

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПОПАДАНИЯ ДРАЖЕ В ОТВЕРСТИЕ ПЕРФОРИРОВАННОЙ ТРУБЫ

Владимир Анатольевич Николаев¹, Ирина Витальевна Кряклина²

¹Ярославский государственный технический университет, Ярославль, Россия

²Ярославский государственный аграрный университет, Ярославль, Россия

¹nikolaev53@inbox.ru, ORCID 0000-0001-7503-6612

²i.kryaklina@yarx.ru, ORCID 0000-0002-2573-9712

Реферат. Для создания оптимальных условий прорастания семян предложен комбинированный агрегат обработки почвы и посева, осуществляющий посев дражированными семенами. Важным элементом устройства размещения семян является перфорированная труба. Предварительно определён оптимальный наружный диаметр, количество отверстий в поперечном сечении перфорированной трубы и угол между осями этих отверстий. Путём моделирования и расчётов установлена корреляция скорости агрегата с диаметром перфорированной трубы при безударном и небезударном попадании драже в отверстие перфорированной трубы. Для правильной конструктивной компоновки высевающего устройства следует рассмотреть другие варианты, в частности, когда драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы. Рассчитаны параметры попадания драже в отверстия перфорированной трубы, когда наружный диаметр перфорированной трубы 200 мм. Установлено, что если драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы более 50 градусов по углу поворота трубы, возможно размещение семян на третьей передаче первого диапазона трактора ХТЗ-17221.

Ключевые слова: комбинированный агрегат обработки почвы и посева, оптимальное размещение семян в почве, устройство размещения семян, перфорированная труба, наружный диаметр, попадание драже в отверстие

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF GETTING DRAGEE INTO THE HOLE OF A PERFORATED PIPE

Vladimir A. Nikolaev¹, Irina V. Kryaklina²

¹Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia

²Yaroslavl State Agrarian University, Yaroslavl, Russia

¹nikolaev53@inbox.ru, ORCID 0000-0001-7503-6612

²i.kryaklina@yarx.ru, ORCID 0000-0002-2573-9712

Abstract. To create optimal conditions for seed germination, a combined tillage and sowing unit is proposed carrying out sowing with coated seeds. An important element of the seed placement device is the perforated pipe. The optimal outer diameter, the number of holes in the cross section of the perforated pipe and the angle between the axes of these holes are preliminarily determined. By modeling and calculations a correlation of the speed of the unit with the diameter of the perforated pipe in case of non-impact and impact hit of dragee into the hole of the perforated pipe was established. For proper structural arrangement of the sowing device other options should be considered, in particular, when the dragee begins to move into the hole of the perforated pipe below the level of the horizontal axis of the perforated pipe. The parameters of dragee getting into holes of perforated pipe when outer diameter of perforated pipe is 200 mm were calculated. It was established that if the dragee begins to move into the hole of the perforated pipe below the level of the horizontal axis of the perforated pipe more than 50 degrees in the angle of rotation of the pipe, it is possible to place seeds on the third gear of the first range of the tractor KhTZ-17221.

Keywords: combined tillage and sowing unit, optimal placement of seeds in soil, seed placement device, perforated pipe, outer diameter, hit of the dragee into the hole

Введение. Несмотря на большое количество научных исследований и конструкторских разработок [1; 2; 3; 4; 5] посевных агрегатов, оптимальный посев зерновых культур пока не достигнут. Ни одна существующая сеялка не обеспечивает оптимальную площадь питания каждого растения, которая представляет квадрат со сторонами приблизительно 40×40 мм. Только при таком расположении семян в почве будут обеспечены оптимальные условия их прорастания и развития.

Для создания оптимальных условий прорастания семян предложен комбинированный агрегат обработки почвы и посева [6], осуществляющий посев дражированными семенами. Для обеспечения рационального размещения семян необходимо теоретически обосновать оптимальные параметры высевного устройства, важнейшим элементом которого является перфорированная труба. Ранее [7; 8; 9] рассмотрена возможность оптимального безударного и небезударного попадания драже в отверстие перфорированной трубы, когда драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы выше уровня её горизонтальной оси.

В процессе размещения семян от воздействия перфорированной трубы и сбрасывателей драже

внутри перфорированной трубы перемещаются не только вдоль неё, но и в вертикальной плоскости, перпендикулярной оси перфорированной трубы. Поэтому значительная часть драже начнёт движение в отверстие ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы. Оценим возможность попадания драже в отверстие перфорированной трубы, когда драже начнёт движение в отверстие ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы.

