

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ ПОСЕВЕ НА ГЛУБИНУ ЗАДЕЛКИ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

✉ Яковлев Д.А.¹, Беляев В.И.¹, Поляков Г.Н.²

¹Алтайский государственный аграрный университет

Барнаул, Россия

²Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского

Иркутск, Россия

✉ e-mail: dyagro@yandex.ru

Приведена оценка глубины заделки семян зерновых культур после посева агрегатами, оборудованными анкерными и лаповыми типами сошников, в условиях различной влажности почвы степной зоны Сибири. Исследования проведены с 2018 по 2021 г. в степной зоне Алтайского края. Влажность почвы определяли при помощи электронного влагомера HH-2 фирмы Delta-T Devices, принцип работы которого основан на измерении электропроводности почвы. Глубину заделки семян определяли по этиолированной (осветленной) части растений. При сравнении результатов принята величина стандартных отклонений от среднего значения глубины заделки семян, поскольку по принципу оценки она соответствует агротехническим требованиям к посеву. Проанализированы найденные в диапазоне влажности почвы от 12 до 40% стандартные отклонения от глубины заделки семян после посева орудиями, оборудованными анкерными и лаповыми типами сошников. Стандартные отклонения от средней определенной глубины заделки семян сведены в диаграммы рассеяния. Все отклонения от глубины заделки после посева данными сошниками находились в допустимых пределах изменений агротехнических требований, которые составляют ± 10 мм. Установлена взаимосвязь отклонений от средней глубины заделки семян и влажности почвы на момент посева. Уравнения связи данных показателей имеют высокую значимость, что подтверждается высокими коэффициентами детерминации. Данные уравнения позволят сельхозтоваропроизводителям степной зоны Алтайского края при знании влажности почвы на момент посева спрогнозировать его качественную составляющую после всходов, поскольку равномерность распределения семян по глубине заделки влияет на урожайность культур.

Ключевые слова: глубина заделки, анкерный сошник, лаповый сошник, влажность почвы, степная зона Сибири

EVALUATING THE EFFECT OF SOIL MOISTURE DURING SOWING ON THE DEPTH OF CEREAL CROPS SEEDING

✉ Yakovlev D.A.¹, Belyaev V.I.¹, Polyakov G.N.²

¹Altai State Agricultural University

Barnaul, Russia

²Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky

Irkutsk, Russia

✉ e-mail: dyagro@yandex.ru

Evaluation of the depth of seeding cereal crops after sowing by units equipped with tyne coulters and tine cultivators under different soil moisture conditions in the steppe zone of Siberia is given. The studies were conducted from 2018 to 2021 in the steppe zone of the Altai Territory. Soil moisture was determined using an HH-2 electronic moisture meter from Delta-T Devices, the principle of operation of which is based on measuring the electrical conductivity of the soil. The depth of seed placement was determined by the etiolated (clarified) part of the plants. When comparing the results, the value of standard deviations from the average value of seed placement depth was taken, because according to the principle of evaluation it corresponds to the agrotechnical requirements for sowing. The standard deviations from the seed placement depth after sowing by the machines equipped with tyne coulters and tine cultivators found in the soil moisture range from 12 to 40% were analyzed. Standard deviations from the average defined seed placement depth are summarized in scatter

diagrams. All deviations from the depth of placement after sowing with these coulters were within the acceptable limits of changes in agrotechnical requirements, which are ± 10 mm. The relationship between deviations from the average depth of seeding and soil moisture at the time of sowing was established. Relationship equations of these indicators are highly significant, as evidenced by high coefficients of determination. These equations will allow agricultural producers of the steppe zone of the Altai Territory with knowledge of soil moisture at the time of sowing to predict its quality component after sprouting, since the uniformity of seed distribution on the depth of seeding affects the crop yield.

