление ветра (воздуха) принимается по оси x, а Тейлором показано, что если $x = \bar{u} \cdot t$, то $R(x) = R(t)$.

Коэффициенты вертикальной и горизонтальной диффузии имеют вид:

$$Su_y^2 = \frac{4v^r \left(\frac{v^2}{\bar{u}^2} \right)^{1-r}}{(1-r)(2-r)\bar{u}^r}, \quad (13)$$

$$Su_z^2 = \frac{4v^r \left(\frac{w^2}{\bar{u}^2} \right)^{1-r}}{(1-r)(2-r)\bar{u}^r}, \quad (14)$$

С учетом метеоусловий, для определения вертикальной и горизонтальной диффузии используют величины г.

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ПОМЕЩЕНИЯХ С ОГРАНИЧЕННЫМ ВОЗДУХООБМЕНОМ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Сверхадиабатический градиент температуры.....0,20
 Сухоадиабатический градиент температуры.....0,25
 Слабая инверсия.....0,33
 Сильная инверсия.....0,50
 Отмечается, что у почвы, до высоты 10 метров величина коэффициентов Сеттона можно в расчётах принимать: $Su_y=0,21$; $Su_z=0,21$.

В помещениях распространение вредных выбросов определяется только коэффициентом горизонтальной диффузии и средняя скорость потока совпадает с направлением диффузии.

Расход влажных отработавших газов для дизелей без наддува определяется выражением:

$$V_{Or} = 4,148 \cdot 10^{-3} \frac{G_T \cdot T_{O}}{P_O} (\alpha + 0,0675), \text{ м}^3/\text{ч} \quad (15)$$

для дизелей с наддувом:

$$V_{Or} = 4,148 \cdot 10^{-3} \frac{G_T \cdot T_K}{P_K} (\alpha + 0,0675), \text{ м}^3/\text{ч} \quad (16)$$

где G_T - часовой расход топлива, кг/ч; α - коэффициент избытка воздуха; P_O и P_K - давление окружающей среды и давление воздуха после компрессора, кгс/см².

Для решения задачи применяется принцип разделения струи отработавших газов на условные струи, компоненты в которых имеют свой молекулярный вес: воздуха - 29,3; оксида углерода - 28, оксидов азота - 46, углеводов - 16. Сажа рассматривается как пылевые частицы. Рассеивание токсичных веществ определяется их содержанием и высотой выброса. Именно поэтому для каждого компонента необходимо отдельно произвести расчёт подъёма факела выбросов над поверхностью. Такой расчёт выполняется по выражениям Бозанке. Расчёты производятся для определения приращений подъёма факелов над средой трубы для каждого компонента:

$$\Delta H_{cf} = \frac{4,77}{(1+0,43 \frac{\bar{u}}{v_s})} - \frac{\sqrt{Q_f v_s}}{\bar{u}} + \frac{6,37 Q_f \Delta (\ln I^2 + I^2 - 2)}{\bar{u}^3 \cdot T_{Or}}, \quad (17)$$

$$\text{Где } I = \frac{\bar{u}^2 \left(0,43 \sqrt{\frac{T_{1f}}{g \cdot G}} - 0,28 \frac{V_s \cdot T_{1f}}{g \cdot \Delta} \right)}{\sqrt{Q_f v_s} + 1}. \quad (18)$$

В формулах (17) и (18) Q_f - расход f-го компонента в м³/ч при температуре T_1 , K ; T_1 - температура, при которой удельный вес всех компонентов и воздуха равен; v_s - скорость газа в устье трубы, м/с; Δ - разность между температурами T_1 и T_0 ; G - вертикальный градиент температуры.

Для расчета высоты выброса сажи, приняв её условно за взвесь, используется зависимость Холланда:

$$\Delta H = \frac{(1,5 \cdot v_s \cdot d + 5,172 \cdot 10^{-5} \cdot g_n)}{\bar{u}} \quad (19)$$

где g_n - теплопроизводительность, кВт; d - диаметр трубы, м.