Методика. Конструкции устройств размещения семян, в которых наружный диаметр перфорированной трубы менее 200 мм, не рассматриваем [7]. Допустим, диаметр перфорированной трубы 200 мм. Расчёты производим, изменяя начало движения драже в отверстие по углу поворота кромки отверстия перфорированной трубы на 10° , 20° и так далее относительно горизонтали, проходящей через её ось. На рисунках 1 и 2 показаны расчётные схемы перемещения драже в отверстие устройства размещения семян с наружным диаметром перфорированной трубы 200 мм.

Из рисунков высоты падения драже, соответственно: 18,5 мм, 12,87 мм, 10,61 мм, 7,51 мм, 6,41 мм, 5,75 мм, 5,28 мм, 5,11 мм. Отсюда,

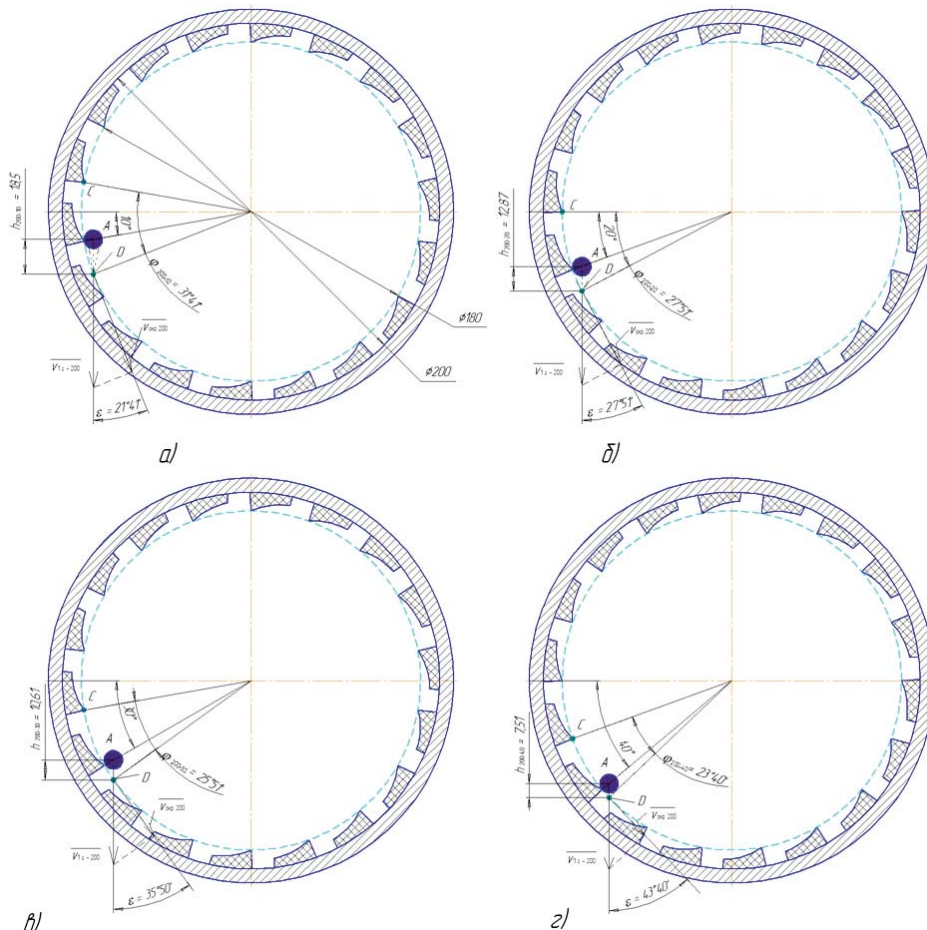


Рисунок 1 – Расчётная схема перемещения драже в отверстие устройства размещения семян: наружный диаметр перфорированной трубы 200 мм, а начало движения драже в отверстие в момент поворота кромки отверстия перфорированной трубы на $10\text{--}40^\circ$ относительно горизонтали, проходящей через её ось