Keywords: sowing depth, tyne coulters, tine cultivator, soil moisture, Siberian steppe zone

Для цитирования: Яковлев Д.А., Беляев В.И., Поляков Г.Н. Оценка влияния влажности почвы при посеве на глубину заделки семян зерновых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 1. С. 104–110. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-13>

For citation: Yakovlev D.A., Belyaev V.I., Polyakov G.N. Evaluating the effect of soil moisture during sowing on the depth of cereal crops seeding. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2023, vol. 53, no. 1, pp. 104–110. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2023-1-13>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время сельскохозяйственные предприятия степной зоны Сибири, занимающиеся растениеводством, используют различные сеялки и посевные комплексы для посева зерновых культур. Принципиальным отличием данных орудий между собой является тип основных рабочих органов – сошников, которые чаще всего бывают дискового, анкерного и лапового типа. По распространенным данным, подтвержденным Министерством сельского хозяйства по Алтайскому краю, в связи с массовым переходом аграриев на ресурсосберегающие технологии посева чаще всего стали использоваться посевные орудия, оборудованные анкерными и лаповыми сошниками, реализующие нулевые и минимальные технологии посева соответственно. В связи с этим нами рассмотрены именно эти типы рабочих органов [1, 2].

Среди земледельцев бытуют различные мнения и споры по поводу предпочтительности использования каждого из типов сошников в определенных условиях эксплуатации посевных агрегатов. Одними из основных критериев выбора в данном случае являются такие показатели, как тяговое сопротивление, соответственно и расход топлива посевных агрегатов [3–6].

Например, при работе в условиях повышенной влажности почвы лаповые сошники за счет большей площади сопротивления испытывают большее тяговое сопротивление, анкерные за счет меньшей площади – меньшее, что также отражается на качестве посева. По многочисленным данным известно, что влажность – одно из важнейших свойств почвы, оказывающих влияние на качество посева, которое может изменяться в широком диапазоне в период посевной [7–14].

Для объективной оценки качества посева существует множество показателей, обозначенных в агротехнических требованиях, предъявляемых к посеву. Равномерность распределения семян по глубине заделки – одно из наиболее значимых требований, оказывающее влияние на итоговую урожайность зерновых культур.

Цель исследования – обосновать выбор типа сошников с точки зрения равномерности распределения семян по глубине при работе посевных агрегатов в условиях различной влажности почвы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для оценки почвенных влагозапасов перед посевом зерновых культур с 2018 по 2021 г. на большом количестве полей (около 300) в хозяйствах, расположенных в степной

зоне Алтайского края, проведены измерения влажности почвы. Тип почв, на которых проводили исследования, – южный чернозем. После посевной, на тех полях, где измеряли влажность почвы, определяли глубину заделки семян для установления качественной составляющей посева.

Исследования проводили на полях после посева сеялками и посевными комплексами, оборудованными анкерными и лаповыми сошниками (см. рис. 1). Чаще всего посев осуществляли такими посевными орудиями, как ПК Кузбасс и ПК Кузбасс-А, СЗС 2.1, СКП 2.1 «Омичка», ПК FeatAgro серии

L и A, Agromaster Agrator и Agrator Ancer, Amazone Primera DMC и Condor, John Deere 1830 и 1870, Morris Concept 2000 и др.

Влажность почвы в слое от 0 до 100 мм определяли при помощи электронного влагомера НН-2 фирмы Delta-T Devices, принцип работы которого основан на измерении электропроводности почвы (см. рис. 2).

Глубину заделки семян определяли по этиолированной (осветленной) части растений (см. рис. 3)¹ [15].

Глубину заделки семян после посева орудиями с анкерными и лаповыми сошниками определяли в условиях широкого диапазона изменения влажности почвы от 10 до 40%.



Рис. 1. Вид исследуемых анкерных и лаповых типов сошников

Fig. 1. Type of researched tyne coulters and tine cultivators



Рис. 2. Электронный влагомер почвы НН-2 Delta-T Devices

Fig. 2. Electronic soil moisture meter HH-2 Delta-T Devices



Рис. 3. Исследуемые растения

Fig. 3. The plants under study

¹Гатаулина, Г. Г., Обьедкова М.Г. Практикум по растениеводству. М.: Колос, 2000. 215 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Чтобы проследить логику процесса и выяснить, насколько значения отличаются от среднего, принята величина стандартных отклонений, позволяющая в соответствии с агротехническими требованиями объективно сравнивать данный показатель.

При анализе полученных экспериментальных данных найдены стандартные отклонения от среднего значения глубины заделки семян для каждого случая, соответствующего конкретному полю и посевному агрегату.

Выборка была достаточно обширной и составляла около 300 значений, поэтому стандартные отклонения от средней определенной глубины заделки семян сведены в диаграммы рассеяния (см. рис. 4 и 5).

