

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УПЛОТНЕНИЯ ТОРФЯНО-БОЛОТНОЙ ПОЧВЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОЛЕВЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ

А.А. Попков, депутат Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь;
Я.М. Шупилов, канд. техн. наук, доцент, А.А. Зеленовский, канд. экон. наук, доцент (БГАТУ)

Аннотация

Предложен метод оценки изменения плотности торфяно-болотной почвы от воздействия ходовых систем сельскохозяйственных машин с использованием исследований уплотнения торфа нарушенной структуры в состоянии трехфазной системы в лабораторных условиях и расчета энергетических затрат в процессе проведения полевых механизированных работ.

A method to assess the effect of agricultural machinery traffic on peat-boggy soil density has been suggested. It's based on the data of laboratory-based research regarding peat compaction where peat considered as being a three-phase system with the decreased structure as well as on energy analysis in mechanized farming.

Введение

В последнее время основной причиной уплотнения почвы ученые и специалисты считают механическое воздействие ходовых систем сельскохозяйственных машин. Современные исследования показывают, что в процессе выполнения технологических операций различные машины проходят по полю от 5 до 15 раз, с суммарной площадью следов их движителей в 2 раза превышающих площадь полевого участка [1]. Площади участков, подвергающиеся воздействию от 6 до 20 раз, составляют 10-12 %, от 1 до 6 раз – 65-80 %. Лишь 10-15 % площади участка не подвергается воздействию сельскохозяйственных машин. Глубина уплотнения верхнего плодородного слоя достигает 0,3-0,6 м.

Снижение интенсивности уплотнения почвы и разрушения ее структуры возможно путем прогнозирования ее плотности, которые необходимы для совершенствования технологии возделывания сельскохозяйственных культур и повышения их урожайности.

Основная часть

Эффективным инструментом прогнозирования уплотнения торфяно-болотных почв являются расчеты с использованием планируемых энергетических затрат в процессе проведения полевых механизированных работ. Несмотря на возможные недостатки, расчеты физических показателей торфяно-болотной почвы вполне информативны. Это единственный объективный метод, позволяющий оценить целесообразность проведения работ по отношению к затраченной энергии, т. к. при любых изменениях ситуации легко производить перерасчет плотности торфяно-болотной почвы в пахотном слое.

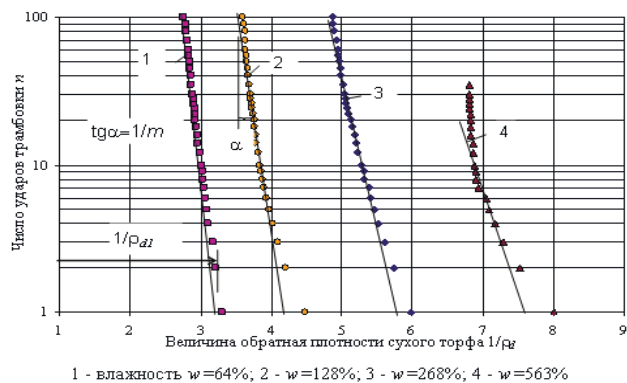
В настоящее время в литературе нет единого мнения по вопросу уплотнения торфяно-болотных почв. Если почва уплотняется одним и тем же способом при различной влажности, то получаемая плотность в значительной степени определяется его влажностью. Под плотностью почвы следует понимать плотность почвы в сухом состоянии.

Для выяснения особенностей уплотнения торфяно-болотной почвы с различной влажностью и начальной плотностью при различной работе уплотнения можно воспользоваться методом динамического уплотнения грунтов. В отличие от метода стандартного уплотнения, используемого в настоящее время для установления степени уплотнения грунтов в насыпях, этот метод позволяет в сжатые сроки и с достаточной точностью изучать закономерности механического уплотнения торфяно-болотной почвы в широком диапазоне изменения плотности, влажности и уплотняющих воздействий.

