

Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 3 (43). С. 71-80

Vestnik Kurganskoy GSNA. 2022; (3-43): 71-80

Научная статья

УДК 631.334

Код ВАК 4.3.1

DOI: 10.52463/22274227_2022_43_71

EDN: HGXAZS

МЕТОДИКА С РЕЗУЛЬТАТАМИ ТЕОРЕТИКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПОСЕВА СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ВНЕСЕНИЯ ГИДРОГЕЛЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СКОРОСТИ АГРЕГАТА

Виталий Алексеевич Цепляев¹, Алексей Николаевич Цепляев², Абдулвагаб Магомедович Магомедов³✉, Виктор Викторович Тимошенко⁴

^{1, 3, 4}Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия, Волгоград, Россия

¹volgau@volgau.com

²can_volgau@mail.ru

³vagabmagomedov@mail.ru✉

⁴viktor.timoshenk@mail.ru

Аннотация. Цель исследования. Использование водосорбирующих сополимеров при возделывании сельскохозяйственных культур на орошении является одним из актуальных вариантов решения проблемы удержания влаги в корнеобитаемом слое почвы. Гранулы гидрогеля способны многократно увеличивать объем, впитывая в себя влагу. Удержание влаги способствует лучшему развитию растений за счет того, что развивающаяся корневая система «находит» насыщенные влагой гранулы гидрогеля. Внесение предварительно насыщенных влагой гранул вместе с посевом сельскохозяйственных культур позволяет концентрировать влагу в непосредственной близости от семени. Одним из ключевых факторов в обеспечении постоянной глубины посева семян и внесения гранул является колебание сошника. Нами была разработана секция сеялки для посева семян сои и тыквы на орошении одновременно с внесением обогащенных гранул гидрогеля. Целью исследования является определение влияния скорости движения агрегата на расстояние между семенем и гнездом гранул с разработкой формулы определения предельного зазора в звеньях крепления секции к раме сеялки. **Методика.** Экспериментальным путем нами был изучен вопрос влияния скорости агрегата на посев семян и внесение гидрогеля на богаре и на орошении. Были выполнены теоретические исследования определения влияния колебания сошника при различной скорости на устойчивость хода сошника. **Результаты.** По результатам исследования были получены графики зависимости расстояния между семенами и гранулами от скорости движения агрегата. Было получено уравнение для расчета колебаний сошника на разработанной секции сеялки, учитывающее различные факторы. **Научная новизна.** Получены зависимости расстояния между семенем и гнездом гранул от скорости движения агрегата в продольном, поперечном направлении и по глубине внесения для сои, томата и тыквы. Получена формула определения предельного зазора в звеньях крепления секции к раме сеялки.

Ключевые слова: секция сеялки, сеялка точного высева, посев семян, семена сои, насыщенный гидрогель, гранулы гидрогеля, полозовидный сошник, колебания сошника.

Для цитирования: Цепляев В.А., Цепляев А.Н., Магомедов А.М., Тимошенко В.В. Методика с результатами теоретико-экспериментальных исследований посева семян сельскохозяйственных культур и внесения гидрогеля при изменении скорости агрегата // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 3 (43). С. 71-80. https://doi.org/10.52463/22274227_2022_43_71

Scientific article

METHODOLOGY WITH THE RESULTS OF THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF CROP SEEDING DOWN AND HYDROGEL APPLICATION WHEN CHANGING THE SPEED OF THE UNIT

Vitaly A. Tseplyaev¹, Alexey N. Tseplyaev², Abdulvagab M. Magomedov³✉, Viktor V. Tymoshenko⁴

^{1, 3, 4}Volgograd State Agricultural University, Volgograd, Russia

²All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russia

¹volgau@volgau.com

²can_volgau@mail.ru

³vagabmagomedov@mail.ru✉

⁴viktor.timoshenk@mail.ru

Abstract. The purpose of the study. The use of water-absorbing copolymers in crops cultivation under irrigation is one of the urgent solutions to the problem of moisture retention in the root layer of the soil. Hydrogel granules are able to multiply the volume by absorbing moisture. Moisture retention contributes to better plant development due to the fact that the developing root system “finds” moisture-saturated

hydrogel granules. The application of granules pre-saturated with moisture together with crops seeding down makes it possible to concentrate moisture close to the seed. One of the key factors in ensuring consistent seeding down depth and granule placement is coulter periodic motion. We have developed a seeder section for sowing soybeans and pumpkin seeds under irrigation conditions simultaneously with the application of enriched hydrogel granules. The purpose of the study is to determine the effect of the motion speed of the unit on the distance between the seed and the granule seat with the development of a formula for determining the maximum gap in the links of section mounting to the toolbar of the seeder. **Methodology.** The effect of the unit speed on the seeding down and hydrogel application under conditions of dry-farming and irrigation was experimentally studied. Theoretical studies were carried out to determine the effect of coulter periodic motion at different speeds on the stability of the coulter travel. **Results.** According to the results of the study, the graphs of dependence of the distance between seeds and granules on the speed of the unit were obtained. An equation was obtained for calculating the coulter oscillations for the developed section of the seeder, considering various factors. **Scientific novelty.** The dependences of the distance between the seed and the granule seat on the motion speed of the unit in the longitudinal, transverse directions and along the seeding down depth for soybeans, tomatoes and pumpkins are obtained. The formula for determining the maximum gap in the links of the section attachment to the seeder toolbar is obtained. **Keywords:** seeder section, precision seeder, seeding down, soybean seeds, saturated hydrogel, hydrogel granules, planting runner, coulter oscillations.

