

РАСЧЕТ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТА ПОД КОЛЕСАМИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ MS OFFICE

М.Я. Довжик, Б.Я. Татьянченко, А.А. Соларёв
Сумский национальный аграрный университет

(Украина, г. Сумы, ул. Генерала Кондратьева 160, lmcsan@i.ua)

M.J. Dovzhik, B.J. Tatyanchenko, A.A. Solaryov
Sumy national agrarian university

(Ukraine, Sumy, str. Gen. Kondratyev 160, lmcsan@i.ua)

Аннотация. В статье представлена одна с основных проблем сельского хозяйства – чрезмерное уплотнение почвы. Решение этой проблемы это рациональный подбор сельскохозяйственной техники для конкретного вида почвы. Мы предлагаем математический алгоритм на базе программного обеспечения MS Office, с помощью которого можно рассчитать уплотнение грунта под колесами транспортных средств.

Ключевые слова: уплотнение почвы, exele.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одной из важнейших проблем современного земледелия является чрезмерное переуплотнению почвы под колесами и гусеницами транспортного средств. Увеличение плотности грунта по сравнению с естественным состоянием негативно влияет на рост и урожайность растений. Это обусловлено такими негативными явлениями, как уменьшение пористости и влажности, изменение теплопроводности, - все это ухудшает плодородие земли. Как известно, изменение плотности на 2...4% может привести к снижению урожая картофеля до 30% [1]. Тенденция последних лет до наращивания мощности и скорости машино-тракторных агрегатов еще больше усиливает негативное влияние движителей на почву.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В работе [1] приведен метод расчета изменения плотности почвы под колесами

машин, согласно которому след от колеса рассматривается как бесконечная полоса под равномерно распределенной нагрузкой интенсивности q , и получены уравнения для нормальных напряжений в декартовых координатах согласно рис.1, где $2a$ - ширина колеса. Ось Oz ориентирована в направлении полосы.

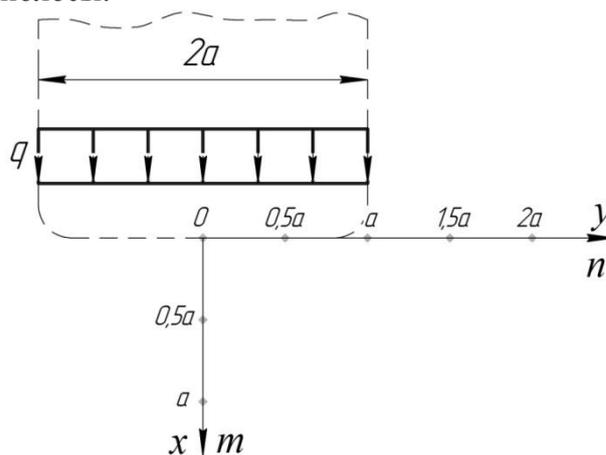


Рис. 1. Система координат в нормальном сечении полосы

Fig. 1. Coordinate system in the normal section of the strip

В данной работе сделана попытка упростить расчеты изменения плотности почвы с помощью программного обеспечения MS Office. На базе программы Exele предлагается запрограммировать алгоритм, который позволяет, исходя из основных механических показателей почвы (модуль упругости первого рода E , коэффициент Пуассона μ) и характеристик технического средства (удельное давление от колеса q , и динамический коэффициент K) находить относительное изменение

плотности грунта в произвольной точке массива грунта.

**ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО
МАТЕРИАЛА
Математическое обеспечение
алгоритма**

Приведены в [1] уравнения нормальных напряжений: $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$. Запишите в виде относительных напряжений: $\sigma_{xq} = \sigma_x / q$; $\sigma_{yq} = \sigma_y / q$ и $\sigma_{zq} = \sigma_z / q$ в функции относительных координат $m = x/a$; $n = y/a$; $k = z/a$:

$$\sigma_{xq} = \frac{1}{\pi} \left[\arcsin \frac{n-1}{\sqrt{m^2+(m-1)^2}} - \arcsin \frac{n+1}{\sqrt{m^2+(m+1)^2}} + \frac{m(n-1)}{m^2+(n-1)^2} - \frac{m(n+1)}{m^2+(n+1)^2} \right]; \quad (1)$$

$$\sigma_{yq} = \frac{1}{\pi} \left[\arcsin \frac{n-1}{\sqrt{m^2+(m-1)^2}} - \arcsin \frac{n+1}{\sqrt{m^2+(m+1)^2}} - \frac{m(n-1)}{m^2+(n-1)^2} + \frac{m(n+1)}{m^2+(n+1)^2} \right]; \quad (2)$$

$$\sigma_{zq} = \mu(\sigma_{zq} + \sigma_{yq}). \quad (3)$$

Относительное изменение объема грунта в произвольной точке полуплоскости:

$$\theta = (1 - 2\mu)(\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)q / E = \frac{1 - \mu - 2\mu^2}{E} (\sigma_x + \sigma_y)q. \quad (4)$$

Тогда новая плотность грунта, обусловлена изменением его объема вследствие уплотнения и с учетом динамичности нагрузки, будет

$$P = KP_0 / (1 - \theta), \quad (5)$$

где P_0 - плотность грунта в свободном от напряжения состоянии.