Испытания образцов торфа нарушенной структуры объемом 1 л проводились при различных влажностях, но при одинаковой начальной высоте, равной 127 мм, последовательно возрастающим количеством ударов груза массой 2,5 кг, падающего с высоты 30 см, деформация которых в процессе опыта измерялась штангелем-глубиномером. При количестве ударов до 10 деформация измерялась после каждого удара, при 10-30 – через 2 удара, при 30-60 – через 5 ударов, при количестве более 60 – через 10 ударов. В зависимости от интенсивности уплотнения образца опыты прекращались при 60-120 ударах. Пробы торфа на влажность отбирались до начала и в конце опыта.

Отдельные результаты динамического уплотнения образцов низинного торфа со степенью разложе-

ния 25 % при различных значениях весовой влажности по данным испытаний показаны на рис. 1 в виде графических зависимостей в координатах – «логарифм количества ударов груза, величина обратная плотности сложения торфа». Можно заметить, что характер уплотнения у всех исследованных образцов торфа одинаков, однако интенсивность уплотнения изменяется с изменением влажности. На графических зависимостях можно выделить три характерных участка, соответствующих трем стадиям уплотнения:



1 - влажность $w=64\%$; 2 - $w=128\%$; 3 - $w=268\%$; 4 - $w=563\%$

Рисунок 1. Результаты динамического уплотнения древесноосокового торфа со степенью разложения – 25 %

1. Первый участок характеризует стадию неустановившегося процесса уплотнения. Его длительность определяется величиной начальной плотности сложения торфа.

2. Второй участок характеризует стадию установившегося процесса уплотнения. Здесь прослеживается логарифмическая зависимость между логарифмом количества ударов груза и величиной, обратной плотности сложения торфа. Этот участок графика в полулогарифмических координатах аппроксимируется прямой.

3. Третьему участку кривых соответствует стадия уплотнения, когда под заданными ударными импульсами происходит затухание интенсивности уплотнения по сравнению со вторым участком.

Для установившегося процесса механического уплотнения, когда прослеживается логарифмическая зависимость между величиной обратной плотности сложения торфа и количеством ударов груза, получено уравнение [2]

$$\frac{1}{\rho_{di}} = \frac{1}{\rho_{d1}} - \frac{1}{m} \lg \frac{n_i}{n_1}, \quad (1)$$

где ρ_{di} – плотность сложения торфа, г/см³, соответствующая некоторому количеству ударов груза n_i ; ρ_{d1} – то же при начальном количестве ударов груза n_1 ;

$1/m$ – угловой коэффициент, характеризующий интенсивность уплотнения торфа, см³/г.

В опытах степень сопряженности в вариации логарифма количества ударов груза и величины, обрат-

ной плотности сложения торфа, измеряемой квадратом коэффициента корреляции (R^2), была не ниже 0,83.

Результаты обработки данных экспериментов показали, что характер уплотнения у всех исследованных образцов торфа одинаков, однако интенсивность уплотнения изменяется с их влажностью (рис. 2). Угловые коэффициенты $1/m$ определяли по графикам как тангенсы углов наклона спрямляющих линий к логарифмической оси, где отложено количество ударов уплотняющего груза.

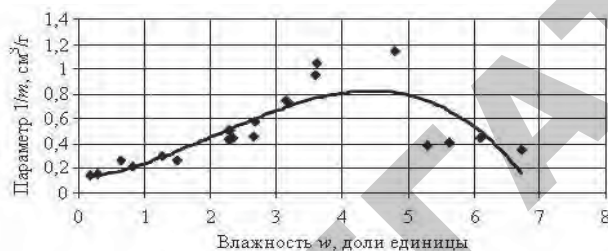


Рисунок 2. Зависимость изменения параметра $1/m$ от влажности уплотняемого торфа w

В соответствии с рисунком зависимость значений угловых коэффициентов $1/m$ от влажности подвергавшихся уплотнению образцов торфа w (в долях единицы), при тесноте линейной связи между признаками $R^2=0,68$ имеет вид

$$\frac{1}{m} = -0,0136w^3 + 0,085w^2 + 0,05w + 0,12. \quad (2)$$

Из анализа зависимости следует, что снижение влажности примерно до 450 % приводит к резкому возрастанию интенсивности уплотнения торфа за счет уменьшения, прежде всего, объема крупных пор. Роль усадки материала на этой стадии обезвоживания еще незначительна, так как капиллярные силы не настолько сильны, чтобы могло произойти деформирование скелета материала.