Точки, отражающие на диаграммах величину стандартного отклонения от средней глубины заделки семян, соответствуют влажности почвы в момент посева на данном поле, где отобраны растения.

Из данных диаграмм видно, что посев проведен в широком диапазоне влажности почвы. Большее количество точек на диаграмме с лаповыми сошниками свидетельствует, что в рамках данной выборки преобладали посевные орудия с этими сошниками (см. рис. 5).

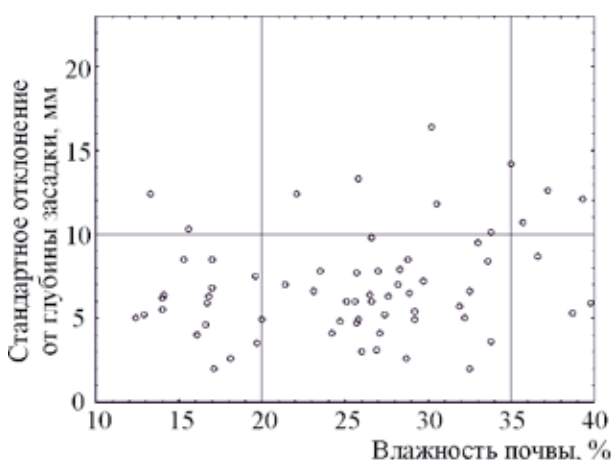


Рис. 4. Диаграмма рассеяния стандартных отклонений от глубины заделки семян после посева анкерными сошниками

Fig. 4. Scatter diagram of standard deviations from the seed placement depth after sowing with tine coulters

Данные диаграммы в будущем позволят определить диапазон влажности почвы при посеве анкерными или лаповыми сошниками, в котором чаще всего проводят посев. Оптимальный диапазон для посева, с точки зрения соблюдения агротехнических требований, будет там, где стандартные отклонения от глубины заделки наиболее низкие.

Весь диапазон влажности почвы от 10 до 40%, входивший в наши исследования, разбит на шесть интервалов, величина каждого интервала составляла 5%. Значения отклонений от глубины заделки семян и соответствующие им значения влажности почвы, попадающие в каждый из интервалов, усреднены для облегчения процедуры анализа данных (см. рис. 6 и 7).

Для посевных орудий с анкерными сошниками взаимосвязь отклонений от глубины заделки семян (y) и влажности почвы (x) описывается следующим уравнением:

$$y = 0,0119x^2 - 0,4979x + 11,641. \quad (1)$$

Уравнение (1) имеет высокую значимость, чему соответствует коэффициент детерминации $R^2 = 0,95$.

После посева анкерными сошниками в диапазоне влажности почвы от 12 до 39% стандартные отклонения от глубины заделки

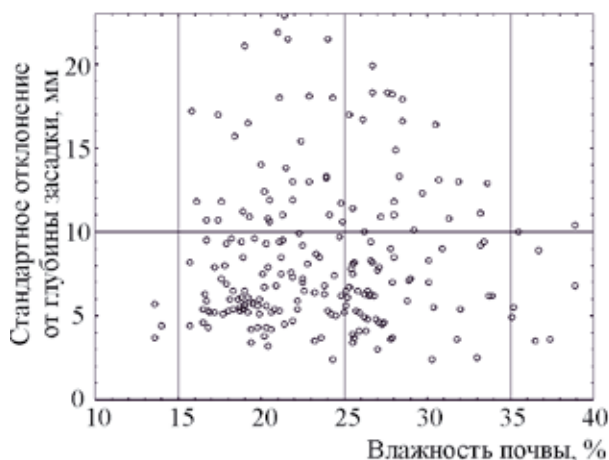


Рис. 5. Диаграмма рассеяния стандартных отклонений от глубины заделки семян после посева лаповыми сошниками

Fig. 5. Scatter diagram of standard deviations from the seed placement depth after sowing with disc coulters

