

Выводы

1. Обоснованы технологические, технические и экономические критерии эффективности применения комбинированных почвообрабатывающих агрегатов, установлены рациональные способы их агрегатирования на современном этапе и уровне развития мобильных энергетических средств.

2. Установлены осредненные характеристики удельного сопротивления машин и агрегатов при выполнении технологических процессов основной обработки почвы по традиционной, минимальной и нулевой технологиям, позволившие обосновать оптимальные по энергозатратам и максимальные по производительности значения скоростей рабочего хода.

3. Результаты сравнительной оценки показали существенное повышение производительности, снижение удельных энергозатрат и рост потребной мощности при использовании минимальной и нулевой технологий обработки почвы. Они могут быть использованы при адаптации почвообрабатывающих агрегатов к природно-производственным условиям АПК Восточно-Сибирского региона.

Литература

1. Селиванов Н.И. Эксплуатационные параметры тракторов для основной обработки почвы // Вестн. КрасГАУ. – Красноярск, 2010. – № 6. – С. 132–139.
2. Селиванов Н.И. Система адаптации эксплуатационных параметров тракторов для основной обработки почвы // Вестн. КрасГАУ. – 2010. – № 7. – С. 127–133.
3. Надькто В.Т. Перспективное направление создания комбинированных и широкозахватных МТА // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – №3. – С. 26–30.
4. Почвоохранная ресурсосберегающая технология обработки почв, посева и уборки перспективными агрегатами / Н.К. Мазитов [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – № 12. – С. 7–11.



УДК 629.114.2

Н.И. Селиванов

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАКТОРА

В статье представлены структурная схема и модели поэтапной адаптации эксплуатационных параметров трактора к природно-производственным условиям основной обработки почвы.

Ключевые слова: *структурная схема, этап оптимизации, трактор, модель, параметр, критерий, ограничение.*

N.I. Selivanov

MODELLING THE TRACTOR OPERATIONAL PARAMETERS

The block diagram and the models of stage-by-stage adaptation of the tractor operational parameters to the natural and working conditions of soil basic processing are given in the article.

Key words: *block diagram, optimization stage, tractor, model, parameter, criterion, restriction.*

Введение. Главными параметрами почвообрабатывающего агрегата являются эксплуатационные мощность и масса энергетического средства, определяющие его энергонасыщенность, ширина захвата орудия и рабочая скорость. Они в наибольшей степени определяют основные технико-экономические показатели: производительность и удельные затраты денежных средств.

В разработанной структурной схеме многоуровневой системы адаптации эксплуатационных параметров трактора для основной обработки почвы [1] выявление параметров-адаптеров мобильного энергосредства является главной задачей второго уровня. На этом уровне предусматривается обоснование энергетического потенциала $(\xi_i N_{e3})^* i$ и эксплуатационной массы $m_{эж}^*$ трактора для наиболее энергоемких операций

основной обработки почвы с учетом природно-производственных условий и современных тенденций развития тракторов общего назначения.

В представленном материале рассматривается поэтапное решение главной задачи второго уровня системы адаптации трактора к условиям эксплуатации.

Цель работы. Разработать методологию адаптации эксплуатационных параметров трактора к природно-производственным условиям для реализации тяговых технологий основной обработки почвы.

Задачи:

1. Обосновать структурную схему оптимизации эксплуатационных параметров трактора.
2. Разработать модели и алгоритм адаптации массоэнергетических параметров трактора к природным условиям и операционным технологиям основной обработки почвы.