В интервале влажностей от 450 % до 200 % картина уплотнения изменяется. Силы капиллярного давления возрастают настолько, что становится возможным деформирование скелета торфа с отжатием внутриклеточной и иммобилизованной воды, которая переходит при этом в капиллярную. Объем пор, занятых воздухом, заметно уменьшается, что способствует снижению интенсивности уплотнения.

Дальнейшее снижение влажности приводит к менее резкому уменьшению интенсивности уплотнения, которое, по-видимому, обусловлено изменением свойств как растительной, так и коллоидной части торфа.

При использовании зависимости (1) необходимо знать плотность сложения торфа ρ_d , соответствующую некоторому количеству ударов груза n . В связи с этим при обработке опытных данных приняты условные величины $1/\rho_{d1}$, которые определялись графически в соответствии с рис. 1 как точки пересечения спрямляющих линий с осью абсцисс, соответствующих значению $n_1=1$.

Изменчивость входящей в уравнение (1) условной величины (параметра) $1/\rho_{d1}$ от влажности w (в долях единицы) уплотняемых образцов для количества ударов груза $n_1=1$ графически имеет вид в соответствии с рис. 3.

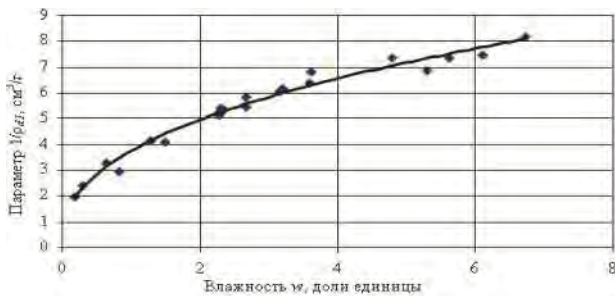


Рисунок 3. Зависимость изменения параметра $1/\rho_{d1}$ от влажности уплотняемого торфа w

Она может быть представлена в виде корреляционной зависимости

$$\frac{1}{\rho_{d1}} = 3,75w^{0,4}, \quad (3)$$

для которой $R^2=0,98$.

В случае, если величина $1/\rho_{d1}$ в уравнении (1) окажется меньше $1/\rho_{dmax}$, соответствующей степени водонасыщения $S_r=1$, в расчет следует принимать последнюю, так как теоретическим пределом уплотнения почвы при заданной влажности в условиях механического искусственного уплотнения на производстве является плотность сложения, примерно соответствующая двухфазному состоянию грунта.

Значение $1/\rho_{dmax}$ можно определить из зависимости фазовых соотношений в почве

$$\frac{1}{\rho_{dmax}} = \frac{1}{\rho_s} + \frac{w}{\rho_w S_r}, \quad (4)$$

где ρ_s – плотность частиц почвы, г/см³;

ρ_w – плотность воды, г/см³.

Полученные зависимости позволяют рассчитывать плотность торфяно-болотной почвы в кольце прибора в зависимости от числа ударов груза без проведения лабораторных исследований.

При известном числе ударов груза n_t энергия \mathcal{E}_k (кВт·ч), затрачиваемая на уплотнение торфа в кольце прибора, определяется по формуле

$$\mathcal{E}_k = \frac{1}{3,6} \cdot 10^{-6} mgh_t n_t, \quad (5)$$

где m – масса груза, кг ($m=2,5$ кг);

g – ускорение свободного падения, м/с² ($g=9,81$ м/с²);

h_t – высота падения груза, м ($h_t=0,3$ м);

$\frac{1}{3,6} \cdot 10^{-6}$ – коэффициент для перевода энергии

уплотнения торфяно-болотной почвы в приборе стандартного уплотнения в киловатт-часы для принятых в формуле единиц измерения – m , g и h_t .

