

# ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА



УДК 631.31

В.И. Беляев,  
Д.В. Беляев

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПОСЕВНЫХ АГРЕГАТОВ

В современных технологиях возделывания зерновых культур все большее применение находят комбинированные почвообрабатывающие посевные агрегаты. Преимущества их внедрения очевидны и подтверждены исследованиями многих ученых и практиков. Это и высокая производительность, экономия топлива, снижение техногенного воздействия на почву, сокращение затрат и др.

Однако спектр выпускаемой техники отечественного и зарубежного производства достаточно широк и возникает необходимость теоретического согласования параметров тракторов и почвообрабатывающих посевных машин с точки зрения рационального агрегатирования и особенностей условий эксплуатации.

Учитывая изложенное, нами предлагается математическая модель обоснования рациональных составов и режимов работы агрегатов как системы «почвоорудие-трактор».

Процесс функционирования машинно-тракторного агрегата (МТА) рассматриваем как реакцию на внешние возмущающие воздействия, в виде сложной динамической системы, осуществляющей преобразование по типу «вход-выход».

В качестве входных переменных принимаем характеристики условий работы агрегатов, а выходными являются совокупность параметров, определяющих агротехнические, энергетические и технико-экономические показатели.

Общая расчетная схема почвообрабатывающего посевного агрегата имеет вид:

$$F = \{f(t), \dots, f_i(t), \dots, f_n(t)\}; \quad (1)$$

$$Y = \{Y(t), \dots, Y_j(t), \dots, Y_m(t)\}, \quad (2)$$

где  $F$  – вектор возмущающих воздействий;

$Y$  – вектор выходных переменных.

Число компонент  $n$  и  $m$  зависит от степени учета совокупности эксплуатационных факторов.

Несмотря на различия конструкций почвообрабатывающих посевных агрегатов их расчетные модели могут быть идентичны.

Анализируемые процессы отдельных подсистем разделяем на две группы. Одни из них обусловлены заранее известными факторами, и их протекание прогнозируем по детерминированным функциям связи. В этом случае внешние условия и свойства самой системы рассматриваем как вполне определенные со взаимно однозначным соответствием реализаций входных и выходных процес-

сов. Другие процессы отличаются тем, что их реализации являются случайными в вероятностно-статистическом смысле. Данный факт учитывается для повышения достоверности получаемых результатов.

Отличительной особенностью функционирования сельскохозяйственных агрегатов является наличие большого количества входных и выходных переменных, их изменчивость во времени или нестационарность.

Испытаниями МТА установлено, что процессы работы почвообрабатывающих посевных агрегатов являются случайными в вероятностно-статистическом смысле. Главной причиной, обуславливающей изменение выходных показателей работы агрегатов в эксплуатации, является колебательный характер внешних воздействий.

В качестве входного возмущающего воздействия исследуемой системы «почва – орудие – трактор» принимаем величину приведенного к постоянной рабочей скорости движения тягового сопротивления агрегата, закон распределения которого принят нормальным на основании анализа многочисленных реализаций процессов.

Для оценки законов распределений входных и выходных переменных используем числовые характеристики: математические ожидания и дисперсии:

$$m_y = \int y \varphi(y) dy = \int f(x) \varphi(x) dx; \quad (3)$$

$$D_y = \int [f(x) - m_y]^2 \varphi(x) dx, \quad (4)$$

где  $\varphi(y)$ ,  $\varphi(x)$  – плотности распределения вероятностей соответственно входного и выходного показателей;

$y = f(x)$  – детерминированная функция связи.

При агрегатировании трактора в различных условиях эксплуатации возникает необходимость оценки выходных показателей агрегатов во всем рабочем диапазоне загрузки по тяге, определяемом не только изменчивостью агрофизических свойств почв по полям региона эксплуатации, но и параметрами машинорудий и режимами работы МТА.

Изменение текущих математических ожиданий тягового усилия на крюке трактора в зависимости от рабочей скорости движения при агрегатировании с различными машинами выражаем уравнением второго порядка:

$$P_{кр} = P_0 [1 + \varepsilon_0 (V_p^2 - V_0^2)], \quad (5)$$

где  $P_{кр}$ ,  $P_0$  – соответственно, математические ожидания тягового усилия на крюке трактора при скоростях движения  $V_p$  и  $V_0$ ;

$\varepsilon_0$  – коэффициент, учитывающий прирост тягового сопротивления при увеличении рабочей скорости движения МТА.

Величину тягового усилия трактора при скорости приведения  $V_0$  определяем как

$$P_0 = K_0 V_p, \quad (6)$$

где  $K_0$  – удельное тяговое сопротивление агрегата при скорости приведения  $V_0$  (в расчетах для современных скоростных агрегатов принимаем  $V_0 = 1,94$  м/с), определяемое по результатам аппроксимации данных динамометрирования агрегатов;

$V_p$  – рабочая ширина захвата МТА.