Условия и методы исследования. Эксплуатационные параметры трактора и агрегата в процессе рабочего хода рассматриваются как результативные признаки функционирования динамической системы при случайном характере тяговой нагрузки с учетом установленных допущений и ограничений:

а) изменение удельного тягового сопротивления рабочей машины K_{oi} или комбинирование агрегата (блока рабочих машин) \bar{K}_{oi} при скорости $V_0=1.4$ м/с носит случайный характер и для конкретной технологической операции подчиняется закону нормального распределения с коэффициентом вариации $v_{koi}=\sigma_{koi}/K_{oi}=\text{const}$;

б) значение оптимальной рабочей скорости агрегата определяется агротехническими условиями на выполнение технологической операции ($V_{\text{mini}} \leq V_{\text{opti}} \leq V_{\text{maxi}}$) и устанавливается на первом уровне общей системы адаптации в этих пределах по критерию минимизации удельных энергозатрат на единицу производительности $K_e (V_{\text{opti}}) = (1,06-1,10)K_{e\text{min}} = (1,06-1,10)E_k \cdot \mu_k / V_{\text{mini}}$ [2];

в) при работе почвообрабатывающего агрегата с оптимальной рабочей скоростью V_{opti} постоянно достигается чистая производительность $W_i^* = B_i^* \cdot V_{\text{opti}} = \text{const}$, значение которой определяется по экономическим критериям оптимальности для каждой длины гона l_{gi} ;

г) буксование каждого типа двигателя трактора в номинальном тяговом режиме $\delta_{нi}$ находится в допустимом диапазоне $\delta_{opti} \leq \delta_{нi} \leq \delta_{дi}$, взаимосвязь буксования и коэффициента использования сцепного веса $\varphi_{кр}$ для однотипных по двигателю тракторов в рабочем диапазоне тяговых нагрузок на одноименных почвенных фонах аппроксимируется выражением $\varphi_{кр} = v \cdot \delta / (a + \delta)$ при установленных значениях коэффициентов a и v ;

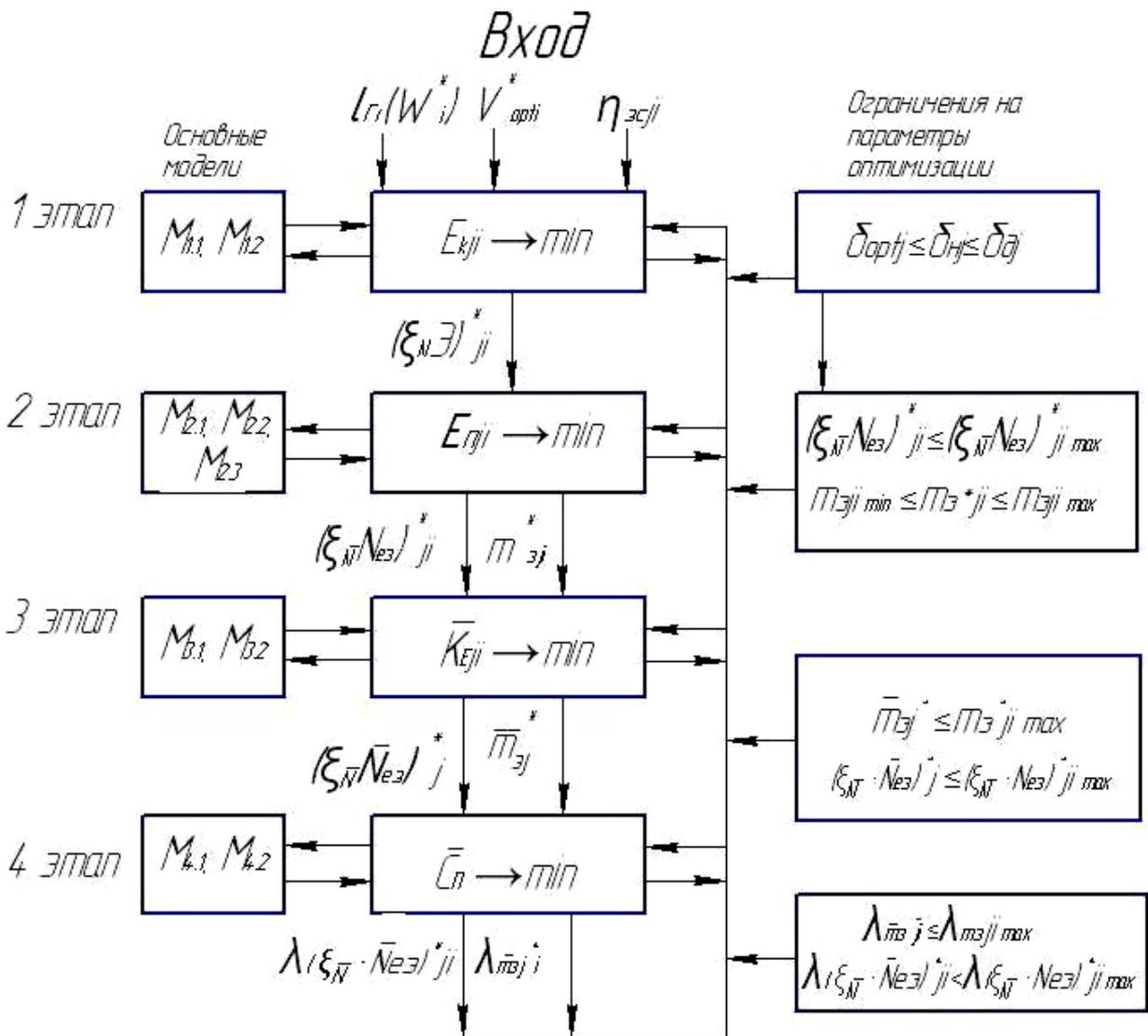
д) КПД трансмиссии $\eta_{тpi}$ и коэффициент сопротивления качению f_j трактора в заданных условиях постоянны и равны средним расчетным значениям без учета мощности двигателя $N_{eэ}$ и угла наклона поверхности поля ($\alpha_i=0$) соответственно.