For citation: Tseplyaev V.A., Tseplyaev A.N., Magomedov A.M., Tymoshenko V.V. Methodology with the results of theoretical and experimental studies of crop seeding down and hydrogel application when changing the speed of the unit. Vestnik Kurganskoy GSHA. 2022; (3-43): 71-80. https://doi.org/10.52463/22274227_2022_43_71. (In Russ).

Введение. Использование гидрогеля является эффективной технологией влагосбережения при возделывании сельскохозяйственных культур на орошении [1]. Молекулярная структура решетки гранул обеспечивает огромный масштаб набухания гидрогеля, лежащий в интервале 300-3000 мл/г [2-3]. Гранулы гидрогеля являются водосорбирующим материалом, способным поглощать воду и растворенные в ней жидкие удобрения [4]. Внесенные в почву обогащенные гранулы способны в течение некоторого времени питать растения влагой [5]. За счет локального использования гранул обеспечивается сбалансированное и рациональное использование минеральных удобрений. Ранее в других исследованиях рассматривались вопросы по возможному взаимному расположению семян и гранул. Отмечено, что это расстояние оказывает влияние на рациональное использование гранул гидрогеля семенами.

Важными факторами внесения гранул гидрогеля вместе с посевом семян являются глубина внесения, расстояние между семенами и гранулами в продольном и поперечном направлениях. Расстояния между семенами и гранулами должны быть оптимальными. При внесении насыщенных удобрениями гранул вблизи семян существует вероятность химического ожога корешков семян от высокой концентрации жидких удобрений, накопленных гранулами. Увеличенное расстояние приведет к тому, что корешки семян не достигнут гранул и внесение гидрогеля окажется бесполезным [6-8].

Необходимо отметить, что глубина посева семян напрямую влияет на урожайность культуры [9]. В конструкции сеялки предусмотрена предварительная регулировка глубины посева семян. Однако вследствие неровностей рельефа поля и физико-механических свойств почвы значение глубины в ходе работы изменяется.

В результате семена могут быть расположены как выше, так и глубже требуемой для культуры определенной глубины посева [10-11]. При нарушении агротехнологических требований семена располагаются в верхнем слое почвы и могут не дать всходов. При глубокой заделке всходы семян становятся ослабленными и легче поддаются негативному влиянию сорняков [12].

Для механизированного локального внесения обогащенных гранул гидрогеля вместе с семенами сои, томатов и тыквы на кафедре «Технические системы в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета была разработана секция сеялки.

Методика. Выбор рациональной скорости движения агрегата во время выполнения технологической операции является важным фактором, влияющим на качество выполнения операции, производительность труда и затраты на единицу продукции.

При этом допустимая скорость движения агрегата зависит от множества факторов: вида выполняемой операции, типа обрабатываемой почвы, ее физико-механических свойств, зональных особенностей использования техники, конструктивных особенностей сельскохозяйственных машин и их рабочих органов [13-14].

Методика исследования включает в себя измерение расстояния между семенами и гранулами по глубине посева и внесения соответственно, в продольном и поперечном направлениях с помощью измерительных приборов, теоретическое определение колебаний сошника, зависящее в первую очередь от скорости движения.

Для определения углов поворота пят сошника составим уравнение моментов относительно полюсов.

Рассмотрим пространственную систему координат и представим оси координат. Поворот сошника будет происходить вокруг

рости v_ε . Из вершины ΔMKE опустим перпендикуляр на основание. Тогда KC – высота, делящая ΔMKE на два прямоугольных треугольника ΔMKC и ΔKCE . В последующих выводах используем формулу Герона (теорема синусов):

$$KC = \frac{v_a}{\sin \mu} = \frac{v_r}{\sin \left(\frac{\pi}{2} - \mu\right)}. \quad (5)$$

Отсюда:

$$\frac{v_a}{\sin \mu} = \frac{v_r}{\sin \left(\frac{\pi}{2} - \mu\right)}. \quad (6)$$

Отсюда:

$$v_r = \frac{v_a \cdot \sin \left(\frac{\pi}{2} - \mu\right)}{\sin \mu}. \quad (7)$$

Учитывая, что:

$$\sin \left(\frac{\pi}{2} - \mu\right) = \cos \mu; \quad (8)$$

$$v_r = \frac{v_a \cdot \cos \mu}{\sin \mu} = \frac{v_a}{\operatorname{tg} \mu}. \quad (9)$$

Полученное дифференциальное уравнение может быть решено с учетом правил теоретической механики. Используем правило Жуковского. Тогда на его основании векторы скоростей будут повернуты на 90° и направлены вдоль звеньев крепления опорного катка, параллелограмных механизмов и так далее. Полученное выражение указывает на то, что относительная скорость поворота выше, чем скорость движения агрегата:

$$\Delta v_a = \frac{v_a}{\operatorname{tg} \mu} \cdot \cos \psi_1, \quad (10)$$

где: ψ_1 – угол поворота всех деталей сошника, в том числе и пяты вокруг полюса P_1 .

