

DOI  
УДК 631.331.022

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПИТАЮЩЕГО ОКНА ДИСКОВО-ЛЕНТОЧНОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА

**Крючина Наталья Викторовна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: natali24.86@mail.ru

**Мишанин Александр Леонидович**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: Mishanin\_al@mail.ru

**Машков Сергей Владимирович**, канд. экон. наук, зав. кафедрой «Электрификация и автоматизация АПК», ФГБОУ ВО Самарский ГАУ.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: mash\_ser@mail.ru

**Шуков Александр Васильевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация технологических процессов в АПК», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: sashka-shukov@yandex.ru

**Ключевые слова:** посев, семена, дозирование, сеялка, подача, параметры.

*Цель исследований – повышение качества распределения семян в рядке за счет совершенствования конструктивно-технологических параметров дисково-ленточного высевающего аппарата для селекционной сеялки. Основной задачей процесса посева является оптимальное размещение семян в почве с целью обеспечения оптимальных условий для их прорастания и дальнейшего развития растений, что способствует повышению полевой всхожести и урожайности сельскохозяйственных культур в целом. Для получения высоких и устойчивых урожаев высевающие аппараты должны обеспечивать непрерывный и равномерный поток семян, устойчивость установленной нормы высева, возможность высева семян различных культур, минимальное повреждение высеваемых семян, легкую и удобную установку на заданную норму высева. Исследования проводились на базе Самарского ГАУ. Представлена конструктивно-технологическая схема дисково-ленточного высевающего аппарата. Проведены теоретические исследования питающего окна приемной камеры бункера и лабораторные исследования, что позволило оптимально подобрать конструктивные параметры работы дисково-ленточного высевающего аппарата для получения равномерного непрерывного потока семян. Получено выражение для оптимальной величины открытия питающего окна в зависимости от конструктивных и технологических параметров подающего ролика и свойств семенного материала. Проведены лабораторные исследования по изучению зависимости подачи дисково-ленточного высевающего аппарата от конструктивно-технологических параметров работы. Все эксперименты проводились на одном высевающем аппарате в лабораторных условиях на стендовой установке по общепринятой методике исследований высевающих аппаратов. Методика исследования предусматривала на основе уравнения производительности дисково-ленточного высевающего аппарата определить минимальную необходимую величину открытия питающего окна высевающего аппарата. Были получены оптимальные экспериментальные значения подачи высевающего аппарата  $Q_{(мин)} = 0,083$  кг/мин и  $Q_{(макс)} = 0,2$  кг/мин, при которых обеспечивается необходимая норма высева и равномерный поток семян.*

**THEORETICAL JUSTIFICATION OF DESIGN  
AND PROCESS DEPENDENT PARAMETERS  
OF A SUPPLY PORT OF A BELT FEED WITH DISKS**

**N. V. Kryucina**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Agricultural Machines and Mechanization of Animal Husbandry», FSBEI HE Samara State Agrarian University, 446442, Samara region, settlement Ust-Kinelsky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: natali24.86@mail.ru

**A. L. Mishanin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Agricultural Machines and Mechanization of Animal Husbandry», FSBEI HE Samara State Agrarian University.

446442, Samara region, settlement Ust-Kinelsky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: Mishanin\_al@mail.ru

**S. V. Mashkov**, Candidate of Economic Sciences, Head of the Department «Electrification and Automation of the Agro-industrial Complex», FSBEI HE Samara State Agrarian University.

446442, Samara region, settlement Ust-Kinelsky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: mash\_ser@mail.ru

**A. V. Shukov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Mechanization of Technological Processes in the Agro-industrial Complex», FSBEI HE Penza State Agrarian University.

440014, Penza, Botanicheskaya street, 30.