Оптимальные значения чистой производительности W_i^* зависят в основном от вида технологической операции и длины гона l_{gi} и практически не зависят от почвенно-климатических зон эксплуатации агрегатов в интервалах изменения рабочих скоростей, принятых по агротехническим условиям. Этот параметр обосновывается на первом уровне по критерию минимума приведенных затрат $C_{pi} \rightarrow \text{min}$ и определяет оптимальную эксплуатационную производительность Π_i^* .

Определение параметров оптимизации (адаптеров) трактора общего назначения производится для основных групп родственных технологических операций и установленных классов длины гона на двух тяговых режимах, соответствующих максимальному тяговому КПД $\eta_{T\text{max}}$ и допустимому буксованию $\delta_{д}$. В основу оптимизации эксплуатационной массы $\bar{m}_{эj}$ и энергетического потенциала $(\xi_N \cdot \bar{N}_{eэ})_j$ трактора положена тенденция создания параметрического ряда мобильных энергетических средств (МЭС) с переменными массоэнергетическими параметрами, обеспечивающими их эффективное функционирование в составе почвообрабатывающих агрегатов разного технологического назначения.

Результаты исследования и их анализ. Для повышения эффективности решения задач адаптации эксплуатационных параметров трактора к природно-производственным условиям разработана многоэтапная структурная схема (рис.) с обоснованными моделями и критериями.

На первом этапе второго уровня системы адаптации предполагается обоснование удельного энергетического потенциала трактора $(\xi_N \cdot \bar{Э})_j$ при оптимальной скорости V_{opti} обработки почвы для соответствующей технологии или отдельной группы родственных операций, которая является основным входным фактором наряду с длиной гона $l_{эi}$ (чистой производительностью W_i^*) и типоразмерным рядом МЭС $n_{эji}$.



Структурная схема оптимизации эксплуатационных параметров трактора

Количество технологических операций или групп родственных операций при разных характеристиках удельного сопротивления $\Delta \bar{K}i = \text{var}$ определяет число типоразмеров энергомашины по удельному энергетическому потенциалу $(\xi_{N\bar{e}3})^*_{ji}$.

