

3. Егоров И. Современное состояние и потенциал развития биоэнергетики в России // Общероссийская газета. – 2012. – № 9 (93).
4. Киотский протокол к Рамочной конвенции ООН об изменении климата // URL:www.un.org.ru.



УДК 629.114.2

Н.И. Селиванов, Ю.Н. Макеева

СТРУКТУРА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АДАПТАЦИИ КОЛЕСНЫХ 4к4а ТРАКТОРОВ К ТЕХНОЛОГИЯМ ПОЧВООБРАБОТКИ

Разработана структурная схема экспериментальных исследований системы адаптации колесных 4к4а тракторов отечественного и зарубежного производства к технологиям основной обработки почвы, обоснованы методы и содержание лабораторно-полевых и эксплуатационно-технологических испытаний.

Ключевые слова: адаптация, почвообрабатывающий агрегат, рациональные параметры, производственные условия, трактор, тягово-сцепные свойства.

N.I. Selivanov, Yu.N. Makeeva

THE STRUCTURE OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE WHEELED 4k4a TRACTOR ADAPTATION TO THE TILLAGE TECHNOLOGIES

The structural scheme of the experimental studies on the adaptation of the wheeled 4k4a tractors of domestic and foreign production to the primary tillage technology is developed, the methods and content of the laboratory-field and operational-technological tests are substantiated.

Key words: adaptation, tillage machine, rational parameters, operating conditions, tractor, traction-clutch characteristics.

Введение. Решение о целесообразности организационно-технических мероприятий по улучшению использования колесных 4к4а тракторов в составе почвообрабатывающих агрегатов может быть принято только после экспериментальной проверки основных положений теоретического анализа [1], получения достоверных эксплуатационных показателей на операциях основной обработки почвы в характерных для АПК региона условиях функционирования и проведения на их основе расчетов экономической эффективности внедрения в производство результатов исследования.

Программа исследований предусматривает проведение экспериментов в лабораторно-полевых условиях с целью получения материалов:

- для обоснования режимов рабочего хода машин и агрегатов для технологий основной почвообработки;
- анализа влияния параметров нагрузки на буксование, тяговый КПД и рациональный тяговый диапазон трактора;
- оценки показателей использования потенциальных возможностей тракторов с переменной массой в составе почвообрабатывающих агрегатов разного технологического назначения, разработки мероприятий по их повышению.

Цель исследования: подтверждение результатов моделирования рациональных параметров и режимов работы колесных 4к4а тракторов в составе почвообрабатывающих агрегатов различного технологического назначения для адаптации к технологиям почвообработки в условиях АПК Восточно-Сибирского региона.

Задачи исследования:

- 1) обоснование параметров и режимов рабочего хода почвообрабатывающих машин и агрегатов в технологиях основной обработки почвы;
- 2) оценка тягово-сцепных свойств тракторов для определения параметрических уравнений связи буксования с коэффициентом использования веса и рационального тягового диапазона;
- 3) проверка достоверности моделей адаптации эксплуатационных параметров и режимов работы тракторов к технологиям почвообработки;
- 4) установление рациональных интервалов изменения удельной материалоемкости тракторов и ширины захвата почвообрабатывающих агрегатов различного технологического назначения;
- 5) обоснование и оценка эффективности методов адаптации тракторов к технологиям почвообработки с учетом условий их балластирования.

В соответствии с целью и задачами экспериментальные исследования являются основной составляющей комплексной системы адаптации почвообрабатывающих агрегатов на базе колесных 4к4а тракторов к условиям эксплуатации.

Методы исследования. Методическую основу при обосновании цели и задач, разработке структуры и содержания экспериментальных исследований составляют:

- ГОСТ 7057-2001. Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний;
- ГОСТ 24055-88. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. Общие положения.

Структура и содержание методов исследования. Для подтверждения оценки достоверности основных теоретических положений системы адаптации эксплуатационных параметров и режимов агрегатирования тракторов 4к4а к технологиям почвообработки разработана структурно-логическая схема (рис. 1), включающая в иерархической последовательности три этапа экспериментальных исследований, основанных на системном анализе результатов собственных и ранее выполненных исследований [1].

Первый этап характеризует получение исходной информации о природно-производственных факторах, оказывающих наибольшее влияние на показатели работы почвообрабатывающих агрегатов и входящих в математические модели.

К таким основным природным факторам относятся [2]: площади полей и длина гона, физико-механические свойства почвы, конфигурация полей.