Расход энергии $\mathcal{E}_{k, уд}$ из расчета на 1 м³ уплотняемого торфа в кольце прибора объемом $V_k=1$ л (0,001 м³) с учетом формулы (5) будет

$$\mathcal{E}_{k, уд} = \frac{\mathcal{E}_k}{V_k} = \frac{1}{3,6} \cdot 10^{-3} mgh_t n_t, \quad (6)$$

а с учетом значений m , g и h_t , входящих в формулу,

$$\mathcal{E}_{k, уд} = 0,002n_t. \quad (7)$$

Нормальная работа сельскохозяйственной техники зависит от таких факторов, как вид торфа, его влажность, степень разложения и др., а для одних и тех же условий – от формы, размеров и физико-механических свойств опорной поверхности. При расчетах взаимодействия ходовых систем механизмов и почвы основное значение имеет несущая способность почвы, под которой понимают максимальное удельное давление на опорной поверхности, при котором не происходит провала машины.

Если несущая способность почвы обеспечена, расход энергии из расчета на 1 м³ ее уплотнения в полевых условиях можно рассчитать по ее объему, который подвергается уплотнению двигателями энергомашин, и известному расходу энергоресурсов.

Расход энергоресурсов на выполнение технологической операции при проведении полевых механизированных работ \mathcal{E}_m (кВт·ч) можно определить по формуле

$$\mathcal{E}_m = \frac{1}{3,6} 10^{-3} q_t Q_t, \quad (8)$$

где q_t – теплотворная способность дизельного топлива, кДж/кг;

Q_t – объем натурального топлива, используемый при выполнении технологической операции, кг;

$\frac{1}{3,6} 10^{-3}$ – коэффициент перевода химической

энергии топлива в киловатт-часы для принятых в формуле единиц измерения q_t и Q_t .

Из приведенной зависимости следует, что 0,1 л дизельного топлива с химической энергией $42,7 \cdot 10^3$ кДж/кг способно произвести 1 кВт·ч механической энергии.

Для определения энергоресурсов, расходуемых на уплотнение торфяно-болотной почвы при производстве работ, необходим учет затрат энергии на преодоление сопротивления качению энергомашины, энергии, передаваемой через вал отбора мощности (ВОМ), механических потерь в трансмиссии энергомашины, потерь от буксования движителей и др. [3].

Количество натурального топлива, которое может быть использовано на уплотнение торфяно-болотной почвы при выполнении технологической операции, определяется по формуле

$$Q_t = q_e t \left(N_{e_n} \eta_{N_e} - \frac{N_{\text{ВОМ}}}{\eta_{\text{ВОМ}}} \right) \eta_{mг} \eta_{б}, \quad (9)$$

где q_e – удельный расход топлива, кг/кВт·ч;

t – время выполнения технологической операции, ч;

N_{e_n} – номинальная мощность двигателя, кВт;

η_{N_e} – коэффициент загрузки двигателя при выполнении технологической операции;

$N_{\text{ВОМ}}$ – мощность, передаваемая через вал отбора мощности (ВОМ) трактора на привод механизмов рабочих машин, кВт;

$\eta_{\text{ВОМ}}$ – КПД вала отбора мощности;

$\eta_{\text{МТ}}$ – КПД, учитывающий механические потери в трансмиссии энергомашины;

η_6 – КПД, учитывающий потери от буксования движителей.

Расход энергоресурсов \mathcal{E}_m (кВт·ч) на уплотнение торфяно-болотной почвы движителями от количества проходов энергомашин по одному следу n_i определяется по формуле

$$\mathcal{E}_m = \frac{1}{3,6} \cdot 10^{-3} q_T \sum n_i Q_{t,i}, \quad (10)$$

где $Q_{t,i}$ – объем дизельного топлива, расходуемый i -ой энергомашиной на уплотнение торфяно-болотной почвы за время t , кг.