E-mail: sashka-shukov@yandex.ru

**Keywords:** sowing, seeds, dosing, seed, feed, parameters.

The purpose of the research is to improve the quality of sowing in a row by improving the design and process dependent parameters of a belt feed with disks for a nursery planter. The main task of the sowing process is the best possible seeding into the soil in order to ensure the best conditions for their germination and further crop yield in general. To obtain high and stable yields, seeding machines must ensure a continuous and even seeding, the stability of standard quantity of seed per hectare, possibility of seeding various crops, minimal damage, easy and convenient feed for a required seeding rate. The research was conducted on the basis of the Samara State Agrarian University. The design and process dependent scheme of a belt seeding machine with disks was presented. Theoretical studies of the supply port of the tanker feed chamber and laboratory tests were carried out, which made it possible to select the best design parameters of the belt feed with disks to obtain even continuous seeding. An expression is obtained for optimal value of the supply port opening, depending on the design and process dependent parameters of the feed roller and properties of seed. Laboratory studies were carried out to value the dependence of the supply of a belt feed with disks on the design and process dependent parameters of operation. All experiments were carried out involving sole feeding machine in laboratory conditions on a bench maintenance test set. The research methodology provided for determining the minimum required opening value of the supply port of a belt feed with disks on the basis of its operational performance equation. The optimal experimental values of seeding of a feed  $Q_{(min)} = 0.083$  kg/min and  $Q_{(max)} = 0.2$  kg/min were obtained, at which necessary standard quantity of seed per hectare and even seeding is provided.

В получении хорошего урожая главную роль играет качественный посев с равномерным распределением семян в рядке. Основной задачей процесса посева является оптимальное размещение семян в почве с целью обеспечения оптимальных условий для прорастания семян и дальнейшего развития растений, что способствует повышению полевой всхожести и урожайности сельскохозяйственных культур в целом. Качество посева мелкосеменных культур зависит от качества работы высевающего аппарата сеялки. Для получения высоких и устойчивых урожаев высевающие аппараты должны обеспечивать непрерывный и равномерный поток семян, устойчивость установленной нормы высева, возможность высева семян различных культур, минимальное повреждение высеваемых семян, легкую и удобную установку на заданную норму высева. Используемые селекционные сеялки, как правило, оснащены катушечными высевающими аппаратами, которые не позволяют получить высокую равномерность распределения семян катушкой, при этом посевы получаются неравномерными – со сгущением или разрежением растений в рядке [4, 6], что, в конечном счете, приводит к снижению урожайности. Поэтому исследования, направленные на совершенствование процесса дозирования семян высевающими аппаратами селекционных сеялок, имеют важное научное и практическое значение для АПК.

**Цель исследований** – повышение качества распределения семян в рядке за счет совершенствования конструктивно-технологических параметров дисково-ленточного высевающего аппарата для селекционной сеялки.

**Задачи исследований** – провести теоретический анализ технологического процесса дозирования семян экспериментальным высевающим аппаратом и получить теоретические

зависимости по определению конструктивных параметров питающего окна приемной камеры бункера.

Для повышения качества распределения семян в рядке был разработан дисково-ленточный высевальный аппарат для селекционной сеялки, который позволяет создавать равномерный исходный семенной поток.

**Материал и методы исследований.** Для обеспечения технологического процесса разработана конструктивно-технологическая схема дисково-ленточного высевального аппарата, представленная на рисунке 1, новизна которого подтверждена патентом РФ № 2412578 «Высевальный аппарат» [1]. Дисково-ленточный высевальный аппарат состоит из следующих основных элементов: бункер 5, высевальный диск 2, эластичная прижимная лента 8, подающий 4 и натяжной 7 ролики, ведущий ролик 6 и заслонка 12.