Среди производственных факторов наибольшее влияние на показатели работы тракторных агрегатов оказывают технологии основной обработки почвы и состав машинно-тракторного парка. Анализуются адаптированные по агротехническим требованиям технологии основной обработки почвы, соответствующие типы рабочих органов и характеристики машин, а также эксплуатационные параметры используемых тракторов.

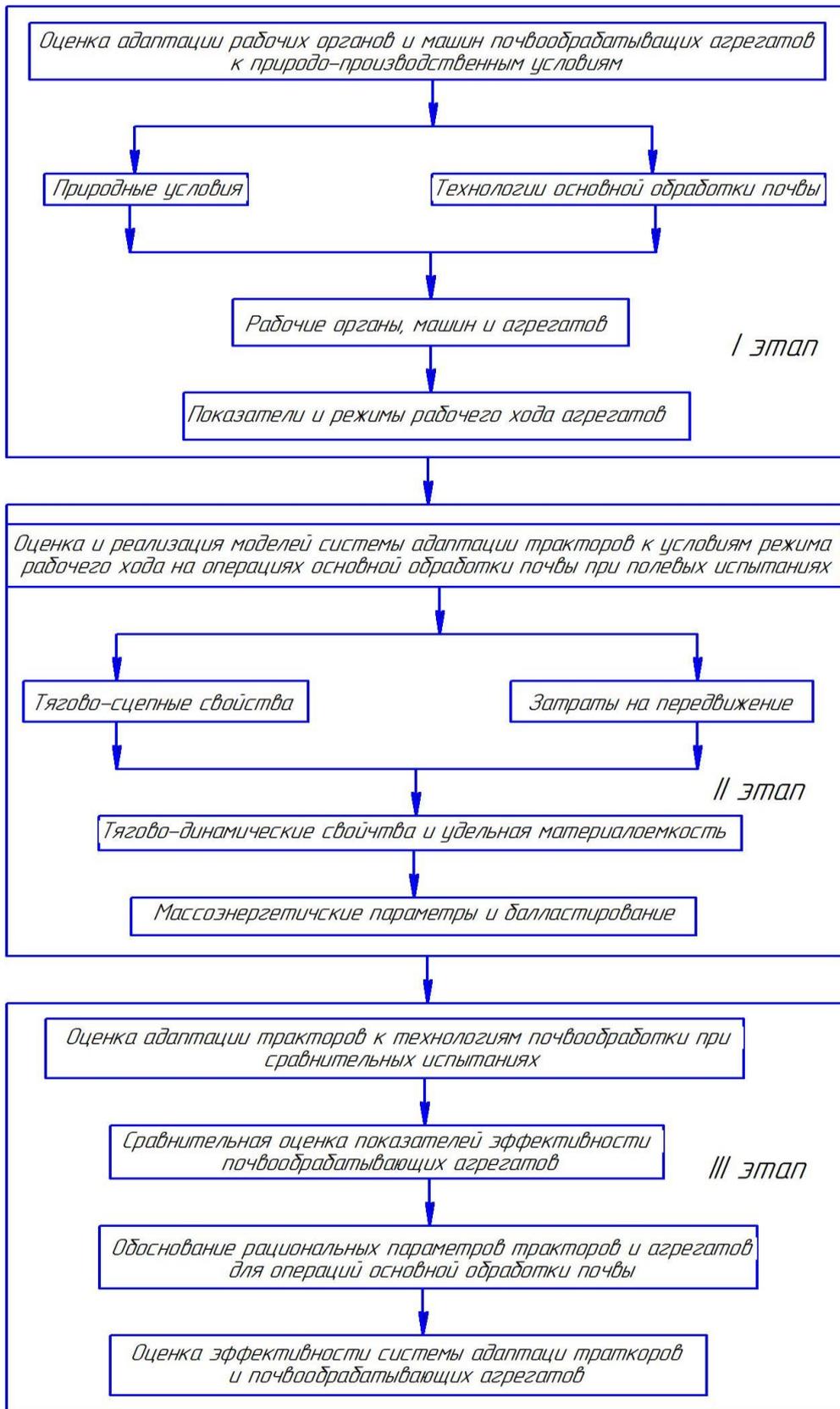


Рис. 1. Структурная схема системы экспериментальных исследований адаптации колесных 4к4а тракторов и агрегатов к технологиям почвообработки

Взаимодействие пассивных рабочих органов с почвой характеризуется удельным тяговым сопротивлением соответствующей машины K_{0i} при скорости $V_0 = 1,4 \text{ м/с}$ и его приращением с повышением скорости ΔK_i .