Объем почвы V_m , подвергшейся уплотнению в следах сельскохозяйственных машин, определяется в основном двумя факторами: напряжениями сжатия и сдвига, создаваемыми в почве ходовыми системами энергомашин, которые обусловлены их статическим весом, силой тяги для выполнения технологической операции и преодоления местных препятствий.

В рыхлом состоянии почва довольно легко поддается сжатию, которое не сопровождается сколь угодно значительной упругой реакцией. По мере уплотнения и возрастания плотности упругая реакция грунта возрастает, что позволяет для расчета напряжений, возникающих в результате уплотнения грунта статическим весом сельскохозяйственных машин, привлечь положения Буссинеска по распределению напряжений в упругом материале. Методы теории упругости при определении напряжений и деформаций допустимы и по отношению к торфу естественной и нарушенной структуры в такой же мере, как и к минеральным грунтам [4].

В качестве примера на рис. 4 показано распределение вертикальных сжимающих σ_z и касательных (сдвигающих) τ_{xz} напряжений в грунте под полосовой площадью загрузки [5]. Приведенная картина распределения напряжений характерна и для площади загрузки в виде круга.

Так как величина напряжений сжатия и сдвига определяет степень уплотнения грунтовой толщи на разной глубине под ходовыми системами энергомашин, на эпюрах можно выделить зоны с максимальной концентрацией напряжений, где деформации будут большими.

Тогда объем грунта, уплотняемого движителями энергомашины, определяется как суммарный объем четырехугольных призм в следах машин с высотой, равной пройденному расстоянию в процессе выпол-

нения технологической операции. Форма сечения призмы, как видно на рис. 4, учитывающая концентрацию напряжений сжатия и сдвига в почве, имеет вид трапеции, где верхнее основание и высота равны ширине следа движителя $2a$, а нижнее основание имеет двойную ширину следа движителя, т. е. $4a$.

Расход энергии из расчета на 1 м^3 уплотняемой торфяно-болотной почвы в полевых условиях $\mathcal{E}_{m, \text{уд}}$ можно рассчитать по объему уплотняемой почвы V_m движителями энергомашин, и известному расходу энергоресурсов согласно формуле (10)

$$\mathcal{E}_{m, \text{уд}} = 3,6 \cdot 10^{-3} \frac{q_T}{V_m} \sum n_i Q_{t,i}. \quad (11)$$

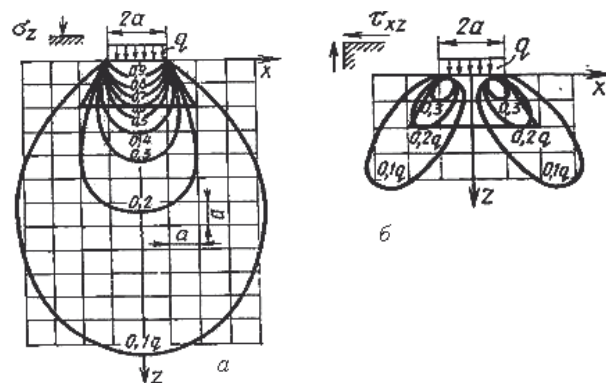
При равенстве величин $\mathcal{E}_{k, \text{уд}}$ и $\mathcal{E}_{m, \text{уд}}$ количество ударов груза n_T в кольцо прибора динамического уплотнения, соответствующее удельному расходу энергии в полевых условиях $\mathcal{E}_{m, \text{уд}}$ находится из зависимости (6) как

$$n_T = \frac{\mathcal{E}_{m, \text{уд}}}{0,002}. \quad (12)$$

По вычисленному значению n_T плотность торфяно-болотной почвы для принятой влажности определяется по результатам динамического уплотнения торфяно-болотной почвы или из зависимости (1) после предварительного вычисления показателей $1/m$ и $1/\rho_{dl}$ по зависимостям (2) и (3), если характеристики почвообразующего торфа близки к упомянутым выше.