Далее нам следует учитывать, что отрезок δ – это величина технологического зазора в направлении поступательного движения агрегата, т.е. с учётом поворота звеньев сошника общий отрезок длины в горизонтальном направлении будет равен:

$$l_\varepsilon = l_{P2} + \delta; \quad (11)$$

$$\delta' = l_\varepsilon + l'_{P2} \quad (12)$$

Тогда приравняем приращения скоростей и получим:

$$\Delta v_a = (l_\varepsilon - l_p) \cdot \dot{\psi}; \quad (13)$$

$$\frac{v_a}{\operatorname{tg} \mu} \cos \psi = (l_\varepsilon - l_p) \cdot \dot{\psi}; \quad (14)$$

$$\cos \psi = \frac{\operatorname{tg} \mu \cdot \dot{\psi} \cdot \delta}{v_a}. \quad (15)$$

Последующее рассмотрение технологического процесса работы секции указывает на то, что сошник секции будет колебаться в продольном направлении по курсу его движения.

На представленной схеме, изображенной на рисунке 2, показано перемещение точки пяты для внесения обогащенных гранул гидрогеля.

На схеме, представленной на рисунке 2, введены следующие обозначения: a' – изменение глубины хода пяты для внесения гидрогеля, м; V_m – скорость движения машины, м/с; V_r – относительная скорость движения пяты для внесения гидрогеля, м/с.

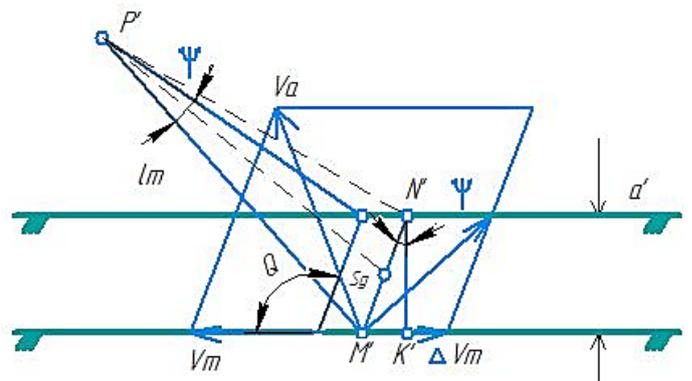


Рисунок 2 – Схема перемещения точки пяты полозовидного сошника для укладки гидрогеля

При повороте сошника относительно точки P' в движении его скорость и пяты в продольном направлении уменьшается (сошник отстает от машины) на ΔU_m . Однако одновременно с отставанием сошник поворачивается и носок пяты сошника перемещается вверх. Поворот происходит на угол ψ_1 . Поворот сошника происходит на небольшой угол, так как зазор δ имеет несущественные значения.

Тогда последующие решения связаны с использованием уравнения моментов, а для этого необходимо определить величину плеч, на которых действуют силы и их проекции относительно полюса P' . В соответствии со схемой реакции сопротивления почвы, действующие на пяты

сошников, могут быть разложены на две составляющие: горизонтальную R_x и вертикальную R_z . R_x оказывает сопротивление в горизонтальном направлении, то есть сопротивление энергетическому средству, а вертикальная составляющая вызывает поворот сошника на угол ψ . Исходя из этих соображений, можем записать:

$$R'_z = R'_n \cdot \cos\psi_1 = R'_n \cdot \frac{tg \mu \cdot \psi \cdot \delta}{v_a} \tag{16}$$

Соответственно:

$$R''_z = R''_n \cdot \cos\psi_1 = R''_n \cdot \frac{tg \mu \cdot \psi \cdot \delta}{v_a} \tag{17}$$

Подставим значения сил в уравнение моментов, учитывая размеры плеч, и получим:

$$J_y \ddot{\psi} = G_c \cdot l_G + R'_n \cdot \frac{tg \mu \cdot \psi \cdot \delta}{v_a} \cdot l_z + R''_n \cdot \frac{tg \mu \cdot \psi \cdot \delta}{v_a} \cdot (K_p \cdot a_1 \cdot tg[\pi/2 - (\alpha + \varphi)] + l_z) + [C \cdot (\Delta_n + l_k \cdot \psi_k) - G_o] \cdot (l_{Go} + l_o + K_p \cdot a_1 \cdot tg[\frac{\pi}{2} - (\alpha + \varphi)] + l_z). \tag{18}$$

Проведя группировку подобных членов, запишем:

$$J_y \ddot{\psi} = -G_c \cdot l_G + R'_n \cdot \frac{tg \mu \cdot \psi \cdot \delta}{v_a} \cdot l_z + R''_n \left(\frac{tg \mu \cdot \psi \cdot \delta}{v_a} \cdot (l_x + l_z) + [C \cdot (\Delta_n + l_k \cdot \psi_k) - G_o] \cdot (l_x + l_z + l_m) \right). \tag{19}$$

Для полученной формулы примем некоторое допущение.

Расстояние между пятами сошников l_x по сравнению с другими величинами незначительно, а усилия R'_n и R''_n несущественно разнятся между собой, поэтому приравняем значения между собой, а точку приложения сил сместим на l_x . Тогда сумма плеч составит:

$$(l_z + \frac{1}{2} l_x) = l_{zx}; \tag{20}$$

$$R'_n + R''_n = R_n^o; \tag{21}$$

$$J_y \ddot{\psi} = -G_c \cdot l_G + R_n^o \cdot \frac{tg \mu \cdot \psi \cdot \delta'}{v_a} \cdot l_{zx} +$$

$$+ [C \cdot (\Delta_n + l_k \cdot \psi) - G_o] \cdot (l'_m + l_{zx}); \tag{22}$$