В выражении (12) для определения концентрации веществ в точке А остается неопределённым коэффициент турбулентной вязкости. Этот коэффициент удастся рассчитать путем введения взамен коэффициента кинематической вязкости у произведения коэффициента шероховатости $Z_0 \cdot u_x$ на скорость трения для скорости воздуха $\bar{u} = 0,5$ м/с на высоте 2 м. Тогда коэффициент турбулентной вязкости имеет вид:

$$K_M = k \cdot u_x \cdot z \left(\frac{z}{Z_0} \right)^{\beta-1} = k^2 \cdot z^2 \cdot \frac{d\bar{u}}{dz} \left(\frac{z}{Z_0} \right)^{2\beta-2}, \quad (20)$$

где β - адиабатический градиент, $\beta=1$; k - постоянная Кармана, принимается $k=0,4$ и учитывает длину смещения. Значения коэффициентов шероховатости поверхности и скорости трения Z_0 и \bar{u}_x заимствованы из [4] и равны: $Z_0 = 1 \cdot 10^{-3}$, $\bar{u}_x = 0,27$.

Концентрация f-го компонента отработавших газов в точке с координатами x, y, z для четырехтактного дизеля:

$$C_f(x, y, z) = \frac{K_M \cdot G_f \cdot V_{Or}}{\pi \cdot Su_y \cdot Su_z \cdot \bar{u} \cdot x^{(2-r)}} \exp \left[-\frac{1}{x^{(2-r)}} \left(\frac{y^2}{Su_y^2} + \frac{(z+H)^2}{Su_z^2} \right) \right]. \quad (21)$$

Концентрация f-го компонента отработавших газов у поверхности почвы в точке максимальной концентрации:

$$C_f^{\max} = \frac{K_M \cdot G_f \cdot V_{Or}}{\pi \cdot Su_y \cdot Su_z \cdot \bar{u} \cdot x^{(2-r)}} \exp \left[-\frac{1}{x^{(2-r)}} \left(\frac{y^2}{Su_y^2} + \frac{H^2}{Su_z^2} \right) \right], \quad (22)$$

Для сажи (ТЧ) максимальная концентрация у почвы определяется выражением:

$$C_c^{\max} = \frac{10,9 \cdot G_{of} \cdot V_{Or}}{\pi \cdot Su_y \cdot Su_z \cdot \bar{u} \cdot x^{(2-r)}} \exp \left[-\frac{1}{x^{(2-r)}} \left(\frac{y^2}{Su_y^2} + \frac{\left(\frac{H-x \cdot v_f}{\bar{u}} \right)^2}{Su_z^2} \right) \right], \text{ г/м}^3 \quad (23)$$

Задача определения загрязнения решается путём расчётов площадей эллипсов пятен, ограниченных концентрациями вредных веществ, превышающих ПДК от центра максимальных концентраций.

Теперь путём совмещения координат и положения эллипсов осаждения вредных веществ можно вводить и коэффициенты бинарности при оценке токсичности отработавших газов.

Распространение токсичных веществ в помещениях с ограниченным воздухообменом имеет свои особенности. Такими помещениями в сельскохозяйственном производстве являются теплицы, парники, животноводческие комплексы, склады, зернохранилища. Рекомендуется применять выражения, связывающие начальные концентрации, количество подаваемого воздуха для вентиляции, объем помещения, время работы двигателя в нем:

$$C_f^n = \left(C_f^H - 1000 \cdot \frac{G_{orf}}{M_B} \right) \exp \left(-\frac{M_B}{V_n} \cdot \tau \right) + \frac{G_{orf}}{M_B}, \text{ г/м}^3 \quad (24)$$

где C_f^H - начальная концентрация f-го токсичного вещества; M_B - количество подаваемого системой вентиляции воздуха, м³/ч; G_{orf} - выбросы токсичного вещества, кг/ч; M_n - объем помещения, м³.

С учётом выражений (2.15) и (2.16) концентрацию токсичного вещества с учётом времени эксплуатации дизеля в помещении можно описать:

для двигателя без наддува:

$$C_f^n = \left(C_f^H - \frac{4,148 \cdot 10^{-2} G_T \cdot T_O \cdot (\alpha + 0,0675)}{M_B \cdot P_O} \right) \cdot \exp \left(-\frac{M_B}{V_n} \cdot \tau \right) + \frac{4,148 \cdot 10^{-2} G_T \cdot T_O \cdot (\alpha + 0,0675)}{M_B \cdot P_O \cdot C_f^{-1}}, \text{ г/м}^3 \quad (25)$$

для двигателя с турбонаддувом:

$$C_f^n = \left(C_f^H - \frac{4,148 \cdot 10^{-2} G_T \cdot T_K \cdot (\alpha + 0,0675)}{M_B \cdot P_K} \right) \cdot \exp \left(-\frac{M_B}{V_n} \cdot \tau \right) + \frac{4,148 \cdot 10^{-2} G_T \cdot T_K \cdot (\alpha + 0,0675)}{M_B \cdot P_K \cdot C_f^{-1}}, \text{ г/м}^3 \quad (26)$$

Для работающих тракторов, автомобилей работающих рассеивания R_p в атмосфере рассчитывается в зависимости от скорости ветра, а в складских помещениях от скорости воздуха, на высоте 10 м, высоты трубы h_T над поверхностью почвы, учитывая, что коэффициент разбавления вредных веществ в приземном слое (до 10 м) составляет $\pi_p=2,00$, средняя скорость воздуха $\bar{u}=0,5$ м/с.