На основании анализа и статистической обработки исходной информации обосновываются группы родственных операций основной обработки почвы, определяется их соотношение в годовом объеме работ, устанавливаются типы и характеристики удельного сопротивления рабочих органов и машин, а также технические характеристики и типоразмерный ряд предлагаемых или занятых на этих операциях тракторов. При этом конкретизация типоразмеров энергомашин и рабочих машин не производится.

Выходными параметрами на этом этапе являются статистические характеристики показателей, определяющих режим рабочего хода агрегата для конкретной технологической операции по энергозатратам и агротехническим требованиям. Это номинальное значение рабочей скорости \bar{V}_H^* , оптимальный диапазон $\Delta V_{opti}^* = (V_{maxi}^* - V_{opti}^*)$ и чистая производительность \bar{W}_i^* , которые соотносятся с результатами моделирования и представляют входные параметры для второго этапа экспериментальных исследований [3].

Оценка и реализация моделей системы адаптации тракторов к установленным на первом этапе условиям рабочего хода на операциях основной обработки почвы предусматриваются вторым этапом испытаний тракторов.

На этом этапе основу составляют статистические оценки измерителей тягово-сцепных свойств и составляющих тягового КПД трактора, полученных по результатам многофакторных лабораторно-полевых испытаний с учетом установленных ранее закономерностей и взаимосвязей.

Многокритериальная оценка тягово-сцепных свойств характеризуется системой уравнений

$$\begin{cases} \delta = f(\varphi_{кр}); \\ f = f_1(V); \\ \eta_T = \eta_{TP} \cdot \eta_f \cdot \eta_\delta = f_2(\varphi_{кр}); \\ Y_0 = \frac{Y_{II}}{Y_K} = f_3(\varphi_{кр}, L, r_g, h_{кр}, a_{Ц}). \end{cases} \quad (1)$$

Полученные зависимости буксования δ , тягового КПД η_T , соотношение реакций на колесах переднего Y_{II} и заднего Y_K мостов трактора 4к4а от коэффициента использования веса $\varphi_{кр}$, с учетом продольной базы L , положения центра масс $a_{Ц}$, ординаты точки прицепа $h_{кр}$ и радиуса задних колес $2q$, а также коэффициента сопротивления качению f от скорости движения V используются для реализации моделей оптимизации режима рабочего хода и удельной материалоемкости трактора при выполнении отдельных групп родственных операционных технологий, которая служит основой для разработки рекомендаций и мероприятий по их адаптации к использованию [3–5].

Оценка адаптации тракторов 4к4а к технологиям почвообработки в составе агрегатов на третьем этапе включает их сравнительные технологические испытания в хозяйственных условиях.

По результатам испытаний обосновываются техническое обеспечение и режимы технологического процесса основных групп операционных технологий обработки почвы, определяются рациональные интервалы изменения эксплуатационной массы тракторов 4к4а в заданных природных условиях. Эксплуатационные показатели служат основой для оценки системы адаптации тракторов и почвообрабатывающих агрегатов на их базе к технологиям почвообработки в условиях АПК региона.

Для реализации системы экспериментальных исследований используются лабораторно-полевые и эксплуатационно-технологические испытания тракторов по ГОСТ 7057-2001 (рис. 2).

Лабораторно-полевые испытания включают оценку энергетических и топливных затрат на передвижение трактора при моделировании параметров тяговой нагрузки. Полученные результаты служат основой для расчета тягового КПД и удельной материалоемкости трактора.

В ходе эксплуатационно-технологических испытаний дается оценка показателей чистой и технической производительности, а также удельного (на единицу работы) расхода топлива.

