

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ МАШИННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОИ

М. Г. ГЕРШЕВИЧ
Приморский СХИ

УДК 633.853.52 : 631.311

Повышение производительности труда, как отмечал В. И. Ленин, — самое важное, самое главное условие победы нового общественного строя. Этот важнейший ленинский принцип приобретает особый смысл и значение в настоящее время, когда партия и народ нашей страны направляют все усилия на строительство материально-технической базы коммунизма.

В сельском хозяйстве задача повышения производительности труда требует изыскания и внедрения оптимальных технологических процессов и эффективного использования средств их механизации. Анализ научно-технической литературы по вопросам оптимизации технологических процессов в сельском хозяйстве показывает, как много внимания уделяют авторы этой проблеме (А. Г. Соловейчик, 1962; С. А. Исфанов, 1964; Ю. К. Киртбая, 1966; М. П. Сергеев, М. Г. Гершевич, 1970). Тем не менее, ряд вопросов, особенно теоретических и методических, требует дальнейшей разработки и уточнения.

С методической стороны элементы изучаемого процесса машинной технологии возделывания сои — применяемые агрегаты и обрабатываемый ими материал (посевы сои) — мы рассматриваем как единую диалектически и технологически взаимообусловленную систему. Такой методический подход позволяет уточнить ряд противоречивых суждений, возникающих, когда элементы технологического процесса возделывания сои рассматриваются вне связи друг с другом.

Чтобы при этом определить пути оптимизации исследуемого процесса, мы разработали соответствующую схему. В ней отражена взаимосвязь основных элементов, определяющих эффективность процесса машинной технологии возделывания сои. Задача оптимизации в нашем исследовании решается по двум взаимосвязанным направлениям — определяются рациональные технологические условия (ширина междурядий, число культивации) для механизированного возделывания сои и выбираются оптимальные параметры применяемых агрегатов. В обоих случаях за определяющие факторы оптимизации приняты природно-производственные условия зоны и агробиологические особенности возделывания сои.

Обобщающий критерий экономической эффективности машинной технологии возделывания сои — получение наивысшей производительности общественного труда при минимальных издержках на производство центнера сои. Это отражается в себестоимости зерна, которая выражена нами следующей зависимостью:

$$C = \frac{1}{u} \left(\sum_{i=1}^m \frac{D_i}{W_i} + \sum D_p \right). \quad (1)$$

D_i — прямые эксплуатационные издержки за час работы i -го агрегата, руб/час;

W_i — часовая производительность i -го агрегата, га/час;

m — число операций по возделыванию сои;

D_p — постоянные издержки на 1 га посевов сои (семена, удобрения и т. д.), руб/га;

P — число операций, на которых имеются постоянные издержки;

u — урожайность зерна сои, ц/га.

Поскольку себестоимость зерна сои (1) в основном зависит от урожайности и издержек, связанных с использованием агрегатов, рассмотрим каждую из этих составляющих в отдельности.

Кроме технологических и эксплуатационных, на урожайность сои действует большое число других резко меняющихся факторов, причем изменения происходят не только во времени, но и в пространстве. Учесть все эти многообразные изменения математическим путем довольно сложно. Необходима продолжительная экспериментальная работа и накопление большого количества информации.

После этого путем корреляционного анализа можно будет определить исследуемую зависимость урожайности сои от параметров изучаемого процесса.

Решающий фактор снижения издержек при выполнении операций на возделывании сои — производительное использование применяемых агрегатов. В свою очередь, производительность исследуемых агрегатов в значительной мере зависит от соответствия их параметров конкретным зональным условиям работы. В настоящее время, при все возрастающей энергонасыщенности применяемых на возделывании сои агрегатов, выбор оптимальных значений их параметров приобретает особую актуальность.

С методической стороны эта задача требует некоторых уточнений. В частности, пока нельзя считать установившейся терминологию. Нередко для обозначения одних и тех же понятий применяют разные термины. Так, скорость движения в одном случае считают параметром агрегата, в другом — режимом его использования. Произвольное использование терминов вносит в терминологию ничем не оправданную путаницу, лишая ее необходимой точности и определенности. Поэтому условимся относительно основных терминов излагаемого вопроса.

Под параметрами агрегатов в настоящей работе понимаются такие показатели машин, изменение которых может в наибольшей степени повлиять на производительность и качество выполняемых ими операций. Такими показателями принято считать ширину захвата и поступательную скорость движения агрегата.

