

Двигатели внутреннего сгорания: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГАУ, 2004. 438 с.

2. Николаенко А.В. Теория. Конструкция и расчет автотракторных двигателей. – 1984. – 335с.

3. Инженерная экология: Учебник / Под ред. проф. В.Т. Медведева. – М.: Гардарики, 2002. – 687с.

УДК 631.331.5

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА РАБОТЫ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ КАТКОВ THE ANALYSIS OF ESTIMATIONS OF QUALITY OF PROCESS OF WORK OF SOIL-CULTIVATING SKATING RINKS

В.И. Курдюмов, Е.Н. Прошкин, И.А. Шаронов
V.I. Kurdyumov, E.N. Proshkin, I.A. Sharonov
ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная
сельскохозяйственная академия»
Ulyanovsk State Academy of Agriculture

Ways of an estimation of quality of formation of the condensed sowing layer of earth by soil-cultivating skating rinks, and also the indicators characterizing process of their work are analysed.

При разработке и создании новых конструкций посевных машин и почвообрабатывающих катков требуется выработать критерий оценки качества их работы для объективного сравнения с существующими машинами аналогичного назначения. Накопленный в сельскохозяйственной науке и практике опыт свидетельствует о том, что не существует единой методики определения качества, а также единого параметра оптимизации, которые позволили бы дать адекватную оценку процессу создания оптимальной структуры посевного слоя почвы прикапывающими устройствами сеялок и почвообрабатывающими катками, вследствие особенностей их конструктивного исполнения и технологического назначения.

Формирование требуемой структуры почвы при посеве сельскохозяйственных культур характеризует процесс ее уплотнения, в ходе которого происходит деформация почвы, оказывающая влияние на механические свойства почвы (плотность, твердость, пористость и другие). Научным исследованиям оптимального сложения пахотного слоя почвы, которые продолжаются с 60-х годов XX-го века, посвящены многочисленные работы И.Б. Ревута, Н.А. Соколовской, А.М. Васильева [10], позднее – А.Г. Бондарева, В.В. Медведева [2] и других известных ученых.

Первоначально критериями оценки качества обработки почвы катками были твердость и плотность почвы, на которые оказывают влияние конструктивные параметры рабочих элементов катков. Эти показатели широко применяют и

в настоящее время [3, 6].

Говоря о методах измерения твердости, следует, прежде всего, отметить, что при оценке такого сравнительно однородного материала, как металл, параллельно существуют различные способы и критерии (Бринелля, Викерса, Роквелла). При исследовании твердости почвы также применяют разнообразные приборы и соответствующие им единицы измерения. Однако в практике научных исследований большое разнообразие методов оценки одной и той же величины не позволяет сравнивать результаты, полученные разными авторами, поэтому многие ученые в своих исследованиях используют общепризнанную методику определения твердости почвы.

По существующей методике [9] твердость почвы определяют по слоям путем математической обработки диаграммы твердость – глубина по формуле:

$$T = (h_{cp} k_n) / S_{сн},$$

где T – твердость почвы, Па; h_{cp} – средняя ордината диаграммы твердомера, определяемая планиметрированием, м; k_n – жесткость пружины, Н/м; $S_{сн}$ – площадь поперечного сечения плунжера, м².

В ходе исследований с использованием плунжеров разных диаметров П.В. Горохов [4] установил, что рассчитывать твердость почвы нужно с учетом поправочного коэффициента. Необходимость введения такого коэффициента обусловлено тем, что усилие вдавливания плунжеров разного диаметра не прямо пропорционально их размерам. Схожесть результатов, полученных в разных условиях, позволяет сделать вывод о возможности учета погрешности от диаметра плунжера путем введения в формулу для определения твердости поправочного коэффициента

$$k_d = 1 + 0,03(d - d_{np}),$$

где d – диаметр плунжера, м; d_{np} – приведенный диаметр плунжера (принимается равным 0,015 м), м.