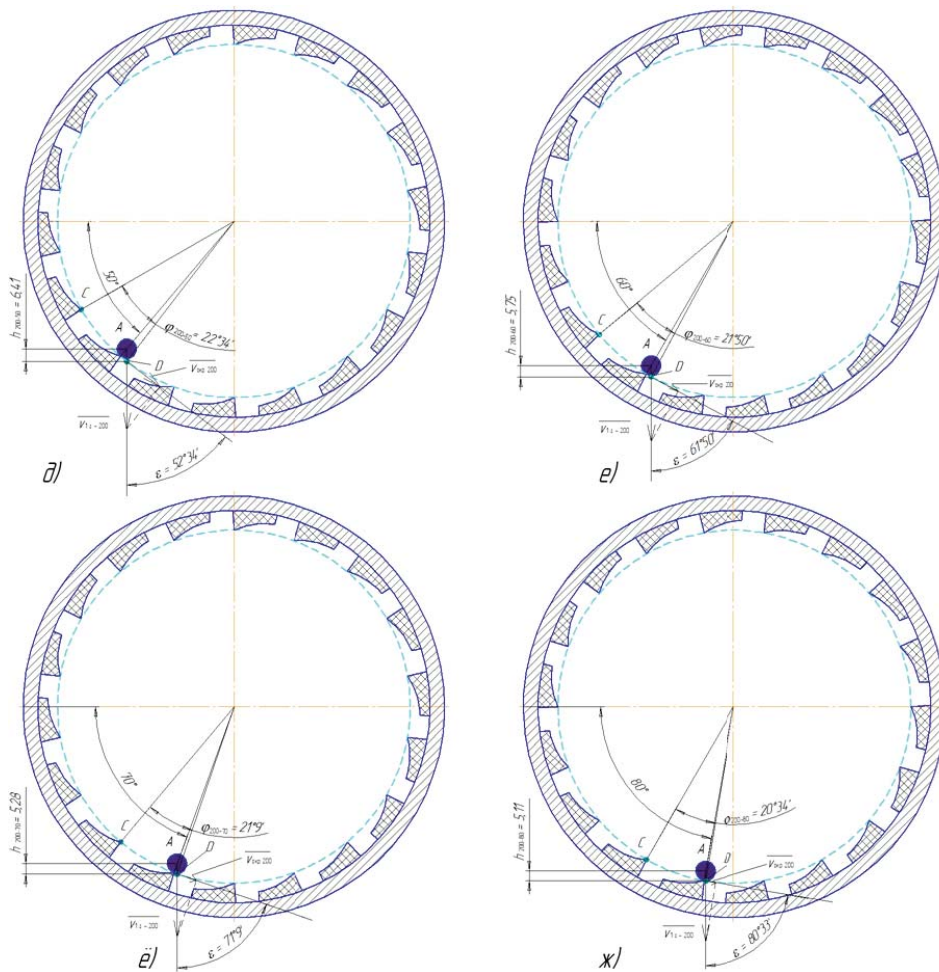


Рисунок 2 – Расчётная схема перемещения драже в отверстие устройства размещения семян, в котором наружный диаметр перфорированной трубы 200 мм, а начало движения драже в отверстие в момент поворота кромки отверстия перфорированной трубы на 50–80° относительно горизонтали, проходящей через её ось

например, время падения драже, когда начало его движения в отверстие в момент поворота кромки отверстия перфорированной трубы на 10° от горизонтали,

$$\tau_{1i} = \sqrt{\frac{2h_i}{g}} \quad (1)$$

$$\tau_{200-10} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,0185}{9,8}} \approx 0,061.$$

Конечная скорость драже $v_{1di} = g\tau_{1i}$ (2)

$$v_{1d-200-10} = 9,8 \cdot 0,061 \approx 0,05978 \text{ м/с.}$$

Проекция конечной скорости драже во время падения на касательную к окружности окружной скорости внутренней поверхности перфорированной трубы из рисунка:

$$v_{di} \cos \varepsilon = v_{окр i} \quad (3)$$

$$v_{окр 200-10} = 0,05978 \cdot \cos 21,68^\circ \approx 0,56 \text{ м/с.}$$

Время поворота перфорированной трубы соответствует времени падения драже. Угловая скорость перфорированной трубы:

$$\omega_{1-200-i} = \frac{\varphi_{200-i}}{\tau_{200-i}} \quad (4)$$

Из рисунков углы поворота перфорированной трубы в радианах, соответственно:

$$\begin{aligned} \varphi_{200-10} &= 0,55 \text{ рад}; \varphi_{200-20} = 0,49 \text{ рад}; \\ \varphi_{200-30} &= 0,45 \text{ рад}; \varphi_{200-40} = 0,41 \text{ рад}; \\ \varphi_{200-50} &= 0,39 \text{ рад}; \varphi_{200-60} = 0,38 \text{ рад}; \\ \varphi_{200-70} &= 0,37 \text{ рад}; \varphi_{200-80} = 0,36 \text{ рад.} \end{aligned}$$

