

## МЕТОДИКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ НЕЙТРАЛИЗАТОРА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЕЙ

Чернецов Д. А., Вдовина Е. С.

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»*

В статье проведён анализ существующей методики определения выплат за загрязнение окружающей среды отработавшими газами автомобильного транспорта и сельскохозяйственной техники. Анализ показал, что расчёт по этой методике достаточно сложен и трудоёмок, так как требуется определять годовые выбросы каждого токсичного компонента. Поэтому авторами предлагается вести расчёт платы за загрязнение атмосферы по удельному показателю израсходованного транспортным средством топлива. На основании усовершенствованной методики предложен расчёт годового экономического эффекта и целесообразности применения нейтрализатора отработавших газов дизельных двигателей, основанный на коэффициентах эффективности нейтрализатора. Проведена практическая реализация методики для определения экономического эффекта и целесообразности установки комбинированного устройства снижения токсичности отработавших газов дизелей.

Ключевые слова: окружающая среда, плата за загрязнение, отработавшие газы, экономический эффект, интегральный показатель целесообразности.

## TECHNIQUE OF AN ECONOMIC ESTIMATION OF NEUTRALIZER OF THE FULFILLED GASES OF DIESEL ENGINES

Chernetsov D. A., Vdovina E. S.

*FGBOU VPO TSTU*

In article the analysis of an existing technique of definition of payments for environmental contamination by the fulfilled gases of motor transport and agricultural machinery is carried out. The analysis has shown that calculation by this technique it is difficult enough and is labour-consuming, as it is required to define annual emissions of each toxic component. Therefore authors offer to conduct calculation of a payment for atmosphere pollution on a specific indicator of the fuel spent by a vehicle. On the basis of an advanced technique calculation of annual economic benefit and expediency of application of neutralizer of the fulfilled gases of the diesel engines, based on neutralizer effectiveness ratio is offered. Practical realisation of a technique for definition of economic benefit and expediency of installation of the combined device of decrease in toxicity of the fulfilled gases of diesel engines is spent.

Keywords: environment, a payment for the pollution, the fulfilled gases, economic benefit, an integrated indicator of expediency.

В настоящее время задача обеспечения экологической безопасности воздушного бассейна является первостепенной, вредным выбросам автотракторной техникой уделяют серьёзное внимание. Наряду с этой стоит задача сохранения природных ресурсов, а именно энергоресурсов.

Плата за загрязнение представляет собой форму возмещения экономического ущерба от выбросов загрязняющих веществ отработавших газов (ОГ) в окружающую среду РФ, которая идёт на компенсацию воздействия выбросов загрязняющих веществ ОГ и стимулирование снижения или поддержание выбросов в пределах нормативов, а также затраты на проектирование и строительство природоохранных объектов и текущие затраты, связанные с содержанием и эксплуатацией фондов природоохранного значения, очистных сооружений, золоуловителей, фильтров и других природоохранных объектов [2].

Базовые нормативы платы за выбросы загрязняющих веществ ОГ определяются как сумма произведений удельного экономического ущерба от выбросов  $i$ -го загрязняющего вещества ОГ на показатели относительной опасности  $i$ -го загрязняющего вещества ОГ для окружающей среды и здоровья населения и на коэффициенты индексации платы [1].

$$P_H = \sum_{i=1}^m \mathcal{E}_{yi} \cdot A_i \cdot \alpha,$$

где  $P_H$  – базовая нормативная плата за выбросы загрязняющих веществ ОГ, руб/т;

$\mathcal{E}_{yi}$  – удельный экономический ущерб от выбросов  $i$ -го компонента, руб/усл.т.;

$A_i$  – показатель относительной опасности  $i$ -го загрязняющего вещества ОГ, усл.т/т;

$\alpha$  – коэффициент индексации;

$m$  – количество компонентов.

Показатели относительной опасности веществ  $A_i$  рассчитываются на основе нормативных документов "Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест" [5].

$$A_i = a_i \cdot \alpha_i \cdot \beta_i \cdot \delta_i \cdot \lambda_i,$$

где  $a_i$  – поправка, характеризующая относительную опасность присутствия примеси в воздухе, вдыхаемом человеком.  $ПДК_i$  для атмосферного воздуха принимается пдк среднесуточная (ПДКсс);

$\alpha_i$  – поправка, учитывающая вероятность накопления исходной примеси или вторичных загрязнителей в компонентах окружающей среды, а также учитывающая поступление примеси в организм человека неингаляционным путем;

$\beta_i$  – поправка на вероятность образования вторичных загрязнителей;

$\delta_i$  – поправка, характеризующая вредное воздействие примеси;

$\lambda_i$  – поправка на вероятность вторичного выброса примесей в атмосферу после их оседания на поверхность (для пыли).

