

УДК 631.431.1

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-344-1-60-63>

Оригинальное исследование / original research

**Лавров А.В.,
Литвинов М.А.**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Федеральный агроинженерный центр «Всероссийский институт механизации» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)
vimlavrov@mail.ru, litvinov.max@yandex.ru

Ключевые слова: плотность почвы, твердость почвы, метод Качинского, колесный движитель

Для цитирования: Лавров А.В., Литвинов М.А. Результаты определения плотности почвы теоретическим и экспериментальным методом. Аграрная наука. 2021; 344 (1): 60–63.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-344-1-60-63>**Конфликт интересов отсутствует****Alexander V. Lavrov,
Maxim A. Litvinov**

Federal State Budgetary Scientific Institution
Federal Agroengineering Center "All-Russian
Institute of Mechanization"
vimlavrov@mail.ru, litvinov.max@yandex.ru

Key words: soil compaction, wheeled propellers, breeding equipment, densimeter, soil hardness

For citation: Lavrov A.V., Litvinov M.A. Determination of soil density by theoretical and experimental methods. Agrarian Science. 2021; 344 (1): 60–63. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-344-1-60-63>**There is no conflict of interests**

Результаты определения плотности почвы теоретическим и экспериментальным методом

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Согласно проведенным исследованиям установлено, что практически все модели тракторов и самоходных машин создают максимальное контактное давление движителями на почву выше допустимых значений, ввиду чрезвычайной актуальности проблемы сохранения плодородия почв при оценке агротехнических показателей самоходной селекционной сеялки, необходимо в первую очередь провести исследования по определению вредного воздействия движителей на почву.

Методы. Теоретические исследования по определению твердости и плотности почвы проводились с помощью зависимости плотности от твердости. При испытании самоходной селекционной сеялки влажность почвы была измерена на глубине 3 дюйма (7,6 см) и составила 20%. Для измерения влажности почвы применялся цифровой прибор — влагомер универсальный ТК100. Пробы взяты до и после каждого прохода самоходной сеялки передними и задними колесами. У каждого образца измерена твердость. Для измерения плотности почвы экспериментальным методом применялся метод Качинского. Для забора образцов почвы использовался бур (стальной цилиндр) объемом 100 куб. см. Образцы почвы брались согласно методике, описанной выше. При этом для каждого случая было взято по три образца для исключения случайных отклонений в показателях плотности почвы. В лаборатории образцы были взвешены на электронных весах марки ВК 3000.1 с погрешностью измерения 0,1 г.

Результаты. Расчетным и экспериментальным методом определена плотность почвы в трех зонах: до прохода сеялки и после каждого ее прохода в колее за передними и задними колесами на глубине 7,6 см. Полученные результаты отличаются друг от друга максимум на 6,2%.

Determination of soil density by theoretical and experimental methods

ABSTRACT

Relevance. According our researches it was found that almost all models of tractors and self-propelled machines has created the maximum contact pressure of the movers on the soil above the permissible values. In such way, in view of the extreme topicality of the saving soil fertility during evaluating the agrotechnical indicators of a self-propelled selection seeder, it is necessary, first of all, to make researches to determine the harmful effect of propellers on the soil.

Methods. Theoretical researches of determining the soil hardness and density were carried out using the dependence of density on hardness. During the tests of the self-propelled selection seeder, soil moisture was measured at a depth of 3 inches (7.6 cm) and it was 20%. To measure soil moisture, it was used a digital device, it was a universal moisture meter TK100. Samples were taken before and after each pass of the self-propelled seeder with the front and rear wheels. Hardness was measured for each sample. The Kachinskys method was used to measure soil density as the experimental method. To take soil samples, a 100 cubic meter drill (steel cylinder) was used. Soil samples were taken according to the method described above. At the same time, for each case, three samples were taken to exclude random deviations in soil density indicators. In the laboratory, the samples were weighed on a VK 3000.1 electronic balance with a measurement error of 0.1 grams.