Формулу 22 представим в виде уравнения:

$$J_y \ddot{\psi}_o - G_c \cdot l_G - R_n^o \cdot \frac{tg \mu \cdot \psi_o \cdot \delta'}{v_a} \cdot l_{zx} - C \cdot (\Delta_n \cdot \varphi_k + G_o) \cdot (l'_{m} + l_{zx}) = 0 \tag{23}$$

Примем $\varphi_k = const$

Разделим полученное уравнение на J_y , а коэффициенты при $\ddot{\psi}$ и ψ обозначим через A_y . Свободный член уравнения обозначим через D . Тогда уравнение примет вид:

$$\ddot{\psi}_o + \psi_o A - D = 0, \tag{24}$$

где:

$$A = \frac{R_o \delta tg \mu \cdot l_{zx}}{v_a J_y}; \tag{25}$$

$$D = \frac{G_c l_G + (C_n \Delta_n \varphi_k + G_o)(l_m + l_{zx})}{J_y}. \tag{26}$$

Запишем вновь полученное уравнение в виде:

$$\ddot{\psi}_o + \frac{R_o \delta_1 tg \mu \cdot l_{zx}}{v_a J_y} \cdot \psi_o - \frac{G_c l_G + (C_n \Delta_n \varphi_k + G_o)(l_m + l_{zx})}{J_y} = 0. \tag{27}$$

Полученное уравнение 27 представлено в виде дифференциального уравнения. Для нахождения значения ψ следует использовать решение с получением общего интеграла. Представим полученное уравнение в виде:

$$\ddot{\psi}_1 + \ddot{\psi}_1 A = \frac{G_c l_G + (C_n \Delta_n \varphi_k + G_o)(l_m + l_{zx})}{J_y}. \tag{28}$$

Значение угла ψ_1 представим в общем виде:

$$\psi_o = \psi_1 + \psi_2, \tag{29}$$

$$\psi_1 = c_1 e^{k_1 t} + c_2 e^{k_2 t} \tag{30}$$

$$\psi_2 = B \cdot t. \tag{31}$$

Уравнение 28 без свободного члена будет представлено в виде:

$$\ddot{\psi}_o + \psi_o A = 0; \tag{32}$$

Характеристическое уравнение можно записать в виде:

$$k^2 + Ak = 0; \quad (33)$$

Корнями уравнения будут $k_1 = 0, k_2 = -A$.

Тогда:

$$\psi_1 = C_1 + C_2 e^{-At}. \quad (34)$$

Тогда есть возможность получить значения предельного зазора δ_1 :

$$\delta_1 = \frac{-G_c l_G + (C_n \Delta_n \varphi_k + G_o)(l_{ш} + l_{zx}) \cdot v_a}{R_o t g \mu \cdot l_{zx} \cdot J_y \cdot \arccos \frac{a}{l_{ш}}}. \quad (35)$$

В указанной формуле $\psi = \psi_k$, так как поворот звена катка вызывает изменение положения звеньев шарниров. При этом все углы равны между собой.

Однако в представленной на схеме системе имеется еще пара звеньев крепления секции сеялки к раме, при повороте которых будут наблюдаться те же явления, что и описанные ранее.

Тогда, учитывая предыдущее уравнение, запишем уравнение для второй системы:

$$J_y \ddot{\psi}_2 = -G_c(l_G + l_m) + R_n^o \cdot \frac{t g \mu \cdot \psi_2 \cdot \delta_2}{v_a} \cdot (l_{zx} + l_m) + [C \cdot (\Delta_n + l_k \cdot \psi_2) - G_o] \cdot (l_m + l_{zx} + l_w). \quad (36)$$

В итоге зазор будет равен:

$$\delta_2 = \frac{-G_c l_G + (C_n \Delta_n \varphi_k + G_o)(l_{ш} + l_{zx} + l_m) \cdot v_a}{R_o t g \mu \cdot l_{zx} \cdot J_y \cdot \arccos \frac{a}{l_{ш}}}. \quad (37)$$

Общее значение зазора:

$$\delta_{\Sigma} = \delta_1 + \delta_2$$

Выполнение опытов проводилось на кафедре «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО ВолГАУ при помощи специальной установки, изображенной на рисунке 3.

Специальная установка состоит из тележки 4, движущейся вдоль почвенного канала 7 по рельсам 6 и приводимой электродвигателем 2

