

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_2 &= \frac{\vartheta_T \cdot \sin \alpha_1 - 2\vartheta_T \sin \alpha_1}{\vartheta_T \cdot \cos \alpha_1} = \frac{\vartheta_T \sin \alpha_1 - 2\vartheta_T \sin \alpha_1}{\vartheta_T \cos \alpha_1} = \\ &= -\frac{\sin \alpha_1}{\cos \alpha_1} = -\operatorname{tg} \alpha_1. \end{aligned} \quad (43)$$

Из этого следует, что  $\alpha_2 = \alpha_1$ .

Расстояние полета удобрений  $X_{П2}$  и время падения такое же, как для неупругого удара.

Запишем уравнение движения удобрений:

$$X = \vartheta_T \cdot \cos \alpha_1 \cdot t; \quad (44)$$

$$Y = \vartheta_T \cdot \sin \alpha_1 \cdot t + \frac{gt^2}{2}. \quad (45)$$

Подставив в (44)  $Y = h$ , получим

$$h = \vartheta_T \cdot \sin \alpha_1 \cdot t_3 + \frac{gt_3^2}{2}. \quad (46)$$

Откуда

$$t_3 = \frac{-\vartheta_T \cdot \sin \alpha_1 + \sqrt{\vartheta_T^2 \sin^2 \alpha_1 + 2gh}}{g} \quad (47)$$

и

$$X_{П2} = \frac{\vartheta_T \cos \alpha_1 (-\vartheta_T \sin \alpha_1 + \sqrt{\vartheta_T^2 \sin^2 \alpha_1 + 2gh})}{g}. \quad (48)$$

Чтобы получить полное время полета  $t_n$  и расстояние полета  $X_{ПV}$  необходимо сложить (40) и (47), а также (41) и (48). В результате получим:

$$t_n = t_2 + t_3 = \frac{2\vartheta_T \cdot \sin \alpha_1}{g} +$$

$$\begin{aligned} &= \frac{-\vartheta_T \cdot \sin \alpha_1 + \sqrt{\vartheta_T^2 \sin^2 \alpha_1 + 2gh}}{g} = \\ &= \frac{2\vartheta_T \cdot \sin \alpha_1}{g} - \frac{\vartheta_T \cdot \sin \alpha_1}{g} + \frac{\sqrt{\vartheta_T^2 \sin^2 \alpha_1 + 2gh}}{g} = \\ &= \frac{\vartheta_T \cdot \sin \alpha_1}{g} + \frac{\sqrt{\vartheta_T^2 \sin^2 \alpha_1 + 2gh}}{g}; \end{aligned} \quad (49)$$

$$\begin{aligned} X_{ПV} &= X_{ПV1} + X_{ПV2} = \frac{\vartheta_T^2 \cdot \sin 2\alpha_1}{g} + \\ &+ \frac{\vartheta_T \cos \alpha_1 (-\vartheta_T \sin \alpha_1 + \sqrt{\vartheta_T^2 \sin^2 \alpha_1 + 2gh})}{g} = \\ &= \frac{2\vartheta_T^2 \cdot \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1 - \vartheta_T^2 \cos \alpha_1 \sin \alpha_1 + \sqrt{\vartheta_T^2 \sin^2 \alpha_1 + 2gh}}{g} = \\ &= \frac{\vartheta_T^2 \cdot \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1 + \sqrt{\vartheta_T^2 \sin^2 \alpha_1 + 2gh}}{g} \end{aligned} \quad (50)$$

Таким образом, длина падения удобрений зависит от скорости их падения, высоты установки туковысевающей трубки и угла наклона козырька  $\alpha$ . При увеличении высоты установки туковысевающей трубки длина падения удобрений увеличивается, а при увеличении угла наклона козырька – уменьшается.

УДК 502.56

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ АПК

Л.В. Мисун, д.т.н., профессор; И.Н. Мисун, ст. преподаватель (УО БГАТУ)

Важнейшая задача в сфере эксплуатации машин и оборудования стационарных объектов АПК, машинно-

тракторных агрегатов (МТА) – это снижение негативно-го воздействия технических средств на окружающую среду

и повышение культуры их технического сервиса.