Критерием эффективности при этом целесообразно использовать удельные энергозатраты на единицу удельного тягового сопротивления

$$E_k = [1 + \Delta K(V^{opt2} - V_0^2)] / \eta_{TH} = \mu_k / \eta_{TH} \rightarrow \min. \quad (1)$$

На этом этапе решаются модели, характеризующие функционирование трактора в заданных производственных условиях: $M_{1.1}$ – устойчивого движения трактора по тягово-сцепным свойствам в номинальном тяговом режиме для обобщенной характеристики опорной поверхности; $M_{1.2}$ – обеспечения оптимальной скорости рабочего хода V^{opt} при обработке почвы по соответствующей технологии.

Указанные модели являются одинаковыми для всех технологических операций и классов длины гона:

$$M_{1.1} \quad \eta_{THji} = \eta_{TPj} \left[\frac{\varphi_{kp}}{(\varphi_{kp} + f)} \right]_{ji} \left\{ 1 - \left[\frac{a\varphi_{kp}}{(b - \varphi_{kp})} \right]_{ji} \right\} \rightarrow \eta_{Tmaxji} \quad (2)$$

$$M_{1.2} \quad (\xi_{N\bar{e}3})^*_{ji} = [V_{opt}^* \cdot g(\varphi_{kp} + f)] / (\eta_{TP} \cdot \eta_6)_{ji}. \quad (3)$$

Агротехнические требования на этом этапе характеризуются допустимым буксованием двигателя $\delta_{optj} \leq \delta_{hj} \leq \delta_{gj}$ в номинальном тяговом режиме. Диапазон изменения удельного энергетического потенциала определяется значением коэффициента использования мощности $\xi_{\bar{N}}^*$ и интервалом реализуемых оптимальных скоростей ($V_{optmin} - V_{optmax}$).

На втором этапе решением моделей $M_{2.1}$ и $M_{2.2}$ определяются оптимальные значения массоэнергетических параметров трактора на основных технологических операциях для каждого класса длины гона:

$$M_{2.1} \quad (\xi_{\bar{N}} N_{e9})^* j i = W_i^* \cdot K_{0i} \cdot \mu_{ki} / \eta_{T_{Hj}i}^*; \quad (4)$$

$$M_{2.2} \quad m_{эji}^* = \left[\frac{(\xi_{\bar{N}} N_{e9})^* \cdot \eta_{Tp}(1-\delta_H)}{V_{opt}^* \cdot g(\varphi_{kp} + f)} \right] j i. \quad (5)$$

Критерием ресурсосбережения является минимум удельных (на единицу обрабатываемой площади) энергозатрат

$$E_{Пji} = (\xi_{\bar{N}} N_{e9})^* j i / W_i^* \rightarrow \min. \quad (6)$$

На этом же этапе предварительно определяется ширина захвата рабочей машины для конкретных технологических операций и установленных классов длины гона, а также номинальное тяговое усилие, которое не является на данном этапе эквивалентным адаптером трактора к природно-производственным условиям:

$$M_{2.3} \quad B^* i = W_i^* / V_{opti}^*; \quad (7)$$

$$P_{крHj}^* i = W_i^* \cdot K_{0i} \cdot \mu_{ki} / V_{opti}^*. \quad (8)$$

В качестве ограничений на указанные параметры оптимизации следует принять их максимальные значения для определенных природно-производственных условий с учетом необходимости и целесообразности обоснования на последующих этапах параметрического ряда МЭС с переменными массоэнергетическими параметрами, обеспечивающими их эффективное функционирование в изменяющихся условиях.

Третий этап предполагает обоснование основных (базовых) значений массоэнергетических параметров трактора с учетом занятости на операциях почвообработки и превалирующих классов длины гона.