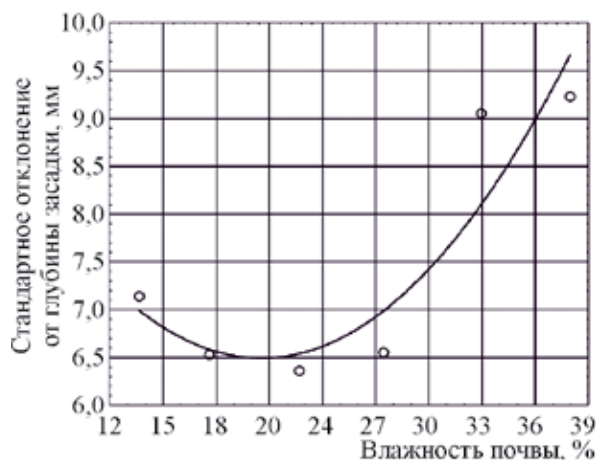


Рис. 6. Зависимость отклонений глубины заделки семян от влажности почвы после посева анкерными сошниками

Fig. 6. Dependence of seeding depth deviations on soil moisture after sowing with tyne coulters

изменялись от 6 до 10 мм. Наименьшим стандартным отклонением от глубины заделки при определенной в 44,7 мм средней глубине зафиксировано отклонение 6,4 мм, полученное при посеве в почву влажностью 21%, наибольшим (9,25 мм) – влажностью 38%.

Для посевных орудий с лаповыми сошниками взаимосвязь отклонений от глубины заделки семян и влажности почвы описывается следующим уравнением:

$$y = 0,001x^2 - 0,0091x + 8,2782. \quad (2)$$

Уравнение (2) также имеет высокую значимость при достаточно высоком коэффициенте детерминации $R^2 = 0,84$.

После посева лаповыми сошниками в диапазоне влажности почвы от 12 до 39% стандартные отклонения от глубины заделки изменялись от 8 до 10 мм. Наименьшим стандартным отклонением от глубины заделки при определенной в 44,9 мм средней глубине зафиксировано отклонение 8,15 мм, полученное при посеве в почву влажностью 14%, наибольшим (9,35 мм) – влажностью 37%.

Также из данных графиков следует, что стандартное отклонение глубины заделки в данных случаях находится в пределах допустимых изменений агротехнических требований, предъявляемых к посеву зерновых – ± 10 мм.

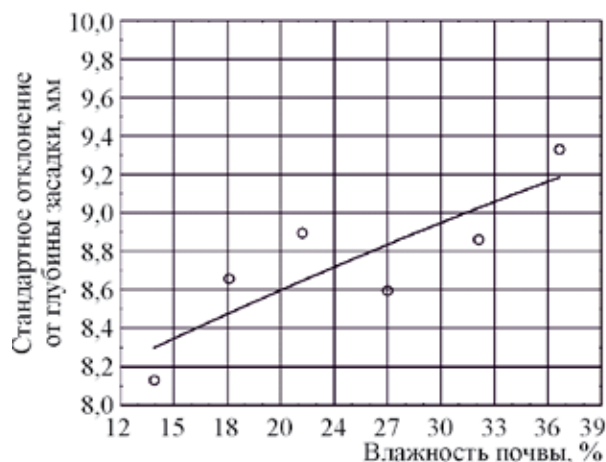


Рис. 7. Зависимость отклонений глубины заделки семян от влажности почвы после посева лаповыми сошниками

Fig. 7. Dependence of seeding depth deviations on soil moisture after sowing with tine cultivators

ВЫВОДЫ

1. Полученные диаграммы рассеяния создают предпосылки к определению агротехнически оптимального уровня влажности почвы для посева орудиями, оборудованными анкерными и лаповыми сошниками.

2. Уравнения связи отклонений от глубины заделки семян и влажности почвы при посеве зерновых культур, полученные для посевных орудий, оборудованных анкерными и лаповыми сошниками, в будущем позволят сельхозтоваропроизводителям степной зоны Алтайского края при знании влажности почвы на момент посева спрогнозировать его качественную составляющую после всходов.

3. Качество посева в значительной степени может оказывать влияние на итоговую урожайность культур, поэтому в будущем исследования данного направления в разрезе регионов с другими почвенно-климатическими условиями по-прежнему будут представлять интерес.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Harker K.N., O' Donovan J.T., Blackshaw R.E., Johnson E.N., Lafond G.P., May W.E. Seeding depth and seeding speed effects on no-till canola emergence, maturity, yield and seed