Все стационарные объекты (они же объекты - природопользователи), в зависимости от массы и состава загрязняющих веществ (ЗВ), выбрасываемых в атмосферу, подразделяются на категории опасности (КОП). Объект не оказывает вредного воздействия на атмосферный воздух, если ни один из его источников выбросов не попадает в категорию «опасных». Для этого необходимо выполнение следующего условия [1]:

$$\frac{M_{\max}}{\text{ПДК}_{\text{м.р}}} \leq \Phi, \quad (1)$$

где  $M_{\max}$  – максимальная величина выброса ЗВ в атмосферу, мг/с;

$\text{ПДК}_{\text{м.р}}$  – предельная максимально разовая концентрация ЗВ, мг/м<sup>3</sup>;

$\Phi$  – величина, характеризующая условный расход воздуха, необходимый для разбавления ЗВ, поступающего в атмосферу, до  $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ , м<sup>3</sup>/с.

При среднем значении высоты источников выбросов объекта  $H_{\text{ср}} \leq 10\text{м}$ , значение  $\Phi$  принимается равным  $0,1\text{м}^3/\text{с}$ . При  $H_{\text{ср}} > 10\text{м}$ ,  $\Phi = 0,01H$ . Если источник выбросов загрязняющих веществ опасен для окружающей среды (ОС), то необходимо: проанализировать соответствие используемого технологического оборудования экологическим стандартам; усовершенствовать техпроцесс; разработать план мероприятий по обеспечению экологической безопасности на объекте, включающий технологические и санитарно-гигиенические решения [1].

К числу технологических мероприятий, внедрение которых обеспечивает безопасность функционирования объекта, относятся: использование автоматической сигнализации о ходе отдельных процессов и операций, связанных с возможностью выделения ЗВ; применение оборудования со встроенными местными отсосами; использование гидро- и пневмотранспорта при транспортировании материалов; полное улавливание и очистка технологических выбросов, а также удаляемого вентиляцией загрязненного воздуха от химически вредных веществ; рекуперация летучих растворителей; применение газоанализаторов.

В свою очередь, концентрация ЗВ в атмосферном воздухе после выброса не должна превышать максимально разового значения ( $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ ), а в воздухе, поступающем через приемные отверстия систем вентиляции внутрь вспомогательных сооружений, должна быть 30% от значения ПДК рабочей зоны ( $\text{ПДК}_{\text{р.з}}$ ) для производственных помещений.

Категорию опасности (КОП) стационарного объекта АПК определяем из следующего выражения [2]:

$$\text{КОП} = \sum_{i=1}^n (M_i / \text{ПДК}_{\text{с.с.}i} * 10^9)^{a_i}, \quad (2)$$

где  $n$  – количество загрязняющих веществ, выбра-

сываемых объектом в атмосферу;

$M_i$  – масса выбора  $i$ -го вещества за год, т;

$\text{ПДК}_{\text{с.с.}i}$  – среднесуточная предельно допустимая концентрация  $i$ -го вещества, мг/м<sup>3</sup>;

$a_i$  – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности  $i$ -го вещества с вредностью сернистого газа.

Значение КОП рассчитывают при условии [2]:

$$\frac{M_i}{\text{ПДК}_{\text{с.с.}i}} > 1.$$

По величине объема выбросов ЗВ выделяют четыре категории опасности стационарных объектов. Для каждой из них введена своя периодичность отчетности по выбросам ЗВ в атмосферу и контроля за выполнением плана природоохранных мероприятий. В случае его невыполнения Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды РБ (Минприроды) и его территориальные органы имеют право: востребовать возмещение вреда, причиненного окружающей среде стационарным объектом; в некоторых случаях приостановить его деятельность. Например, за превышение норм предельно допустимых выбросов (ПДВ) в 1,5 раза и более как для отдельных источников, так и объекта в целом; за загрязнение атмосферного воздуха за пределами санитарно-защитной зоны до уровня пяти  $\text{ПДК}_{\text{м.р}}$  или пяти ориентировочно безопасных уровней воздействия на окружающую среду (ОБУВ), установленных в течение суток не менее чем за два раза наблюдений; за нарушение правил эксплуатации, а также не использование установок очистки, средств нейтрализации или подавления выбросов; за нарушение правил складирования отходов производства, транспортировки и хранения, повлекших загрязнение атмосферного воздуха; за аварийные выбросы, создающие экстремально высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха.

