



Рисунок 1. Эжекторный питатель:
1 – конфузор; 2 – загрузочная горловина; 3 – приемная камера; 4 – диффузор

Литература

1. Дорфман, М.Х. Пневматический транспорт зерна и продуктов его переработки / М.Х. Дорфман. – Москва: Хлебоиздат, 1960. – 232 с.
2. Пономарёв, В.М. Пневматический транспорт в строительстве. Учеб. Пособие по курсу «Подъёмно-транспортные машины» для студентов строительных факультетов специальности «Производство строительных изделий и конструкций» / В.М. Пономарёв; Под ред. Цуркона А.Г. – Калинин, 1975. – 107 с.
3. Повх, И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении / И.Л. Повх. – 3-е изд., перераб. и исправл. – Ленинград: Машиностроение, 1974. – 480 с.
4. Солодкин, Е.Е. К вопросу о влиянии начальной неравномерности потока на характеристики диффузорных каналов / Е.Е. Солодкин, А.С. Гиневский // Промышленная аэродинамика: сб. «Вентиляторы и воздухопроводы» / ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского; под ред. проф. К.А. Ушакова. – Москва: Гос. изд. оборонной промышленности, 1959. – № 12 – С. 168-180.
5. Шейпак, А.А. Гидравлика и гидропневмопривод: Учебник. Ч.1: Основы механики жидкости и газа; 6-е изд. Стереотип / А.А. Шейпак. – Москва: МГИУ, 2007. – 264 с.
6. Иваненко, В.И. Обоснование параметров рабочих органов пневматической сеялки для внесения твёрдых минеральных удобрений в теплицах: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / В.И. Иваненко. – Глеваха, 1988. – 201 с.
7. Лукашевич, Н.М. Проектирование и расчёт пневмотранспортных устройств и установок для грузов сельскохозяйственного производства / Н.М. Лукашевич. – Горки, 1981. – 84 с.

УДК 621.11.012

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПЛОТНЕНИЯ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ ХОДОВЫМИ АППАРАТАМИ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Янцов Н.Д. (БГАТУ)

Введение

Одним из основных последствий воздействия ходовых систем машин на почву является ее уплотнение. Уплотнение почвы – это следствие деформационных процессов, вызванных образованием зон напряжений в слоях почвы. Поэтому при математическом моделировании процессов уплотняющего воздействия движителей кормоуборочных машин на торфяно-болотную почву необходимо знать закон изменения напряжений в массиве торфяной почвы, а

также закон изменения деформации элементарного объема почвы в толще массива. Это позволит связать напряжение в почве с ее плотностью, т. е. создать модель уплотнения почвы.

Основная часть

Теоретические и экспериментальные исследования [3] показали, что для характеристики связи между приложенным усилием и деформацией торфяно-болотных оснований приемлемая зависимость гиперболического тангенса профессора В. В. Кацыгина:

$$\sigma = p_0 t h \frac{k}{p_0} h, \quad (1)$$

где σ – расчетное напряжение;
 p_0 – предел несущей способности почвы;
 k – коэффициент объемного смятия;
 h – деформация (осадка) поверхности почвы.

Распространяя действие данного закона деформирования вглубь толщи массива торфяно-болотной почвы и выразив из формулы (1) деформацию h , можно изменение ΔV любого элементарного объема почвы после приложения нагрузки в любой области массива торфяного основания записать

$$\Delta V = hS = \frac{p_0 S}{2k} \ln \frac{p_0 + \sigma}{p_0 - \sigma}, \quad (2)$$

где S – бесконечно малая единичная площадь основания элементарного объема почвы. Обозначим элементарный единичный объем почвы до приложения нагрузки через $V = 1$. После воздействия нагрузки произошло изменение объема почвы на ΔV . С учетом выражения (2) объем V_1 после уплотнения равен

$$V_1 = V - \Delta V = 1 - \frac{p_0 S}{2k} \ln \frac{p_0 + \sigma}{p_0 - \sigma}, \quad (3)$$

Известно, что плотность p_0 естественного сложения почвы определяется из выражения

$$p_0 = \frac{m}{V},$$

где m – масса элементарного единичного объема почвы. Плотность почвы p_1 после воздействия колес с учетом выражения (3) определится

$$p_1 = \frac{m}{V_1}.$$

Так как масса m объема почвы, вовлекаемого в деформацию в процессе взаимодействия движителей машин с почвой, не изменяется, то при расчете можно принять, что изменение плотности почвы p_1 после воздействия колес обратно пропорционально изменению объема V_1 после уплотнения почвы:

$$p_1 = p_0 \frac{V}{V_1} = p_0 \frac{1}{1 - \frac{p_0 S}{2k} \ln \frac{p_0 + \sigma}{p_0 - \sigma}}. \quad (4)$$

Таким образом, плотность почвы p_1 в следах движителей зависит от равновесной плотности почвы p_0 , свойств почвы и закономерности распределения нормальных напряжений σ в почве на глубине z . Закономерность изменения нормальных напряжений σ в почве по глубине определяется характером и величиной внешней нагрузки P , временем t взаимодействия движителей с основанием, толщиной сжимаемого слоя H торфа.

