

мелиорируемым землям Западного Казахстана. При разработке следует исходить из размеров теоретически возможных биологических и хозяйственных урожаев культур в данной зоне. Наши определения ФАР, теоретически возможные коэффициенты использования энергии, средняя калорийность биомассы показывают на вполне допустимые биологические урожаи культур, а с учетом  $K_{ХОЗ.} = 0,3 - 0,4$  – и на приемлемые урожаи зерна в зоне.

Фактические урожаи зерновых культур пока остаются низкими; то же можно отметить и по кормовым культурам, возделываемым в Западном Казахстане. Например, в Западно – Казахстанской области урожаи зерна озимой пшеницы не превышают 30 – 35 ц/га, яровой пшеницы – 22 – 25, проса – 20 – 22 ц/га при регулярном орошении. Урожаи зеленой массы кукурузы составляют 200 – 220 ц/га, суданской травы – 180 – 200, горохо – овсяной смеси – 130 – 150, злаково – бобовой смеси многолетних трав – 180 – 200 ц/га и т.д.

Данные наших исследований свидетельствуют об урожаях в 2 – 2,5 раза больших, чем по области. Отсюда можно заключить, что в условиях производства не полностью используются потенциальные возможности культур, а также природные факторы; не учитывается ужесточающийся климат. Полученные данные свидетельствуют о необходимости выявления оптимальной структуры посева культур в поливных условиях с целью повышения фотосинтетической продуктивности растений. Между тем, теоретически возможные биологические и хозяйственные урожаи культур на западе Казахстана значительно превосходят фактические, что является основой для разработки мероприятий по повышению продуктивности растений на мелиорированных землях.

#### **Выводы:**

В деле устойчивого развития отраслей экономики, в частности, бесперебойного обеспечения поставок экологически чистой агропромышленной продукции, важным предстает получение ее по программе. Опыт исследовательской работы подтверждает возможность и целесообразность такого подхода в Республике Казахстан.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Докучаев В.В. Наши степи прежде и теперь. Избранные сочинения. М., Госуд. издат. с.-х. литературы. 1954, 708 с.

**УДК 656.13:57.026 (551.554:628.51)**

**Джайлаубеков Еркин Альмагамбетович – к.т.н., профессор (Алматы, КазАТК)**

**Кулманова Назира Кадыровна – д.т.н., профессор (Алматы, КазАТК)**

**Джайлаубекова Нургульсум Бараковна – преподаватель (Алматы, АКС КАУ)**

#### **РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ЦИКЛЕ ESC ПО ПРАВИЛАМ ЕЭК ООН**

В настоящее время, в целях обеспечения экологической безопасности автомобильного транспорта и уменьшения его негативного воздействия в атмосферный воздух, применяется нормирование выбросов вредных веществ автотранспортной техники. В Республике Казахстан с 15 июля 2009 года введены нормативы на выбросы вредных веществ автотранспортной техники, выпускаемые в обращение, по европейским стандартам Евро-2 Правил ЕЭК ООН и в 2011 году вводятся стандарты по Евро-3. Следует ожидать, что

введение стандартов Евро на выбросы вредных веществ автотранспортных средств в Казахстане приведет к существенному улучшению экологической безопасности автомобильного транспорта и сокращению загрязнений атмосферного воздуха. Для ввода в действие нормативов на выбросы вредных веществ необходимо осуществить ряд мер по стандартизации, сертификации и организации контроля выброса вредных веществ автотранспортной техники.

Сертификация автотранспортных средств на их соответствие к требованиям стандартов Евро проводится в специальных центрах испытания автомобилей на вредные выбросы загрязняющих веществ. В этих центрах используются сложные и дорогостоящие испытательные комплексы, позволяющие имитировать реальные движения автомобиля и с высокой точностью определить все нормируемые компоненты отработавших газов – оксид углерода (CO), углеводороды (CH), оксиды азота (NO) и твердые частицы (PM) – в показателях массы выбросов на единицу пройденного пути (г/км) и на единицу мощности (г/квт.ч). по испытательным циклам. Стоимость центра и его оборудования по испытанию автомобилей и двигателей составляет порядка от 2,0 млн. до 5,0 млн. долларов США, а стоимость одного испытания автомобиля составляет более 5,0 тыс. долларов США. В Казахстане таких центров нет. Поэтому сертификация автотранспортных средств на выбросы вредных веществ, поступающих на продажу в нашу страну, в первое время будет производиться путем подтверждения иностранных сертификатов в аккредитованных Госстандартом органах сертификации.