Наряду со стационарными объектами мобильная техника является одним из основных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. В среднем от одного технического средства с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) выбрасывается за сутки до четырех килограммов только углекислого газа, а также оксиды азота, серы, углеводороды и другие вещества, загрязняющие ОС. Экологическая опасность машины, исчерпавшей или исчерпывающей свой ресурс, перед техническим обслуживанием или ремонтом в 1,5...2 и более раз выше, чем новой [3].

В целях постепенного уменьшения травмирования окружающей среды мобильными энергосредствами, обоснования мер административного и материального воздействия как на производителей, так и на эксплуатационников, практикуется деление передвижных источников (ПИ) на категории экологической безопасности [3]. Это позволяет в сфере производства тракторов сопоставлять величины экологических показателей отечественных технических средств с соответствующими показателями лучших зарубежных аналогов, а при эксплуатации – оцени-

## 1. Коэффициент весомости экологических показателей ( $K_i$ ) тракторов и самоходной уборочной техники

Значение $K_i$	Экологические показатели										
	Концентрация в ОГ оксида углерода (CO)	Концентрация в ОГ углеводородов ( $C_xH_y$ )	Концентрация в ОГ окислов азота ( $NO_x$ )	Дымность ОГ	Утечка топлива	Утечка моторного масла	Утечка трансмиссионного масла	Утечка гидравлического масла	Макс. давление движителей на почву	Шум	Вибрация
	0,015	0,014	0,159	0,026	0,023	0,027	0,029	0,034	0,332	0,12	0,221

вать уровень технического сервиса тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин, изыскивать методы и средства восстановления их «экологической чистоты».

В качестве оценочного показателя воздействия ПИ на оператора и природную среду используется коэффициент экологической опасности ( $K_{э.о.}$ ):

$$K_{э.о.} = \sum_{i=1}^n (N_i \cdot K_i), \quad (3)$$

где  $n$  – количество экологических показателей технического средства;

$N_i$  – отношение фактической величины  $i$ -го экологического показателя к нормативному значению;

$K_i$  – коэффициент весомости  $i$ -го экологического показателя.

В каждом конкретном случае для определения  $K_{э.о.}$  используется свой «набор» экологических показателей, учитывающих технические особенности выполнения механизированных работ и природно-климатическую ситуацию в регионе.

Так, например, при эксплуатации самоходной сельскохозяйственной техники и энергосредств учитываются: выбросы ЗВ отработавших газов (ОГ) ДВС; течь топливо-смазочных материалов (ТСМ), энергетические загрязнения (шум и вибрации, передаваемые на рабочее место оператора и на органы управления машиной); показатели воздействия ходовых систем МТА на почву.

Значения коэффициента весомости экологических показателей  $K_i$  для тракторов и самоходной сельскохозяйственной техники (табл. 1), необходимых для расчета по формуле (2), получены на основании анализа исследований ряда авторов, занимающихся проблемой обеспечения экологической безопасности мобильной техники [3].

Для контроля концентраций CO,  $C_xH_y$ ,  $NO_x$  отработавших газов ДВС используются газоанализаторы, принцип работы которых основан на методах оптико-акустической или абсорбционной спектроскопии [4], контроль дымности ОГ дизельных двигателей осуществляется с

помощью дымомеров.

В случае превышения предельно допустимых выбросов (ПДН) ЗВ в атмосферу определяется эколого-экономический ущерб, наносимый окружающей среде [5]:

$$C_i = H \cdot d \cdot (K_{п.} - 1) \cdot K_{ц.} \cdot K_{э.}, \quad (4)$$

где  $H$  – платежи, уплаченные хозяйством за выбросы загрязняющих веществ ПИ в предыдущем году, тыс. руб.;

$d$  – доля выявленных ПИ, не соответствующих стандартам по токсичности и дымности ОГ, в общем количестве проверенных ПИ;

$K_{п.}$  – средневзвешенный коэффициент превышения (ПДН) в выявленных ПИ;

$K_{ц.}$  – коэффициент изменения цен в текущем году в сравнении с периодом, когда были приняты ставки экологического налога за загрязнение атмосферного воздуха;

$K_{э.}$  – коэффициент экологической значимости территории размещения хозяйства. Зависит от численности жителей населенного пункта [5].