Плотность уплотненного грунта удобно записать как реальную плотность, отнесенную к плотности почвы в ненапряженном состоянии - в таком случае можно получить результаты независимо от конкретного значения плотности, то есть для всех почв:

$$\vartheta = \frac{P}{P_0} = K / (1 - \theta); \quad (6)$$

**Программирование алгоритма
розчета**

С помощью уравнений (1) и (2) составляем таблицу относительных нормальных напряжений: σ_{xq} и σ_{yq} для

различных значений относительных координат m и n (рис. 2). Поскольку напряжение σ_x и σ_y представлены здесь как безразмерные их отношение к интенсивности q , то эти безразмерные параметры пригодны для любого транспортного средства. Кроме того, с помощью безразмерных координат m и n исключена ширина колеи $2a$. Таким образом, получена таблица является универсальной матрицей, которую можно использовать для дальнейшего расчета, независимо от типа машины.

		n																											
		0			0,5			1			1,5			2			2,5			3									
m	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1							
	0,5	-0,959	-0,45	-0,90223	-0,393	-0,497	-0,347	-0,089	-0,285	-0,019	-0,054	-0,006	-0,108	-0,003	-0,074	-0,818	-0,182	-0,735	-0,186	-0,48	-0,225	-0,214	-0,249	-0,084	-0,211	-0,035	-0,161	-0,017	-0,122
	1,5	-0,669	-0,08	-0,607	-0,098	-0,448	-0,142	-0,27	-0,181	-0,165	-0,185	-0,077	-0,165	-0,043	-0,139	-0,55	-0,04	-0,511	-0,055	-0,409	-0,091	-0,288	-0,127	-0,185	-0,146	-0,114	-0,146	-0,071	-0,134
	2,5	-0,461	-0,022	-0,436	-0,033	-0,37	-0,06	-0,285	-0,089	-0,196	-0,103	-0,141	-0,12	-0,094	-0,12	-0,369	-0,014	-0,379	-0,021	-0,335	-0,04	-0,274	-0,063	-0,211	-0,084	-0,157	-0,097	-0,114	-0,103

Рис. 2. Относительные нормальные напряжения в Exele
Fig. 2. Relative to the normal stresses Exele

Теперь можно ввести исходные данные в зависимости от механических свойств грунта, транспортного средства и его динамических характеристик. Для дисперсных грунтов коэффициент Пуассона изменяется в довольно широких пределах - от 0,1 до 0,5. Например примем $\mu = 0,25$ и $E = 10$ МПа. Исследуем след колесного трактора К-700. Удельное давление от передних колес $q = 0,105$ МПа, ширина колеса $2a = 0,608$ м. [С.55], динамический коэффициент при скорости движения 12 км/ч $K = 1,32$ [с.53].

Используя формулы (4) и (5), а также данные универсальной таблицы (рис.2) и таблицы исходных данных (рис.3), составляем

Таблица вихідних даних				
q, Мпа	E, Мпа	μ	K	a, см
0,105	10	0,25	1,32	77

Рис. 3. Таблица исходных данных
Fig. 3. Data source table

таблицу изменения плотности почвы (рис.4) для выбранного транспортного

средства – трактора К - 700 при указанных механических характеристиках почвы.

	1	2	3	4	5	6	7
1	1,337555	1,337555	1,242353	1,32	1,32	1,32	1,32
2	1,332319	1,331316	1,253859	1,28985	1,314005	1,310662	1,313678
3	1,32872	1,328027	1,264292	1,282877	1,296103	1,304026	1,308631
4	1,32652	1,326135	1,273056	1,283813	1,291743	1,300332	1,305154
5	1,325131	1,324921	1,28	1,286628	1,293246	1,298893	1,303301
6	1,324197	1,324075	1,285453	1,28985	1,295785	1,298813	1,302578
7	1,323204	1,323474	1,289771	1,292771	1,296103	1,299372	1,302337

Рис. 4. Изменение плотности почвы под передним колесом трактора К – 700
Fig. 4. Changing the density of the soil under the front wheel of the tractor K - 700

Координаты точек массива относительно центра площадки контакта колеса с поверхностью почвы будут: в глубину $x = ma$, в боковых направлениях $y = \pm na$.

ВЫВОДЫ

Разработана модель расчета изменения плотности грунта в любой точке под следом колеса транспортного средства. Используя предложенный алгоритм, каждое хозяйство имеет возможность создать оптимальную схему использования машино-транспортных агрегатов на своей земле, чтобы обеспечить минимально допустимое уплотнение почвы для конкретного вида сельскохозяйственной культуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. 1. Довжик М.Я. Напряженно-деформированное состояние грунта под следом колеса транспортного средства / М.Я.Довжик, Б.Я.Татьянченко, А.А.Соларьов // Материалы междунар. научно-практ. конф. [«Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве»], (Минск, 28-30 ноября, 2013 р.) / М-во сельского хозяйства и продовольствия республики Беларусь, Белорусский государственный аграрный технический университет. – Минск, 2013. – С. 57-62.

2. Кравченко В.И. Уплотнение почв машинами / В.И. Кравченко. – Алма-Ата: «Наука», 1986. – 96 с.

1. Dovzhik M.J. Stress-strain state of the soil under the track of the vehicle wheel / M. J. Dovzhik, B. J.Tatyanchenko, A.A.Solarov // Materials of the International scientific and practical. conf. ["Scientific and technical progress in agricultural production"] (Minsk, November 28-30, 2013 p.) / M of Agriculture and Food of the Republic of Belarus, Belarusian State Agrarian Technical University. - Minsk, 2013. - P. 57-62.

2. Kravchenko V.I. Soil compaction machines / VI Kravchenko. - Alma-Ata: "Science", 1986. - 96.

CALCULATION SOIL COMPACTION UNDER THE WHEELS OF THE VEHICLE BY SOFTWARE MS OFFICE

Annotated. The article represented one with major problems selskogo economy - excessive soil compaction. The solution to this is the rational selection problemmy selkohozyaystvennoy technology for a particular type of soil. We propose a mathematical algorithm based software MS Office, with which you can roschetat soil compaction under the wheels of vehicles.

Keywords: soil compaction, exele.