

УДК 631.333: 631.8

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ТОЧНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

**Смелик В.А., д.т.н., профессор, Цыганова Н.А., д.с.-х.н., доцент,
Теплинский И.З., к.т.н., профессор**
*Санкт-Петербургский Государственный аграрный университет,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Введение

Точные системы удобрения получили развитие с момента адаптации к сельскохозяйственному производству геоинформационных технологий и выпуска специального технологического оборудования к середине 90-х годов. Для их теоретического и практического обоснования в нашей стране имеются серьёзные научные предпосылки. Во-первых, почвенный покров, особенно в Нечерноземной зоне, характеризуется исключительной неоднородностью, что, по признанию большинства агрохимиков и специалистов земледелия, является одной из главных причин низкой окупаемости удобрений [1]. Во-вторых, неудовлетворительное технологическое и техническое обеспечение сельскохозяйственных производителей требует радикального изменения. При этом освоение геоинформационных систем позволит добиться высокого уровня окупаемости удобрений.

Основная часть

Пространственная вариабельность почвенных свойств на сельскохозяйственном угодье является результатом совокупного действия естественных процессов и практики землепользования. Анализ пространственной вариабельности агрохимических свойств пахотного контура одного из типичных агроландшафтов Северо-Западного района доказывает (таблица 1), что коэффициент их вариации в большинстве случаев превышает пороговую величину 25%, разделяющую однородные и неоднородные в отношении того или иного свойства угодья [2].

Реализовать технологии точного внесения минеральных удобрений с учетом вариабельности агрохимических свойств почвы возможно за счет применения машин химизации, оснащенных устройствами контроля и управления интегрированными в пространственно-временные навигационные спутниковые системы. Для разработки устройств контроля и управления с учетом требований точных агротехнологий, необходимо проведение специальных теоретических и экспериментальных исследований. Важным начальным этапом таких исследований является разработка моделей тех-

Секция 2: Перспективные технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства

нологических процессов функционирования исследуемых машин, как объектов контроля и управления.

Таблица 1 — Вариабельность агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы

Показатель	Значение			Коэффициент вариации, %
	среднее	минимальное	максимальное	
Содержание гумуса, %	4,36	1,70	7,54	26
pH _{KCl}	5,50	4,30	6,90	6
P ₂ O ₅ , мг/кг	434	232	580	18
K ₂ O, мг/кг	197	76	360	25
Hг, мг-экв/100 г	2,99	0,84	4,82	23
S, мг-экв/100 г	15,5	6,0	26,4	25

Несмотря на некоторые различия технологических процессов, выполняемых машинами химизации, модели функционирования их технологических процессов имеют много общего. Блок-схема обобщенной модели функционирования дозирующего устройства мобильных машин химизации приведена на рисунке. Элементом 1 в ней является приводной механизм, который преобразует входное воздействие – скорость движения $V_a(t)$ в частоту вращения приводного вала $\omega(t)$. В случае привода дозирующего устройства от опорно-приводных машин колес машины возмущением $\varepsilon(t)$ на элемент 1 будет скольжение этих колес, а от ВОМ трактора – буксование его ведущих колес. Элемент 2 этой блок-схемы представляет передаточный механизм, преобразующий частоту вращения вала привода $\omega(t)$ в частоту вращения $\omega_n(t)$ механизма, подающего рабочий материал к дозатору 3. У туковывсевающих аппаратов сеялок и сажалок воздействием $\omega_n(t)$ является частота вращения высевających катушек или дисков, у разбрасывателей удобрений – это скорость перемещения подающего транспортера или частота вращения разбрасывающих дисков. На выходе дозатора имеем расход материала во времени $q(t)$.