При анализе экологической безопасности технического средства следует руководствоваться положением, что утечка (ТСМ) недопустима ( $N_{тсм} = 0$ ). В случае обнаружения каплепадения, хотя бы в 2...3 соединениях,  $N_{тсм}$  принимается равным единице. Потери ТСМ в этом случае могут составлять 3,5...4 кг/сутки или 1,5 т/год [3].

Для оценки акустических и вибрационных воздействий технических средств на оператора используют государственные и отраслевые стандарты безопасности труда. Степень воздействия движителей колесного трактора на почву ( $N_{дв}$ ) определяется через отношение фактической величины давления воздуха в шинах и оптимального давления, приведенного в инструкции по эксплуатации трактора.

Исследованиями ГОСНИТИ (РФ) [3] рекомендуется установить пять категорий экологической безопасности мобильной сельскохозяйственной техники, в т.ч. тракторов и самоходных уборочных машин, используемых и в сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь:

-высшая (или перспективная) категория ( $K_{3.0} \leq 0,9$ ). Техническое средство удовлетворяет значениям международных экологических норм, рекомендуется для экспортных поставок;

-первая категория ( $0,9 < K_{3.0} \leq 0,95$ ). Техническое средство соответствует требованиям отечественных стандартов, имеется перспектива реализации на внутреннем рынке;

-вторая категория экологической безопасности ( $0,95 < K_{3.0} \leq 1,0$ ). Техническое средство подлежит модернизации;

-неудовлетворительная категория ( $1,0 < K_{3.0} \leq 1,2$ ). Техническое средство не удовлетворяет экологическим требованиям. Подлежит срочной модернизации или снятию с производства;

-недопустимая ( $K_{3.0} > 1,2$ ). Рекомендуется срочное снятие технического средства с производства.

Таким образом, градация стационарных объектов-природопользователей и мобильной техники по экологическим критериям позволяет оценить фактический экологический уровень развития производства, «экологическую культуру» технической эксплуатации сельскохозяйственных машин, энергетических средств и оборудования; разработать план природоохранных мероприятий и организовать производственный экологический контроль за их выполнением; определять в случае нарушения приро-

доохранных требований размер эколого-экономического ущерба, наносимого окружающей среде при эксплуатации техники.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Расчет выбросов загрязняющих веществ и организация контроля за атмосфероохранной деятельностью ремонтно-обслуживающих предприятий / Л.В. Мисун, В.М. Гришук, И.Н. Мисун.- Мн.: Учебно-методический центр Минсельхозпрода, 2004. – 63с.

2. Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды/ Сост. С.В. Завьялов, Р.К. Кожевникова. – Вып. 9. – Мн.: БелНИИЦ «Экология». 1995. – 163с.

3. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве/ В.И. Черноиванов, В.В. Бледных, А.Э. Северный и др. – М: ГОСНИТИ, 2003. – 992с.

4. Расчет выбросов загрязняющих веществ и методы для их определения при эксплуатации передвижных источников / Сост. Л.В. Мисун, В.М. Гришук, И.Н. Мисун.- Мн.: БГАТУ, 2003. – 12с.

5. Методика оценки степени загрязнения окружающей среды передвижными источниками предприятий АПК / Сост. Л.В. Мисун.- Мн.: БГАТУ, 1997. – 11с.

УДК 621.81.004.67

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОКРЫТИИ, ПОЛУЧЕННОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ НАПЛАВКОЙ, ПОСЛЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ РОЛИКОМ

**С.С. Макаревич, к.т.н., доцент; Л.М. Кожуро, д.т.н., профессор; О.Л. Сидюк, студент (УО БГАТУ)**

При упрочнении или восстановлении деталей машин типа тел вращения комбинированным методом электромагнитной наплавки порошка с поверхностным пластическим деформированием (ЭМН с ППД) роликовым накатником в системе покрытие – основа возникают остаточные напряжения, которые являются одной из причин разрушения покрытия. Из-за многообразия факторов, влияющих на воз-

никновение остаточных напряжений, и сложности их математического описания многие аспекты прогнозирования и регулирования значений и знака напряжений до настоящего времени являются открытыми.

В нашем случае для оценки свойств покрытий используются следующие понятия: модуль упругости, коэффициенты линейного расширения, Пуассона и теплопроводно-