Рассмотрим пример расчета плотности торфяно-болотной почвы при выполнении технологических операций с использованием предлагаемой методики.

Пример. Определить плотность и деформацию торфяно-болотной почвы в следах трактора Беларус-1523, используемого как энергосредство для поверхностного внесения твердых органических удобрений машиной ПРТ-11. Торфяно-болотная почва с зольностью 7-10 % характеризуется следующими данными: верхний слой с глубинами 0-25 см имеет влажность 130 % и плотность $0,240 \text{ г/см}^3$; нижний с глубинами 25-50 см с влажностью 270 % и плотностью $0,175 \text{ г/см}^3$. Торф почвообразующей низинной залежи



a – сжимающие напряжения σ_z ; b – касательные (сдвигающие) напряжения τ_{xz}

Рисунок 4. Распределение напряжений в грунте под полосовой площадью загрузки

со степенью разложения 25-50 %.

Согласно справочным данным, мощность двигателя трактора $N_e=114$ кВт, мощность, затрачиваемая на привод сельскохозяйственной машины $N_{\text{ВОМ}}=40$ кВт, рабочая скорость агрегата $v=10$ км/ч, ширина шин задних колес трактора – 520 мм.

Объем почвы V_M (м^3), уплотняемой агрегатом при выполнении технологической операции в течение часа, определим как объем двух четырехугольных призм под следами движителей с площадью поперечного сечения каждой F_n (площадь эпюры с максимальной концентрацией напряжений) (рис. 4) и высотой, равной расстоянию L м, пройденному агрегатом при выполнении технологической операции

$$V_M = 2F_n L, \text{ м}^3.$$

Площадь эпюры напряжений F_n под задним колесом трактора определим как площадь равнобокой трапеции с верхним основанием, равным ширине шины заднего колеса трактора $b=2a=0,52$ м, нижним $B=2\cdot 2a=2\cdot 0,52=1,04$ м и высотой $h=b=0,52$ м, тогда

$$F_n = \frac{b+B}{2} h = \frac{0,52+1,04}{2} \cdot 0,52 = 0,41 \text{ м}^2.$$

При рабочей скорости $v=10$ км/ч расстояние L м, проходимое агрегатом за время работы $t=1$ ч в процессе выполнения технологической операции, будет

$$L = v \cdot t = 10 \cdot 1 = 10 \text{ км}.$$

С учетом вычисленных значений F_n и L объем почвы V_M (м^3), уплотняемой агрегатом за 1 час работы

$$V_M = 2F_n L = 2 \cdot 0,41 \cdot 10 \cdot 10^3 = 8,2 \cdot 10^3 \text{ м}^3.$$

Расход дизельного топлива, которое необходимо для уплотнения торфяно-болотной почвы при выполнении производственной операции за время $t=1$ ч, определим по формуле (9) для значений $N_e=114$ кВт; $N_{\text{ВОМ}}=40$ кВт; $q_e=0,227$ кг/кВт·ч; $\eta_{N_e}=0,7$;

$$\eta_{\text{ВОМ}}=0,95; \eta_{\text{МГ}}=0,96; \eta_6=0,98$$

$$Q_M = q_e t \left(N_e \eta_{N_e} - \frac{N_{\text{ВОМ}}}{\eta_{\text{ВОМ}}} \right) \eta_{\text{МГ}} \eta_6 =$$

$$= 0,227 \cdot 1 \cdot \left(114 \cdot 0,7 - \frac{40}{0,95} \right) \cdot 0,96 \cdot 0,98 = 8,05 \text{ кг}.$$

Расход механической энергии за время $t=1$ ч из расчета на 1 м^3 уплотняемой торфяно-болотной почвы под следами движителей при одном проходе агрегата $n_i=1$ и расходе дизельного топлива $Q_M=8,05$ кг с химической энергией $q_T=42,7 \cdot 10^3$ кДж/кг определим из зависимости (11)

$$\mathcal{E}_{\text{м,уд}} = 3,6 \cdot 10^{-3} \frac{q_T}{V_M} \sum n_i Q_{t,i} =$$

$$= 3,6 \cdot 10^{-3} \frac{42,7 \cdot 10^3}{8,2 \cdot 10^3} \cdot 1 \cdot 8,05 = 0,151 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3.$$