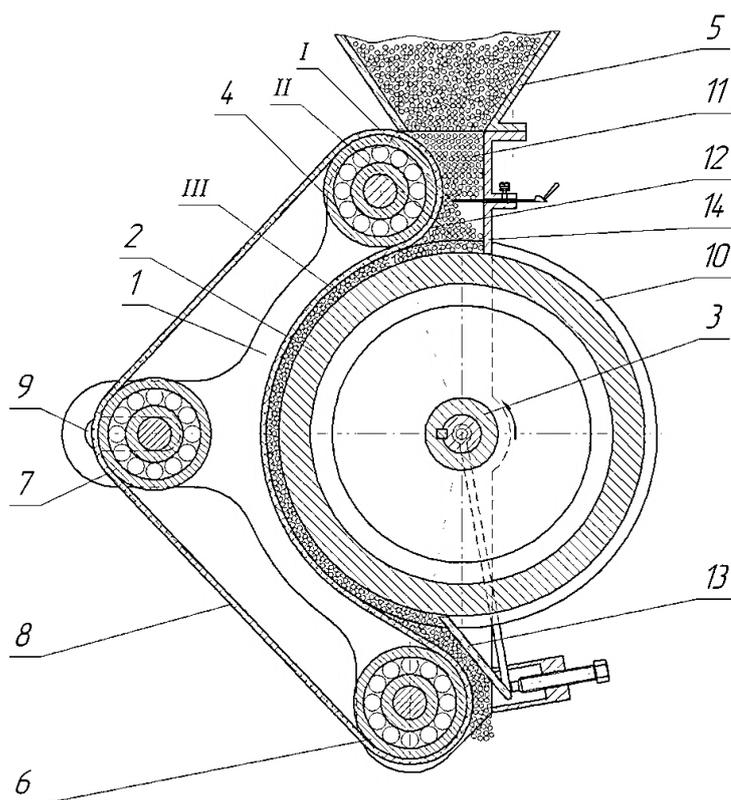


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема дисково-ленточного высевального аппарата:

1 – пластина; 2 – высевальный диск; 3 – приводной вал; 4 – подающий ролик; 5 – бункер; 6 – ведущий ролик; 7 – натяжной ролик; 8 – эластичная лента; 9 – паз; 10 – кольцевой канал диска; 11 – приемная камера; 12 – заслонка; 13 – наклонный козырек

Экспериментальный высевальный аппарат работает следующим образом. Начинает вращаться высевальный диск 2, семена, идущие из бункера 5, увлекаются подающим роликом 4. Кольцевой канал диска 10 и подающий ролик 4 формируют с запасом на уплотнение относительно рыхлый начальный поток семян, ограниченный горизонтально регулируемой заслонкой 12. Затем семенной поток поступает в кольцевой канал 10 и уплотняется за счёт взаимодействия со сходящим с подающего ролика 4, эластичной ленты 8 и высевального диска 2 [2].

Следовательно, в кольцевом канале 10 высевального диска 2 образуется равномерно распределённый по поперечному сечению канала 10 и вдоль него семенной поток, перемещаемый к ведущему ролику 6 на высев (А. О. Спиваковский, 1986).

Проанализировав взаимодействие семян с рабочими органами высевального аппарата, весь технологический процесс дозирования разделили на следующие этапы (рис. 1):

- формирование подающим роликом 4 рыхлого потока семян, стабилизируемого заслонкой 12 в приемной камере 11 бункера 5;
- равномерное распределение и уплотнение рыхлого потока семян эластичной лентой 8 в

кольцевом канале 10 высевающего диска 2;

– транспортировка семян, расположенных в кольцевом канале диска и уплотнённых лентой.

**Результаты исследований.** Общая производительность  $Q$  дисково-ленточного высевающего аппарата определяется конструктивно-кинематическими параметрами взаимодействующих между собой подающего ролика 4 и высевающего диска 2, фрикционными свойствами транспортирующей ленты 8 и физико-механическими свойствами семенного материала. Учитывая, что формирование семенного потока осуществляется в три этапа, для обеспечения неразрывности потока семян должно выполняться условие  $Q_I \geq Q_{II}$ , из которого следует, что общая производительность высевающего аппарата будет определяться величиной  $Q_{II}$ , имеющей минимальное значение.

Для выполнения условия  $Q_I \geq Q_{II}$  необходимо провести теоретические исследования зависимости производительности  $Q_I$  потока семян, формируемого подающим роликом 4 и стабилизируемого заслонкой 12 в приёмной камере 11 бункера 5.

Известно, что объёмная подача семенного материала определяется зависимостью

$$Q_I = \mathcal{G}_{cp} S_{II}, \quad (1)$$

где  $\mathcal{G}_{cp}$  – средняя скорость потока семенного материала, м/с;

$S_{II}$  – площадь поперечного сечения потока семенного материала, м<sup>2</sup>;

$$S_{II} = b_0 \Delta, \quad (2)$$

где  $b_0 = b_p$  – ширина питающего окна, равная ширине подающего ролика и транспортирующей ленты, м;

$\Delta$  – величина открытия заслонки, м.

Средняя скорость  $\mathcal{G}_{омг}$  потока семенного материала через питающее окно бункера можно представить выражением (Р. Л. Зенков, 1952):

$$\mathcal{G}_{омг} = \lambda \sqrt{2gh_б}, \quad (3)$$

где  $\lambda$  – эмпирический коэффициент истечения сыпучего материала;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$h_б$  – высота насыпи семенного материала в бункере, м.