Показатель  $a_i$  задаёт уровень опасности  $i$ -го вещества для человека к уровню опасности оксида углерода (II) и определяется по формуле [5]:

$$A_i = \sqrt{\frac{ПДК_{СС(CO)} \cdot ПДК_{p.з.(CO)}}{ПДК_{СС(i)} \cdot ПДК_{p.з.(i)}}} = \sqrt{\frac{60(мг^2 / м^6)}{ПДК_{СС(i)} \cdot ПДК_{p.з.(i)}}},$$

где  $ПДК_{СС(i)}$  – среднесуточная предельно допустимая концентрация, мг/м<sup>3</sup>;

$ПДК_{p.з.(i)}$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го вещества в рабочей зоне.

При отсутствии ПДКсс применяется предельно допустимая максимально разовая концентрация (ПДКмр), при отсутствии ПДКсс и ПДКмр применяется ориентировочный безопасный уровень воздействия (ОБУВ) [3].

Коэффициент индексации платы определяется как средневзвешенная величина соотношений удорожания по сравниваемым периодам с учетом сложившейся структуры использования платежей.

Дифференцированные ставки платы за загрязнение определяются умножением базовых нормативов платы, утверждаемых Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ и согласованных с Министерством экономики РФ и Министерством финансов РФ, на коэффициенты, учитывающие экологические факторы по территориям [3].

$$C_{II} = П_H \cdot k,$$

где  $C_{II}$  – ставка платы за загрязнение атмосферы вредными выбросами ОГ, руб/т;

$П_H$  – базовая нормативная плата за выбросы загрязняющих веществ ОГ, руб/т;

$k$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы.

Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха на территории РФ вводятся для учета суммарного воздействия, оказываемого выбросами загрязняющих веществ на данной территории (таблица 1) [5].

Таблица 1. Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха районов РФ

Экономический район Российской Федерации	Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости, $k$
Северный	1,4
Северно-Западный	1,5
Центральный	1,9
Волго-Вятский	1,1
Центрально-Черноземный	1,5
Поволжский	1,9
Западно-Сибирский	1,2
Восточно-Сибирский	1,4

Плата за загрязнение определяется произведением суммы годовых выбросов каждого компонента на ставку платы за загрязнение атмосферы [1]:

$$П_З = \sum_{i=1}^n M_i \cdot C_{II}, \quad (1)$$

где  $M_i$  – годовой выброс  $i$ -го компонента ОГ, т/год;

$C_{II}$  – ставка платы за загрязнение атмосферы отработавшими газами, руб/т;

$n$  – количество загрязняющих веществ, ед.

Определение платы за загрязнение атмосферного воздуха по выражению (1) достаточно сложно и трудоёмко, так как необходимо определять годовые выбросы каждого вредного компонента ОГ. Для исключения расчета годового выброса загрязняющих веществ с ОГ предлагается использовать удельную плату, тогда выплата за загрязнение атмосферы будет определяться произведением среднего массового годового расхода топлива двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на удельную плату за выбросы загрязняющих веществ при использовании 1-й тонны топлива:

$$P_3 = G_T \cdot U_{II} \cdot T_n \cdot D_{p.z.} \cdot 10^{-2}, \text{ руб/год} \quad (2)$$

где  $G_T$  – средний массовый расход топлива, кг/ч;

$U_{II}$  – удельная плата за выбросы загрязняющих веществ ОГ, руб/т;

$T_n$  – время работы транспортного средства, ч.;

$D_{p.z.}$  – количество рабочих дней в году, год<sup>-1</sup>.

Удельная плата для различных видов топлив в 2011 году представлена в таблице 2 [1].

Таблица 2. Удельная плата за загрязнение атмосферного воздуха

Вид топлива	Удельная плата за загрязнение атмосферы, руб/т или руб/м <sup>3</sup>
Бензин этилированный АИ-92	38,0
Бензин этилированный А-76, 72	25,0
Бензин неэтилированный АИ-92	10,0
Бензин неэтилированный А76, 72	11,0
Дизельное топливо	21,0
Сжатый природный газ	9,0
Сжиженный газ	11,0

При отсутствии данных о количестве израсходованного топлива плата за выбросы загрязняющих веществ от транспорта определяется по типам ТС из расчёта ожидаемых условий и места их эксплуатации [1]. Годовая плата за одно ТС представлена в таблице 3 [1].