Сочетание параметров агрегата определяет режим его использования и возможности реализации мощности трактора.

Вместе с этим нам хотелось бы обратить внимание еще на одно методическое противоречие при обосновании параметров рассматриваемых агрегатов. При сложившейся технологии возделывания сои принято считать, что ширина захвата агрегатов для междурядной обработки посевов должна определяться, исходя из размеров посевных агрегатов. В свою очередь, размеры последних сложились исторически, чисто опытным путем — по типу агрегатов для посева зерновых. Такой путь, по нашему мнению, не совсем правилен, и вот почему.

Если учесть, что тяговое сопротивление агрегатов на посеве сои в 2—3 раза меньше, чем у агрегатов для культивации, то выбор первых, как определяющих размеры вторых, нельзя считать эксплуатационно-обоснованными. С точки зрения рационального агрегатирования при выборе ширины захвата этих агрегатов следует считать определяющим пропашной, а уже сообразуясь с его размерами и технологией возделывания сои нужно устанавливать размеры посевного агрегата. Такой методический подход к выбору размеров рассматриваемых агрегатов более полно отвечает и требованиям комплексной механизации возделывания сои.

Чтобы обосновать оптимальные значения рассматриваемых параметров, необходимо определить их влияние на производительность исследуемых агрегатов применительно к зональным условиям. Решение этой задачи аналитическим путем позволяет получить выражение производительности агрегатов на возделывании сои в зависимости от исследуемых параметров:

$$W_1 = \frac{(75 N_e^H \eta_\sigma \eta_M - q f v) K_N \tau_c BV}{(K_0 + \alpha V^2) \left[\left(K_{то} + \frac{1}{LK_{кс}} \right) BV + 1 \right]}, \quad (2)$$

где:

N_e^H — номинальная эффективная мощность двигателя;

$\eta_\sigma \eta_M$ — коэффициенты, учитывающие буксование и потери мощности в трансмиссии;

q — эксплуатационный вес трактора и сцепки, приходящийся на единицу захвата агрегата;

f — коэффициент сопротивления перекачиванию трактора;

B, V — ширина захвата и скорость движения агрегата;

K_N — энергетический к. п. д. агрегата;

K_0 — удельное тяговое сопротивление агрегата при 4,5 км/час;

τ_c — коэффициент, учитывающий внецикловые потери времени;

$K_{то}$ — коэффициент, учитывающий потери времени на технологическое обслуживание агрегата;

L — длина гона;

$K_{кс}$ — коэффициент кинематической согласованности агрегата.

Полученное уравнение (2) позволяет проанализировать влияние на производительность всех основных факторов, которые определяются энергетическими и конструктивными параметрами исследуемых агрегатов ($N_e^H, \eta_\sigma, q, \eta_M, V, B$); а также условиями использования агрегатов ($\eta_\sigma, f, K_{то}, K_0, L$). Влияние большинства этих факторов на производительность односложно.

Сложнее выражается зависимость производительности от ширины захвата и скорости движения. Но значение этой зависимости весьма существенно для решения нашей задачи. Чтобы определить оптимальные по производительности параметры исследуемых агрегатов B_{opt}^w, V_{opt}^w , необходимо найти экстремальное значение функции $W_1 = f(B, V)$, исследовав ее на оптимум по B, V . При этом, руководствуясь общим методическим принципом исследований — постоянство всех факторов, кроме изучаемых, в нашем случае примем все величины, кроме B, V , входящих в уравнение (2), постоянными.

В результате из условия $\frac{dW_1}{dB} = 0$ получим:

$$V_{opt}^w = \frac{\sqrt{1 + \frac{75 N_e^H \eta_G \eta_M \left(K_{TO} + \frac{1}{LK_{KC}} \right)}{qf}} - 1}{\left(K_{TO} + \frac{1}{LK_{KC}} \right) V} \quad (3)$$

Функция $W_1 = f(V)$ выражается довольно сложной зависимостью, поэтому, чтобы найти экстремальные значения V_{opt}^w , преобразуем уравнение (2), используя свойства степенных рядов.

Из математического анализа известно, что всякая непрерывная в определенном интервале функция, имеющая высшие производные, может быть в этом интервале разложена в ряде Тейлора. В нашем случае ряд Тейлора — в окрестности нуля, то есть мы имеем частный случай этого ряда — ряд К. Маклорена.