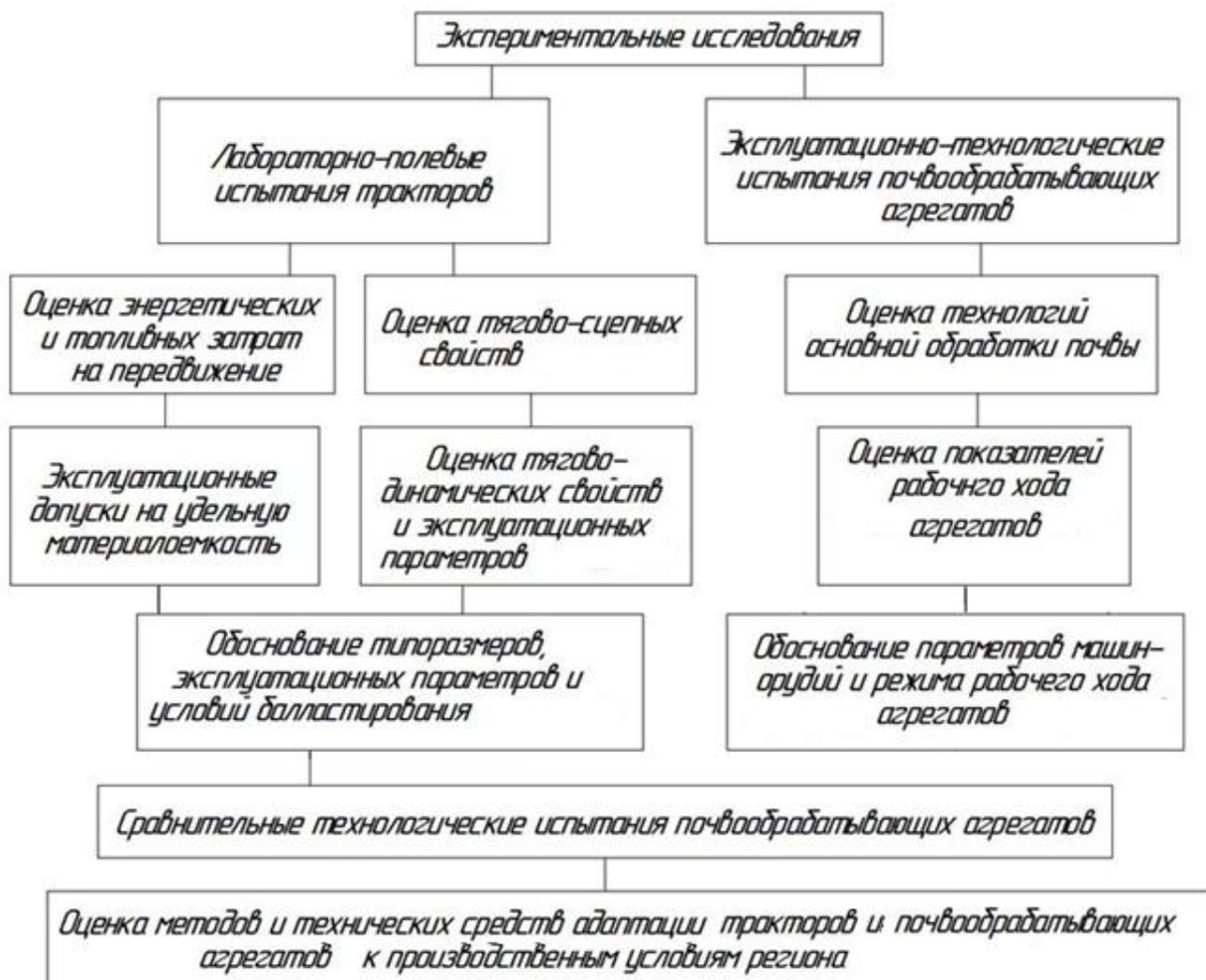


Рис. 2. Содержание экспериментальных исследований

Для реализации параметрического моделирования взаимодействия определенных факторов и показателей эффективности предложена общая методика организации и проведения экспериментальных исследований [3], которая включает (рис. 3):

- 1) выбор входных и управляющих воздействий, определяющих массо-энергетические и топливные показатели тракторов в разработанных математических моделях и установленных по результатам предварительных экспериментов, статистических данных и априорной информации;
- 2) планирование эксперимента, определяемого характером решаемых задач, и выбор плана в зависимости от качества изучаемых показателей и входных воздействий;
- 3) реализация плана проведения эксперимента на предлагаемых объектах с использованием соответствующего оборудования, измерительных и регистрационных средств;
- 4) построение и проверка адекватности математической модели;
- 5) оценка полученных результатов и определение эффективности решений адаптационных задач.

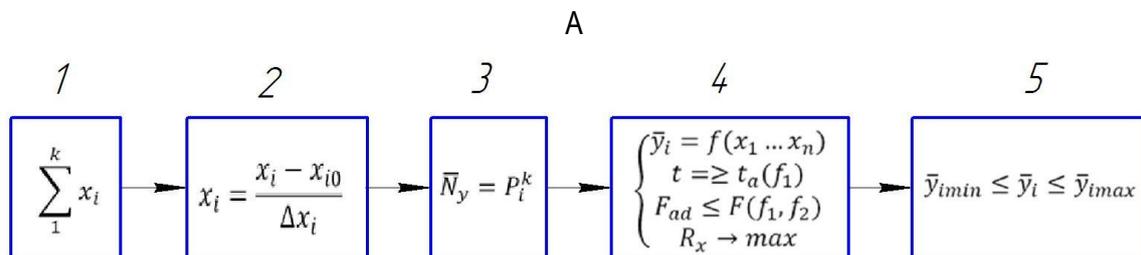
В основу положена методика активного планирования технологических процессов [3], позволившая получить уравнения регрессии в виде

$$\begin{cases} y_1 = a \cdot x_1/x_2/(b - x_1/x_2); \\ y_i = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_i + \sum_{i \leq j}^k a_{ij} x_i \cdot x_j + \sum_{i=1}^k a_{ii} x_i^2, \end{cases} \quad (2)$$