Например, если начало движения драже в отверстие в момент поворота перфорированной трубы на 10°, угловая скорость перфорированной трубы:

$$\omega_{1-200-10} = \frac{0,55}{0,061} \approx 9,06 \text{ рад/с.}$$

Окружная скорость внутренней поверхности перфорированной трубы:

$$v_{окр 1-200-i} = \omega_{1-200-i} r_i.$$

Оценка возможности попадания драже в отверстие перфорированной трубы

Так как внутренний радиус перфорированной трубы $r_{200} = 0,09$ м, то

$$v_{\text{окр}1-200-10} = 9,06 \cdot 0,9 \approx 0,816 \text{ м/с.}$$

За один оборот перфорированной трубы будет помещено в рядок n_{0-i} семян. За одну секунду будет размещено семян в один рядок

$$n_{c-200-i} = \frac{\omega_{1-200-i}}{2\pi} n_{0-i}. \quad (5)$$

Если наружный диаметр перфорированной трубы 200 мм, то за один её оборот попадёт в рядок 18 семян [7]. Тогда за одну секунду будет размещено семян в один рядок

$$n_{c-200-10} = \frac{10}{2 \cdot 3,14} \cdot 18 \approx 26 \text{ шт.}$$

Так как расстояние между семенами $c = 0,04$ м, то расчётная скорость агрегата:

Таблица 1 – Расчёт параметров при размещении семян, когда драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы на уровне и ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы наружным диаметром 200 мм

Начальный угол поворота перфорированной трубы, град.	Высота падения драже, м	Время падения драже, с	Конечная скорость драже, м/с	Окружная скорость драже, м/с	Угол ϕ , рад	Угловая скорость, рад/с	Окружная скорость внутренней поверхности трубы, м/с
0	0,03	0,079	0,774	0,729	0,637	8,063	0,72567
10	0,0185	0,061	0,5978	0,56	0,55288	9,0636	0,815724
20	0,01287	0,051	0,4998	0,44	0,486038	9,530165	0,857715
30	0,01061	0,046	0,4508	0,36	0,450785	9,799681	0,881971
40	0,00751	0,039	0,3822	0,27	0,413089	10,59203	0,953282
50	0,00641	0,036	0,3528	0,21	0,393892	10,94144	0,984729
60	0,00575	0,034	0,3332	0,16	0,380977	11,20522	1,008469
70	0,00528	0,033	0,3234	0,1	0,36911	11,18515	1,006663
80	0,00511	0,032	0,3136	0,05	0,358988	11,21837	1,009653

