

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.431.73

Н.Н. Бережнов
N.N. Berezhnov

ОЦЕНКА АГРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОХОДИМОСТИ АВТОНОМНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ПОСЕВНОГО КОМПЛЕКСА

THE EVALUATION OF AGROTECHNICAL FLOTATION ABILITY OF AUTONOMOUS TECHNOLOGICAL BUNKER OF A SEEDING UNIT

Ключевые слова: машинно-тракторный агрегат, бункер, почва, плотность, твердость, давление, движитель, пятно контакта, уплотняющее воздействие, урожайность.

Исследования проводили с целью оценки соответствия величины уплотняющего воздействия, оказываемого на почву движителями бункера автономной высевальной системы посевного комплекса, установленным нормам в условиях эксплуатации. Работу вели на примере посевного комплекса «Кузбасс-Т», оснащенного бункером А-200 в Крапивинском районе Кемеровской области в 2017 г. По стандартной методике проводились измерения установленных нормированных показателей взаимодействия пневматической шины с почвенным фоном и его физико-механических характеристик до и после воздействия движителей при различных значениях эксплуатационной массы бункера. Исследования бункера А-200 осуществляли на темно-серой лесной среднесуглинистой почве по фону, подготовленному под посев, при значении абсолютной влажности почвы 37,48%. Средняя плотность сложения почвы в слое 0-50 см по следу бункера, при минимальной нагрузке на движитель, составила 1,18 г/см³, что выше показателя на контроле (1,05 г/см³) на 12,4%, плотность по следу при максимальной нагрузке на движитель составила 1,26 г/см³, что выше контрольной на 20%. Наибольшее увеличение плотности наблюдается при максимальной нагрузке на движитель в горизонте 20-30 см – 1,32 г/см³, что превышает контрольные данные на 25,7%. Отклонения значений твердости по следу бункера от данных контроля находятся в пределах погрешности измерения. В зависимости от нагрузки на движители бункера превышение установленных норм составляет: для максимального удельного давления – во всем диапазоне нагрузок на движители – на 14,6-96,9%, для максимального нормального напря-

жения в почве при максимальной нагрузке на единичный движитель – на 114,6%. Уплотняющее воздействие одиночного колесного движителя варьирует от 103,24 до 151,87 кН/м, превышая норму на 37,7 и 102,5% при минимальной и максимальной нагрузке на движитель соответственно. В условиях проведения испытаний ходовая система бункера А-200 не обеспечивает соблюдение установленных норм по воздействию на почву при достижении верхней границы диапазона изменения эксплуатационных нагрузок на движители.

Keywords: machine-tractor unit, bunker, soil, density, hardness, pressure, mover, contact spot, compaction effect, yield.

The study was carried out to evaluate the compliance value of future impact on the soil by propelling the bunker of autonomous seeding system of the seeding machine to the established norms in operation. The work was carried out by the example of the “Kuzbass-T” sowing complex equipped with a bunker A-200 in the Krapivinskiy District of the Kemerovo Region in 2017. The standard method was used to measure the established normalized parameters of the interaction of the pneumatic tire with the soil background and its physical and mechanical characteristics before and after the action of the wheel movers at different values of the operational mass of the bunker. The bunker A-200 was studied on dark gray forest medium loamy soil on the background of prepared for sowing with the value of absolute soil moisture of 37.48%. The average bulk density of the soil in the layer of 0-50 cm along the trace of the bunker, with a minimum load on the wheel mover was 1.18 g cm³ which was higher than that in the control (1.05 g cm³) by 12.4%; the density on the trace at maximum load on the bunker wheel mover was 1.26 g cm³ which is higher than the control by 20%. The greatest increase of density was observed at the maximum

load on the wheel mover in the soil horizon 20-30 cm - 1.32 g cm³ which exceeded the control data by 25.7%. The deviations of the hardness values along the bunker track from the control data are within the measurement error. Depending on the load on the bunker wheel movers, the exceeding the established norms was as following: for the maximal unit pressure in the whole range of loads on the wheels - 14.6-96.9%, for the maximum normal stress in the soil at maximum load on a single mover - to 114.6%. The compaction

effect of a single wheel mover varied from 103.24 to 151.87 kN m exceeding the norm by 37.7 and 102.5% at minimum and maximum loads on the wheel mover, respectively. Under test conditions, the running system of the bunker A-200 did not ensure compliance with the established standards for the impact on the soil when the upper limit of the range of operating loads on the wheel movers was reached.