- quality // *Canadian Journal of Plant Science*. 2012. N 92 (4). P. 795–802. DOI: 10.4141/cjps2011-189.
2. Rainbow R., Derpsch R. Advances in No-Till Farming Technologies and soil Compaction Management in Rainfed Farming Systems // *Rainfed Farming Systems*. London; New York: Springer. 2011. P. 991–1014. DOI:10.1007/978-1-4020-9132-2_39.
 3. Назаров Н.Н., Некрасова И.В. Оценка и выбор машинно-тракторных агрегатов при культивации по энергетическим затратам // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2022. Т. 52. № 1. С. 70–80. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-1-8.
 4. Назаров Н.Н., Некрасова И.В. Выбор типа высевашающего аппарата комбинаторным методом // *Наука в Центральной России*. 2022. № 1 (55). С. 5–13. DOI: 10.35887/2305-2538-2022-1-5-13.
 5. Яковлев Н.С., Рассомахин Г.К., Чекусов М.С., Чернышов А.П. Методика обоснования технических средств для возделывания зерновых культур // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2022. Т. 52. № 3. С. 97–106. DOI: 10.26898/0370-8799-2022-3-11.
 6. Яковлев Д.А., Беляев В.И. Энергооценка работы посевных агрегатов в условиях различного увлажнения почв // *Вестник НГИЭИ*. 2021. № 9 (124). С. 18–27. DOI: 10.24412/2227-9407-2021-9-18-27.
 7. Яковлев Д.А., Беляев В.И. Теоретическое обоснование параметров и режимов работы посевных агрегатов в условиях различного увлажнения почв // *Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева*. 2021. Т. 13. № 3. С. 128–134. DOI: 10.36508/RSATU.2021.20.48.018.
 8. Яковлев Н.С., Цегельник А.П., Черных В.И. Качество обработки почвы в зависимости от размера культиваторных лап, скорости агрегата и влажности почвы // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2016. № 4 (250). С. 97–104.
 9. Яковлев Н.С., Синещев В.Е., Маркин В.В. Анализ систем зяблевой обработки почвы под зерновые культуры // *Вестник НГИЭИ*. 2021. № 4 (119). С. 5–20. DOI: 10.24412/2227-9407-2021-4-5-20.
 10. Hasim A., Chen Y. Soil disturbance and draft force of selected seed openers // *Soil and Tillage Research*. 2014. N 140. P. 48–54. DOI: 10.1016/j.still.2014.02.011.
 11. Obermayr M., Dressler K., Vrettos C., Eberhard P. Prediction of draft forces in cohesionless soil with the discrete element method // *Journal Terramechanics*. 2011. N 48 (5). P. 347–358. DOI: 10.1016/j.jterra.2011.08.003 9.
 12. Мударисов С.Г., Шарафутдинов А.В., Фархутдинов И.М. Повышение равномерности распределения семян горизонтальным распределителем зерновой пневматической сеялки // *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2019. № 2 (51). С. 131–136. DOI: 10.31563/1684-7628-2019-50-2-131-136.
 13. Галлямов Ф.Н., Шарафутдинов А.В., Пятаев М.В. Разработка систем контроля высева семян для зерновых сеялок // *Вестник Башкирского государственного аграрного университета*. 2020. № 3 (55). С. 99–107. DOI: 10.31563/1684-7628-2020-55-3-99-107.
 14. Шинделов А.В., Иванов Н.М. Инженерно-экологическое обеспечение борьбы с сорной растительностью // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2019. Т. 13. № 3. С. 5–13. DOI: 10.22314/20737599-2019-13-3-18-23.
 15. Болоев П.А., Поляков Г.Н., Шуханов С.Н. Оценка глубины заделки семян зерновых культур посевными комплексами // *Пермский аграрный вестник*. 2016. № 3 (13). С. 45–50.

REFERENCES

1. Harker K.N., O'Donovan J.T., Blackshaw R.E., Johnson E.N., Lafond G.P., May W.E. Seeding depth and seeding speed effects on no-till canola emergence, maturity, yield and seed quality. *Canadian Journal of Plant Science*, 2012, no. 92 (4), pp. 795–802. DOI: 10.4141/cjps2011-189.
2. Rainbow R., Derpsch R. Advances in No-Till Farming Technologies and soil Compaction Management in Rainfed Farming Systems. *Rainfed Farming Systems*. London; New York: Springer, 2011, pp. 991–1014. DOI: 10.1007/978-1-4020-9132-2_39.
3. Nazarov N.N., Nekrasova I.V. Evaluation and selection of machine-tractor units during cultivation by energy costs. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 1,