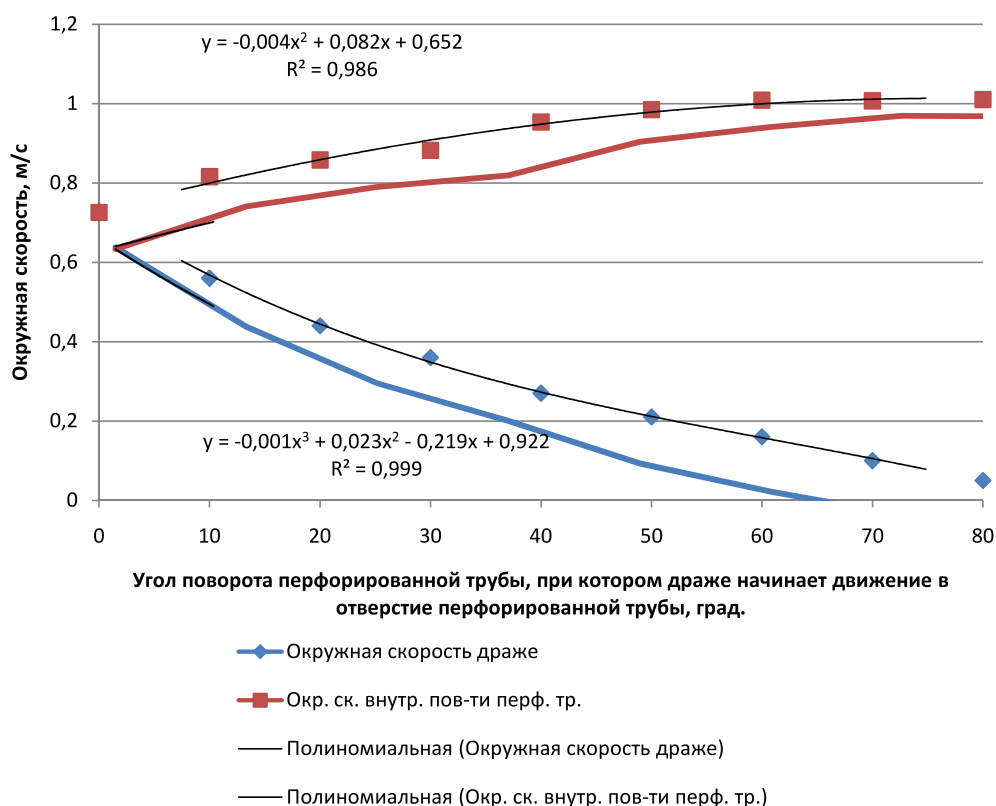


Рисунок 3 – Зависимость окружной скорости драже и окружной скорости перфорированной трубы высевающего устройства, в котором наружный диаметр перфорированной трубы 200 мм, от угла её поворота в момент начала движения драже в отверстие перфорированной трубы

Таблица 2 – Расчёт скорости агрегата, когда драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы на уровне и ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы наружным диаметром 200 мм

Начальный угол поворота перфорированной трубы, град.	Время падения драже, с	Угол поворота перфорированной трубы φ , рад	Угловая скорость, рад/с	Кол-во отверстий в трубе, шт.	Кол-во семян, шт.	Скорость агрегата, м/с
0	0,079	0,637	8,063	18	23,1	0,924
10	0,061	0,55288	9,0636	18	25,97847	1,039139
20	0,051	0,486038	9,530165	18	27,31576	1,09263
30	0,046	0,450785	9,799681	18	28,08826	1,12353
40	0,039	0,413089	10,59203	18	30,35931	1,214372
50	0,036	0,393892	10,94144	18	31,36081	1,254432
60	0,034	0,380977	11,20522	18	32,11686	1,284674
70	0,033	0,36911	11,18515	18	32,05935	1,282374
80	0,032	0,358988	11,21837	18	32,15456	1,286182

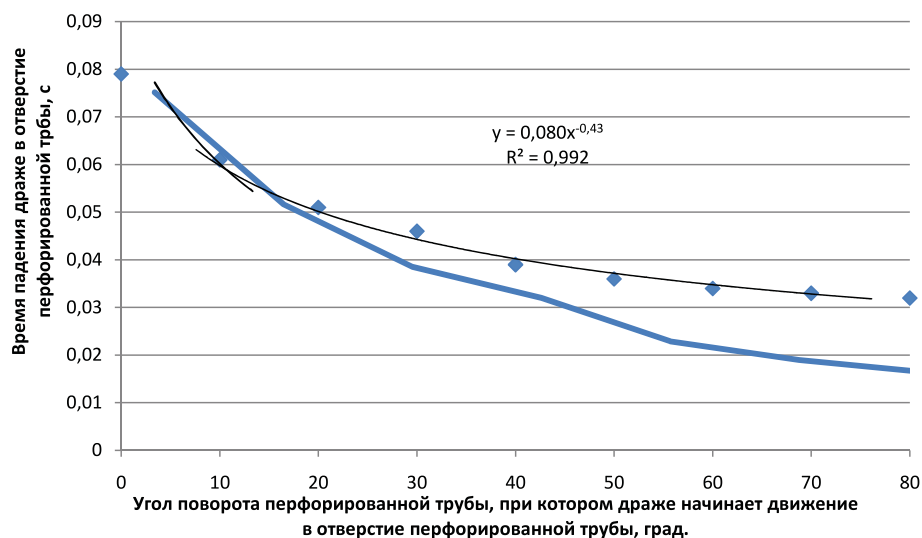


Рисунок 4 – Зависимость времени падения драже в отверстие перфорированной трубы высевающего устройства, в котором наружный диаметр перфорированной трубы 200 мм, от угла её поворота в момент начала движения драже в отверстие перфорированной трубы