Бережнов Николай Николаевич, к.т.н., доцент, Кузбасская государственная сельскохозяйственная академия. Тел.: (3842) 73-51-17. E-mail: n.berezhnov@mail.ru.

Berezhnov Nikolay Nikolayevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Kemerovo State Agricultural Academy. Ph.: (3842) 73-51-17. E-mail: n.berezhnov@mail.ru.

Введение

В соответствии с существующими тенденциями повышение производительности сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов реализуется через увеличение их рабочей ширины захвата, вместимости технологических емкостей, а также соответствующий рост единичной мощности агрегируемых энергосредств. Увеличение эксплуатационной массы агрегатов, используемых на выполнении полевых механизированных работ, ведет к ухудшению их агротехнической проходимости, т.е. повышению уровня механического воздействия ходовых систем на почву, что является важнейшим фактором ее деградации и снижения плодородия [1-3].

Доведение уплотняющих воздействий ходовых систем, существующих и перспективных образцов сельскохозяйственных машин, на почву до оптимальных уровней является актуальной задачей и обеспечит сохранение ее потенциального и эффективного плодородия, позволит избежать недоборов урожая и непроизводительных затрат энергии.

Цель – оценить соответствие величины уплотняющего воздействия, оказываемого на почву движителями бункера автономной высевальной системы (далее – АВС) А-200 посевного комплекса, установленным нормам в условиях эксплуатации.

Достижение поставленной цели осуществлялось путем решения следующих основных **задач**:

1) определить физико-механические характеристики почвы по следу движителей бункера и на контроле (вне следа);

2) установить нормы уплотняющего воздействия на почву движителей бункера, приведенные к условиям проведения испытаний;

3) определить максимальное удельное давление на почву движителей бункера и максимальное нормальное напряжение в почве;

4) определить уплотняющее воздействие на почву движителей бункера;

5) сделать заключение об уровне механического воздействия движителей бункера А-200 на почву.

Объекты и методы

Испытуемый бункер А-200 работал в составе посевного агрегата К-744РЗ+ПК-9,7 «Кузбасс-Т» (рис. 1) на полях предприятия ЗАО «Барачатский» Крапивинского района Кемеровской области.

Для оценки уплотняющего воздействия движителей бункера АВС на почву проводились измерения установленных нормированных показателей взаимодействия пневматической шины с почвенным фоном и его физико-механических характеристик по методике «след-вне следа» при различных значениях эксплуатационной массы бункера [3].

Методика проведения измерений соответствовала требованиям ГОСТ [4-6], с использованием частных методик и рекомендаций [3].

Экспериментальная часть

При проведении исследований агрегата регистрировались и измерялись следующие величины:

- абсолютная влажность, твердость и плотность сложения почвы;

- площадь контурного отпечатка пневматической шины движителя бункера АВС на жестком основании;

- ширина и длина контурного отпечатка, а также статический радиус пневматической шины движителя бункера АВС на исследуемом фоне;

- эксплуатационный вес бункера АВС;

- перекрытие следов движителей трактора и бункера АВС.



а



б



в

**Рис. 1. Посевной агрегат «Кировец» К-744Р3+ПК-9,7 «Кузбасс-Т»:
а – общий вид агрегата; б – пневматический бункер А-200;
в – ходовая часть бункера с шинами Deestone DE-7**

Испытания агрегата проводились в следующих условиях [5]: технологическая операция – посев овса, агрофон – поле под посев, предшествующая обработка – культивация (4,5 см), тип и механический состав почвы – чернозем среднегумусный оподзоленный среднесуглинистый.

При определении физико-механических характеристик почвы исследовался почвенный горизонт 0-50 см с шагом по глубине 10 см, поскольку исследованиями установлено, что именно этот

почвенный слой подвергается наибольшему воздействию со стороны ходовых систем машинно-тракторных агрегатов [3].

