

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ВИБРОДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА ДВИЖИТЕЛИ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

Шило И.Н., д.т.н., профессор; Агейчик В.А., к.т.н., доцент;

Романюк Н.Н., ст. преподаватель

Белорусский государственный аграрный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

Агейчик М.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,

г. Минск, Республика Беларусь

Введение. Современное развитие тракторостроения непрерывно связано с увеличением мощности тракторов, что ведет к увеличению их массы, необходимой для развития требуемого тягового усилия. Повышение скорости движения, переезд тракторов через неровности рельефа опорной поверхности, наезды и падение движителей с некоторой высоты, в частности камней, приводит к увеличению амплитуд колебаний, ускорений различных точек машинно-тракторных агрегатов (МТА), а, следовательно, и вибродинамических нагрузок, передаваемых ходовыми системами на почву.

При этом происходит дополнительный сдвиг, переупаковка частиц, разрушение структуры почвы, увеличение ее плотности и количества пылевидных фракций. Переуплотненные участки почвы снижают урожайность, создают повышенное сопротивление при последующих обработках, что ведет к увеличению расхода топлива и снижению производительности МТА. Разрушенная структура почвы не восстанавливается полностью, в результате чего интенсивно обрабатываемая почва с течением времени деградирует и, в конечном итоге, все это ведет к нарушению экологии агроландшафтов. Детали машин подвергаются длительной повторно-переменной нагрузке, к которой можно отнести вибродинамическое и ударное нагружения, и разрушаются при напряжениях значительно меньших предела прочности материала при статическом нагружении. Как показывает статистика, более 80% поломок и аварий, происходящих при эксплуатации машин, вызвано усталостными явлениями. Поэтому проблема сопротивления усталости является ключевой для повышения надежности машин.

В последние годы Всероссийский научно-исследовательский институт охраны труда неоднократно отмечает существенный рост числа профессиональных заболеваний водителей колесных тракторов за счет их подверженности отрицательно действующим на организм колебаниям и вибрациям. Исследованиями многих ученых установлено, что наиболее вредными воздействиями для водителя являются низкочастотные колебания в диапазоне частот 1,2-8 Гц, возникающих на рабочих скоростях движения трактора при выполнении различных сельскохозяйственных операций (5-12 км/ч) [1].

Основная часть. При эксплуатации машин на почвах, засоренных камнями, указанные недостатки принимают наиболее ярко выраженный характер, но методика их оценки в настоящее время отсутствует. Это затрудняет возможности конструктивного совершенствования машин, в том числе путем снижения их металлоемкости.

Определением засоренности земель камнями в РБ занимается «БелГИПРОЗем», согласно методическим указаниям по почвенно-геоботаническим и агрохимическим крупномасштабным исследованиям [2]. При этом учитываются лишь те камни, которые находятся на поверхности поля. Почвы по объему камней подразделяются на:

1. почвы практически некаменистые, содержат камней до $5 \text{ м}^3/\text{га}$ (90,5% всех почв);
2. почвы слабо каменистые $5 \dots 20 \text{ м}^3/\text{га}$ (8,7%);

3. почвы среднекаменистые 20...50 м³/га (0,8%);

4. почвы сильно каменистые 50...100 м³/га (около 0,01%).

В «БелГИПРОЗеме» имеются данные о засоренности полей камнями для каждого района Республики Беларусь. Установлено, что камни распределены в пахотном слое равномерно и имеют приблизительно одинаковый фракционный состав при различной степени засоренности и для различных областей. Проведенные на полях Минского и Червенского районов исследования [3] показали, что среднее значение отношения объема камней в слое 0...60 мм к объему камней на поверхности поля составляет 0,32, а в слое 0...300 мм – 1,21. Ошибка среднего значения была равна 5,1% при вероятности 0,8. Таким образом, для более точного определения вероятностных характеристик воздействия камней на рабочие органы и движители сеялок и культиваторов, объем камней, находящихся на поверхности поля, необходимо умножить на поправочный коэффициент, равный 1,32. Установлено, что дифференциальная функция распределения объема камней, разбитых по среднему диаметру на фракции: 30...50; 50...100; 100...150; 150...200; 200...250; 250...300 и более 300 мм, может быть описана при помощи закона равномерной плотности по следующей зависимости:

$$P_w(D_{cp}) = 0,143, \quad (1)$$

где P_w – объем камней в фракции в процентах от общего; D_{cp} – средний диаметр фракции, мм.

Чтобы определить характер действия рабочих органов и движителей машин на почвах, засоренных камнями, нужно рассчитать вероятность их встречи с камнями. Для решения этой задачи надо знать закон распределения камней в слое почвы. С целью определения закона распределения построим вероятностную модель встречи рабочего органа с камнем. При этом сделаем следующие допущения:

- вероятность встречи рабочего органа с камнем зависит только от длины пройденного им пути, но не зависит от местоположения рабочего органа на поле;
- камни располагаются в рассматриваемом горизонте почвы независимо друг от друга, то есть вероятность попадания того или иного количества камней на рассматриваемый участок поля не зависит от количества камней на другом участке;
- вероятность попадания в элементарный объем ΔW двух или более камней слишком мала по сравнению с попаданием одного.