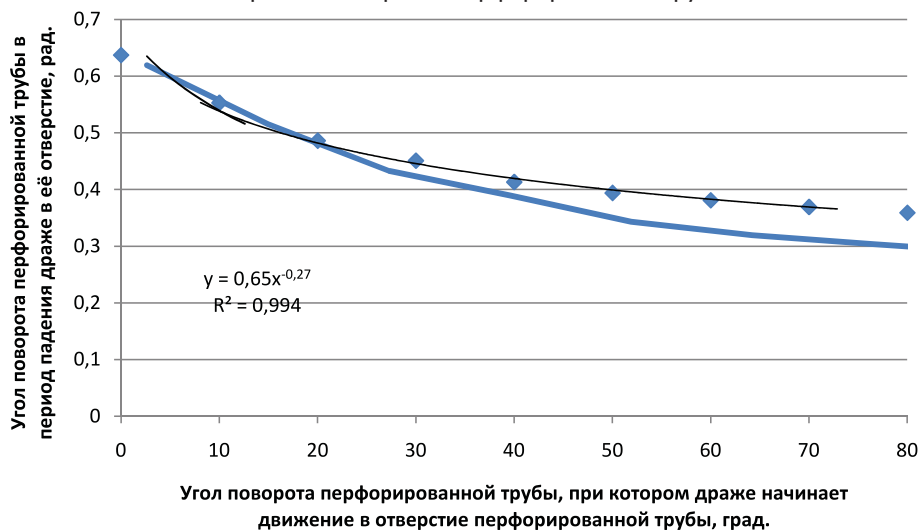


Рисунок 5 – Зависимость угла поворота перфорированной трубы в период падения драже в отверстие перфорированной трубы высевающего устройства, в котором наружный диаметр перфорированной трубы 200 мм, от угла её поворота в момент начала движения драже в отверстие перфорированной трубы

Оценка возможности попадания драже в отверстие перфорированной трубы

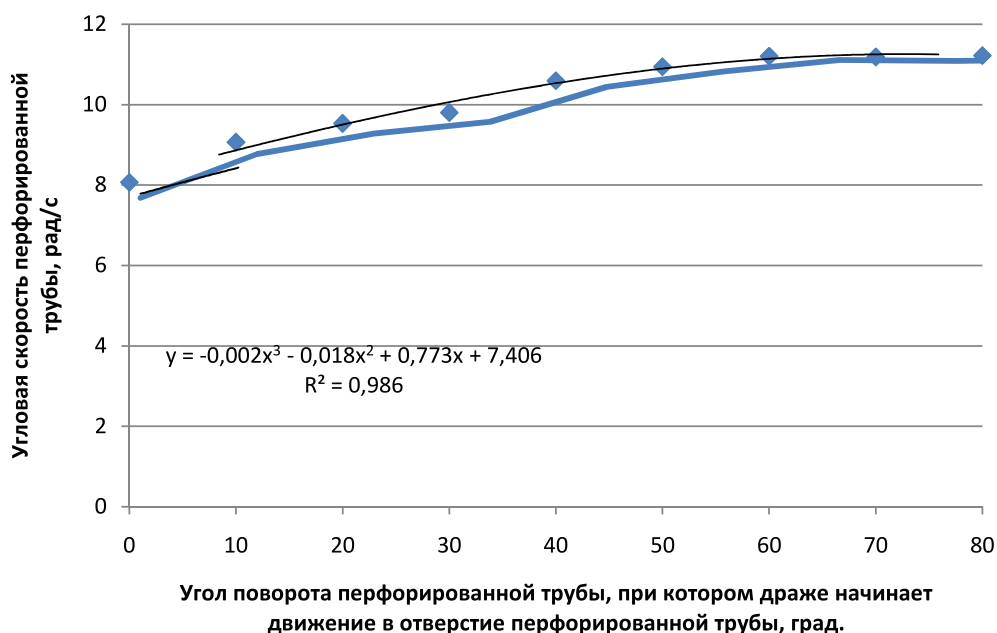


Рисунок 6 – Зависимость угловой скорости перфорированной трубы высевающего устройства, в котором наружный диаметр перфорированной трубы 200 мм, от угла её поворота в момент начала движения драже в отверстие перфорированной трубы