При равенстве расходов энергии из расчета на 1 м^3 уплотняемого торфа в кольце прибора $\mathcal{E}_{\text{к,уд}}$ и в

полевых условиях $\mathcal{E}_{\text{м,уд}}$ требуемое количество ударов груза n_i в кольце прибора динамического уплотнения с учетом формулы (12) определим как:

$$n_i = \frac{\mathcal{E}_{\text{м,уд}}}{0,002} = \frac{0,151}{0,002} = 75,4 \text{ ударов груза}.$$

Принимаем 75 ударов груза.

Для расчета плотности торфяно-болотной почвы

рассчитаем показатели $\frac{1}{m}$ и $\frac{1}{\rho_{di}}$, входящие в формулу (1):

для значений влажности $w=130$ % верхнего слоя

$$\begin{aligned} \frac{1}{m} &= -0,0136w^3 + 0,085w^2 + 0,05w + 0,12 = \\ &= -0,0136 \cdot 1,3^3 + 0,085 \cdot 1,3^2 + 0,05 \cdot 1,3 + 0,12 = \\ &= 0,30 \text{ см}^3/\text{г}; \end{aligned}$$

$$\frac{1}{\rho_{di}} = 3,75w^{0,4} = 3,75 \cdot 1,3^{0,4} = 4,16 \text{ см}^3/\text{г};$$

для значений влажности $w=270$ % нижнего слоя

$$\begin{aligned} \frac{1}{m} &= -0,0136w^3 + 0,085w^2 + 0,05w + 0,12 = \\ &= -0,0136 \cdot 2,7^3 + 0,085 \cdot 2,7^2 + 0,05 \cdot 2,7 + 0,12 = \\ &= 0,61 \text{ см}^3/\text{г}, \end{aligned}$$

$$\frac{1}{\rho_{di}} = 3,75 \cdot w^{0,4} = 3,75 \cdot 2,7^{0,4} = 5,58 \text{ см}^3/\text{г}.$$

С учетом вычисленных показателей $\frac{1}{m}$ и $\frac{1}{\rho_{di}}$

значение $\frac{1}{\rho_{di}}$ для количества ударов груза $n_i=75$

определим по зависимости (1) для верхнего слоя

$$\frac{1}{\rho_{di}} = \frac{1}{\rho_{d1}} - \frac{1}{m} \lg \frac{n_i}{n_1} = 4,16 - 0,30 \cdot \lg \frac{75}{1} = 3,605 \text{ см}^3/\text{г};$$

для нижнего слоя

$$\frac{1}{\rho_{di}} = \frac{1}{\rho_{d1}} - \frac{1}{m} \lg \frac{n_i}{n_1} = 5,58 - 0,61 \cdot \lg \frac{75}{1} = 4,441 \text{ см}^3/\text{г}.$$

Для вычисленных значений $\frac{1}{\rho_{di}}$ плотность тор-

фяно-болотной почвы после выполнения технологической операции в верхнем слое будет $\rho_{di, \text{в}}=0,277$ г/см³, в нижнем – $\rho_{di, \text{н}}=0,225$ г/см³.

Деформация верхнего слоя почвы s_B толщиной $t_B=25$ см с плотностью $\rho_{d0, \text{в}}=0,240$ г/см³ после прохода агрегата

$$s_B = \left(1 - \frac{\rho_{d0, \text{в}}}{\rho_{di, \text{в}}} \right) t_B = \left(1 - \frac{0,240}{0,277} \right) \cdot 25 = 3,35 \text{ см}.$$

Деформация нижнего слоя почвы s_n толщиной $t_n=25$ см с плотностью $\rho_{d0,n}=0,175$ г/см³ после прохода агрегата

$$s_n = \left(1 - \frac{\rho_{d0,n}}{\rho_{di,n}}\right)t_n = \left(1 - \frac{0,175}{0,225}\right) \cdot 25 = 5,55 \text{ см.}$$