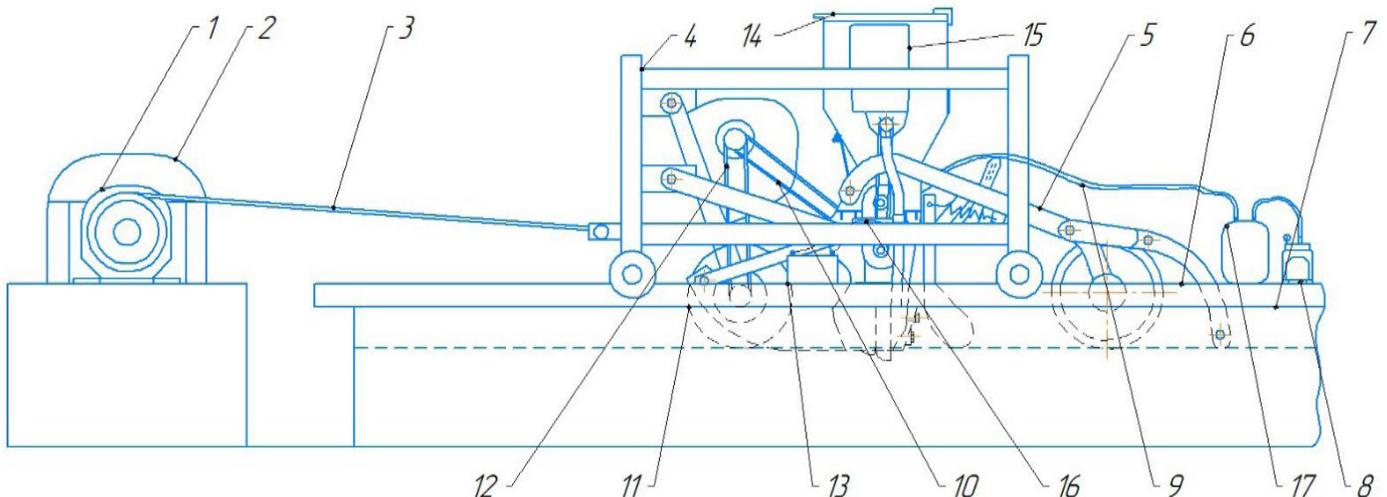


Рисунок 3 – Схема установки для определения расстояний между семенами и гранулами:

- 1 – коробка передач; 2 – электродвигатель; 3 – трос; 4 – тележка; 5 – секция сеялки; 6 – рельсы; 7 – почвенный канал; 8 – насос; 9 – вакуумный шланг; 10 – цепная передача; 11 – приводное колесо; 12 – цепная передача; 13 – аккумулятор; 14 – бункер для семян; 15 – бункер для гидрогеля; 16 – герконовый датчик; 17 – ресивер

через коробку передач 1 и трос 3. Секция сеялки 5 закреплена к поперечному брусу тележки 4. Привод секции сеялки 5 осуществлялся от приводного колеса 11 через цепные передачи 10 и 12. Для создания вакуума в высеивающем аппарате секции сеялки 5 использовали насос 8 с ресиве-

ром 17 и вакуумный шланг 9. Аккумулятор 13 необходим для подачи напряжения на герконовый датчик 16 секции сеялки 5.

Перед выполнением опытов бункер для семян 14, бункер для гидрогеля 15 заполняли соответственно семенами и гранулами гидрогеля.



Рисунок 4 – Общий вид экспериментальной секции сеялки во время исследований на кафедре «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО ВолГАУ

Для создания вакуума в высевальном аппарате секции сеялки 5 включали насос 8 с ресивером 17, соединенный с секцией сеялки 5 вакуумным шлангом 9. Включали электродвигатель 2, приводящий в движение тележку 4, по рельсам 6 почвенного канала 7 с помощью троса 3 через коробку передач 2. Вместе с тележкой 4 двигалась и секция сеялки 5. Ее привод осуществлялся от приводного колеса 11 через цепные передачи 10 и 12. Аккумулятор 13 служил источником питания для электрической цепи, в которую включен герконовый датчик 16.



Рисунок 5 – Результаты испытаний сеялки в лабораторных условиях



Рисунок 6 – Определение расстояния между гнездом гранул гидрогеля и семенем

При помощи штангенциркуля замеряли расстояния между семенами и гранулами по глубине внесения, в продольном и поперечном направлениях. Расстояние между семенами и гранулами по глубине внесения измерялись при помощи штангенциркуля и брусков.

Для более точного определения разницы между семенами и гранулами по глубине внесения использовали специально изготовленное устройство. Оно состоит из деревянного бруска и штангенциркуля. Измерение проводилось следующим образом: деревянный брусок укладывали на поверхность поля вдоль бороздки для семян. Снимали верхние слои почвы до нахождения семени. Проводили замер глубины посева семени штангенциркулем с прибавлением толщины деревянного бруска. Затем перемещали деревянный брусок к бороздке для гранул. Снимали верхние слои почвы до обнаружения гранул. Проводили замер штангенциркулем с прибавлением толщины деревянного бруска. Находили разницу между глубинами посева семян и внесения гранул.

После проведения лабораторных опытов и получения соответствующих результатов проводилось их уточнение. После этого опыты проводились в полевых условиях на базе учебно-научно-производственного центра (УНПЦ) «Горная поляна». Секция сеялки закреплялась к сеялке УПС-8, агрегируемой с трактором МТЗ-82.1. На участке поля, обработанного культиватором, производился посев семян тыквы и томата одновременно с гранулами гидрогеля.

Сеялка с установленной на ней экспериментальной секцией агрегировалась с трактором МТЗ-82.1. Бункер для семян заполнялся семенами в первом опыте бахчевых культур (в данном случае – тыквы), а во втором опыте семенами овощных культур (томата); бункер для сополимеров заполнялся небогащенными гранулами, далее производился посев.

Методика определения расстояний между семенем и гнездом гранул идентична методике, описанной выше при выполнении лабораторных опытов в почвенном канале кафедры «Технические системы в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета.

Результаты. По результатам опытов были построены графики зависимостей расстояния между семенем и гнездом гранул от скорости движения агрегата для сои, томата и тыквы, изображенные на рисунках 7, 8 и 9 соответственно.