Коэффициент  $\lambda$  истечения сыпучего материала можно представить зависимостью от коэффициента  $f_г$  внутреннего трения семенного материала:

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2 + 4f_г^2 - 2\sqrt{f_г^2 + f_г^2}}}, \quad (4)$$

где  $f_г$  – коэффициент внутреннего трения семенного материала.

Истечение семенного материала из выпускного отверстия бункера происходит не только под давлением верхних слоев семян, но и под воздействием поверхности транспортирующей ленты, огибающей подающий ролик и движущейся вместе с семенным потоком со скоростью  $\mathcal{G}_л$  [5] (рис. 2):

$$\mathcal{G}_л = \omega_p r_p, \quad (5)$$

где  $\omega_p$  – окружная скорость вращения подающего ролика, с<sup>-1</sup>;

$r_p$  – радиус кривизны рабочей поверхности транспортирующей ленты, огибающей подающий ролик, м.

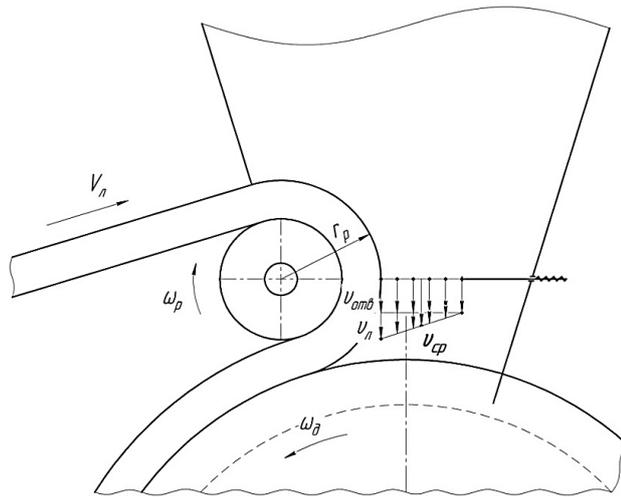


Рис. 2. Эюра скоростей подачи семенного материала через питающее окно

Поэтому, учитывая небольшие размеры питающего окна и невысокие скорости истечения семенного материала, можно сделать допущение, что средняя скорость  $\mathcal{G}_{cp}$  потока семян через питающее окно приёмной камеры бункера высевающего аппарата с достаточной точностью определяется выражением:

$$\mathcal{G}_{cp} = \mathcal{G}_{отб} + \frac{\mathcal{G}_л}{2}. \quad (6)$$

Таким образом, средняя скорость  $\mathcal{V}_{cp}$  потока семян на первом этапе, с учетом зависимостей (3) и (5), определится следующим выражением:

$$\mathcal{G}_{cp} = \sqrt{\frac{gh_0}{1 + 2f_0^2 - \sqrt{f_0^2 + f_0^2}}} + \frac{\omega_p r_p}{2}. \quad (7)$$

При этом конструктивно-технологические параметры питающего окна приемной камеры бункера дисково-ленточного высевающего аппарата должны обеспечить выполнение условия производительности  $Q_I \geq Q_{II}$ . Поэтому с учётом (1) и (2) можно записать [7, 8]

$$Q_{II} \leq \mathcal{G}_{cp} b_0 \Delta. \quad (8)$$

Тогда, минимальная величина  $\Delta_{min}$  открытия питающего окна, с учётом зависимости (6), определится следующим образом:

$$\Delta_{min} = \frac{Q_{II}}{\left( \sqrt{\frac{gh_0}{1 + 2f_d^2 - \sqrt{f_0^2 + f_0^2}}} + \frac{\omega_p r_p}{2} \right) b_0}. \quad (9)$$

Зависимость (9) позволяет определить минимально необходимую величину открытия питающего окна в зависимости от конструктивных и технологических параметров подающего ролика  $(\omega_p, b_0, r_p)$  и свойств семенного материала  $(f_0)$ . Причём максимальное значение величины открытия питающего окна  $\Delta$  должно быть не менее  $\Delta_{min}$  для максимальной подачи дисково-ленточного высевающего аппарата.