- pp. 70–80. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2022-1-8.
4. Nazarov N.N., Nekrasova I.V. Selection of the type of seeding apparatus by the combinatorial method. *Nauka v Zentralnoi Rossii = Science in the Central Russia*, 2022, no. 1 (55), pp. 5–13. (In Russian). DOI: 10.35887/2305-2538-2022-1-5-13.
 5. Yakovlev N.S., Rasomahin G.K., Chekusov M.S., Chernyshov A.P. Technical equipment justification methodology for the cultivation of grain crops. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 3, pp. 97–106. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2022-3-11.
 6. Yakovlev D.A., Belyaev V.I. Seeder energy rating in various soil moisturization conditions. *Vestnik NGIEI = Bulletin NGIEI*, 2021, no. 9 (124), pp. 18–27. (In Russian). DOI: 10.24412/2227-9407-2021-9-18-27.
 7. Yakovlev D.A., Belyaev V.I. Seeding units parameters and operating modes theoretical justification in different soil moisture conditions. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva = Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev*, 2021, vol. 13, no. 3, pp. 128–134. (In Russian). DOI: 10.36508/RSATU.2021.20.48.018.
 8. Yakovlev N.S., Tsegelnik A.P., Chernykh V.I. Tillage quality depending on hoe size, unit's speed and soil moisture. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2016, no. 4 (250), pp. 97–104. (In Russian).
 9. Yakovlev N.S., Sineshekov V.E., Markin V.V. Analysis of ways to processing the soil for cereals culture. *Vestnik NGIEI = Bulletin NGIEI*, 2021, no. 4 (119), pp. 5–20. (In Russian). DOI: 10.24412/2227-9407-2021-4-5-20.
 10. Hasim A., Chen Y. Soil disturbance and draft force of selected seed openers. *Soil and Tillage Research*, 2014, no. 140, pp. 48–54. DOI: 10.1016/j.still.2014.02.011.
 11. Obermayr M., Dressler K., Vrettos C., Eberhard P. Prediction of draft forces in cohesionless soil with the discrete element method. *Journal Terramechanics*, 2011, no. 48 (5), pp. 347–358. DOI: 10.1016/j.jterra.2011.08.003 9.
 12. Mudarisov S.G., Sharafutdinov A.V., Farkhutdinov I.M. More precise seed placement with a horizontal seed spreader of an air planter. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of the Bashkir State Agrarian University*, 2019, no. 2 (50), pp. 131–136. (In Russian). DOI: 10.31563/1684-7628-2019-50-2-131-136.
 13. Gallyamov F.N., Sharafutdinov A.V., Pyatayev M.V. Development of seeding control systems for grain drills and sowing machines. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of the Bashkir State Agrarian University*, 2020, no. 3 (55), pp. 99–107. (In Russian). DOI: 10.31563/1684-7628-2020-55-3-99-107.
 14. Shindelov A.V., Ivanov N.M. Engineering and Environmental Support for Weed Control. *Sel'skokozyajstvennyye mashiny i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*, 2019, vol. 13, no. 3, pp. 5–13. (In Russian). DOI: 10.22314/20737599-2019-13-3-18-23.
 15. Boloev P.A., Poliakov G.N., Shukhanov S.N. Estimation of grain crops seeding-down depth with sowing systems. *Permskij agrarnyj vestnik = Perm Agrarian Journal*, 2016, no. 3 (13), pp. 45–50. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Яковлев Д.А.**, кандидат технических наук, старший преподаватель; **адрес для переписки:** Россия, 656049, Барнаул, пр-т Красноармейский, 98; e-mail: dyagro@yandex.ru

Беляев В.И., доктор технических наук, профессор; e-mail: prof-belyaev@ya.ru

Поляков Г.Н., кандидат технических наук, доцент; e-mail: SXM1953@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Daniil A. Yakovlev**, Candidate of Science in Engineering, Senior Lecturer; **address:** 98, Krasnoarmeisky Boulevard, Barnaul, 656049, Russia; e-mail: dyagro@yandex.ru

Vladimir I. Belyaev, Doctor of Science in Engineering, Professor; e-mail: prof-belyaev@ya.ru

Gennady N. Polyakov, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor; e-mail: SXM1953@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 28.11.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 17.01.2023
Дата публикации / Published 20.02.2023