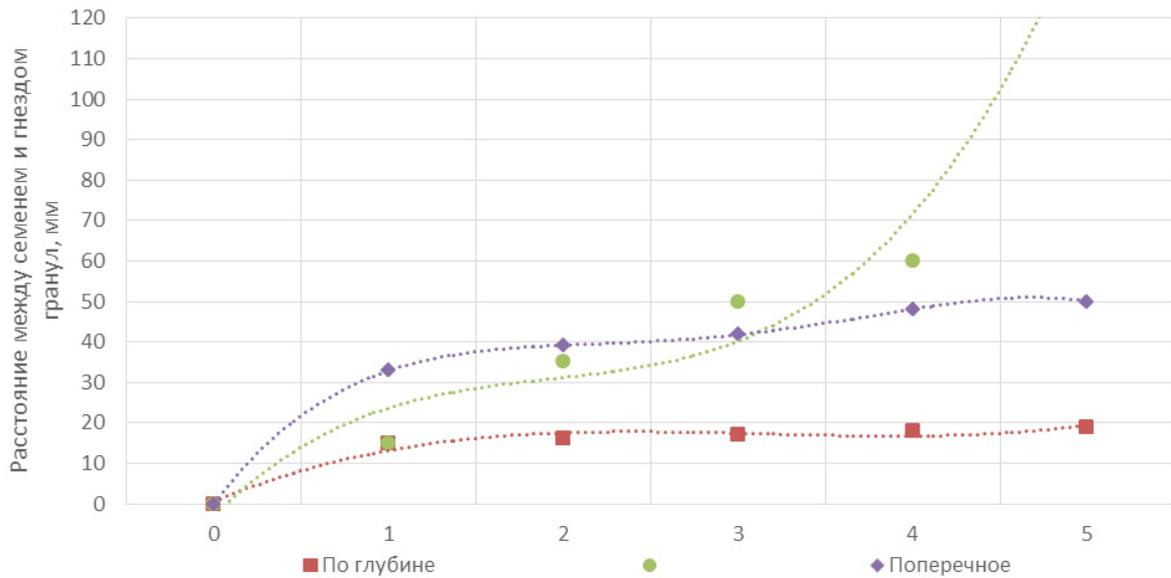


Рисунок 7 – Зависимость расстояния между семенем и гнездом гранул гидрогеля от скорости агрегата для сои

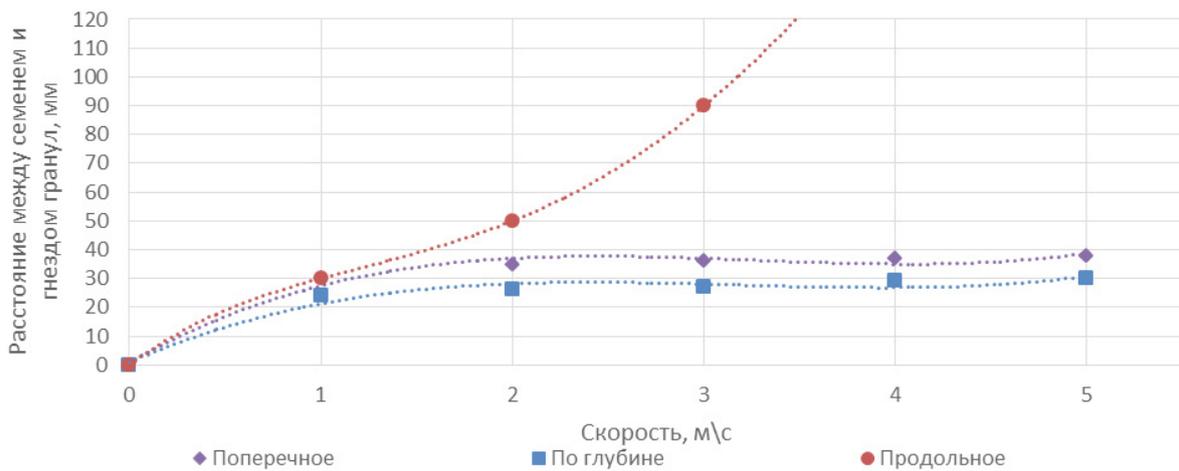


Рисунок 8 – Зависимость расстояния между семенем и гнездом гранул от скорости агрегата для томата