Results. The soil density was determined by calculation and experimental methods in three zones: before the seeder pass and after each its pass in the track behind the front and rear wheels at a depth of 7.6 cm. The results obtained differ from each other by a maximum of 6.2%.

Поступила: 10 ноября
После доработки: 11 января
Принята к публикации: 13 января

Received: 10 november
Revised: 11 january
Accepted: 13 january

Введение

Опыт развития многих стран мира, в том числе и России, показывает, что производство зерна является базовой функцией агропромышленного комплекса. На зерновое хозяйство приходится одна пятая всех затрат сельскохозяйственного производства и более 60% его прибыли. Поэтому зерновой рынок считается важнейшей стратегической сферой интересов любого развитого государства.

Количество и качество урожая во многом зависит от способа посева, технических средств для его выполнения, сроков и норм высевания семян. Для увеличения объемов производства и обеспечения сельскохозяйственных производителей посевным материалом высокого качества необходимо оснащение селекционных и семеноводческих хозяйств современными универсальными посевными машинами, адаптированными для посева в различных почвенно-климатических условиях.

Согласно проведенным исследованиям установлено, что практически все модели тракторов и самоходных машин создают максимальное контактное давление движителями на почву выше допустимых значений [1], [2]. Таким образом, ввиду чрезвычайной актуальности проблемы сохранения плодородия почв при оценке агротехнических показателей самоходной селекционной сеялки, необходимо в первую очередь провести исследования по определению вредного воздействия движителей на почву [3].

Материалы и методы

Исследования по определению уплотнению почвы проводили после воздействия движителей самоходной сеялки (рис. 1).

Сеялка предназначена для пунктирного посева зерновых, зернобобовых и крупяных культур на делянках второго этапа селекционных работ.

Лабораторные и полевые исследования проводили в ИСА-филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (Рязанская область, село Подвьязье) при проведении эксплуатационно-технологических испытаний по определению агротехнических свойств [4] и лабораторно-полевых испытаний по определению основных параметров и характеристик самоходной селекционной сеялки.

Определение плотности почвы теоретическим способом

Для определения плотности почвы теоретическим способом используется зависимость [5]:

$$H_s = -19,163 + 15,69\rho_s + 31,528/W_s,$$

где H_s — твердость почвы, МПа; ρ_s — плотность почвы, г/см³; W_s — влажность почвы, %.

При испытании самоходной селекционной сеялки влажность почвы была измерена на глубине 3 дюйма (7,6 см) и составила 20%. Для измерения влажности почвы применялся цифровой прибор — влагомер универсальный ТК100.

Получаем уравнение:

$$H_1 \cdot 0,1 = -19,163 + 15,69 \cdot \rho_s + 31,528/20,$$

$$\text{из которого: } \rho_s = H_s/156,9 + 1,121.$$

Рис. 1. Общий вид самоходной селекционной сеялки

Fig. 1. General view of a self-propelled selection seeder



Таблица 1. Плотность почвы до и после прохода сеялки на глубине 7,6 см

Table 1. Soil density before and after the seeder pass at a depth of 7.6 cm

Место измерения твердости почвы	Твердость почвы, кгс/см ²	Плотность почвы, г/см ³
До прохода сеялки	3,56	1,143
1 проход переднего колеса	9,21	1,18
1 проход обоих колес	10,61	1,189
2 проход переднего колеса	11,31	1,193
2 проход обоих колес	12,12	1,198
3 проход переднего колеса	12,74	1,202
3 проход обоих колес	13,44	1,206

Подставляя последовательно в полученную зависимость значения твердости на глубине 7,6 см до прохода сеялки и после проходов, получают данные, представленные в таблице 1.