Для выбора закона изменения напряжений в результате воздействия движителей кормоуборочных комбайнов представим торфяную почву в виде грунтовой массы, состоящей из

двух фаз – грунтовой воды и твердых частиц. Тогда напряженное состояние почвы может быть описано дифференциальным уравнением вида [2]

$$\frac{\partial \sigma}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \sigma}{\partial z^2}, \quad (5)$$

где $a = \frac{k_{\phi}(1 + \varepsilon)}{\alpha \gamma_{\text{в}}}$ – коэффициент скорости передачи напряжений на почвенный скелет;

σ – напряжение скелета почвы;

z – глубина рассматриваемого слоя ($0 < z < H$);

ε – коэффициент пористости;

t – текущее значение времени действия напряжений ($0 < t < T$);

k_{ϕ} – коэффициент фильтрации;

$\gamma_{\text{в}}$ – плотность воды;

α – коэффициент уплотнения;

H – толщина рассматриваемого сжимаемого слоя торфа;

T – период взаимодействия.

Краевыми условиями уравнения (5) являются:

а) начальные $\sigma_{(z,t)} = \sigma_{(z,0)} = 0$;

б) граничные $\sigma_{(H,t)} = f(P, t)$;

$$\frac{\partial \sigma_{(0,t)}}{\partial z} = 0.$$

Граничные условия характеризуются эпюрами нормальных контактных давлений при взаимодействии колес с почвой.

Оценка экспериментальных эпюр нормальных давлений в контакте различных ходовых аппаратов кормоуборочных комбайнов с почвой показала, что характер взаимодействия давлений от нуля до максимума и уменьшение от максимума до нуля приблизительно одинаков и имеет параболический вид. Статическая обработка эпюр нормальных контактных давлений позволила аппроксимировать экспериментальные кривые параболической зависимостью

$$P = rt - qt^2,$$

где r – коэффициент, характеризующий скорость изменения давлений;

q – интенсивность изменения скорости нарастания (уменьшения) давлений;

t – текущее значение времени ($0 < t < T$);

T – период взаимодействия.

Для определения коэффициента r и q воспользуемся следующими положениями. Аппроксимирующая функция нормальных давлений имеет экстремум при $t = T/2$ и ее производная P' в этой точке равна нулю, т. е.

$$P' = r - 2qt = 0 \quad \text{откуда } r = qT. \quad (6)$$

Максимальное значение нормального давления

$$P_{\text{max}} = r \frac{T}{2} - q \frac{T^2}{4} = q \frac{T^2}{4}. \quad (7)$$

Из выражения (6) и (7) имеем

$$r = \frac{4P_{\text{max}}}{T},$$

$$q = \frac{4P_{\text{max}}}{T^2}.$$

Таким образом, математическая модель уплотнения торфяно-болотной почвы движителями кормоуборочных комбайнов может быть представлена следующими уравнениями, свя-

зывающими внешнюю нормальную нагрузку, напряжения в толще массива почвы, деформацию элементарного объема почвы внутри массива и изменение при этом плотности естественного сложения почвы:

- 1) нормальное давление движителей на почвы за период взаимодействия с почвой

$$P = rt - qt^2, \text{ где } 0 < t < T;$$

- 2) изменение напряженного состояния толщ массива почвы при воздействии внешней нагрузки

$$\frac{\partial \sigma}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \sigma}{\partial z^2}, \text{ где } \sigma = f(P, z, t);$$

- 3) плотность почвы после прохода колес

$$p_1 = \frac{p_0}{1 - \frac{p_0 S}{2k} \ln \frac{p_0 + \sigma_{(P,z,t)}}{p_0 - \sigma_{(P,z,t)}}}.$$

Константы приведены в [3].

Заключение

Используя предлагаемую математическую модель уплотнения торфяно-болотной почвы, можно решать задачи, связанные с оценкой воздействия на почву ходовых аппаратов эксплуатируемых и проектируемых кормоуборочных машин.

Литература

1. Черкасов И.И. Механические свойства грунтов в дорожном строительстве. – М.: Транспорт, 1976. – 247 с.
2. Скотников В. А., Пономарев А. В., Климанов А. В. Проходимость машин. – Мн.: Наука и техника, 1982. – 326 с.
3. Кацыгин В. В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин и орудий. – В кн.: Вопросы с.-х. механики, т. XIII. Мн.: Урожай, 1964, с. 31-64.

УДК 631.352.9:365

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ПЛЮЩИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА БИЛЬНОГО ТИПА К РОТАЦИОННЫМ КОСИЛКАМ

Шушилов А.А. (БГАТУ),

Яровенко П.В. (НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства)

Обработка трав плющильным устройством бильного типа с целью интенсификации их сушки в настоящее время широко применяется на многих системах машин для скашивания трав. Бильное устройство – барабан с горизонтальной осью вращения протаскивает скошенную траву рабочими органами в зазоре между барабаном и декой, повреждает покровные ткани стеблей и укладывает на стерню для дальнейшей сушки.

Обработка травы осуществляется активной и пассивной частями рабочих органов бильного устройства: активная – рабочие органы V-образной конструкции на барабане, пассивная – дека с профилем рабочей поверхностью.

Сущность процесса обработки травы бильным устройством заключается в следующем. При захвате и последующем движении в образованном барабаном и декой канале стебли под-