Математические ожидания рабочей скорости движения трактора в зависимости от коэффициента использования сцепного веса и других параметров с высокой степенью точности можно определить путем аппроксимации эксплуатационных значений скоростей движения по передачам [1]. После обобщения полученное выражение будет иметь вид:

$$V_p = N_n \lambda_n \eta_{тр} \eta_{\delta} / (G_s (\varphi + f)), \quad (7)$$

где  $N_n$ ,  $\lambda_n$  – соответственно, номинальная мощность тракторного двигателя и коэффициент ее использования в эксплуатации;

$\eta_{тр}$  – КПД трансмиссии трактора;

$\varphi$  – математическое ожидание коэффициента использования сцепного веса трактора,  $\varphi = P_{кр} / G_s$ ;

$G_s$  – эксплуатационный вес трактора;

$f$  – коэффициент сопротивления качению трактора.

$\eta_{\delta}$  – КПД буксования движителей трактора.

Величина КПД буксования движителей трактора определяется опытным путем в зависимости от коэффициента использования сцепного веса трактора на различных почвенных фонах и аппроксимируется уравнением второго порядка:

$$\eta_{\delta} = A_0 + A_1 (P_{кр} / G_s) + A_2 (P_{кр} / G_s)^2, \quad (8)$$

где  $A_0$ ,  $A_1$ ,  $A_2$  – коэффициенты аппроксимации для определения КПД буксования движителей.

Тогда совместное решение уравнений (5-8) будет определять взаимосвязь текущих значений математических ожиданий выходных показателей. Решение системы уравнений выполняем итерационным методом.

В качестве ограничений используем максимальные значения математического ожидания коэффициента использования сцепного веса трактора, буксования движителей, а также диапазона математических ожиданий рабочих скоростей движения по агротехническим требованиям. Определение их выполняем согласно выражениям:

$$[\varphi_{\max}] \geq \varphi_{\max} (1 - c v); \quad (9)$$

$$[\delta_{\max}] \geq \delta_{\max} (1 - c v), \quad (10)$$

где  $[\varphi_{\max}]$  – максимально допускаемое математическое ожидание коэффициента использования сцепного веса трактора;

$v$  – коэффициент вариации математических ожиданий нагрузки на крюке трактора;

$[\delta_{\max}]$  – максимально допускаемое математическое ожидание величины буксования движителей трактора;

$\varphi_{\max}$ ,  $\delta_{\max}$  – соответственно, максимальные значения коэффициента использования сцепного веса трактора и буксования движителей, регламентируемые для соответствующих почвенных фонов и моделей тракторов [2].

Диапазон математических ожиданий рабочих скоростей движения МТА определяется по результатам агротехнической оценки с учетом требований качества выполнения технологического процесса.

Значения математического ожидания секундного расхода топлива двигателя в рабочем диапазоне загрузки трактора по тяге на совокупности рабочих передач определится как

$$G_T = G_{Tн} \lambda_{G_T} \quad (11)$$

где  $G_{Tн}$ ,  $\lambda_{G_T}$  – соответственно, номинальный расход топлива тракторного двигателя и коэффициент его использования в эксплуатации.

Связь между номинальным расходом топлива двигателя и его номинальной мощностью представим в виде:

$$G_{Tн} = g_{ен} N_{н} \quad (12)$$

где  $g_{ен}$  – удельный расход топлива двигателя при номинальной мощности.

Математические ожидания чистой производительности МТА ( $W_u$ ) и расхода топлива (по площади) ( $G_{га}$ ) определяются согласно известным выражениям:

$$W_u = B_p V_{p'} \quad (13)$$

$$G_{га} = G_T / W_u \quad (14)$$

При определении сменной производительности МТА учитываем величину коэффициента использования времени смены, значение которого наиболее существенно зависит от кинематических характеристик агрегатов и обрабатываемых полей. В расчетах нами учитывается как время разворотов МТА, так и длина гона поля. Остальные составляющие времени смены принимаем осредненными по результатам хронометражных наблюдений.

Составляющие эксплуатационных затрат при использовании различных вариантов агрегатов определяем согласно методики экономической оценки [3].

Таким образом, используя полученные зависимости, представляется возможным выполнить анализ эффективности использования тяговых агрегатов на базе тракторов с различными параметрами при выполнении обработки почвы и посева применительно к реальным условиям эксплуатации, оценить степень совершенства конструкций машин-орудий и тракторов, разработать практические рекомендации по их использованию и наметить перспективные направления развития техники.

#### Библиографический список

1. Беляев В.И. Повышение эффективности обработки почвы и посева зерновых культур при использовании перспективных машинно-тракторных агрегатов: автореф. дис. докт. техн. наук / В.И. Беляев. Барнаул, 2000. 44 с.
2. Тяговые характеристики сельскохозяйственных тракторов: альбом-справочник. М.: Россельхозиздат, 1979. 240 с.
3. Орсик Л.С. Техника-экономическое обоснование комплексов отечественных и зарубежных машин / Л.С. Орсик, В.И. Драгайцев. М.: ВНИИЭСХ, 2003. 110 с.