Для каждого класса длины гона основные значения энергетического потенциала и эксплуатационной массы трактора определяются решением моделей:

$$M_{3.1} \quad (\xi_{\bar{N}} \bar{N}_{e9})^* j = \sum_{i=1}^i (\xi_{\bar{N}} N_{e9})_{ji}^* \cdot F_i; \quad (9)$$

$$M_{3.1} \quad \bar{m}_{эj}^* = \sum_{i=1}^i m_{эji}^* \cdot F_i, \quad (10)$$

где $F_i = V_i / \sum_1^i V_i$ – соотношение годового объема работ по i -й технологии V_i и суммарного объема почвообрабатывающих операций $\sum_1^i V_i$.

Критерий ресурсосбережения представляет минимум среднего показателя удельных энергозатрат на единицу производительности

$$\bar{K}_{Eji} = \bar{E}_{кji}^2 / (\xi_{\bar{N}} \bar{N}_{e9}) j \rightarrow \min. \quad (11)$$

Ограничениями на массоэнергетические параметры являются их экстремальные значения, соответствующие наиболее энергоемкой, технологической операции в установленном (превалирующем) классе длины гона.

На заключительном четвертом этапе второго уровня общей системы адаптации определяются диапазоны изменения энергетического потенциала и эксплуатационной массы трактора для обеспечения их оптимальных значений на основных технологических операциях в соответствующих классах длины гона.

Модели поставленной задачи характеризуют соотношения параметров-адаптеров основной (базовой) и дополнительных конфигураций для соответствующих технологических операций. Их решение позволяет обосновать целесообразность и эффективность создания энергетического средства с переменными массо-

энергетическими параметрами, адаптированными к основным почвообрабатывающим технологиям и классам длины гона

$$M_{4.1} \quad \lambda(\xi_{\overline{N}} \overline{N}_{e3})_{ji}^* = \frac{(\xi_{\overline{N}} \overline{N}_{e3})_{ji}^*}{(\xi_{\overline{N}} N_{e3})_{ji}^*} = \lambda w_i^* \cdot \lambda k_{0i} \cdot \lambda \mu_{ki} / \lambda \eta_{mnj}; \quad (12)$$

$$M_{4.2} \quad \lambda \overline{m}_{эji}^* = \frac{\lambda_{ркн}^* j_i}{\lambda \varphi_{ркнji}} = \frac{\lambda(\xi_{\overline{N}} \overline{N}_{e3})_{ji}^* \cdot \lambda \eta_{mpj} \cdot \lambda \eta_{\delta j}}{\lambda v_{opti}^* \cdot \lambda(\varphi_{кр} + f)_j}. \quad (13)$$

Из уравнений (12) и (13) следует, что рациональные диапазоны изменения массоэнергетических параметров трактора определяются соотношением показателей (параметров) качества, установленных на предыдущих этапах общей системы.

Возможным для практической реализации критерием ресурсосбережения на этом этапе является минимум удельных приведенных затрат $\overline{C}_n = \min$.

Ограничениями на параметры оптимизации являются их максимальные значения, определяемые допустимым балластированием трактора $K_{Bmaxj} = m_{Bjmax} / \overline{m}_{эji}^*$ и возможностью ступенчатого изменения энергетического потенциала тракторного двигателя.

На этом этапе принимается окончательное решение о целесообразности и диапазонах изменения массоэнергетических параметров трактора указанными способами для оптимизации внешней скоростной характеристики дизельного двигателя на последующем уровне системы адаптации.

Выводы

1. Разработана структурная схема поэтапной оптимизации основных параметров трактора с рассмотрением в качестве взаимосвязанных элементов – требующих оптимизации энергетического потенциала и эксплуатационной массы.

2. Для достижения поставленной цели – адаптации трактора к природно-производственным условиям – разработаны модели с использованием обоснованных параметров-адаптеров, критериев ресурсосбережения и ограничений на установленных этапах общей системы.

Литература

1. Селиванов Н.И. Система адаптации эксплуатационных параметров тракторов для основной обработки почвы // Вестн. КрасГАУ. – Красноярск, 2010. – № 7. – С. 127–133.
2. Селиванов Н.И. Эффективное использование энергонасыщенных тракторов. – Красноярск, 2008. – 231 с.