В этом случае правомерно рассматривать слой почвы с камнями как равномерное пуассоновское поле точек в пространстве с плотностью λ (среднее число камней, находящихся в единице объема), которая зависит от каменистости данного участка. Число камней в искомом объеме пространства W есть случайная величина, подчиняющаяся закону Пуассона с математическим ожиданием $a = \lambda \cdot W$. При каменистости почвогрунта равной I , число камней, расположенных в исследуемом горизонте, равно

$$n = \frac{W_2 I}{100 W_k}, \quad (2)$$

где W_2 – объем почвогрунта в пределах глубины хода рабочего органа или движителя трактора, м³; I – каменистость почвы, выраженная в процентах от общего объема участка, подвергаемого указанному воздействию; W_k – объем одного камня, м³.

Здесь, в соответствии с ранее изложенным, проще каменистость почвы I и объем камней W_k разбить по фракциям, а в случае необходимости вероятность встречи рабочего органа с камнем любого размера определять как вероятность суммы несовместных случайных событий встречи сошника или корпуса плуга с камнями каждой фракции.

Плотность камней в засеваемом горизонте, то есть плотность пуассоновского поля, равна

$$\lambda = \frac{n}{W_c} = \frac{I}{100W_k} \quad (3)$$

Применив формулу Пуассона [4], получим вероятность попадания Z камней на длине хода рабочего органа

$$P = \frac{a_0^Z}{Z!} \exp(-a_0) = \frac{\left(\frac{-W_c I}{100W_k}\right)^Z}{Z!} \exp\left(\frac{-W_c I}{100W_k}\right), \quad (4)$$

где $W_c = L \cdot H \cdot C$ – объем зоны хода движителей МТА, м³; L , H , C – длина, глубина и ширина зоны хода движителей МТА, м.

При достаточно большом параметре a_0 (порядка 10...20, что характерно для количества встречающихся камней в зоне хода рабочего органа), закон распределения Пуассона приближается к нормальному [4]. Используя это свойство и зная математическое ожидание a_0 , можно указать интервал I_D практически возможных встреч сошника с камнями по так называемому «правилу трех сигм»:

$$I_D = a_0 \pm 3\sigma. \quad (5)$$

Среднее квадратическое отклонение, исходя из принятой предпосылки распределения камней по закону Пуассона:

$$\sigma = \sqrt{a_0}. \quad (6)$$

Объем почвы в зоне прохода движителей трактора МТЗ-82 возделываемого 1 га поля при глубине их хода $H = 60$ мм, расстоянии между колесами 1800 мм, их ширины 400 мм и ширине захвата посевного агрегата 6 м равен $W_c = 36$ м³. Средние объемы камней и его каменность I с учетом поправочного коэффициента 1,32, в зависимости от степени засоренности, представлены в таблице 1, а результаты вычислений по формулам (2)-(6) среднего расстояния между камнями по ходу движителей трактора МТЗ-82 в зависимости от степени засоренности поля представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Средний объем камней, расположенных в слоях почвы на 1 га

Степень засоренности почвы	Средний объем камней на поверхности, м ³ /га	Объем камней в сминаемом движителями трактора МТЗ-82 слое почвы, м ³ /га	Общая каменность, (%)	Каменность почвы, приходящаяся на одну фракцию, (%)
Практически некаменистые	2,5	0,2	0,55	0,08
Слабая	12,5	1,0	2,75	0,39
Средняя	35,0	2,9	7,03	1,00
Сильная	75,0	6,0	16,51	2,36

Таблица 2 – Среднее расстояние между камнями по ходу сошника и корпуса плуга, м

Диаметр камней	Среднее расстояние между камнями по ходу сошника (корпуса плуга), м			
	Степень засоренности			
	практически не-каменистые	слабая	средняя	сильная
30...50	0,6	0,11	0,42	0,18
50...100	3,7	0,75	0,30	0,13
100...150	17,4	3,46	1,36	0,58
150...200	23,9	4,75	1,86	0,08
250...300	55,7	11,01	4,29	1,38
Свыше 300	93,0	18,39	7,21	2,88

Заключение. Полученные результаты дают необходимые сведения о вероятностно-статистических характеристиках распределения камней в зоне хода рабочих органов и движителей сельскохозяйственных машин. Это позволяет более точно определить условия их работы и открывает широкие возможности для компьютерного моделирования взаимодействия рабочих органов и движителей с почвой в процессе всего расчетного срока службы. Таким образом, достигается принципиальная возможность создания оптимальных параметров конструкций рабочих органов с учетом усталостно-прочностных свойств материалов изготовления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амелъченко, Н.П. Улучшение виброзащитных свойств подвески сиденья водителя колесного трактора : автореф. дис. ...канд. техн. наук : 05.05.03 / Н.П. Амелъченко ; Беларус. – Рос. ун-т. – Могилев, 2008. – 20 с.
2. Методические указания по почвенно-геоботаническим и агрохимическим крупномасштабным исследованиям в БССР. Минск: Ураджай, 1973.– 84с.
3. Агейчик, В.А. Закономерности распределения камней в почве / В.А. Агейчик.– Материалы международной научно-практической конференции «Техника и технологии: инновации и качество», Барановичи, РИО Бар ГУ, 2007.– С.379-382.
4. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель.– М.: Наука, 1973.– 276с.

Аннотация

К определению вибродинамических нагрузок на движители машинно-тракторных агрегатов

Определены статистические характеристики распределения камней в зоне прохода движителей сельскохозяйственных машин. Достигается принципиальная возможность создания оптимальных параметров конструкций движителей с учетом усталостно-прочностных свойств материалов.

Abstract

To the problem of determination of vibrodynamic loads to the agricultural propellers

The statistical characteristics of stone distribution in the area of agricultural propellers passage are determined. Taking in to account fatigue and strength material properties the principal possibility of the creation of optimal parameters of propellers units is achieved.