Для изучения процесса дозирования семян экспериментальным дисково-ленточным высевающим аппаратом и исследования влияния конструктивных параметров аппарата на подачу проводились лабораторные исследования (Б. А. Доспехов, 1985).

Для того чтобы узнать влияние основных показателей на технологический процесс высева, интервалы и границы изменений выбирались на основе измерений опытным путем.

Все эксперименты проводились на одном высевальном аппарате в лабораторных условиях на стендовой установке (рис. 3) по общепринятой методике исследования высевальных аппаратов. Исходный материал – семена мальвы.

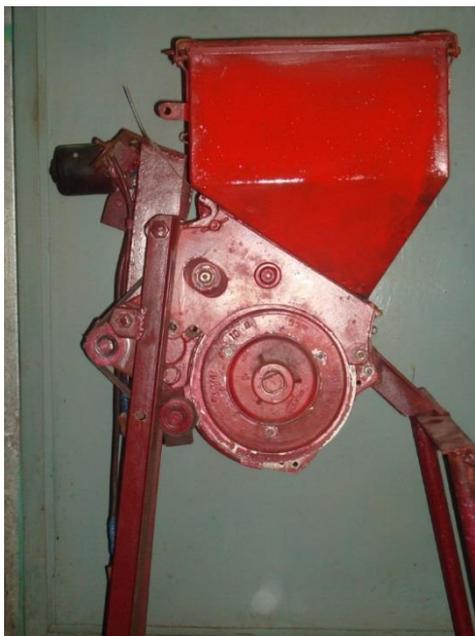


Рис. 3. Экспериментальный высевальный аппарат

Для изучения зависимости подачи дисково-ленточного высевального аппарата от физико-механических свойств семян мальвы, конструктивных и технологических параметров был реализован многофакторный эксперимент (табл. 1).

Таблица 1

Результаты эксперимента по исследованию подачи

№	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1x_2x_3$	$Y_{cp}$
1	1	1	1	1	1	1	1	1	26,47
2	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	4,68
3	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	12,38
4	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	2,61
5	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	4,20
6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1,20
7	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	0,87
8	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	0,26

Полученные данные проверены на однородность и оказались значимыми. Получено уравнение регрессии, описывающее подачу высевального аппарата.

$$Q = 6,5825 + 4,3953x_1 + 2,5542x_2 + 4,9521x_3 + 1,8014x_1x_2 + 3,4924x_1x_3 + 1,4865x_2x_3 + 1,2024x_1x_2x_3, \quad (10)$$

где  $x_1$  – частота вращения диска в закодированном виде;

$x_2$  – площадь поперечного сечения канавки диска в закодированном виде;

$x_3$  – высота открытия заслонки в закодированном виде.

На рисунке 4 представлен график значимости факторов (все факторы значимы).

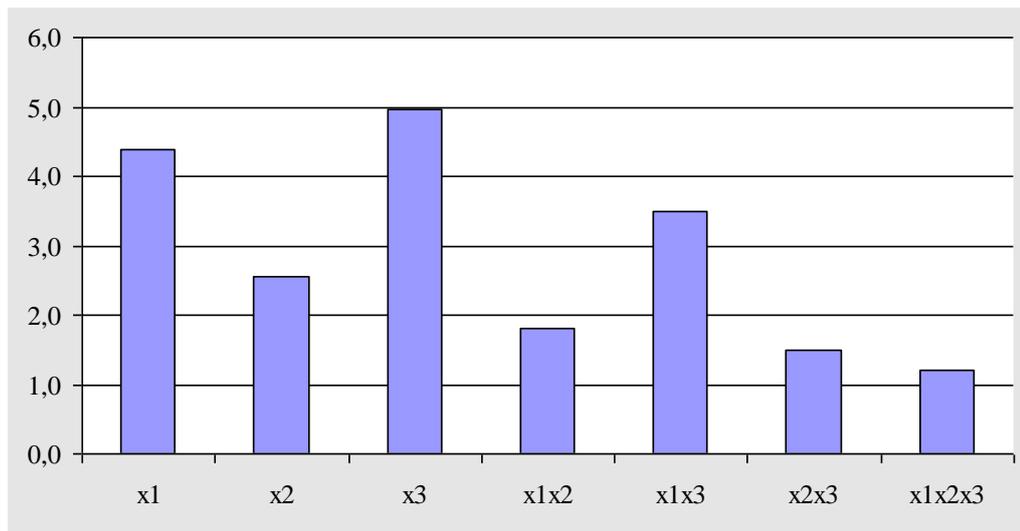


Рис. 4. Значимость факторов

После раскодирования факторов уравнение регрессии примет вид

$$Q = -10,231 + 1,6923n + 0,2607S + 0,72326h - 0,0541nS - 0,1346nh - 0,0184Sh + 0,0048nSh, \quad (11)$$

