

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МЕТОДИКА ВЫБОРА МАССО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТРАКТОРА

М.А. СОЛОНСКИЙ, к. т. н. (БГАТУ)

Используемые в настоящее время методики выбора массы трактора и мощности двигателя являются аналитическими, так как базируются на математическом подходе к выводу формул массы и мощности как функции определяющих эксплуатационных параметров. Так, функциональную связь между массой трактора m_3 и мощностью двигателя P_e с одной стороны и эксплуатационными параметрами с другой стороны в наиболее общем виде можно представить следующим образом:

$$m_3 = f(F_{кр}, \varphi_{к доп}, \lambda_n, f);$$

$$P_e = f(F_{кр}, m_3, v_n, \eta_{мп}, \chi_3, f),$$

где $F_{кр}$ - тяговое усилие,

$\varphi_{к доп}$ - коэффициент использования сцепного веса,

λ_n - коэффициент нагрузки ведущих колес,

f - коэффициент сопротивления движению трактора,

m_3 - эксплуатационная масса трактора,

v_n - номинальная скорость трактора,

$\eta_{мп}$ - КПД трансмиссии,

χ_3 - коэффициент эксплуатационной загрузки двигателя.

Достоверность найденных аналитическими методами параметров m_3 и P_e во многом определяется тем, насколько адекватно аналитические зависимости отражают реальные процессы при работе трактора в эксплуатационных условиях. Поэтому на современном уровне проектирования трактора обязательным условием является сопоставление расчетных значений массы и мощности с соответствующими значениями этих параметров, достигнутыми лучшими отечественными и зарубеж-

ными аналогами, а также функциональные испытания и испытания на надежность и долговечность в специфических условиях эксплуатации.

Предлагаемая альтернативная методика определения массы трактора и мощности двигателя базируется на использовании методов теории вероятностей и математической статистики и учитывает достижения мирового тракторостроения на современном этапе развития науки и техники.

Так как множество значений эксплуатационной массы m_3 трактора и мощности P_e двигателя можно рассматривать как множество случайных дискретных величин X , то теоретически бесконечная совокупность значений этих величин является генеральной совокупностью, распределение признака в которой совпадает с теоретическим распределением вероятностей величины X , а параметры ее распределения являются параметрами генеральной совокупности [1, с. 536]. При практических расчетах пользуются обычно случайной выборкой объема n_x , плотность распределения которой называется функцией правдоподобия [1, с. 535], а характеристики выборки — выборочными характеристиками. Нами приняты следующие выборочные характеристики [3, с. 18, 77]:

выборочная средняя

$$\bar{X} = \frac{1}{n_x} \sum_{i=1}^{n_x} x_i; \quad (1)$$

размах выборки

$$w_{n_x} = x_{\max} - x_{\min}; \quad (2)$$

выборочное среднее квадратическое отклонение

$$S = \sqrt{\frac{1}{n_x - 1} \sum_{j=1}^{n_x} (x_j - \bar{X})^2}; \quad (3)$$

коэффициент вариации

$$v(x) = \frac{S}{\bar{X}}, \quad (4)$$

где x_j — значения случайной величины;

n_x — объем выборки;

x_{\max} — максимальное и x_{\min} — минимальное значения случайной величины.

Для выборок достаточно большого объема при достаточно малых классовых интервалах все выборочные характеристики могут быть вычислены по относительным частотам $h_j = n_j / n_x$ точно так же, как соответствующие параметры генеральной совокупности вычисляются по вероятностям. Применение группированных данных дает экономию в расчетах, если объем выборки $n_x > 25$. В этом случае для выборочного распределения, заданного классовыми интервалами с центрами $X = X_1, X_2, \dots, X_m$, выборочные характеристики имеют вид:

выборочная средняя (характеристика положения)

$$\bar{X}_G = \frac{1}{n_x} \sum_{j=1}^m n_j X_j; \quad (5)$$

выборочное среднее квадратическое отклонение (характеристика рассеяния)

$$S_G = \sqrt{\frac{1}{n_x - 1} \sum_{j=1}^m n_j (X_j - \bar{X}_G)^2}; \quad (6)$$

коэффициент вариации

$$v_G(X) = \frac{S_G}{\bar{X}_G}, \quad (7)$$

где n_j — число случайных величин, которые попадают в j -й классовый интервал;

X_j — середина j -го классового интервала;

m_j — количество классовых интервалов.