Как правило, нормирование выбросов вредных веществ и сертификационные испытания двигателей автотранспортных средств с массой более 3,5 т. проводятся по Правилам ЕЭК ООН № 49 [1]. Нормы на выбросы вредных веществ двигателей автотранспортных средств установлены в г/квт.ч. Процедура испытаний включает 3 различных цикла: ESC и ETC служат для определения выбросов вредных веществ, ELR – для определения дымности отработавших газов. Цикл ESC проводится на динамометрическом моторном стенде в соответствии с нагрузочным циклом, состоящим из 13 операций - режимов работы двигателя.

Испытания проходят на трех скоростных режимах двигателя А, В и С с нагрузками равными 25, 50, 75 и 100 % от полной на данном режиме и на минимальной частоте вращения холостого хода. Значения частот вращения двигателя А, В и С определяются по внешней скоростной характеристике. На каждую операцию установлен весовой коэффициент, учитывающий вклад работы двигателя в данном режиме в цикле. Во время испытания на каждом режиме измеряются мощность двигателя, расход отработавших газов и содержания в отработавших газах и количества выбросов вредных веществ, затем с учетом весовых коэффициентов определяются удельные количества выбросов вредных веществ на единицу произведенной работы двигателя в г/квт.ч. за цикл.

Для оценки двигателей автотранспортных средств на их соответствие к требованиям по экологическим нормативам европейских стандартов нами разработана модель и метод расчета количества выбросов вредных загрязняющих веществ в испытательном цикле по Правилам ЕЭК ООН. Данный метод дает возможность без инструментальным способом при отсутствии дорогостоящего оборудования путем расчета на компьютере количественно определить выбросы вредных веществ автомобилями по испытательному циклу и сравнить их со стандартами Евро.

Сущность разработанного нами метода расчета количества выбросов вредных загрязняющих веществ в испытательном цикле по Правилам ЕЭК ООН заключается в следующем. По данным технической характеристики двигателя устанавливаются скоростные режимы двигателя А, В, С и минимальная частота вращения холостого хода.

Расчетным путем для каждого режима определяются мощности и расходы отработавших газов. По токсическим характеристикам двигателя определяются концентрации вредных веществ в отработавших газах на режимах и рассчитываются количества и удельные выбросы вредных веществ на единицу произведенной работы двигателя в г/квт.ч. за цикл.

Мощность двигателя рассчитывается по формуле [2]:

$$N_e = 0,01 \frac{H_u \cdot \eta_e}{\ell_o \cdot \alpha} \cdot V_h \cdot n \cdot \eta_v \quad (1)$$

где  $N_e$  – мощность двигателя, кВт;  $V_h$  – рабочий объем двигателя, л;  $H_u$  – теплотворная способность топлива, кДж/кг;  $\ell_o$  – теоретическое необходимое количество воздуха;  $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха;  $\eta_v$  – коэффициент наполнения;  $\eta_e$  – эффективный к.п.д.;  $n$  – частота вращения двигателя, мин<sup>-1</sup>.

Расчет количества вредных выбросов по циклу производится по четырем веществам (оксид углерода CO, углеводороды CH, оксиды азота NO и твердые частицы PT) на основе инструкций Правил ЕЭК ООН № 49 /1/ и по формулам:

-оксида углерода CO

$$M_{CO} = 34,776 \cdot V_h \cdot n \cdot \eta_v \left(1 + \frac{1}{\alpha \ell_o}\right) \cdot \left(1 - \frac{1,85}{\alpha \ell_o}\right) \cdot CO \cdot (1 - S_{CO}) \cdot 10^{-6} \text{ г/час}; \quad (2)$$