Тогда формула для определения значения твердости почвы примет вид:

$$T = (h_{cp} k_n k_d) / S_{сн}.$$

Желиговский В.А. [5] предложил характеризовать структуру почвы коэффициентом объемного смятия почвы q_0 и предельным значением удельного давления $p_{уд}$:

$$q_0 = P_h / (S_{сн} h_1),$$

$$p_{уд} = P_{max} / S,$$

где P_h – усилие вдавливания в почву плунжера площадью основания $S_{сн}$ на глубину h_1 (при условии, что зависимость $P_h = f(h_1)$ – линейна), Н; P_{max} – максимальное значение усилия вдавливания плунжера, Н.

Предложенные В.А. Желиговским параметры могут характеризовать только однородную по глубине структуру почвы, поэтому применение их для оценки свойств почвы в реальных условиях не отражает всех особенностей процессов, протекающих в почве.

Представленный перечень показателей, а также ряд коэффициентов, которые входят в функции, аппроксимирующие зависимость удельного усилия вдавливания плунжера от глубины его погружения, условно относят к группе показателей,

определяемых по результатам штамповых и сдвиговых испытаний почвы. Усилие вдавливания, как отмечает М.Н. Чаткин, С.Б. Драняев, В.Ф. Купряшкин и другие [13], является характеристикой функционирования системы почва – плунжер, и оно зависит от многих факторов, определяющих ход процесса взаимодействия плунжера со средой. Причем с увеличением числа факторов, влияющих на показатели функционирования системы, уменьшается относительный объем информации, которую они несут.

Показатели этой группы зачастую применяют при проектировании рабочих органов почвообрабатывающих машин, поскольку они отражают сопротивление почвы перемещению в ней рабочего органа, а также при характеристике процесса обработки почвы.

Другим показателем физического состояния почвы, характеризующим качество работы почвообрабатывающих катков и прикатывающих устройств посевных машин, является плотность почвы, которая определяет ее плодородие и взаимосвязана с твердостью, влажностью, скважностью, пористостью и другими свойствами почвы [8]. Все это характеризует плотность почвы как комплексный показатель, который является производным от других факторов, влияющих на урожайность возделываемых культур.

В ходе исследования процесса прикатывания почвы многие авторы [14 и др.] используют плотность ρ_b как критерий оценки качества уплотнения почвы, значение которого определяют по общепринятой методике:

$$\rho_b = m_b / V,$$

где m – масса влажного образца почвы, кг; V – объем почвы, м³.

В механике грунтов при оценке плотности грунтов принято определять плотность сухой почвы ρ_c , под которой понимают отношение массы сухого грунта к занимаемому этим грунтом объему [1]:

$$\rho_c = \rho_b / (1 + 0,01\omega),$$

где ω – влажность почвы, %.

Степень уплотнения грунтов оценивают обычно отношением плотности сухого грунта в его естественном залегании или в насыпи ρ_c к плотности того же, но сухого грунта при стандартном уплотнении $\rho_{c, \text{станд}}$, выполняемом по специальной методике:

$$K_y = \rho_c / \rho_{c, \text{станд}}$$

где K_y – коэффициент стандартного уплотнения.

Показатели плотности сухого грунта и коэффициента стандартного уплотнения широко не применяют при оценке уплотнения почвы почвообрабатывающими катками при посеве сельскохозяйственных культур, поскольку значение влажности почвы, при которой выполняют эту операцию, лежит в узких пределах, установленными агротехническими требованиями.

Для характеристики критической плотности почвы С.И. Долговым и И.В. Кузнецовой [8] получено выражение, устанавливающее взаимосвязь плотности с наименьшей влагоемкостью и содержанием воздуха в почве:

$$\rho = \rho_{\text{тф}} (100 - A) / (100 + W\rho_{\text{тф}}),$$

где $\rho_{\text{тф}}$ – плотность твердой фазы почвы, кг/м³; A – содержание воздуха в

почве, %; W – наименьшая или полевая влагемкость почвы, %.