Поскольку в странах дальнего зарубежья не предусмотрено деление тракторов на тяговые классы, то, чтобы обеспечить единый методический подход к формированию представительной выборки тракторов данного тягового класса и колесной формулы, нами принята следующая методика. Предварительно отбирались тракторы в заданной комплектации, «отгрузочная масса» m_0 которых близка к расчетной минимально и максимально допускаемой массе или попадает в интервал расчетных значений массы трактора данного тягового класса. Для определения эксплуатационной массы m_3 трактора к этой массе m_0 добавлялась полная масса топлива, охлаждающей жидкости и масса водителя (75 кг), но без съемных балластных грузов. Затем для тракторов, эксплуатационная масса которых близка к минимально и максимально допускаемой расчетной, по выражениям

$$F_{сп.i} = \left\{ \begin{array}{l} m_3 g [\varphi_{к1,дон}(1 - \lambda_n) + \varphi_{к2,дон} \lambda_n - f] \\ m_3 g (\varphi_{к2,дон} \lambda_n - f) \end{array} \right\}$$

подсчитывалось развиваемое трактором тяговое усилие, и проверялась принадлежность трактора к данному i -му тяговому классу. Если соблюдалось условие $0,9F_{сп.i} \leq F_{кр.i} \leq 0,9F_{сп.(i+1)}$, то трактор считался относящимся к исследуемому тяговому классу, и для него в таблицу заносились эксплуатационная m_3 и конструкционная m_k масса трактора. Конструкционная масса m_k принималась равной разности «отгрузочной массы» m_0 и массы жидкости в запорочных емкостях.

Так как в ежегодниках Red Book [4] указывается не номинальная мощность P_n двигателя, а мощность P_e на хвостовике вала отбора мощности (ВОМ), то она путем пересчета приводилась к коленчатому валу двигателя:

$$P_n = P_e / \eta_{вом},$$

где $\eta_{вом}$ — КПД привода ВОМ.

Наряду с номинальной мощностью P_n определялась также эксплуатационная мощность P_e , равная разности между номинальной мощностью двигателя и мощностью, отбираемой постоянно включенными потребителями. Нами принималось, что эксплуатационная мощность P_e примерно на 10% ниже номинальной мощности P_n двигателя.

Наряду с массой m_3 и m_k и мощностью P_n и P_e определялись также значения удельной конструкционной массы $m_{к,уд} = m_k / P_n$ и энергонасыщенности $P_{е,уд} = P_e / m_3$.

Чтобы обеспечивалось единство методического подхода при формировании представительной выборки данных по массо-энергетическим параметрам тракторов, нами использовались только аналоги по массе как наиболее характерные для сравнения [2]. Поскольку в инструкциях по эксплуатации тракторов приводится, как правило, допуск на конструкционную массу трактора ± 100 кг, то этот подход был распространен нами также на эксплуатационную массу трактора. Поэтому в таблицу исходных данных заносились лишь значения массы тех тракторов, нижний предел эксплуатационной массы которых был не ниже $m_{э,мин,дон} - 100$ кг, а ее верхний предел не выше $m_{э,маx,дон} + 100$ кг. Отклонение по массе занесенных в таблицу тракторов не превышало 3%.

Данные по тракторам для формирования таблицы статистической информации по массо-энергетическим параметрам выбирались из ежегодника Red Book [4].

Сформированная статистическая информация по массо-энергетическим параметрам тракторов выбранного класса, результаты обработки этой информации методами теории вероятностей и математической статистики и выполненный сопоставительный анализ полученных результатов позволили предложить альтерна-

тивную методику выбора массо-энергетических параметров проектируемых универсально-пропашных колесных тракторов.

Сушность предложенной альтернативной методики может быть сформулирована следующим образом. Рассматривая дискретные значения массы и мощности трактора и их удельных показателей как случайные величины, формируются и обрабатываются представительные выборки этих параметров с использованием теории вероятностей и математической статистики как по всей совокупности базовых моделей тракторов данного тягового класса в мировом тракторостроении, так и по отдельным, наиболее известным тракторостроительным фирмам, в том числе по заводу-изготовителю перспективной модели трактора. Затем после сопоставительного анализа выбираются такие значения параметров проектируемого трактора, в первую очередь удельной конструкционной массы, которые превосходили бы в определенной мере достигнутый уровень в мировом тракторостроении на начало проектирования. После расчета технико-экономических показателей трактора с выбранными параметрами с учетом достигнутого уровня технологии производства он может приниматься к конструкторской разработке.