Результаты и их обсуждение

Результаты сравнения плотности сложения и твердости почвы по следам движителей бункера А-200 с показателями на контроле представлены на рисунках 2 и 3.

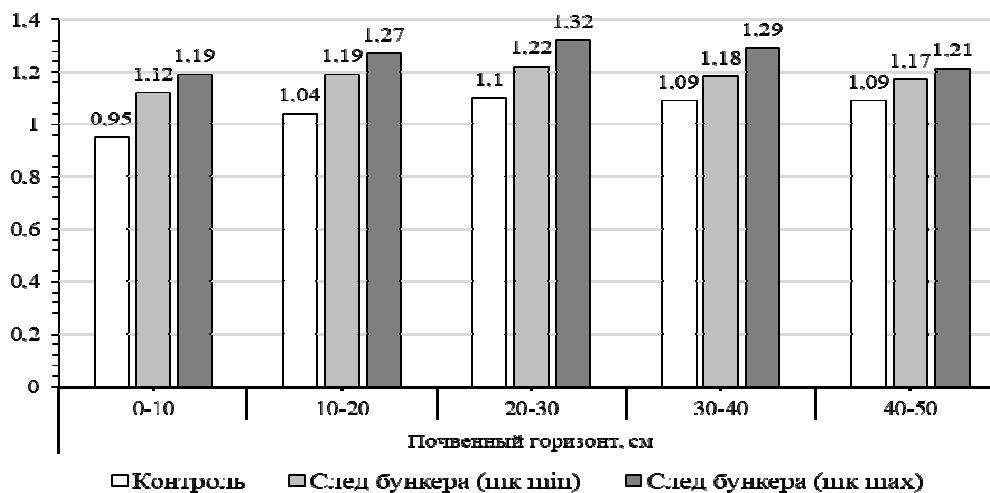


Рис. 2. Плотность сложения почвы (г/см³) в слое 0-50 см по следам бункера А-200 и на контроле

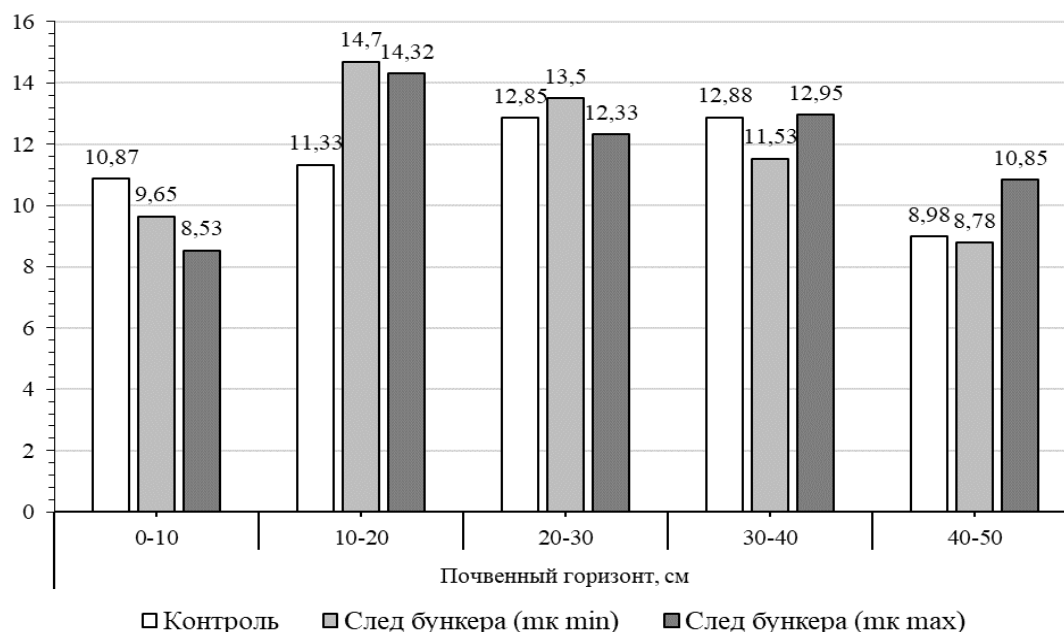


Рис. 3. Твердость почвы (кПа) в слое 0-50 см по следам бункера А-200 и на контроле

Средняя плотность сложения почвы в слое 0-50 см по следу бункера, при минимальной нагрузке на движитель, составила 1,18 г/см³, что выше аналогичного показателя на контроле (1,05 г/см³) на 12,4%, плотность по следу при максимальной нагрузке на движитель 1,26 г/см³, превышая контрольную на 20%. Наибольшее увеличение плотности наблюдается при максимальной нагрузке на движитель в горизонте 20-30 см – 1,32 г/см³, демонстрируя превышение контрольного показателя на 25,7%.