Суммарная деформация обоих слоев

$$s = s_b + s_n = 3,35 + 5,55 = 8,90 \text{ см.}$$

Заключение

В результате исследований разработан метод оценки уплотнения торфяно-болотной почвы движителями сельскохозяйственных машин с использованием энергетических затрат в процессе проведения полевых механизированных работ. Плотность почвы предлагается прогнозировать на основании использования результатов динамических испытаний, проводимых в лабораторных условиях в приборе стандартного уплотнения. Для установившегося процесса динамического уплотнения низинного торфа со степенью разложения 25-50 % и зольностью 7-10 %, где прослеживается логарифмическая зависимость между величиной обратной плотности сложения и количеством ударов груза предложено уравнение и расчетные зависимости для количественной оценки показателей уравнения, позволяющие сократить количество проводимых лабораторных испытаний.

Плотность сложения почвы в полевых условиях рассчитывается исходя из сравнения расходов энергии из расчета на 1 м³ уплотняемого грунта в лабораторных и полевых условиях. Установление затрат механической энергии на уплотнение почвы сельскохозяйственными машинами определяется расходом химических энергоресурсов на выполнение технологической операции при проведении полевых механизированных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ногтиков, А.А. Влияние параметров МТА на уплотнение почвы / А.А. Ногтиков // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2004. – № 6. – С. 41-42.
2. Шупилов, Я.М. Уплотнение торфяного грунта при действии динамической нагрузки // Строительство: матер. Межд. науч.-техн. конф. «Геотехника Беларуси: наука и практика», Минск, 17-20 ноября 2003. – Мн.: БНТУ, 2003. – С. 169-172.
3. Эксплуатация машинно-тракторного парка: учеб. пос. для с.-х. вузов / А.П. Ляхов [и др.]; под общ. ред. Ю.В. Будько. – Минск: Урожай, 1991. – 336 с.
4. Дрозд, П.А. Сельскохозяйственные дороги на болотах / П.А. Дрозд. – Мн.: Урожай, 1966. – 167 с.
5. Флорин, В.А. Основы механики грунтов / В.А. Флорин. – Т. 1. – Л. – М.: Госстройиздат,

УДК 629.113.001

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 11.03.2014

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ КУРСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НА СОВРЕМЕННЫХ ТРАКТОРАХ

В.П. Бойков, докт. техн. наук, профессор, А.И. Бобровник, докт. техн. наук, доцент (БНТУ);
С.А. Дорохович, аспирант (БГАТУ)

Аннотация

В статье рассмотрены достижения в области электронных систем курсовой устойчивости тракторов. Предложена сравнительная диаграмма скоростей мировых производителей тракторов, которая может служить в качестве показателей скорости и курсовой устойчивости тракторов с электронными системами курсовой устойчивости и без них.

Achievements in the fields of tractors electronic systems of directional stability are described in the article. A comparative chart of speeds of the world tractors manufacturers is offered there. And this chart can be served as the indexes of speeds and directional stability of the tractors with electronic systems of directional stability and without them.

Введение

В условиях возросших скоростей и интенсивности движения, а также существенного усложнения функций водителя значительно затрудняется управление транспортным средством. От водителя требуется большое нервное и физическое напряжение, приводящее к росту утомляемости, неуверенности в своих действиях, а в некоторых случаях и к аварийным ситуациям.

В связи с этими вопросами в последнее время получили первостепенное значение исследования,

связанные с изучением курсовой устойчивости движения трактора, направленные на изыскание оптимальных параметров скорости движения агрегата и курсовой устойчивости.

Целью данной работы является исследование целесообразности оборудования тракторов электронными системами курсовой устойчивости.

Задачей исследования является анализ использования электронных систем курсовой устойчивости современных тракторов и разработка рекомендаций для отечественных производителей тракторной техники.