-углеводородов CH

$$M_{CH} = 51,732 \cdot V_h \cdot n \cdot \eta_v \left(1 + \frac{1}{\alpha \ell_o}\right) \cdot \left(1 - \frac{1,85}{\alpha \ell_o}\right) \cdot CH \cdot (1 - S_{CH}) \cdot 10^{-6} \text{ г/час}; \quad (3)$$

-оксидов азота NO<sub>x</sub>

$$M_{NO} = 57,132 \cdot V_h \cdot n \cdot \eta_v \left(1 + \frac{1}{\alpha \ell_o}\right) \cdot \left(1 - \frac{1,85}{\alpha \ell_o}\right) \cdot NO \cdot (1 - S_{NO}) \cdot 10^{-6} \text{ г/час}; \quad (4)$$

-твердых частиц PT

$$M_{PT} = 27,84 \cdot V_h \cdot n \cdot \eta_v \left(1 + \frac{1}{\alpha \ell_o}\right) \cdot \left(1 - \frac{1,85}{\alpha \ell_o}\right) \cdot PT \cdot (1 - S_{PT}) \cdot 10^{-3} \text{ г/час}; \quad (5)$$

где,  $M_{CO}$ ,  $M_{CH}$ ,  $M_{NO_x}$ ,  $M_{PT}$  – количества выбросов веществ CO, CH, NO, PT в каждом режиме в г/час; CO, CH, NO – содержания веществ в отработавших газах в млн<sup>-1</sup>; PT – содержание твердых частиц в отработавших газах в г/м<sup>3</sup>;  $S_{CO}$ ,  $S_{CH}$ ,  $S_{NO}$ ,  $S_{PT}$  – степени очистки отработавших газов от веществ CO, CH, NO, PT.

Параметры работы двигателя, содержания загрязняющих веществ в отработавших газах и степени очистки газов приводятся в матричной форме в таблицах, в зависимости от относительных величин мощности и частоты вращения двигателя. При определении значений параметров двигателя и содержаний веществ в отработавших газах использованы данные МАДИ (ГТУ) [3-4] и других источников [5].

Для каждого режима работы двигателя определяются расчетные величины выбросов и мощности двигателя с учетом весового коэффициента режима. Расчет величины удельного выброса по циклу производится путем деления суммы расчетных выбросов на каждом режиме к расчетному значению мощности.

По разработанному методу составлена компьютерная программа расчета количества выбросов вредных веществ двигателя по испытательному циклу. Программное решение реализовано на объектно-ориентированном языке программирования object Pascal в среде разработки Delphi 7.0. В программе решаются следующие задачи:

- расчет мощности и параметров работы двигателя;
- расчет количества выбросов вредных веществ;
- суммирование и определение удельных выбросов вредных веществ на единицу произведенной работы двигателя в г/квт.ч. за цикл.

Расчеты проводились для бензинового двигателя с рабочим объемом 6,0 л. номинальной частотой вращения  $n_n = 4000$  об/мин и дизельного двигателя с рабочим объемом 10,85 л. номинальной частотой вращения  $n_n = 2600$  об/мин. Для каждого двигателя рассчитывались выбросы по 5-ти вариантам систем снижения токсичности и степени очистки отработавших газов (таблицы 1 и 2).

Таблица 1

Варианты систем снижения вредных выбросов и очистки отработавших газов двигателей

| Варианты | Дизельный двигатель  | Бензиновый двигатель  |
|----------|--|---|
| А        | Без систем снижения вредных выбросов (исходный)  | Без систем снижения вредных выбросов (исходный)   |
| В        | Применение природного газа, биотоплива   | Применение природного газа, биотоплива  |
| С        | Нейтрализатор отработавших газов, рециркуляция отработавших газов, совершенствование топливоподачи | 2-х компонентный нейтрализатор, впрыск топлива, рециркуляция отработавших газов             |
| Д        | Нейтрализатор, рециркуляция, аккумуляторная система топливоподачи (Common Rail), сажевый фильтр    | 3-х компонентный нейтрализатор, впрыск топлива, лямда-зонд, рециркуляция отработавших газов |
| Е        | Комплекс усовершенствованных систем снижения вредных выбросов, гибридный двигатель                 | Комплекс усовершенствованных систем снижения вредных выбросов, гибридный двигатель          |