связывающие основные факторы воздействия ($x_1 - x_i$) с результативными признаками ($y_1 - y_i$). Кодированные значения x_i на трех уровнях (-1;0;1) определяли по формуле

$$x_i = \frac{x_i - x_{i0}}{\Delta x_i}, \quad (3)$$

где x_i – величина i -го фактора на любом уровне; x_{i0} – значение i -го фактора на основном уровне; Δx_i – интервал варьирования фактора.



Б

Характер задач	Наименование плана	Количество факторов К	Количество вариантов опытов N
Оценка тягово-сцепных свойств трактора	Центральный композиционный ортогональный	2	9
Определение потерь на перекачивание трактора	Центральный однофакторный	1	3

Рис. 3. Методика организации и проведения экспериментальных исследований: А – последовательность организации и проведения экспериментов; Б – характеристики планов

Выбор плана экспериментов в конкретных моделях обусловлен характером решаемых задач и достоверностью статистических характеристик полученных результатов при минимальном числе вариантов опытов (см. рис. 3). В соответствии с идеей активного планирования входные параметры исследуемых процессов варьировали на минимальном (-1), основном (0) и максимальном (1) уровнях.

По результатам статистических данных, теоретического анализа и предварительных опытов по оценке тягово-сцепных свойств тракторов 4к4а позволили, в соответствии с планом 3^2 , обосновать диапазоны изменения и уровни варьирования входных параметров (табл.) для получения уравнения регрессии, определяющего зависимость $\delta = \delta(P_{кр}, m_3)$ для основных типоразмеров тракторов «Versatil» серии Row-Crop. Из таблицы следует, что для трактора «Versatil 250» $x_1 = (P_{кр(кН)} - 50)/10$, $x_2 = (m_3 - m_{3max})/m_3 = (m_3 - 10,5)/1,0$.

Пределы варьирования факторов $x_1(P_{кр}) = 40 - 60$ кН и $x_2(m_3) = 9,5 - 11,5$ т полностью охватывают эксплуатационные диапазоны их изменения в режиме рабочего хода.

При определении зависимости коэффициента сопротивления качению трактора от скорости движения $f = f(V)$ входной параметр варьировал на минимальном 1,4 м/с (-1), основном 2,4 м/с (0) и максимальном 3,4 м/с (+1) уровнях.

Исходные данные для планирования эксперимента оценки влияния тягового усилия и массы трактора на буксование движителя [$\delta = \delta(P_{кр}, m_э)$]

Характеристика плана	Кодированное значение параметра	Действительное значение параметра	
		$P_{кр}, кН$	$m_э, т$
Основной (нулевой) уровень	0	50	10,5
Верхний уровень	+1	60	11,5
Нижний уровень	-1	40	9,5

Выводы

1. Разработана структурная схема экспериментальных исследований системы адаптации колесных 4к4а тракторов к технологиям почвообработки, включающая три этапа получения и системного анализа результатов.

2. Для реализации системы экспериментальных исследований обосновано содержание лабораторно-полевых и эксплуатационно-технологических испытаний.

3. Для реализации параметрического моделирования взаимодействия регулируемых факторов и показателей эффективности разработана общая методика организации и проведения экспериментальных исследований.

Литература

1. Селиванов Н.И., Запрудский В.Н. Структура экспериментальных исследований адаптации почвообрабатывающих агрегатов к природно-производственным условиям // Вестн. КрасГАУ. – 2012. – № 3. – С. 165–168.
2. Селиванов Н.И. Технологические основы адаптации тракторов / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2012. – 259 с.
3. Селиванов Н.И. Эффективное использование энергонасыщенных тракторов / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2008. – 228 с.
4. Селиванов Н.И. Технологические свойства мощных тракторов / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2015. – 202 с.
5. Селиванов Н.И., Макеева Ю.Н. Балластирование колесных тракторов на обработке почвы // Вестн. КрасГАУ. – 2015. – № 5. – С. 77–81.