Определение плотности почвы экспериментальным способом

Для измерения плотности почвы экспериментальным методом применяли метод Качинского. Для забора образцов почвы использовали бур (стальной цилиндр) объемом 100 см³. Геометрические размеры цилиндра: высота 40 мм, внутренний диаметр 57 мм. При этом внутренний диаметр режущей части составляет 56 мм для предотвращения деформации почвы при его внедрении. Чтобы при погружении бура в почву не было перекосов, использовался направлятель, представляющий собой прочную деревянную пластину толщиной, соответствующей высоте рабочей части шомпола. Пластина имеет в середине отверстие, диаметр которого немного больше диаметра рабочей части шомпола. Шомпол представляет собой ступенчатый цилиндр, изготовленный из прочного сорта дерева. Для большей надежности рабочая часть (цилиндрическая часть меньшего диаметра) заключена в металлическую оправу. Диаметр рабочей части шомпола соответствует наружному диаметру бура.

Перед забором образца с поверхности почвы удаляли слой толщиной примерно в 50 мм, обеспечивая при этом ровную площадку и избегая деформации почвы. Стенки бура немного смазывались вазелином, после чего бур вкладывался в отверстие направлятеля. Сверху

к буру приставлялся шомпол и, надавливая на шомпол рукой, бур вдавливали в почву. Этот процесс длился до тех пор, пока шомпол не входил в отверстие направителя до цилиндрической части большего диаметра. Затем шомпол и направитель аккуратно снимались, на верхнюю часть бура накладывалась пластинка из текстолита (для этих целей подходит любая прочная и гладкая пластинка), и погруженный в почву бур окапывался лопаточкой. Далее почву под буром подрезали с небольшим запасом. Не убирая текстолитовую пластинку, бур

поднимали, переворачивали, и острым ножом срезались излишки почвы, выступающие за края бура (рисунок 2). Производилась очистка боковых стенок бура от налипших частиц почвы. Полученный образец почвы пересыпался в сухой полиэтиленовый пакет, на который наклеивалась этикетка с информацией о месте забора образца для лабораторных исследований.

Образцы почвы брались до прохода сеялки, после первого, второго и третьего прохода в колее за передними и задними колесами, согласно методике, описанной выше. При этом для каждого случая было взято по три образца для исключения случайных отклонений в показателях плотности почвы. Полиэтиленовые пакетики с образцами почвы для защиты от нагревания и намокания были сложены в ведро и накрыты сверху плотенцем.

В лаборатории образцы были взвешены на электронных весах марки ВК 3000.1 с погрешностью измерения 0,1 грамма. Зная объем образцов, вычислили плотность почвы по формуле:

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

где m — масса образца почвы, г; V — объем образца почвы, см³.

Относительная погрешность практических и теоретических результатов определения плотности почвы вычисляется по формуле:

$$\delta = \frac{|\rho_E - \rho_t|}{\rho_E} \cdot 100\%,$$

Рис. 2. Получение образца почвы для определения ее плотности по методу Качинского

Fig. 2. Obtaining a soil sample to determine its density by the Kachinsky method



Таблица 2. Полученные значения массы и плотности образцов почвы и относительная погрешность теоретических и практических результатов

Table 2. Obtained values of mass and density of soil samples and relative error of theoretical and practical results

Место измерения твердости почвы	№ замера	Масса образца почвы, г	Средняя масса почвы для места измерения, г	Плотность почвы, г/см ³	Относительная погрешность, %
До прохода сеялки	1	107,6	108,0	1,080	5,83
	2	108,3			
	3	108,1			
1 проход переднего колеса	1	110,9	111,0	1,110	6,20
	2	111,5			
	3	110,6			
1 проход обоих колес	1	114,1	113,8	1,138	4,40
	2	113,3			
	3	114,0			
2 проход переднего колеса	1	115,0	115,2	1,152	3,56
	2	115,6			
	3	115,0			
2 проход обоих колес	1	116,5	116,1	1,161	3,10
	2	116,0			
	3	115,8			
3 проход переднего колеса	1	116,5	116,8	1,168	2,91
	2	117,0			
	3	116,9			
3 проход обоих колес	1	117,5	117,7	1,177	2,46
	2	117,2			
	3	118,4			

где ρ_E — значение плотности, полученное экспериментальным методом, г/см³; ρ_r — значение плотности, полученное расчетным методом, г/см³.