Вероятностная методика выбора массо-энергетических параметров трактора позволяет на всех этапах проектирования (начиная от этапа формирования агротребований) сопоставлять выбранные по традиционной методике параметры с достигнутыми в мировом тракторостроении и поддерживать высокий технический уровень разрабатываемых тракторов.

Литература

1. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. Для научных работников и инженеров. Определения, теоремы, формулы. - М.: Наука. 1974.

2. Либчис С.Е., Кузько Т.А. Статистическая оценка мощности и удельной массы сельскохозяйственных тракторов. // Тракторы и сельскохозяйственные машины.

1989, №2.

3. Шор Я.Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности. - М.: Советское радио. 1962.

4. Implement & Tractor. Red Book, Annual. // The Farm and Industrial Equipment. Specifications Encyclopedia.

УДК 631.5:502.7

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ (НА ПРИМЕРЕ СВИНОКОМПЛЕКСА "СЕВЕРНЫЙ")

С. М. КРУТЬКО; П. Ф. ТИВО, д. с.-х. наук
(Белорусский НИИ мелиорации и луговодства)

Утилизация бесподстилочного навоза на ограниченной территории усилило загрязнение окружающей среды. В Поозерье, наиболее чувствительными к орошению животноводческими стоками оказались поверхностные воды, что обусловлено почвенными особенностями и расчлененным рельефом местности. Полив жидкими органическими удобрениями нередко обуславливает здесь поверхностный сток и потерю биогенных элементов в результате их смыва в гидрографическую сеть. Это нашло убедительное подтверждение в наших исследованиях, проведенных на территории совхоза-комбината "Северный" Городокского района мощностью 54 тыс. голов, где навозные стоки утилизируются на земледельческих полях орошения (ЗПО)[1].

Поверхностный и дренажный сток ЗПО там собирается в пруду-накопителе, который, по мнению проектировщиков, является гидрохимическим барьером. Он предназначен для предотвращения загрязнения водоприемников (в нашем случае река Кабишанка). Однако, как показали наши наблюдения, со своей задачей пруд-накопитель не справляется.

Загрязненные воды прежде всего скапливаются в придонных слоях пруда-накопителя (максималь-

ная его глубина 11 м), где характерно минимальное содержание кислорода. В дальнейшем они являются источником вторичного загрязнения почти всего пруда. Прослеживается также тенденция увеличения содержания биогенных элементов (прежде всего аммонийного азота и фосфора) в придонных слоях. Наоборот, поверхностные воды, хотя в разные периоды несколько отличаются по гидрохимическому составу, но в среднем в них концентрация азота более-менее постоянна, что свидетельствует о протекании там процессов очистки.

Для решения данной проблемы в 1995 году на свинокомплексе "Северный" были созданы биоинженерные сооружения (БИС), объединяющие основные элементы почвенной очистки (методом фильтрации) и поглощение биогенных элементов высшей водной растительностью (ВВР).

Они представляет собой каскад сооружений, состоящих из отстойника, пруда первой ступени очистки, прудов второй ступени очистки и биоканала. Работают сооружения в самотечном режиме. Продолжительность работы в теплый период года - 5 месяцев.

Процесс доочистки осуществляется следующим образом: сточные воды по подземному трубопроводу поступают в отстойник,

затем в пруд 1-ой ступени очистки, где проходят через заросли макрофитов (рогоз широколистный (*Typha latifolia*), тростник обыкновенный (*Phragmites communis*) и фильтруясь через дренажную засыпку. В основании засыпки устроен систематический пластмассовый дренаж с расстояниями между дренами 2 м, глубиной 0,4, 0,6 и 0,8 м. Затем дренажные воды поступают в пруды 2-1 и 2-2 (вторая ступень очистки). Последняя отличается тем, что у нее отсутствует дренаж. Вода, прошедшая пруды 2-1 и 2-2, направляется в биоканал длиной 300, который замыкает систему очистки. После него воды сбрасываются в водоприемник (р. Кабишанка).

В процессе развития макрофиты извлекают из воды и грунтов не только биогенные элементы (N, P, K), но и другие макро- и микроэлементы, а также балластные и токсичные вещества, в том числе соли тяжелых металлов. При прохождении воды через густые заросли макрофитов происходит процесс фиточистки. Побеги и корни водных растений, механически задерживая минеральные и органические взвеси, увеличивают прозрачность воды. В процессе метаболизма и выделения во внешнюю среду физиологически активных веществ типа фитонцидов и антибиотиков в зарослях ВВР