Учеными Казахского НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства была разработана принципиально новая методика определения плотности почвы [7]. Эта методика базируется на механизированном измерении плотности с помощью передвижной радиометрической установки ПРУ-5, в основу которой положен гаммаскопический метод определения плотности различных материалов. Обработку полученных в процессе измерения данных осуществляют с помощью следующего выражения:

$$\rho = (\ln I_b - \ln I_n) / (\mu_{эф} + \mu_b w_b) l,$$

где ρ – плотность почвы, кг/м³; I_b , I_n – количество импульсов при просвечивании воздуха и почвы, шт./мин.; $\mu_{эф}$ – эффективный коэффициент ослабления; μ_b – поправочный коэффициент; w_b – влажность почвы; l – расстояние между скважинами, в которых проводят замеры, м.

Процесс уплотнения почвы, как отмечает В.И. Кравченко [7], можно характеризовать степенью уплотнения η , которая отражает изменение плотности под воздействием деформатора. Степень уплотнения можно определить как отношение плотности почвы после воздействия деформатора ρ_1 к исходной плотности ρ_0 :

$$\eta = \rho / \rho_0,$$

В качестве показателя оценки уровня уплотняющего воздействия движителей сельскохозяйственных машин и прикатывающих катков А.В. Судаков и другие [11] используют изменение плотности $\Delta\rho$ в зависимости от возникающей деформации почвы:

$$\Delta\rho = [(\rho_0 - 100) / (100 \pm \Delta H)] - \rho_0,$$

где ΔH – вертикальная деформация почвы, выраженная в % по отношению к толщине слоя, в котором проведен замер.

Данное выражение описывает линейную зависимость приращения плотности от вертикальной деформации, что не отражает реальных процессов, протекающих в почве при воздействии на нее деформатора, поскольку при уплотнении почвы кроме вертикальной деформации (сжатия) возникает деформация сдвига. Это объясняет нелинейность зависимости изменения плотности от деформации.

Однако какими бы методами не определялась плотность почвы и производные от нее показатели, их значение не является критерием оценки качества работы почвообрабатывающих катков и прикатывающих устройств посевных машин, а характеризует, главным образом, технологический процесс уплотнения почвы.

Для оценки работы почвообрабатывающих катков по созданию требуемой структуры почвы В.В. Голубев [3] применил коэффициент структурности и комковатость. Коэффициент структурности K_c рассчитывают по формуле:

$$K_c = a/b,$$

где a – сумма агрегатов размерами от 0,25 до 10 мм, %; b – сумма агрегатов, размер которых меньше 0,25 мм и больше 10 мм, %.

Этот показатель справедливо применен Голубевым В.В. для оценки процесса предпосевной подготовки почвы с использованием планчатого катка, однако коэффициент структурности характеризует только качество работы катка по формированию им требуемого агрегатного состава почвы и не отражает качества

уплотнения посевного слоя почвы.

С целью определения качества выполнения технологического процесса прикатывания почвы с точки зрения снижения налипания почвы на рабочую поверхность катка, В.В. Голубев [3] исследовал липкость почвы τ_n при разной влажности на различных по типу и механическому составу почвах. Липкость почвы

$$\tau_n = P_o / S_{\text{кп}},$$

где P_o – усилие, необходимое для отрыва рабочего элемента от почвы, Н; $S_{\text{кп}}$ – площадь контактируемой поверхности, м².

Исследовать липкость почвы в качестве оценки условий работы катка необходимо в том случае, если каток работает на почвах с повышенной влажностью. Следовательно, применение этого показателя для характеристики работы катка при посеве не имеет смысла, поскольку операцию припосевного прикатывания выполняют при оптимальной влажности почвы.

Для сравнения и оценки работы дорожных катков, применяемых для уплотнения асфальтобетонных смесей, С.М. Угай [12] предложил новую методику, которая предполагает использование показателя уплотняющей способности катка (ПУС):

$$\text{ПУС} = (Q_k / B_b R_b)^{0,5},$$

где Q_k – масса катка, кг; B_b – ширина вальца, м; R_b – радиус вальца, м.