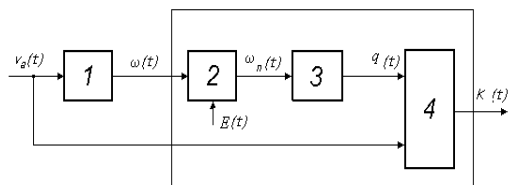


Рисунок — Блок-схема обобщенной модели функционирования дозирующего устройства мобильных машин химизации

**Таблица 2 — Сравнительная агроэкономическая эффективность зональной
и точной систем удобрения**

Система удобрения	Урожайность, т/га				Окупаемость удобрений	
	Значение			коэффициент вариации, %		
	среднее	минимальное	максимальное		кг з.ед./кг д.в.	руб./ руб.
картофель						
0 (кон- троль)	12,6	8,1	15,6	18	-	-
зональная система	20,4	15,7	28,8	16	5,3	2,8
удобрения точная система	21,8	16,8	27,4	10	7,0	3,2
удобрения						
ячмень						
0 (кон- троль)	2,12	1,68	3,37	24	-	-
зональная система	4,74	3,94	6,23	14	9,4	1,6
удобрения точная система	5,03	4,06	5,82	10	14,6	2,1
удобрения						
многолетние травы						
0 (кон- троль)	2,6	1,2	3,9	30	-	-
зональная система	5,1	3,1	7,2	23	21,9	5,1
удобрения точная система	5,4	3,9	7,0	16	24,8	5,4
удобрения						

При движении агрегата со скоростью $V_a(t)$, поступающий из дозатора материал распределяется элементом 4 по полю $K(t)$.

В связи со случайным, в вероятностно-статистическом смысле, характером показателей на входе и выходе рассматриваемых моделей в качестве оценок эффективности целесообразно использовать вероятностные характеристики, одной из которых является средняя относительная длительность P_β нахождения контролируемого показателя $K(t)$ в поле заданного агротехнического допуска β .

$$P_\beta = P[(1-\beta)K^H(1) \leq K(t) \leq (1+\beta)K^H(1)], \quad (1)$$

где $K^H(1)$ – изменяемое настроечное значение нормы внесения удобрений с учетом варьирования почвенных свойств на каждом участке поля (1).

Тогда, условием эффективного функционирования мобильной машины химизации будет:

$$P_{\beta} \geq |P_{\beta}|_{\text{зад}}. \quad (2)$$

Исследования [3] показали, что у мобильных сельскохозяйственных машин в различных условиях значения $|P_{\beta}|_{\text{зад}}$ должны находиться в пределах 0,75–0,85. Алгоритм контроля качества функционирования мобильной машины химизации предполагает непрерывное вычисление в процессе работы оценок P_{β} и оперативно проводить поднастройку с целью поддержания заданного качества работы с учетом пространственной неоднородности питательного режима почвы.

Нами разработана серия устройств для контроля и управления мобильными машинами химизации в точном земледелии [4]. Основным агроэкологическим результатом использования мобильных машин химизации, снабжёнными дозирующим устройством, является сокращение пестроты почвенного плодородия. Это выражается в уменьшении коэффициента вариации содержания гумуса до 10–12 %, подвижного калия – до 14–16 %, обменной кислотности – до 2 %, гидролитической кислотности – до 5–8 %.

Не менее важным агроэкологическим последствием дифференциации доз минеральных удобрений является значительное выравнивание пространственной продуктивности сельскохозяйственных культур, коэффициент вариации которых сократился до 10–16 % (таблица 2).

Заключение

Данный факт служит убедительным подтверждением возможности средствами точной системы удобрения компенсировать пространственную неоднородность питательного режима почвы. При этом средняя окупаемость 1 кг действующего вещества удобрений составит 7–25 кг зерновых единиц, а условно чистый доход достигнет 2–5 рублей на каждый вложенный в применение удобрений и уборку дополнительного урожая рубль.

Литература

1. Иванов И.А. Пути повышения эффективности минеральных удобрений в условиях Северо-запада РСФСР. Дис. д-ра с.-х. наук. – Великие Луки, 1989.
2. Розанов Б.Г. Расширенное воспроизводства почвенного плодородия (некоторые теоретические аспекты) // Почвоведение. – 1987. – № 2. – С. 5 – 15.
3. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. – М.: Колос, 1981.
4. Теплинский И.З. Контроль и управление мобильными машинами химизации. // Сельский механизатор. № 11, 2004. С. 6-8.