

УДК 631.3.01-254:631.4

Романик Н. Н.
инженер /БАТУ/ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ТЕХНИКИ НА СТРУКТУРУ ПОЧВЫ

Из года в год возрастает потребность общества в продуктах питания и сырья. Это всё поднимает на более высокий уровень значение почв как природного ресурса и вызывает необходимость их самого глубокого изучения и эффективного использования.

Производство сельскохозяйственной продукции было всегда тесно связано с обработкой почвы, с воздействием рабочих органов машин и орудий, кодовых систем тракторов на почву.

При использовании земельных ресурсов мы должны беспокоиться о максимальном сохранении почвенного покрова — хрупкого и легко нарушаемого компонента биосферы.

Воздействие рабочих органов машин и движителей мобильной сельскохозяйственной техники на почву приводит к изменению объёмной массы, которая является одной из основных агротехнических характеристик почвы.

И. В. Резут отмечает, что увеличение или уменьшение плотности почвы от оптимальной на $0,1-0,3 \text{ г/см}^3$ приводит к снижению урожая на 20-40%. В процессе уплотнения почвы уменьшается не только общий объём пор, но и их размер. Это особенно важно, так как корневые волоски не могут расти, если поры почвы по размеру меньше 10 мкм. Поры менее 3 мкм уже недоступны микроорганизмам [1].

Исследованиями многих учёных доказано, что использование тяжёлых машин, а также почвообрабатывающих орудий приводит к вредному переуплотнению почвы.

Кушнарёв в своей работе [2] говорит, что в результате уплотнения почвы по колее тракторов снижается урожай кукурузы на 2,6-33,1%, пшеницы — от 2,6 до 46%, картофеля до 27%. При существующих технологиях возделывания культур различные машины проходят по полю от 10 до 15 раз. Суммарная площадь следов составляет 100-200% площади поля. Поворотные полосы прикатываются колёсами машин от 6 до 20 раз и лишь 10-15% площади поля не подвергаются воздействию кодовых систем.

Уплотнение почвы вызывает вес машины с одной стороны, а с

другой, при работе различных вращающихся узлов, деталей за счёт неизбежных дисбалансов возникают биения, которые тоже передаются на почву, создавая динамические нагрузки. Кроме того, различные **неровности** на поверхности, по которой перемещается машина, приводят к колебательному движению корпуса машины, образуя тем самым ударные нагрузки. Все перечисленные силы приводят к колебательному движению и саму почву, вызывая упругие и упруго-пластические деформации.

На процесс виброуплотнения почв исследовалось влияние разных факторов и проведён ряд экспериментальных исследований на образцах песков различной влажности.

Баркан Д. Д. в своей работе [3] считает, что "при действии вибрации в грунте возникало физическое явление, вызывающее изменение сил трения и сцепления в нём", а последнее приводило к разрушению структуры и дальнейшему уплотнению.

Экспериментальные исследования вибрационным нагружением сучки песков показали, что при определённых значениях вибрации силы частоты сопротивления сдвигу падают на 30-50 % благодаря снижению сил, удерживающих частицы в равновесии. Это объясняется тем, что при увеличении ускорений колебаний до какого-то предела, значение коэффициента внутреннего трения f резко уменьшается, стремясь к некоторому предельному значению, зависящему от свойств грунта

(рис. 1).

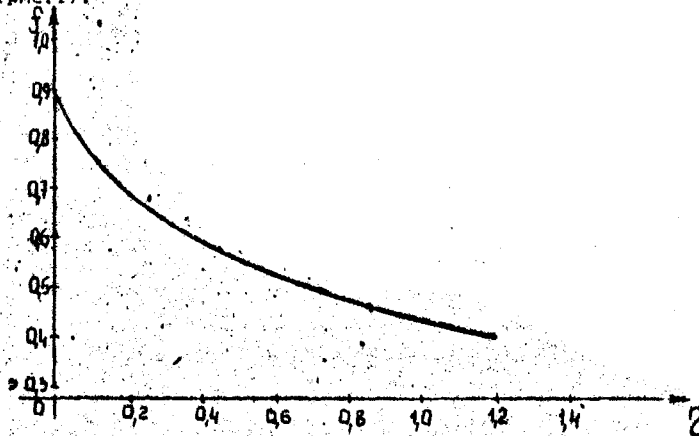


Рис. 1. График зависимости коэффициента внутреннего трения от значения ускорения

Анализ данных показывает, что если вибрирование ведётся с некоторым ускорением, то почва постоянно уплотняется и достигает определённого значения по плотности.

С увеличением ускорения колебания почвы пористость почвы снижается, каждому вибродинамическому воздействию соответствует своя предельная плотность, названная Барканом "порогом вибрационного уплотнения", т.е. почва будет уплотняться вибродинамическими воздействиями, превышающими этот порог виброуплотнения.