Полученные значения массы и плотности образцов почвы и относительная погрешность практических и теоретических результатов определения плотности почвы представлены в таблице 2.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Hetz, E.J. Soil compaction potential of tractors and other heavy agricultural machines used in Chile. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*. 2001;(32):38–42.
2. Ziyadeh, A., & Roshani, M.R. A survey study on Soil compaction problems for new methods in agriculture. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 2012;3(9):1787–1801.
3. Лавров А.В., Крюковская Н.С., Петрищев Н.А. Оценка воздействия на почву колесных движителей самоходной селекционной сеялки. *Агротехника и энергообеспечение*. 2018;(4):95–106. [Lavrov, A.V., Kryukovskaya, N.S., & Petrishev,

Выводы

Расчетным и экспериментальным методом определена плотность почвы в трех зонах: до прохода сеялки и после каждого ее прохода в колее за передними и задними колесами на глубине 7,6 см. Погрешность полученных результатов составляет не более 6,2 %.

N.A. (2018). Evaluation of impact on soil wheel drivers of self-propelled selection seeder. *Agrimachinery and Energy*, 2018;(4):95–106. (In Russ.)]

4. Lavrov, A., Smirnov, I., & Litvinov, M. Justification of the construction of a self-propelled selection seeder with an intelligent seeding system. *MATEC Web of Conferences*. 2018.

5. Русанов В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения. ВИМ. 1998. 368 с. [Rusanov, V.A. (1998). The problem of soil compaction movers and effective ways to solve it. Moscow, Russia: all-Russian Institute of mechanization (In Russ.)]

ОБ АВТОРАХ:

Александр Владимирович Лавров, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
Максим Алексеевич Литвинов, младший научный сотрудник

ABOUT THE AUTHORS:

Alexander V. Lavrov, candidate of engineering sciences, leading researcher
Maxim A. Litvinov, Junior Researcher

НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ •

Сельхозпроизводители готовы брать технику в лизинг

Росагролизинг оценил предварительную потребность российских регионов России в лизинге сельхозтехники в 7 тыс. единиц. Об этом говорится в сообщении компании.

О потребности почти в 2,6 тыс. единиц техники заявили аграрии Приволжского федерального округа, около 1,3 тыс. машин планируют приобрести сельхозпроизводители Центрального ФО, о более 700 единицах сельхозтехники заявляют в Сибирском федеральном округе. Среди регионов лидирует Татарстан. Его потребность – почти 800 единиц, Башкирии в текущем году требуется свыше 400, а аграриям Саратовской области – около 350 единиц сельхозтехники.

Ранее на парламентских слушаниях «Обеспечение обновления машинно-тракторного парка агропромышленного комплекса» сообщалось, что впервые за многие годы в России практически сравнялось количество вы-

бывшей и приобретенной сельскохозяйственной техники. Приобретение тракторов в 2020 году увеличилось на тысячу единиц по сравнению предыдущим годом. Всего было закуплено почти 9,6 тыс. машин. Зерноуборочных комбайнов приобретено на 1,3 тыс. единиц больше уровня предыдущего года.

No-till повышает плодородие почвы

Ученые Агротехнологической академии Крымского федерального университета разработали эффективный способ повышения плодородия почвы. От ветровой и водной эрозии ее защищает выращивание промежуточных почвопокровных культур с использованием системы нулевой технологии обработки почвы No-till.

Для этой цели разработаны и используются многокомпонентные смеси как с озимыми культурами – рожь, рапс, вика; так и с яровыми – овес, редька, вика, кукуруза, горох, сорго.

Суть метода заключается в том, что корневые выделения почвопокровных культур склеивают мелкие фракции почвы и не позволяют мелким частицам перемещаться под воздействием воды или ветра. Одновременно повышается биологическая активность почвы и ее плодородие.