В целом, отклонения значений твердости по следу бункера от данных, полученных на контроле, находятся в пределах погрешности измерения используемого твердомера (менее 5%), а потому в расчет не принимаются.

Результаты измерения параметров пневматической шины бункера АВС при двух значениях его

эксплуатационной массы, соответствующих минимальной и максимальной загрузке технологическим материалом, приведены в таблице [6].

Нормы воздействия движителей на почву устанавливаются на основании результатов определения влажности почвы в почвенном горизонте 0-30 см [4]. В условиях проведения испытаний (для среднесуглинистых почв) влажность почвы составляет 0,86 НВ.

Установленные нормы корректируются с учетом поправок в соответствии с требованиями ГОСТ [4]: максимальное давление на почву – 100 кПа, нормальное напряжение в почве (на глубине 0,5 м) – 25 кПа. При введении поправок руководствуемся техническими характеристиками бункера и пневматической шины, условиями проведения испытаний, режимом работы исследуемого движителя.

Таблица

Параметры пневматической шины 23,1-26 при различных значениях вертикальной нагрузки

Наименование показателя	Уровни загрузки бункера технологическим материалом	
	мин.	макс.
Эксплуатационная масса бункера, кг	3510	8400
- в т.ч. полезная нагрузка	10	4900
Статическая вертикальная нагрузка на почву, создаваемая единичным движителем бункера m_k , кг	1454,9	3481,8
Размеры пятна контакта с почвой, мм:		
- длина a_k	585	773
- ширина b_k	395	488
Площадь пятна контакта (на жестком основании) F_k , см ²	1618	2252
Статический радиус r_0 , мм	690	672

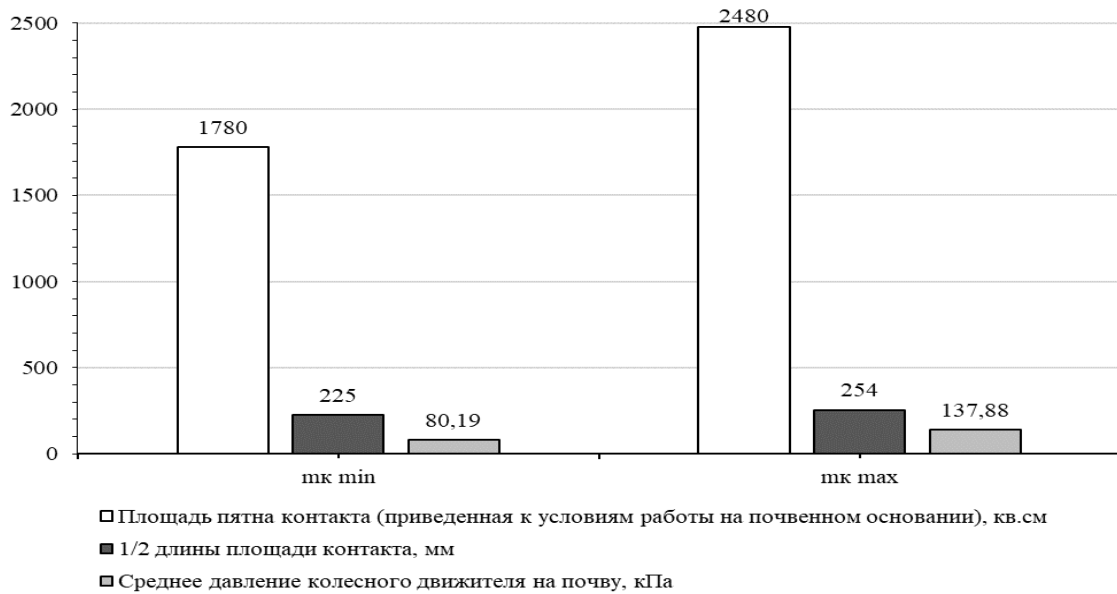


Рис. 4. Данные для расчета показателей воздействия движителей бункера А-200 на почву

Согласно методике ГОСТ, определяются исходные данные для расчета показателей воздействия движителей бункера А-200 на почву (рис. 4) [4].