Процессы взаимодействия кодовых систем с почвой зависят от её механических свойств, т.е. от сопротивляемости деформированию и разрушению. Накоплено большое количество экспериментальных данных о закономерности деформирования и разрушения почв. Однако они носят разрозненный характер из-за многообразия типов почв, условий и методов измерений. Использовать эти данные для обобщения и разработки методов прогнозирования механических свойств не представляется возможным. Этим объясняется большое число предложенных эмпирических формул и моделей деформируемости почв [4].

Рассмотрим почву как линейную вязко-упругую среду (рис.2), называемую также обобщённой линейной средой [5].

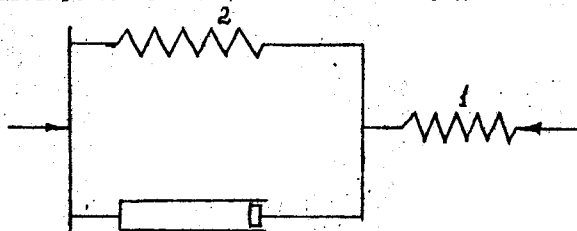


Рис.2. Линейная вязко-упругая среда

Элемент среды представляет собой соединение двух пружин и одного демпфера. Соотношение, связывающее напряжение, деформацию и их производные по времени в обобщённой линейной среде, будет иметь вид:

$$\mu \dot{\epsilon} + \epsilon = \frac{\sigma}{E_d} + \frac{\mu}{E_{ст}} \dot{\sigma},$$

где

$$\mu = \frac{E_d}{2} = \frac{E_d E_{ст}}{(E_{ст} - E_d)2};$$

E_2 - модуль упругости пружины 2 ;

E_1 - модуль упругости пружины 1 ;

$E_{ст}$ - предельный модуль упругости элемента среды, соответствующий статическому сжатию длительно действующей нагрузкой ;

η - коэффициент пропорциональности ;

ϵ - деформация пружины ;

$\dot{\epsilon}$ - скорость деформации элемента.

Рассмотрим систему уравнений, определяющих движение плоской волны по обобщенной линейной среде. В координатах Лагранжа масса M , время t , закономерности распространения плоских волн описывается системой уравнений:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial m} = 0 ;$$

$$\frac{\partial u}{\partial m} - \frac{\partial v}{\partial t} = 0 .$$

Перейдем от удельного объема к деформации и от давления к напряжению с помощью соотношений :

$$\epsilon = \frac{V - V_0}{V_0} ;$$

$$\frac{\partial \epsilon}{\partial t} = \rho_0 \frac{\partial v}{\partial t} ;$$

$$\sigma = -p ,$$

где : $\rho_0 = \frac{1}{V_0}$ - начальная плотность среды до прихода фронта возмущений ;

p - давление .

Тогда система уравнений, определяющая распространение плоской волны в вязко-упругой среде, имеет вид :

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial \sigma}{\partial m} &= 0 ; \\ \rho_0 \frac{\partial u}{\partial m} - \frac{\partial \dot{\sigma}}{\partial t} &= 0 ; \\ f(\sigma, \dot{\sigma}, \epsilon, \dot{\epsilon}) &= 0 . \end{aligned} \right\}$$

Эта система уравнений характерна для всех видов почв.

Нами создана экспериментальная лабораторная установка, при помощи которой можно моделировать параметры предлагаемой модели почвы, выбирая при этом определённые параметры свойств почвы и её минералогический состав.

Установка состоит из почвенного канала, колеса, нагруженного различными динамическими нагрузками, пружин, передающих колебания от источника возбуждения колебаний. Почва, посредством специального приспособления, соединена с прибором, определяющим воздухопроницаемость (ВП) почвы на различной глубине.

Поделируя различные характеристики колебательного процесса, можно изучить влияние вибрации на изменение физико-механических свойств почвы. В частности, уменьшение ВП почвы при динамическом нагружении значительно больше, чем при статическом как по глубине, так и в окрестности колес.

Результаты опытов показывают, что чрезмерная вибрация сельскохозяйственных машин и орудий отрицательно сказывается на структуре почвы, а следовательно, и на её плодородии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ревут И. В. Физика почв. - Л.: Колос, 1972, с. 368.
2. Кушнерёв А. С. Механическое воздействие сельскохозяйственной техники на почву. - Сб. научных трудов УСХА, Киев, 1982, с. 21-29.
3. Баркан Д. Д. Динамика оснований и фундаментов, 1948, с. 411.
4. Золотаревская Д. И. Взаимосвязь различных математических моделей деформирования почвы. / Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1983, № 5, с. 10-14.
5. Ляков Г. П., Полякова Н. И. Волны в плотных средах и нагрузки на сооружения. - М.: Недра, 1967, 232 с.

Решеткин