Таблица 2

Степени очистки отработавших газов S, бензиновых и дизельных двигателей при различных вариантах систем снижения вредных веществ

| Степень очистки отработавших газов S, бензиновый и дизельный |          |                 |                 |                 |                 |
|--|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Тип двигателя  | Варианты | Вещества        |                 |                 |                 |
|  |          | CO              | CH              | NOx             | PT(дизель)      |
|  |          | S <sub>CO</sub> | S <sub>CH</sub> | S <sub>NO</sub> | S <sub>PT</sub> |
| Бензиновый и дизельный                                       | А        | 0               | 0               | 0               | 0               |
|  | В        | 0,6             | 0,4             | 0,2             | 0,2             |
|  | С        | 0,8             | 0,75            | 0,5             | 0,6             |
|  | Д        | 0,9             | 0,85            | 0,7             | 0,8             |
|  | Е        | 0,95            | 0,9             | 0,8             | 0,9             |

В варианте А произведен расчет выбросов в исходном состоянии двигателей без специальных систем снижения выбросов вредных веществ и степень очистки отработавших газов принята равной нулю. В варианте В произведен расчет при степени очистки (снижения токсичности) отработавших газов по сравнению с исходным состоянием двигателя, с вариантом А, по оксиду углерода CO равной 0,6, по углеводородам CH - 0,4 по окислам азота NO – 0,2 и по твердым частицам PT – 0,2. Здесь рассчитывается случай, когда применяется природный газ или биотопливо. Далее в

вариантах С, D и E рассчитаны выбросы вредных веществ, когда двигатель снабжается различными системами снижения токсичности и при различных степенях очистки отработавших газов (таблицы 1 и 2). Программа позволяет задать для расчета любой конкретный двигатель. Данные необходимые для расчета хранятся в системе управления базами данных (СУБД) paradox 7.0. Для выполнения выше перечисленных расчетов разработаны справочники и база для введения и хранения справочных данных.

Правильность построенной модели и программы расчета количества выбросов вредных веществ по испытательному циклу подтверждается экспериментальными данными испытаний автомобильных двигателей в Научно-исследовательском центре по испытаниям и доводке автотехники (Московская обл., г.Дмитров, Автополигон). Для примера в таблице 3 сравниваются экспериментальные данные испытания по циклу ESC и результаты расчета выбросов для двигателя КАМАЗ-740, что показывает достаточно высокое совпадение.

Таблица 3

Выбросы вредных веществ двигателя КАМАЗ-740 по испытательному циклу

| Данные                          | Система снижения токсичности отработавших газов | Выбросы вредных веществ в г/квт.ч. |      |      |       |
|---------------------------------|---|------------------------------------|------|------|-------|
|                                 |   | CO                                 | CH   | NO   | PT    |
| Экспериментальные данные НИИЦАМ | Топливная система Common Rail                   | 0,64                               | 0,18 | 4,54 | 0,065 |
| Расчет                          | Очистка по варианту D                           | 0,46                               | 0,18 | 3,16 | 0,080 |
| Расчет                          | Очистка по варианту E                           | 0,23                               | 0,12 | 2,10 | 0,040 |

Для анализа приведем результаты расчета количества выбросов вредных веществ бензинового и дизельного двигателей по испытательному циклу по 5-ти вариантам степени очистки отработавших газов (таблица 4). Для сравнения и оценки результатов расчета в таблице 5 также приведены нормы выбросов вредных веществ двигателей в испытательном цикле ESC по Правилам ЕЭК ООН № 49 .

Таблица 4

Расчетные количества выбросов вредных веществ бензинового и дизельного двигателей по испытательному циклу

| Варианты степени очистки отработавших газов | Бензиновый двигатель, рабочий объем 6,0 л |      |       | Дизельный двигатель, рабочий объем 10,85 л |      |       |      |
|---|---|------|-------|--|------|-------|------|
|   | Выбросы веществ, г/квт.ч                  |      |       | Выбросы веществ, г/квт.ч                   |      |       |      |
|   | CO  | CH   | NO    | CO   | CH   | NO    | PT   |
| A   | 81,10                                     | 4,94 | 10,40 | 4,58                                       | 1,18 | 10,50 | 0,38 |
| B   | 32,40                                     | 2,96 | 8,35  | 1,83                                       | 0,71 | 8,42  | 0,30 |
| C   | 16,20                                     | 1,23 | 6,26  | 0,92                                       | 0,29 | 6,31  | 0,15 |
| D   | 8,11                                      | 0,74 | 3,13  | 0,46                                       | 0,18 | 3,16  | 0,08 |
| E   | 4,06                                      | 0,49 | 2,09  | 0,23                                       | 0,12 | 2,10  | 0,04 |