Таблица 3. Годовая плата за загрязнение атмосферы по типу ТС

Тип транспортного средства	Годовая плата, тыс. руб/год
Легковой автомобиль	2,7
Грузовой автомобиль и автобус с бензиновым ДВС	4,0
Автомобили на газовом топливе	1,4

Грузовой автомобиль и автобус с дизелями	2,5
Строительно-дорожные машины и с/х техника	0,5

При определении общего годового экономического эффекта использования нейтрализатора необходимо учесть, что установка средства очистки приводит как к положительному эффекту в виде снижения токсичности ОГ, так и к отрицательному – в виде повышения расхода топлива за счёт увеличения противодавления в системе выпуска, а также изменению затрат на производство и эксплуатацию нейтрализатора. Поэтому общий годовой экономический эффект применения нейтрализатора ОГ будет определяться как сумма экономического эффекта от снижения токсичности ОГ и эффекта от изменения затрат на нейтрализатор за вычетом экономического ущерба от повышения противодавления:

$$\mathcal{E}_Г^{ОБЩ} = \mathcal{E}_Г^{\Delta G} + \mathcal{E}_Г^H - \mathcal{E}_Г^{\Delta p}, \quad (3)$$

где  $\mathcal{E}_Г^{\Delta G}$  – экономический эффект за счёт снижения токсичности ОГ, руб;

$\mathcal{E}_Г^H$  – экономический эффект, полученный за счёт изменения затрат на производство и эксплуатацию нейтрализатора ОГ, руб;

$\mathcal{E}_Г^{\Delta p}$  – экономический ущерб, полученный в результате увеличения расхода топлива, за счёт повышения противодавления на выпуске ДВС, руб.

Годовой экономический эффект (ущерб) использования нейтрализатора ОГ в выпускной системе ДВС будет определяться разницей между платой за загрязнение атмосферы токсичными ОГ без нейтрализатора и платой за загрязнение с использованием нейтрализатора:

$$\mathcal{E}_Г = П_З - П_З^H, \quad (4)$$

где  $П_З$  – плата за загрязнение атмосферы ОГ без нейтрализатора, руб/год;

$П_З^H$  – плата за загрязнение атмосферы ОГ ДВС с нейтрализатором, руб/год.

Преобразуем выражение (4) с учётом формулы (2), используя коэффициент эффективности нейтрализатора:

$$\mathcal{E}_Г = k_i \cdot G_T \cdot U_{П} \cdot T_H \cdot D_{p.z.} \cdot 10^{-2},$$

где  $k_i$  – коэффициент, учитывающий i-й вид эффекта нейтрализатора.

Для ДВС без нейтрализатора  $k_i = 0$  и экономический эффект равен 0.

Коэффициент эффективности нейтрализатора  $k_{Э}$  характеризуется степенью снижения расхода ОГ (экологичность) и определяется как отношение разности массового расхода

ОГ на входе и выходе из нейтрализатора к расходу ОГ на входе в нейтрализатор.

$$k_{\mathcal{E}} = \frac{G_{\text{ОГ}} - G_{\text{ОГ}}^H}{G_{\text{ОГ}}}, \quad (5)$$

где  $G_{\text{ОГ}}$  – массовый расход ОГ на выпуске ДВС на входе в нейтрализатор, кг/ч;

$G_{\text{ОГ}}^H$  – массовый расход ОГ на выходе из нейтрализатора, кг/ч.

Коэффициент экономического ущерба нейтрализатора, выраженный через степень изменения противодействия в выпускной системе (энергетичность), определяется отношением разности давлений ОГ на входе и выходе нейтрализатора к давлению на входе в него:

$$k_{\mathcal{Y}} = \frac{p_{\text{ОГ}} - p_{\text{ОГ}}^H}{p_{\text{ОГ}}}, \quad (6)$$

где  $p_{\text{ОГ}}$  – давление ОГ на входе в нейтрализатор, Па;

$p_{\text{ОГ}}^H$  – давление ОГ на выходе из нейтрализатора, Па.