Также в трудах И.П. Ксеновича [3] предложен универсальный критерий оценки техногенного воздействия на почву со стороны ходовых систем сельскохозяйственных агрегатов – показатель уплотняющего воздействия U . Предельно допустимое значение данного показателя устанавливается $[U] \leq 75$ кН/м и определяется исключением влияния уплотняющего воздействия движителя на биологическую урожайность возделываемой культуры.

Для одиночного колеса уплотняющее воздействие определяется по формуле, кН/м

$$U = 1,25B_{c1}q_{max1},$$

где B_{c1} – ширина следа одиночного колеса, м;

q_{max1} – максимальное давление на почву, создаваемое единичным движителем, кПа.

С учетом данных (рис. 4), на основании методики ГОСТ [4] и вышеприведенной зависимости, выполняем расчет показателей оценки воздействия на почву ходовой системы бункера А-200, при различных значениях эксплуатационной нагрузки на единичный движитель. Результаты расчета представлены на рисунке 5.

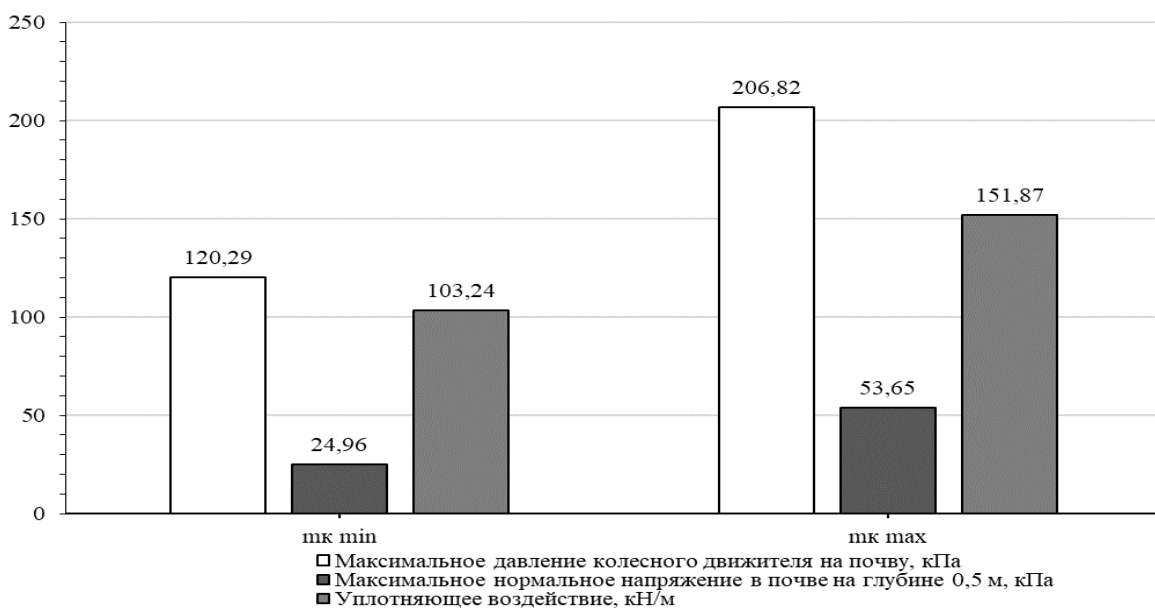


Рис. 5. Критерии оценки воздействия на почву движителей бункера А-200 при различных значениях эксплуатационной нагрузки

В зависимости от нагрузки на ходовую систему бункера ABC максимальное удельное давление его движителей на почву изменяется в пределах 120,29-206,82 кПа, а максимальное нормальное напряжение в почве на глубине 0,5 м – 24,96-53,65 кПа. Превышение установленных норм составляет: для максимального удельного давления во всем диапазоне нагрузок на движители – на 14,6-96,9%, для максимального нормального напряжения в почве при максимальной нагрузке на единичный движитель – на 114,6%, т.е. более чем в 2 раза. Уплотняющее воздействие одиночного колесного движителя варьирует от 103,24 до 151,87 кН/м, превышая ее на 37,7 и 102,5% (в два раза) при минимальной и максимальной нагрузке на движитель соответственно.