Таблица 5

Предельные значения выбросов по стандартам Евро Правил ЕЭК ООН № 49 в испытательном цикле ESC, г/квт.час

| Уровень выброса | Бензиновый двигатель |      |      | Дизельный двигатель |      |     |      |
|-----------------|----------------------|------|------|---------------------|------|-----|------|
|                 | CO                   | CH   | NO   | CO                  | CH   | NO  | PT   |
| Евро 1          | 72,0                 | 4,0  | 14,0 | 4,5                 | 1,1  | 8,0 | 0,36 |
| Евро 2          | 55,0                 | 2,4  | 10,0 | 4,0                 | 1,1  | 7,0 | 0,15 |
| Евро 3          | 20,0                 | 1,1  | 7,0  | 2,1                 | 0,66 | 5,0 | 0,10 |
| Евро 4          | 4,0                  | 0,55 | 2,0  | 1,5                 | 0,46 | 2,0 | 0,02 |

Как показали расчеты, данный бензиновый двигатель без специальных систем снижения выбросов вредных веществ в варианте А по испытательному циклу выделяет оксид углерода CO в количестве 81,10 г/квт.ч, углеводороды CH – 4,94 г/квт.ч и окислы азота NO – 10,40 г/квт.ч (таблица 4). Если эти выбросы сравнить с нормами (таблица 5), то видно, что выбросы двигателя превышают нормы по Евро-1, т.е. двигатель не соответствует требованиям Правил ЕЭК ООН № 49.

При использовании на двигателе газового или биотоплива в варианте В выбрасываются оксид углерода CO в количестве 32,40 г/квт.ч, углеводороды CH – 2,96 г/квт.ч и окислы азота NO – 8,35 г/квт.ч, что меньше норм по Евро-1, т.е. в этом случае двигатель соответствует требованиям Правил ЕЭК ООН № 49 по уровню Евро-1. В варианте С при использовании на двигателе 2-х компонентного нейтрализатора и впрыска бензина выбросы вредных веществ составили: CO- 16,20 г/квт.ч, CH – 1,23 г/квт.ч и NO – 6,26 г/квт.ч, что соответствует требованиям Правил ЕЭК ООН № 49 по уровню Евро-2.

При установке на двигатель 3-х компонентного нейтрализатора в варианте D выбрасываются CO в количестве 8,11 г/квт.ч, CH – 0,74 г/квт.ч и NO – 3,13 г/квт.ч, что меньше нормы по Евро-3. При установке комплексной системы снижения выбросов вредных веществ в варианте E двигатель выбрасывает CO – 4,06 г/квт.ч, CH – 0,49 г/квт.ч и NO – 2,09 г/квт.ч и соответствует требованиям Правил ЕЭК ООН № 49 по уровню Евро-4 (таблицы 4 и 5).

Аналогичные результаты расчета получены по рассмотренному дизельному двигателю. Так, данный дизельный двигатель без специальных систем снижения выбросов вредных веществ в варианте А в испытательном цикле выделяет оксид углерода CO в количестве 4,58 г/квт.ч, углеводороды CH – 1,18 г/квт.ч, окислы азота NO – 10,50 г/квт.ч и твердые частицы PT – 0,38 г/квт.ч (таблица 4). При сравнении эти выбросов с нормами (таблица 5), то видно, что выбросы двигателя превышают нормы по Евро-1, т.е. двигатель не соответствует требованиям Правил ЕЭК ООН № 49.