Формула для представления исследуемой функции будет иметь вид:

$$W_1 = f_{(0)} + \frac{f'_{(0)}}{1!} V + \frac{f''_{(0)}}{2!} V^2 + \frac{f'''_{(0)}}{3!} V^3 + \dots + \frac{f^{(n)}_{(0)}}{n!} V^n + \dots \quad (4)$$

Анализ мажорирующего ряда показал, что первых трех членов достаточно, чтобы с приемлемой для наших исследований точностью охарактеризовать рассматриваемую функцию.

Из условия $\frac{dW_1}{dV} = 0$ находим:

$$V_{opt}^w = \frac{75 N_e^H \eta_G \eta_M}{\left[qf + 75 N_e^H \eta_G \eta_M \left(K_{TO} + \frac{1}{LK_{KC}} \right) \right] V} \quad (5)$$

Дальнейший анализ функции $W_1 = f(B, V)$ по условиям экстремума показывает, что вторая частная производная в точках V_{opt}^w и V_{opt}^w имеет отрицательный знак, что подтверждает наличие ее максимальных значений.

В связи с тем, что параметры агрегата определяются не только техническими, но и не в меньшей мере агротехнологическими факторами, окончательный выбор их оптимальных значений может быть осуществлен по предложенному проф. С. А. Иофиновым методу сравнительного анализа основных режимов работы агрегата: предельного по качеству работы (V_{lim}^a, V_{lim}^a) и оптимального по производительности (V_{opt}^w, V_{opt}^w). В этом случае основные условия выбора следующие:

$$V_{opt} = V_{opt}^w \text{ при } V_{opt}^w \leq V_{lim}^a \text{ и } V_{opt} = V_{lim}^a \text{ при } V_{opt}^w > V_{lim}^a; \quad (6)$$

$$V_{opt} = V_{opt}^w \text{ при } V_{opt}^w \leq V_{lim}^a \text{ и } V_{opt} = V_{lim}^a \text{ при } V_{opt}^w > V_{lim}^a$$

Как видим (6), на выбор параметров агрегатов на возделывании сои определенное влияние оказывают технологические условия их применения.

Один из технологических факторов, существенно влияющий на эффективность использования исследуемых агрегатов, — ширина междурядий посевов сои. От этого зависит производительность агрегатов на посевах и междурядной обработке сои, период в течение ко-

того, можно провести культивации. Вместе с этим от размеров междурядий зависит и площадь посевов сои, доступная для машинной обработки. Последнее обстоятельство непосредственно влияет на ряд показателей качества культивации: степень уничтожения сорняков, площадь взрыхленной площади и т. д.

Для оценки технологических условий, создаваемых посевом для использования агрегатов на культивации сои, предложен коэффициент механизации обработки междурядий (K_{mo}). Под этим понимается отношение площади посевов сои, подвергавшейся воздействию машинной обработки, ко всей площади прокультивированного участка.

Влияние ширины междурядий (m) посевов сои на величину коэффициента K_{mo} выражается зависимостью:

$$K_{mo} = \left(1 - \frac{2s + m'}{m + m'} \right) \cdot 100 \%, \quad (7)$$

где:

S — принятая при культивации ширина защитной зоны;

m' — расстояние между строками при ленточных посевах сои.

Расчеты показывают (7), что при защитной зоне 10 см, при однострочном посеве с междурядьями 45 см обрабатывается всего 54% площади посева. С расширением междурядий до 60 см этот показатель увеличивается до 67%.

Аналогичная зависимость существует и для ленточных посевов.

Исследования И. Ф. Беликова свидетельствуют, что при широко-рядных посевах растения лучше используют и энергию солнца. Однако у посевов с увеличенными междурядьями есть и отрицательная сторона — при одинаковой норме высева растения в рядах более загущены, чем при посевах с небольшими междурядьями. Поэтому при выборе рациональных размеров междурядий необходимо, кроме требований по эффективному использованию агрегатов, учитывать и зональные условия возделывания сои (почвы, засоренность полей, сортовые особенности культуры и т. д.): Все эти стороны технологического процесса при машинных приемах возделывания сои нельзя игнорировать.

Экспериментальная проверка предложенной научной идеи по оптимизации процесса машинной технологии возделывания сои подтверждает перспективность и экономическую целесообразность подобной работы.