Для неподвижных источников:

$$R_p = \frac{\bar{u}(\pi_p \cdot h_T + 20)}{2,5} \quad (27)$$

Для мобильных машин в движении предложено индивидуально учитывать коэффициенты рассеивания для каждого из веществ по выражению:

$$\bar{R}_{pf} = \exp \left(A \frac{C_f}{C_{fmax}} + B \right), \quad (28)$$

где C_{fmax} - максимальная концентрация f-го компонента ОГ вблизи почвы; C_f - концентрация f-го компонента ОГ на выходе из трубы, А и В - коэффициенты, приведённые в таблице 2.

Расчёт максимальных концентраций вредных веществ ведётся по выражениям:

для токсичных веществ:

$$C_{fmax} = \frac{15,0328 \cdot 10^{-5} \cdot K_M (\alpha + 0,0675) \cdot G_T \cdot T_K \cdot C_f}{\pi \cdot S_{uy} \cdot S_{uz} \cdot \bar{u} \cdot P_K \cdot \bar{V}_g \cdot x^{z-r}} \cdot \exp \left[-\frac{1}{x^{z-r}} \left(\frac{y^r}{S_{uy}^r} + \frac{H^z}{S_{uz}^z} \right) \right], \text{ г/м}^3 \quad (29)$$

для сажи (ТЧ):

$$C_{fmax} = \frac{88,24 \cdot 10^{-3} \cdot K_M (\alpha + 0,0675) \cdot G_T \cdot T_K \cdot f_p}{S_{uy} \cdot S_{uz} \cdot \bar{u} \cdot P_K \cdot \bar{V}_g \cdot x^{z-r}} \cdot \exp \left[-\frac{1}{x^{z-r}} \left(\frac{y^r}{S_{uy}^r} + \frac{H^z}{S_{uz}^z} \right) \right], \text{ г/м}^3 \quad (30)$$

где K_T - коэффициент турбулентной вязкости;

x, y, z - координаты точки максимальной концентрации;

γ - коэффициент атмосферной стратификации;

S_{uy}, S_{uz} - коэффициенты Сеттона, характеризующие местную турбулентность атмосферы;

H - высота подъёма струи ОГ, м;

f_p - скорость осаждения сажи, м/с.

Таблица 2 - Коэффициенты для определения рассеяния вредных компонентов ОГ в атмосфере

Компоненты ОГ	Коэффициенты в выражении (28)	
	А	В
Оксиды азота	0,1822·10 ⁻⁵	1,3860
Оксид углерода	0,03 83·10 ⁻³	1,3001
Углеводороды	0,0442	1,3146
Сажа	0,07442·10 ⁻⁵	1,3572

Величина условных выбросов вредных веществ в атмосферу дизелем рассчитывается по выражению:

$$M_{OG} = \sum_{f=1}^f A_f \cdot m_f \cdot \psi_f, \text{ УТ/г}, \quad (31)$$

где по расчётам авторов, с учётом существующих ПДК для каждого из f компонентов отработавших газов используется выражение:

$$A_f = \sqrt{\frac{\text{ПДК}_{\text{сум.СО}} \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з.СО}}}{\text{ПДК}_{\text{сум.}} \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з.}}}}, \quad (32)$$

были получены значения коэффициентов агрессивности основных нормируемых по выбросам веществ:

$A_{CO}=1$; $A_{NOx}=49$; $A_{CH}=1,26$; $A_{ТЧ}=41,5$; $A_{БАП}=12,6 \cdot 10^3$; $A_{SO2}=22$; $A_{\text{пары масел}}=28,4$.