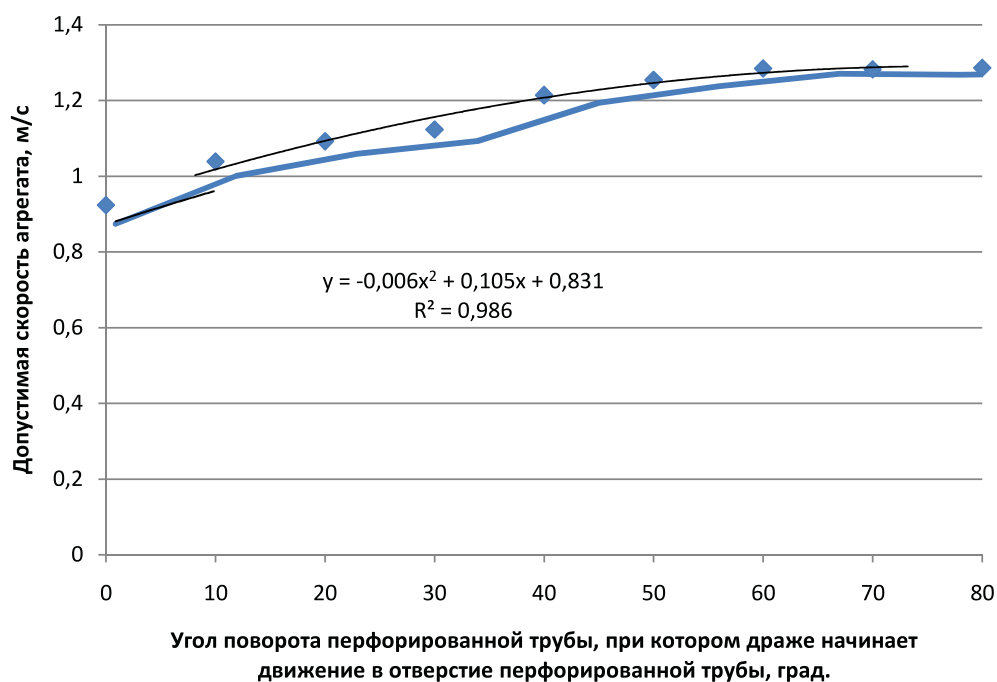


Рисунок 7 – Зависимость допустимой скорости агрегата, в котором наружный диаметр перфорированной трубы высевающего устройства 200 мм, от угла её поворота в момент начала движения драже в отверстие перфорированной трубы

$$v_{\text{арп}} = cn_{c-200-10} \quad (6)$$

Если наружный диаметр перфорированной трубы 200 мм и начало движения драже в отверстие в момент поворота кромки отверстия перфорированной трубы на 10° относительно горизонтали, проходящей через её ось, то расчётная скорость агрегата

$$v_{\text{арп}} = 0,04 \cdot 26 \approx 0,57 \text{ м/с.}$$

Результаты. Расчёты параметров при размещении семян, когда драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы, в таблицах 1 и 2. Для сравнения даны параметры при размещении семян, когда драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы на уровне горизонтальной оси перфорированной трубы. Зависимости параметров показаны на рисунках 3–7.

Окружная скорость драже с увеличением угла поворота перфорированной трубы, при котором драже начинает движение в отверстие, уменьшается, а окружная скорость внутренней поверхности перфорированной трубы увеличивается (см. рис. 3). Чем ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы, тем жёстче будет контакт драже со стенкой отверстия.

Вывод. Скорость агрегата на первом диапазоне, согласно технической характеристике ХТЗ-17221, на первой передаче – 0,93 м/с, на второй – 1,06 м/с, на третьей – 1,25 м/с, на четвёртой – 1,66 м/с. Если драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы более 50 градусов по углу поворота трубы, возможно размещение семян на третьей передаче первого диапазона, если ранее – на первой и второй передачах.

Список источников

1. Скурятин Н. Ф., Мерецкий С. В., Бондарев А. В. Посевная секция зернотуковой сеялки // Достижения науки и техники. 2008. № 9. С. 48–50. ISSN 0235-2451.
2. Федоренко В. Ф., Петухов Д. А., Сердюк В. В. Формирование конструкций многофункциональных почвообрабатывающе-посевных агрегатов // Техника и оборудование для села. 2016. № 5. С. 35–41. ISSN 2072-9642.
3. Бричагина А. А., Степанов Н. В., Пальвинский В. В. Комбинированный агрегат для посева семян рапса // Актуальные вопросы аграрной науки. 2023. № 46. С. 6–13. EDN BAWRMW.
4. Ахалая Б. Х., Шогенов Ю. Х., Старовойтов С. И. [и др.] Многооперационная комбинированная машина // Техника и оборудование для села. 2022. № 10 (304). С. 14–17. DOI10.33267/2072-9642-2022-10-14-17.
5. Альт В. В., Щукин С. Г., Вальков В. А. Концепция развития посевных машин // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 9. С. 44–48. ISSN 0235-2451.
6. Пат. 2407259 С1 Российская Федерация, МПК А01В 49/06 (2006.01), А01В 79/02 (2006.01). Устройство для обработки почвы и посева и способ обработки почвы / Николаев В. А.; патентообладатель ФГОУ ВПО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия». № 2009112969/21 ; заявл. 06.04.2009 ; опубл. 27.12.2010, Бюл. № 36. 16 с.
7. Николаев В. А., Кряклина И. В. Выбор диаметра перфорированной трубы устройства размещения семян в почве // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 1 (57). С. 62–67. DOI 10.35694/YARCX.2022.57.1.010.
8. Николаев В. А., Кряклина И. В. Определение диаметра перфорированной трубы для безударного попадания драже в отверстие // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 3 (59). С. 82–87. DOI 10.35694/YARCX.2022.59.3.011.
9. Николаев В. А., Кряклина И. В. Расчёт возможности оптимального небезударного попадания драже в отверстие перфорированной трубы // Вестник АПК Верхневолжья. № 3. 2023. С. 85–90. DOI 10.35694/YARCX.2023.63.3.011.