При использовании на двигателе газового или биотоплива в варианте В выбрасываются: оксид углерода CO в количестве 1,83 г/квт.ч, углеводороды CH – 0,71 г/квт.ч, окислы азота NO – 8,42 г/квт.ч и твердые частицы PT - 0,30 г/квт.ч (таблица 4), что меньше норм по Евро-1, т.е. в этом случае двигатель соответствует требованиям Правил ЕЭК ООН № 49 по уровню Евро-1.

В варианте С при использовании на дизеле нейтрализатора и рециркуляции отработавших газов выбросы вредных веществ составили: CO- 0,92 г/квт.ч, CH – 0,29 г/квт.ч, NO – 6,31 г/квт.ч и твердые частицы PT - 0,15 г/квт.ч, что соответствует требованиям Правил ЕЭК ООН № 49 по уровню Евро-2.

При установке на дизельный двигатель нейтрализатора, рециркуляции, аккумуляторной системы топливоподачи (Common Rail) и сажевого фильтра в варианте D выбрасываются: CO в количестве 0,46 г/квт.ч, CH – 0,18 г/квт.ч, NO – 3,16 г/квт.ч и твердые частицы PT - 0,08 г/квт.ч, что меньше нормы по Евро-3. Только при установке

комплекса усовершенствованных систем снижения вредных выбросов в варианте Е дизельный двигатель выбрасывает СО – 0,23 г/квт.ч, СН – 0,12 г/квт.ч, NO – 2,10 г/квт.ч и твердые частицы РТ - 0,04 г/квт.ч и соответствует требованиям Правил ЕЭК ООН № 49 по уровню Евро-4 (таблицы 4 и 5).

По результатам данной работы можно сделать следующие **выводы**:

1. Разработан метод расчета количества выбросов вредных загрязняющих веществ двигателей автотранспортных средств полной массой более 3,5 тонн. Метод дает возможность без инструментальным способом при отсутствии дорогостоящего оборудования путем расчета на компьютере количественно определить выбросы вредных веществ автомобильных двигателей по испытательному циклу Правил ЕЭК ООН № 49 и сравнить их со стандартами Евро.

2. Метод позволяет также рассчитать количество выбросов вредных веществ при применении на автомобильном двигателе различных конструктивных и технологических способов снижения токсичности, выбрать необходимое решение для достижения определенного уровня стандарта Евро 2-4 и составить прогноз возможностей улучшения экологических характеристик двигателей автотранспортных средства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Правила ЕЭК ООН № 49 «Единообразные предписания, касающиеся сертификации двигателей с воспламенением от сжатия и двигателей, работающих на природном газе, а также двигателей с принудительным зажиганием, работающих на сжиженном нефтяном газе, и транспортных средств, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия, двигателями, работающими на природном газе, и двигателями с принудительным зажиганием, работающими на сжиженном нефтяном газе, в отношении выбросов вредных веществ».

2. Проскурин А.И. Теория автомобиля. Примеры и задачи. Учебное пособие. Ростов н/Дону, Феникс, 2006, 200 с.

3. Двигатели внутреннего сгорания. В 3<sup>х</sup> книгах. Кн.1. Теория рабочих процессов. Учебник для вузов. Луканин В.Н., Морозов К.А. и др. /Под редакцией Луканина В.Н. М.. Высшая школа, 2005, 479 с.

4. Интегрированный обучающий комплекс ДВС. Компьютерная программа. МАДИ (ГТУ), 2005.

5. Кульчицкий.А.Р. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей. Учебное пособие для высшей школы. М., 2004, 400 с.

УДК 551.324 (574-12) (235.216)

**Токмагамбетов Турбек Ганибекович – к.г.н, зав. лаб. гляциологии (Алматы, Институт географии)**

#### **ОЛЕДЕНЕНИЕ ЮГО-ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

Изменение климата – проблема, которая затрагивает все аспекты жизни на нашей планете. Его воздействия могут носить различный характер: физический (количество атмосферных осадков, водность рек), биологический (распространение и развитие экосистем), экономический (рентабельность производства), социальный (здоровье).

На современном этапе, последнее крупное изменение климата началось в конце XIX века. Оно характеризовалось постепенным повышением температуры воздуха на всех широтах северного полушария, во все сезоны года, причем наиболее сильное потепление