Выводы

Поскольку для преобладающего на территории Кемеровской области типа почв – дерново-подзолистых среднесуглинистых [7] – оптимальные условия для произрастания и развития зерновых культур складываются при плотности почвы в пределах 1,1-1,3 г/см³, уплотнение почвы ходовой системой бункера А-200 следует считать нежелательным, однако некритическим.

В условиях проведения испытаний ходовая система бункера А-200 не обеспечивает соблюдение установленных ГОСТом норм по воздействию на почву при достижении верхней границы диапазона изменения эксплуатационных нагрузок на движители.

Результаты исследований позволяют выявить направления совершенствования конструкции ходовой части бункеров ABC, обосновать их рациональные параметры и режимы эксплуатации посевных агрегатов при обеспечении допустимого уровня техногенного воздействия на почву.

Библиографический список

1. Бережнов, Н. Н. Влияние ходовой системы посевного комплекса на агрофизические свойства почвы и формирование урожая яровой пшеницы / Н. Н. Бережнов. – Текст: непосредственный // Вестник ИрГСХА. – 2011. – Вып. 42, март. – С. 31-38.
2. Compaction and sowing date change soil physical properties and crop yield in a loamy temperate soil [Electronic resource] / Obour P.B., Kolberg D., Lamande M., Borresen T., Edwards G., Sorensen C.G., Munkholm L.J. // Soil and Tillage Research, 2018. Vol. 184, P. 153-163. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198718304689> (data obrashcheniya: 22.09.2019).

S0167198718304689 (data obrashcheniya: 22.09.2019).

3. Ксеневиц, И. П. Ходовая система – почва – урожай / И. П. Ксеневиц, В. А. Скотников, М. И. Ляско. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 304 с. – Текст: непосредственный.

4. ГОСТ 26955-86 и др. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву (сборник). – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 22 с. – Текст: непосредственный.

5. ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 27 с. – Текст: непосредственный.

6. ГОСТ 7057-2001 [ИСО 789-9-89]. Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний. – Минск: Изд-во стандартов, 2002. – 12 с. – Текст: непосредственный.

7. Самаров, В. М. Почвы и климат Кузнецкой котловины / В. М. Самаров. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 1995. – 30 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Berezhnov N.N. Vliyaniye khodovoy sistemy posevnogo kompleksa na agrofizicheskie svoystva pochvy i formirovaniye urozhaya yarovoy pshenitsy // Vestnik IrGSKhA. – 2011. Vyp. 42. – S. 31-38.
2. Compaction and sowing date change soil physical properties and crop yield in a loamy temperate soil [Electronic resource] / Obour P.B., Kolberg D., Lamande M., Borresen T., Edwards G., Sorensen C.G., Munkholm L.J. // Soil and Tillage Research, 2018. Vol. 184, P. 153-163. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198718304689> (data obrashcheniya: 22.09.2019).
3. Ksenevich I.P., Skotnikov V.A., Lyasko M.I. Khodovaya sistema - pochva - urozhay. – Moskva: Agropromizdat, 1985. – 304 s.
4. GOST 26955-86 i dr. Tekhnika selskokhozyaystvennaya mobilnaya. Normy vozdeystviya dvizhiteley na pochvu (sbornik). – Moskva: Izd-vo standartov, 1986. – 22 s.
5. GOST 20915-2011. Ispytaniya selskokhozyaystvennoy tekhniki. Metody opredeleniya usloviy ispytaniy. – M.: Standartinform, 2013. – 27 s.
6. GOST 7057-2001 [ISO 789-9-89]. Traktory selskokhozyaystvennyye. Metody ispytaniy. – Minsk: Izdatelstvo standartov, 2002. – 12 s.
7. Samarov V.M. Pochvy i klimat Kuznetskoy kotloviny. – Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 1995. – 30 s.