где  $n$  – частота вращения диска, мин<sup>-1</sup>;

$S$  – площадь поперечного сечения канавки диска, мм<sup>2</sup>;

$h$  – высота открытия заслонки, мм.

При зафиксированной площади сечения канавки диска на трёх уровнях по зависимости (11) можно построить поверхность отклика [2, 3]. При этом уравнение регрессии примет вид (рис. 5):

$$Q^{S=42,5} = 0,8488 - 0,6082n - 0,0573h + 0,0698nh. \quad (12)$$

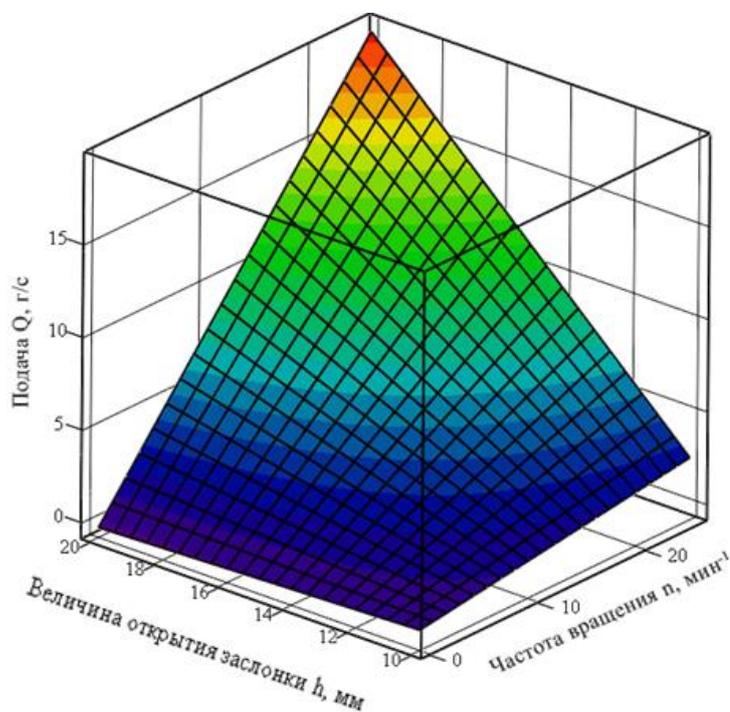


Рис. 5. Зависимость подачи дисково-ленточного высевающего аппарата от частоты вращения диска и высоты открытия заслонки при площади сечения канавки диска  $S = 42,5$  мм<sup>2</sup>

Учитывая агротехнические требования, сеялка при посеве деленок сортоиспытания и предварительного размножения должна обеспечивать норму высева 5-12 кг/га. Следовательно, при пересчёте на минутную подачу, экспериментальный высевающий аппарат на сеялке должен обеспечивать  $Q_{(мин)} = 0,083$  кг/мин и  $Q_{(макс)} = 0,2$  кг/мин.

**Заключение.** Экспериментальный дисково-ленточный высевающий аппарат выполняет необходимые нормы высева согласно агротехническим требованиям для селекционных сеялок. Применение предлагаемого дисково-ленточного высевающего аппарата с обоснованием конструктивных и технологических параметров питающего окна приемной камеры бункера позволит равномерно подавать семенной материал за счет предварительного уплотнения до оптимальной величины и необходимой нормы высева, тем самым повышать качество распределения семян в рядке и качество работы селекционной сеялки.