Это выражение устанавливает взаимосвязь ПУС дорожного катка с его конструктивными параметрами, что позволяет сравнивать между собой катки, имеющие одинаковую геометрическую форму. Однако оно не учитывает физико-механических свойств уплотняемой поверхности и качество процесса уплотнения. Следовательно, применение ПУС катка для характеристики процесса обработки почвы катками и оценки качества их работы невозможно, что объясняется разнообразием геометрической формы рабочих элементов почвообрабатывающих катков и их технологическим назначением.

Таким образом, проведенный анализ способов оценки качества формирования уплотненного посевного слоя почвы почвообрабатывающими катками, а также показателей, характеризующих процесс их работы, указывает на необходимость дальнейшего совершенствования и разработки методики определения показателей качества прикатывания почвы.

Литература:

1. Бабков В.Ф. Основы грунтоведения и механики грунтов / В.Ф. Бабков, В.М. Безрук. – Изд-е второе перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1986. – 387с.
2. Бондарев А.Г. Некоторые пути определения оптимальных параметров агрофизических свойств почв / А.Г. Бондарев, В.В. Медведев // Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв. Тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. – Т. 23. – 1980. – С.85-98.
3. Голубев В.В. Обоснование параметров и режимов работы почвообрабатывающего катка для предпосевной обработки почвы под мелкосеменные культуры. Дисс. ... канд. техн. наук. – Тверь, 2004. – 174с.
4. Горохов П.В. Сопоставимость показаний твердомера // Земледелие. –

1986. – № 4. – С.41-47.

5. Желиговский В.А. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов. - Тбилиси, 1960. – 145с.

6. Избасарова З.И. Обоснование конструктивно-технологических и режимных параметров спирального пневматического катка для уплотнения почв повышенной влажности. Дисс. ... канд. техн. наук. – Оренбург, 2009. – 187с.

7. Кравченко В.И. Изучение изменения плотности почв под воздействием сельскохозяйственных тракторов и машин // Изучение технологических свойств почв в связи с уплотняющим воздействием сельскохозяйственной техники на почву. Сб. научн. тр. – Киев, 1984. – С.91-97.

8. Кузнецова И.В. Об оптимальной плотности почв // Почвоведение. – 1990. – № 5. – С.43-54.

9. Механизация мелиоративной обработки солонцовых почв. Методические рекомендации. – Новосибирск, 1978. – 50с.

10. Ревут И.Б. Структура и плотность почвы – основные параметры, кондиционирующие почвенные условия жизни растений / И.Б.Ревут, Н.А. Соколовская, А.М. Васильев // Пути регулирования почвенных условий жизни растений. – Л.: Гидрометииздат, 1952. – 279с.

11. Судаков А.В. Оценка уплотняющего воздействия движителей энергонасыщенных тракторов на корнеобитаемый слой дерново-подзолистой почвы / А.В. Судаков, А.А. Охитин, В.И. Агафонов, П.Н. Джуря // Научно-технический бюллетень ВИМ. – Вып. 64. – Москва, 1986. – С.6-9.

12. Угай С.М. Интенсификация процессов уплотнения асфальтобетонных смесей катками с перфорированными рабочими органами. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Хабаровск, 2008. – 24с.

13. Чаткин М.Н. Анализ оценок механической прочности почвы / М.Н. Чаткин, С.Б. Драняев, В.Ф. Купряшкин, А.Н. Шолин, А.Н. Авдеев // Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем: Межвуз. Сб. науч. тр. – Саранск: Типография ООО «Мордовия-Экспо», 2008. – С.240-248.

14. Шевелев В.М. Исследование процесса прикатывания почвы при посеве сельскохозяйственных культур. Дисс. ... канд. техн. наук. – Киев, 1968. – 162с.