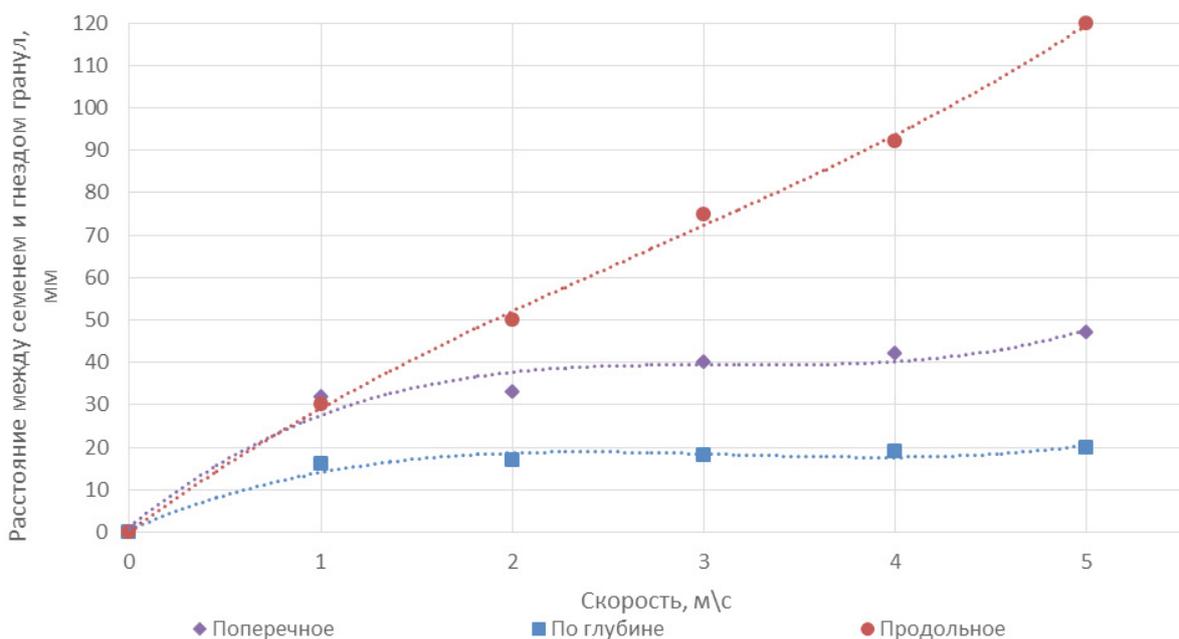


Рисунок 9 – Зависимость расстояния между семенем и гнездом гранул от скорости агрегата для тыквы

Выводы. Графики распределения семян томатов, тыквы и сои от гидрогеля по глубине и в поперечном направлении имеют несущественное отклонение, значение которого составляет не более 20...30 мм – для тыквы и 30...40 мм – для семян томата. Что касается распределения семян и гидрогеля в продольном направлении, то недопустимое увеличение расстояние между ними наблюдается уже при скорости в 2 м/с.

Следует отметить тот факт, что более мелкие по размеру семена томата, в отличие от семян тыквы и сои, более подвержены отрицательному воздействию скорости агрегата. Это объясняется в первую очередь их малым весом.

Полученная формула учитывает различные факторы. Натяжение пружины в этом случае обеспечивает устойчивое положение всей системы и, соответственно, постоянную глубину посева семян и глубину внесения гидрогеля при работе сеялки.

Список источников

1 Влияние орошения, удобрения и фактора сорта на урожайность сои в условиях Нижнего Поволжья / В.В. Толоконников [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 95-104.

2 Nosevich M. Increasing yield of oil flax by improving technological process of sowing seeds together with hydrogel granules // *Engineering for Rural Development*. 2020. № 19. Pp. 826-832.

3 Данилова Т.Н. Регулирование водного режима дерново-подзолистых почв и влагообеспеченности растений при помощи водопоглощающих полимеров // *Агрофизика*. 2016. № 1. С. 8-16.

4 Агафонов О.М., Ревенко В.Ю. Возможности полимерного гидрогеля как накопителя почвенной влаги в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2017. № 10. С. 35-38.

5 Deficit Irrigation Scheduling and Superabsorbent Polymer Hydrogel Enhance Seed Yield, Water Productivity and Economics of Indian Mustard Under SemiArid Ecologies / S.S. Rathore [et al.] // *Irrigation and Drainage*. 2019. № 68 (3). Pp. 531-541.

6 Kabir M.H., Ahmed K., Furukawa H. A low cost sensor based agriculture monitoring system using polymeric hydrogel // *Journal of the Electrochemical Society*. 2017. № 164 (5). Pp. 3107-3112.

7 Цепляев А.Н., Тимошенко В.В. Сохранение плодородия почвы при использовании раз-

личных способов механизированного внесения тукообогащенного гидрогеля // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2016. № 1 (61). С. 195-201.

8 Цепляев А.Н., Цепляев В.А., Магомедов А.М. Разработка и исследование секции сеялки для посева семян овощных и бахчевых культур одновременно с гидрогелем // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование*. 2021. № 1 (61). С. 380-389.

9 Кокошин С.Н., Ташланов В.И. Модель взаимодействия диска сошника с почвой // *Агропродовольственная политика России*. 2018. № 1 (73). С. 47-51.

10 Шевченко А.П., Бегунов М.А. Моделирование колебательной системы сошник-почва // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2016. № 2 (22). С. 227-234.

11 Кокошин С.Н., Киргинцев Б.О., Ташланов В.И. Математическое исследование взаимодействия сошника с почвой // *Агропродовольственная политика России*. 2017. № 7 (67). С. 85-90.

12 Ларюшин Н.П., Бричков С.В., Кирюхина Т.А. Влияние жесткости пружины и рабочей скорости сеялки на работу сошника с заделывающим устройством // *Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства: сборник статей VII Международной научно-практической конференции*. Пенза, 2022. С. 66-68.

13 Результаты лабораторного эксперимента комбинированного сошника / А.С. Фирсов [и др.] // *Вестник НГИЭИ*. 2020. № 5 (108). С. 5-15.

14 Кухмазов К.З., Зябиров А.И., Цибилов Е.К. Результаты исследований экспериментального сошника свекловичной сеялки // *Нива Поволжья*. 2017. № 4 (45). С. 164-169.

15 Результаты испытаний распределительных устройств лапового сошника стерневой сеялки / Д.В. Лопарев [и др.] // *Вестник Курганской ГСХА*. 2021. № 4 (40). С. 67-72.

References

1 Tolokonnikov V.V. et al. Vlijanie orosheniya, udobreniya i faktora sorta na urozhajnost' soi v usloviyah Nizhnego Povolzh'ja [Novelty and factor varieties for soybean nativity in the whiskers of the Lower Volga region]. *Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education*. 2021; (3-63): 95-104. (In Russ.).