Расчёт годовых выбросов f-го компонента производится для дизелей без наддува по выражению:

$$\frac{m}{P_O} \sum_{m=1}^m G_{Tm} (\alpha_m + 0,0675) \cdot \tau_m \cdot c_{fm} \quad (33)$$

тонн в год,

для дизелей с газотурбинным наддувом:

$$m_f = 15,03 \cdot 10^{-12} \cdot T_2 \cdot \sum_{m=1}^m G_{Tm} \frac{T_{Km}}{P_{Km}} (\alpha_m + 0,0675) \cdot \tau_m \cdot c_{fm}, \quad (34)$$

тонн в год.

где T_O, T_K - температура окружающей среды и температура после компрессора, К;

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ПОМЕЩЕНИЯХ С ОГРАНИЧЕННЫМ ВОЗДУХООБМЕНОМ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

P_0, P_K - давление окружающей среды и давление после компрессора, МПа; T_f - средняя годовая продолжительность эксплуатации машины, часов; τ - количество характерных режимов; G_{Tm} - часовой расход топлива на m -м режиме эксплуатации;

c_{fm} - выбросы f -го вещества на m -м режиме, $г/м^3$; α_τ - коэффициент избытка воздуха на m -м режиме эксплуатации.

В формуле (31) остаётся неопределённым коэффициент ψ_f увеличения опасности одних веществ в присутствии других, одностороннего воздействия. Учитывая, что в составе отработавших газов присутствует до 1200 компонентов, по данным литературы определены следующие значения ψ_f . (см. таблицу 3)

Таблица 3 - Данные о компонентах помещений при использовании МТА для механизации процессов.

Компоненты атмосферы	ПДК	Относительная агрессивность	Молекулярная масса	Коэффициент бинарности ψ_f
Кислород			32	
Азот			28	
Диоксид углерода	2,5 л/м ³		44	
Оксид углерода	1·10 ⁻³ г/м ³	1,00	28	1,55
Аммиак				
Метан				
Углеводороды (к СН ₄)	0,3 г/м ³	1,26	86	1,30
Оксиды азота	85·10 ⁻⁶ г/м ³	49,0	46...108	3,00
Сажа (тч)		41,5		1,10
Пыль	3·10 ⁻⁵ г/м ³			
Формальдегид			30	
Бенз- α -пирен			252	

Параметр оптимизации – удельный приведённый нормообъём:
для дизелей без наддува:

$$U_{ЭТ} = \frac{4,148 \cdot 10^{-3} \cdot T_0}{\sum_{m=1} N_{em} \cdot P_0} \sum_{f=1}^f \frac{\psi_f}{[C_f]} \sum_{m=1}^m G_{Tm} \cdot c_{fm} \cdot T_m \cdot (\alpha_m + 0,0675) \quad (35)$$

для дизелей с газотурбинным наддувом:

$$U_{ЭТ} = \frac{4,148 \cdot 10^{-3}}{\sum_{m=1} N_{em}} \sum_{f=1}^f \frac{\psi_f}{[C_f]} \sum_{m=1}^m \frac{T_{km} \cdot G_{Tm}}{P_{km}} \cdot (\alpha_m + 0,0675) \cdot c_{fm} \cdot T_m \quad (36)$$

Таким образом, выражение (12) представляется моделью рассеяния отработавших газов в атмосфере помещения/

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Новоселов, А.Л. Системный подход в решении проблемы снижения вредных выбросов ДВС / А.Л. Новоселов, А.А. Мельберт // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: Сб. статей / Под ред. д.т.н. А.Л. Новоселова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, - 1998. - С. 99-102.

2 В.Ю. Русаков, В.А. Вагнер, А.Л. Новоселов. Математическое моделирование и исследование процессов в ДВС. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 1997.

3 Мельберт, А.А. Повышение экологической безопасности поршневых двигателей. – Новосибирск: Наука, 2003. – 170 с.

4 Новоселов, А.Л. Мельберт А.А., Жуйкова А.А. Снижение вредных выбросов дизелей/А.Л. Новоселов, под ред. д.т.н., проф. А.Л. Новоселова. - Новосибирск: Наука, - 2007. - 139 с.

Новоселов А.Л. - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой АТ, АлтГТУ им. И.И. Ползунова,
тел. 8(3852) 29-08-15,

E-mail: at-05@list.ru,

Мельберт А.А. - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой БЖД, АлтГТУ им. И.И. Ползунова,

тел. 8(385-2)29-08-21,

E-mail: aamelbert@mail.ru

Боков К.С. - аспирант кафедры АТ, АлтГТУ им. И.И. Ползунова,

тел. 8(3852)29-08-21,

E-mail: at-05@list.ru