#### Библиографический список

1. Пат. 2412578 Российская Федерация, МПК А01С7/16. Высевающий аппарат / Петров А. М., Васильев С. А., Зелева Н. В., Петров М. А. – №2009140536/21 ; заявл. 02.11.2009 ; опубл. 27.02.2011, Бюл. №6. – 3 с.
2. Петров, А. М. Повышение качества посева мелкосеменных культур в селекционном производстве / А. М. Петров, Н. В. Зелева // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – №3. – С.19-23.
3. Зелева, Н. В. Повышение качества посева семян мальвы селекционной сеялкой с обоснованием параметров дисково-ленточного высевающего аппарата : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Зелева Наталья Викторовна. – Пенза, 2012. – 149 с.
4. Ларюшин, Н. П. Высевающий аппарат для зерновой сеялки / Н. П. Ларюшин, А. В. Шуков // Образование, наука, практика: инновационный аспект : материалы Международной научно-практической конференции. – Пенза : Пензенский ГАУ, 2008. – С. 206.
5. Кувайцев, В. Н. Теоретические исследования технологического процесса работы катушечного высевающего аппарата с увеличенным объемом желобков / В. Н. Кувайцев, Н. П. Ларюшин, А. В. Шуков, Р. Р. Девликамов // Нива поволжья. – 2014. – №2(31). – С. 58-64.
6. Крючин, Н. П. Селекционная сеялка для трудносypучих мелкосеменных культур / Н. П. Крючин, С. В. Вдовкин, П. В. Крючин // Сельский механизатор. – 2015. – №3. – С. 17.
7. Парфенов, О. М. Система для дифференцированного посева зерновых / О. М. Парфенов, С. А. Иванайский // Инновационные достижения науки и техники АПК : сборник научных трудов. – Кинель : РИЦ Самарской ГСХА, 2017. – С.693-697.
8. Денисов, С. В. Методика определения коэффициента трения кормов и анализ экспериментальных данных / Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. – №3. – С.157-161.

#### References

1. Petrov, A. M., Vasil'ev S. A., Zeleva N. V., & Petrov M. A. (2011). Visevaiushchii apparat [Sowing machine]. *Patent 2412578 Russian Federation, 2009140536/21* [in Russian].
2. Petrov, A. M., & Zeleva N. V. (2010). Povishenie kachestva poseva melkosemennih kultur v selekcionnom proizvodstve [Improving the quality of small-seeded crops in plant breeding centers]. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii – Bulletin Samara state agricultural academy*, 3, 19-23 [in Russian].
3. Zeleva, N. V. (2012). Povishenie kachestva poseva semian malivi selekcionnoi seialkoi s obosnovaniem parametrov diskovo-lentochnogo visevaiushchego apparata [Improving the quality of mallow seeding by a nursery planter justifying parameters of a belt feed with disks]. *Candidate's thesis*. Penza [in Russian].
4. Laryushin, N. P., & Shukov, A. V. (2008). Visevaiushchii apparat dlia zernovoi seyalki [Grain Seeder drill]. Education, science, practice: innovative aspect '08: *materiali Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferencii – materials of the International scientific-practical conference*. (p. 206). Penza: PC Penza State Agrarian University [in Russian].
5. Kuvaytsev, V. N., Laryushin, N. P., Shukov, A. V., & Devlikamov, R. R. (2014). Teoreticheskie issledovaniia tekhnologicheskogo processa raboti katushechnogo visevaiushchego apparata s uvelichennim obiemom zhelobkov [Survey of operational process of a roller feed with boost grooves]. *Niva Povolzh'ia – Niva Povolzhya*, 2(31), 58-64 [in Russian].
6. Kryuchin, N. P., Vdovkin, S. V., & Kryuchin, P. V. (2015). Selekcionnaia seialka dlia trudnosipuchih melkosemennih kultur [A nursery planter for non-free running small-seeded crop]. *Sel'skii mekhanizator – Selskiy Mechanizator*, 3, 17 [in Russian].

7. Parfenov, O. M., & Ivanayskiy, S. A. (2017). Sistema dlia differencirovannogo poseva zernovih [Feeders for seeding of grain]. Innovative achievements of science and technology of agro-industrial complex 17: *sbornik nauchnyh trudov – collection of scientific papers*. (pp. 693-697). Kinel: PC Samara SAA [in Russian].
8. Denisov, S. V. (2008). Metodika opredeleniia koefficienta treniia kormov i analiz eksperimentalnih dannih [Ways for determining the coefficient of feed friction and analysis of experimental data]. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii – Bulletin Samara state agricultural academy*, 3, 157-161 [in Russian].