2 Nosevich M. Increasing yield of oil wax by improving technological process of sowing seeds together with hydrogel granules. *Engineering for*

Rural Development. 2020; (19): 826-832.

3 Danilova T.N. Regulirovanie vodnogo rezhima dernovo-podzolistykh pochv i vlogoobespechennosti rastenij pri pomoshhi vodopogloshhajushchih polimerov [Regulation of the water regime of sod-podzolic soils and nesting of plants using water-absorbing polymers]. *Agrophysica*. 2016; (1): 8-16. (In Russ.).

4 Agafonov O.M., Revenko V.Yu. Vozmozhnosti polimernogo gidrogelja kak nakopitelja pochvennoj vlagi v zone neustojchivogo uvlazhnenija Krasnodarskogo kraja [Properties of polymer hydrogel as a soil accumulator in the zone of non-installation humidification of the Krasnodar Territory]. *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2017; (10): 35-38. (In Russ.).

5 Rathore S.S., Shekhawat Kapila, Dass Anchal, Premi O.P., Rathore B.S., Singh V.K. Deficit Irrigation Scheduling and Superabsorbent Polymer Hydrogel Enhance Seed Yield, Water Productivity and Economics of Indian Mustard Under Semi Arid Ecologies. *Irrigation and Drainage*. 2019; (68-3): 531-541.

6 Kabir M.H., Ahmed K., Furukawa H. A low cost sensor based agriculture monitoring system using polymeric hydrogel. *Journal of the Electrochemical Society*. 2017; (164-5): 3107-3112.

7 Tseplyaev A.N. Timoshenko V.V. Sohranenie plodorodija pochvy pri ispol'zovanii razlichnyh sposobov mehanizirovannogo vnesenija tukoobogashennogo gidrogelja [Preservation of soil fertility when using various abilities of mechanized involvement of refractory hydrogel]. *Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education*. 2016; (1): 195-201. (In Russ.).

8 Tseplyaev A.N. Tseplyaev V.A., Magomedov A.M. Razrabotka i issledovanie sekcii sejalki dlja poseva semjan ovoshhnyh i bahchevyh kul'tur odnovremenno s gidrogelem [Development and research of sections of a seed drill for seeds of oats and melons of the same name with hydrogel]. *Proceedings of Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education*. 2021; (1-61): 380-389. (In Russ.).

9 Kokoshin S.N. Tashlanov V.I. Model' vzaimodejstvija diska soshnika s pochvoj [Model of interaction of a coulter disk with soil]. *Agro-food Policy in Russia*. 2018; (1-73): 47-51. (In Russ.).

10 Shevchenko A. P. Begunov M.A. Modelirovanie kolebatel'noj sistemy soshnik-pochva [Modeling of the oscillatory system coulter-soil]. *Bulletin of Omsk State Agricultural University*. 2016; (2-22): 227-234. (In Russ.).

11 Kokoshin S. N., Kirgintsev B.O. Tashlanov V.I. Matematicheskoe issledovanie vzaimodejst-

vija soshnika s pochvoj [Mathematical study of the interaction of a coulter with soil]. *Agro-food Policy in Russia*. 2017; (7-67): 85-90. (In Russ.).

12 Larushin N. P., Brichkov S.V., Kiryukhina T.A. Vlijanie zhestkosti pruzhiny i rabochej skorosti sejalki na rabotu soshnika s zadelyvajushhim ustrojstvom [Nested spring stiffness and working speeds of a seeder for the work of a coulter with a thoughtful place]. Resource-saving technologies and technical means for the production of crop and livestock products: collection of articles of the VII International Scientific and Practical Conference. Penza. 2022: 66-68. (In Russ.).

13 Firsov A.S. et all. Rezul'taty laboratornogo jeksperimenta kombinirovannogo soshnika [Results of a laboratory experiment of a combined coulter]. *Bulletin NGIEI*. 2020; (5-108): 5-15. (In Russ.).

14 Kukhmazov K.Z. Zyabirov A.I. Tsbizovs E.K. Rezul'taty issledovanij jeksperimental'nogo soshnika sveklovichnoj sejalki [Research results of the experimental coulter beet seeder]. *Volga Region Farmland*. 2017; (4-45): 164-169. (In Russ.).

15 Loparev D.V., Lopareva S.G., Mekshun A.Yu., Mekshun Yu.N. Rezul'taty ispytanij raspredelitel'nyh ustrojstv lapovogo soshnika sternevoj sejalki [Test results of distribution solutions of the paw juicer of a stubble seeder]. *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2021; (4-40): 67-72. (In Russ.).

Информация об авторах

В.А. Цепляев – кандидат технических наук, доцент; AuthorID 469510.

А.Н. Цепляев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; AuthorID 622919.

А.М. Магомедов – аспирант; AuthorID 1147442.

В.В. Тимошенко – кандидат технических наук, доцент; AuthorID 1047890.

Information about the authors

V.A. Tseplyaev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; AuthorID 469510.

A.N. Tseplyaev – Doctor of Agricultural Sciences, Professor; AuthorID 622919.

A.M. Magomedov – Postgraduate Student; AuthorID 1147442.

V.V. Tymoshenko – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; AuthorID 1047890.

Статья поступила в редакцию 22.04.2022; одобрена после рецензирования 26.05.2022; принята к публикации 25.08.2022.

The article was submitted 22.04.2022; approved after reviewing 26.05.2022; accepted for publication 25.08.2022.