References

1. Skuryatin N. F., Meretskij S. V., Bondarev A. V. Posevnaja sekcija zernotukovoj sejalki // Dostizhenija nauki i tehniki. 2008. № 9. S. 48–50. ISSN 0235-2451.
2. Fedorenko V. F., Petukhov D. A., Serdyuk V. V. Formirovanie konstrukcij mnogofunktional'nyh pochvoobrabatyvajushhe-posevnyh agregatov // Tehnika i oborudovanie dlja sela. 2016. № 5. S. 35–41. ISSN 2072-9642.
3. Brichagina A. A., Stepanov N. V., Pal'vinskij V. V. Kombinirovannyj agregat dlja poseva semjan rapsa // Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki. 2023. № 46. S. 6–13. EDN BAWRMW.
4. Akhalaya B. Kh., Shogenov Yu. Kh., Starovojtov S. I. [i dr.] Mnogooperacionnaja kombinirovannaja mashina // Tehnika i oborudovanie dlja sela. 2022. № 10 (304). S. 14–17. DOI 10.33267/2072-9642-2022-10-14-17.
5. Al't V. V., Shchukin S. G., Val'kov V. A. Konceptcija razvitija posevnyh mashin // Dostizhenija nauki i tehniki APK. 2008. № 9. S. 44–48. ISSN 0235-2451.
6. Pat. 2407259 S1 Rossijskaja Federacija, MPK A01V 49/06 (2006.01), A01V 79/02 (2006.01). Ustrojstvo dlja obrabotki pochvy i poseva i sposob obrabotki pochvy / Nikolaev V. A. ; patentoobladatel' FGOU VPO «Jaroslavskaja gosudarstvennaja sel'skohoz'jajstvennaja akademija». № 2009112969/21 ; zajavl. 06.04.2009 ; opubl. 27.12.2010, Bjul. № 36. 16 s.
7. Nikolaev V. A., Kryaklina I. V. Vybora diametra perforirovannoj truby ustrojstva razmeshhenija semjan v pochve // Vestnik APK Verhnevolzh'ja. 2022. № 1 (57). S. 62–67. DOI 10.35694/YARCX.2022.57.1.010.
8. Nikolaev V. A., Kryaklina I. V. Opredelenie diametra perforirovannoj truby dlja bezudarnogo popadanija drazhe v otverstie // Vestnik APK Verhnevolzh'ja. 2022. № 3 (59). S. 82–87. DOI 10.35694/YARCX.2022.59.3.011.

9. Nikolaev V. A., Kryaklina I. V. Raschjot vozmozhnosti optimal'nogo nebezudarnogo popadaniya drazhe v otverstie perforirovannoj trubyy // Vestnik APK Verhnevolzh'ja. № 3. 2023. S. 85–90. DOI 10.35694/YARCX.2023.63.3.011.

Сведения об авторах

Владимир Анатольевич Николаев – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры строительных и дорожных машин, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный технический университет», spin-код: 8865-0397.

Ирина Витальевна Кряклина – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры механизации сельскохозяйственного производства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный аграрный университет», spin-код: 3671-5289.

Information about the authors

Vladimir A. Nikolaev – Doctor of Technical Sciences, Docent, Professor of the Department of Construction and Road Machines, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Technical University", spin-code: 8865-0397.

Irina V. Kryaklina – Candidate of Technical Sciences, Docent, Professor of the Department of the Department of Agricultural Production Mechanization, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Yaroslavl State Agrarian University", spin-code: 3671-5289.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

**Официальный сайт
ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ»:**

www.yaragrovuz.ru

РУБРИКИ САЙТА:

Сведения об образовательной организации –
– Агросоветник – Образование – Абитуриенту –
– Наука и международная деятельность
(в том числе научный журнал «Вестник АПК Верхневолжья») –
– Дополнительное образование – Факультеты

Все выпуски журнала «Вестник АПК Верхневолжья» в полнотекстовом формате,
требования к оформлению рукописей, контакты на страничке:

<http://yaragrovuz.ru/index.php/nauka-i-mezhdunarodnaya-deyatelnost/zhurnal-vestnik-apk-vekhnevolzhya>