Тогда годовой экономический эффект от снижения количества загрязняющих веществ в ОГ ДВС с учётом (5) составит:

$$\mathcal{E}_G^{\Delta G} = \frac{G_{\text{ОГ}} - G_{\text{ОГ}}^H}{G_{\text{ОГ}}} \cdot G_T \cdot \mathcal{Y}_{\text{П}} \cdot T_n \cdot D_{p.z.} \cdot 10^{-2}, \quad (7)$$

Годовой экономический ущерб от повышения противодействия в системе выпуска ОГ с учётом (6) составит:

$$\mathcal{E}_G^{\Delta p} = \frac{p_{\text{ОГ}} - p_{\text{ОГ}}^H}{p_{\text{ОГ}}} \cdot G_T \cdot \mathcal{Y}_{\text{П}} \cdot T_n \cdot D_{p.z.} \cdot 10^{-2}, \quad (8)$$

Экономический эффект от изменения затрат на нейтрализатор определяется исходя из условия сравнения с его прототипом:

$$\mathcal{E}_G^H = \mathcal{Z}_{\text{ПРОТ}} - \mathcal{Z}_H, \quad (9)$$

Для оценки экономической эффективности нейтрализатора ОГ введём интегральный показатель целесообразности применения средства очистки и дадим его определение.

Интегральный показатель целесообразности внедрения нейтрализатора загрязняющих веществ ОГ ДВС характеризует экономическую эффективность устройства очистки и показывает соотношение суммарного экономического эффекта (положительных сторон), и суммы ущерба (отрицательных сторон), полученных в результате использования устройства.

$$ИПЦ = \frac{\Delta G}{\Delta P + Z_n}, \quad (10)$$

Здесь могут быть три варианта:

- если  $ИПЦ > 1$  – нейтрализатор целесообразно применять и чем больше ИПЦ, тем выше общий годовой экономический эффект;
- если  $ИПЦ < 1$  – использование нейтрализатора не целесообразно, так как общий экономический эффект отрицательный;
- если  $ИПЦ = 1$  – общий экономический эффект равен нулю, это показывает, что эффект, полученный за счёт снижения выброса загрязняющих веществ ОГ, гасится ущербом, получаемым за счёт увеличения расхода топлива, и затратами на нейтрализатор, т.е. применение такого нейтрализатора ОГ не целесообразно.

Применим данную методику для обоснования экономической эффективности комбинированного устройства снижения токсичности (КУСТ) ОГ дизелей, разработанного на кафедре «Автомобильная и аграрная техника» Тамбовского государственного технического университета и защищённого патентом РФ № 2459091 [4].

Для экспериментального КУСТ годовой экономический эффект от снижения количества загрязняющих веществ в ОГ по формуле (7) равен:

$$\Delta G = \frac{870,2 - 812,4}{870,2} \cdot 20,16 \cdot 21 \cdot 8 \cdot 256 \cdot 10^{-2} = 576 \text{ руб.}$$

годовой экономический ущерб по формуле (8) равен:

$$\Delta P = \frac{57,9 \cdot 10^3 - 56,5 \cdot 10^3}{57,9 \cdot 10^3} \cdot 20,16 \cdot 21 \cdot 8 \cdot 256 \cdot 10^{-2} = 210 \text{ руб.}$$

По выражению (9) экономический эффект КУСТ составил:

$$\Delta G^{КУСТ} = 27 \text{ руб.}$$

Общий годовой экономический эффект использования КУСТ составит:

$$\Delta G^{ОБЩ} = 576 + 27 - 210 = 393 \text{ руб.}$$

Интегральный показатель целесообразности использования КУСТ по формуле (10) составит:

$$ИПЦ_{КУСТ} = \frac{576 + 27}{210} = 2,9.$$

Таким образом, можно сделать вывод, что использование КУСТ в дизельных ДВС для очистки ОГ от токсичных компонентов экономически целесообразно.

## Список литературы

1. Инструктивно-методические указания по взиманию платы за загрязнение окружающей природной среды: Приказ Госкомэкологии РФ от 15.02.2000 №77 (с изменениями, внесенными решениями Верховного Суда РФ от 12.07.2011).
2. Об охране окружающей среды: Федеральный закон РФ от 10 января 2002 г. №7-ФЗ.
3. Об утверждении ГН 2.1.6.2309-07: Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 19 декабря 2007 г. № 92.
4. Патент РФ № 2459091. Комбинированное устройство снижения токсичности отработавших газов дизеля / Д. А. Чернецов, В. П. Капустин, А. В. Гончаров. Заявл. 25.10.2010. Опубл. 20.08.2012.
5. Рекус, И. Г. Основы экологии и рационального природопользования / И. Г. Рекус, О. С. Шорина: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУП, 2001. – 146 с.
6. Стандарт Российского общества оценщиков. Учет в процессе оценки экологических факторов. – СТО РОО 25-02-98.

### Рецензенты:

Зазуля А. Н., д.т.н., профессор, директор ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт по использованию техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов.

Герасимов Б. И., д.т.н., д.э.н., профессор, декан факультета «Экономический» ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов.