ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

05.20.00 Процессы и машины агроинженерных систем

УДК 633.63

DOI: 10.36461/NP.2020.54.1.018

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВАЛЬЦОВОГО ТРАНСПОРТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

*В. А. Овтов, канд. техн. наук, доцент; А. В. Поликанов, канд. техн. наук, доцент;
А. А. Орехов, канд. техн. наук, доцент; В. В. Шумаев, канд. техн. наук, доцент;
В. М. Гудин, студент*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет»,
Россия, e-mail: ovtov.v.a@pgau.ru

Эффективность выращивания сахарной свеклы зависит от многих факторов, таких как погодные условия, соблюдение технологии, наличие современной техники, своевременное внесение удобрений и качество используемых семян. В настоящее время до 95 % семян сахарной свеклы импортируются из-за границы. Модернизация производства, разработка необходимой семеноводческой сельскохозяйственной техники приобретает актуальное значение. Задача обеспечения полностью автоматизированной технологической цепочки от выборки маточников сахарной свеклы из бункера до их посадки в современных посадочных машинах на данный момент полностью не решена. В статье рассмотрены теоретические исследования геометрических и кинематических параметров вальцов, имеющих винтовую навивку с переменным шагом при транспортировании маточников сахарной свеклы к высаживающему аппарату. Полученные результаты проведенных исследований позволяют обосновывать геометрические и кинематические параметры вальцового транспортирующего устройства при заданной норме посадки маточников сахарной свеклы и, тем самым, полностью механизировать процесс посадки маточников сахарной свеклы.

Ключевые слова: вальцы, винтовая навивка, сахарная свекла, скорость, шаг.

Введение

В общем объеме производства овощей сахарная свекла занимает ведущее положение, однако, существующая в настоящий момент в России структура производства семян сахарной свеклы не способна обеспечить потребность производителей отечественным семенным материалом, что приводит к высокой доли зависимости от импорта [1-5, 15-16].

Существующие ориентирующие устройства, используемые на машинах для посадки маточных корнеплодов сахарной свеклы, не позволяют полностью механически обеспечить их поштучную подачу к высаживающему аппарату, сориентировать высаживаемый корнеплод и требуют затрат труда, связанных с ручным ориенти-

рованием [1-9, 11].

Целью работы является теоретическое исследование геометрических и кинематических параметров вальцового транспортирующего устройства, обеспечивающего поштучную подачу к высаживающему аппарату.

Методы и материалы

Схема ориентирующих вальцов, имеющих переменный шаг навивки, представлена на рисунке 1. Она включает в себя приемник (1), установленный над цилиндрической частью вальцов (2), состоящих из двух частей, цилиндрической части вальцов, имеющих винтовую навивку с переменным шагом, и гладкой конусной, под которой расположены улавливающие лотки (3), закрепленные на коленчатых валах высаживающего аппарата (4) [5-6].

Рис. 1. Схема транспортирующего устройства

Принцип работы транспортирующего устройства для поштучной подачи состоит в следующем. Корнеплоды, попадая на цилиндрическую часть валцов, рассредоточиваются за счет вращения и имеющейся навивки с переменным шагом. Перемещаясь к конусной части валцов, они острым концом проваливаются в щель между вращающимися валцами, а улавливающие лотки, закрепленные на коленчатых валах высаживающего аппарата (4), поштучно ухватывают провалившийся корнеплод и подают его в высаживающую воронку острым концом вниз.

Как видно из принципа работы транспортирующего устройства, рабочим органом в нем являются валцы, имеющие навивку с переменным шагом.

Результаты

Для того, чтобы рассредоточить корнеплоды по длине цилиндрической части валцов предусмотрена винтовая навивка с переменным шагом. Следовательно, необходимо определить закон изменения и

геометрические параметры переменного шага навивки. Из курса начертательной геометрии известно, что определяющими параметрами винтовой линии на цилиндрической поверхности являются диаметр (D), шаг (p) и угол подъема винтовой линии (φ) (рис. 2) [10].

Шаг навивки с диаметром вальца и углом подъема винтовой линии связан следующей зависимостью

$$p = \pi \cdot D \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

где D – диаметр транспортирующего вальца (м) больше максимального диаметра корнеплодов, $D_{\max} = 0,150$ м, по агротехническим требованиям.

В виду того, что диаметр вальца (D) величина постоянная для того, чтобы шаг навивки был переменный, угол подъема винтовой линии должен изменяться по определенному закону. Предлагается, что угол подъема винтовой линии изменяется по закону арифметической прогрессии [12]:

Рис. 2. Параметры винтовой линии

$$\varphi_n = \varphi_1(n-1) \cdot d,$$

где φ_1 – первый член арифметической прогрессии, град;

n – порядковый член арифметической прогрессии;

d – шаг разности прогрессии.

Исходя из выше изложенного, переменный шаг винтовой наливки определится следующим образом:

$$p_i = \pi \cdot D [\operatorname{tg}(\varphi_n = \varphi_1(n-1) \cdot d)].$$

Первый член арифметической прогрессии угла подъема винтовой линии определится по формуле

$$\varphi_1 = \arctg \frac{p_1}{\pi \cdot D},$$

где p_1 – шаг первого витка винтовой наливки, равный средней длине маточника корнеплода, м.

Шаг винтовой наливки транспортирующих вальцов определяется по выражению [13]

$$p = K_{\text{в}} \cdot D,$$

где D – диаметр транспортирующего вальца (м) больше максимального диаметра корнеплодов;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент, зависящий от физико-механических свойств транспортируемого груза, для крупнокусковых $K_{\text{в}} = 0,80-1,25$, меньшее значение для горизонтально расположенных конвейеров.

Тогда угол подъема винтовой линии первого витка определится выражением

$$\varphi_1 = \arctg \frac{K_{\text{в}}}{\pi}.$$

Задаваясь величиной шага арифметической прогрессии (углом подъема винтовой линии), определяют переменный шаг винтовой наливки.

На скорость перемещения вдоль вальцов корнеплодов оказывает влияние физико-механические свойства транспортируемого материала. Так как вальцы вращаются навстречу друг другу с одинаковой угловой скоростью, то, соответственно, их окружные скорости будут равны, а их суммарный вектор будет равен нулю.

Следовательно, скорость (м/с) перемещения маточника свеклы вальцами, имеющими винтовую наливку с переменным шагом вдоль оси, можно определить по выражению [13]

$$V_i = K_{\beta} \frac{p_i \cdot n_{\text{в}}}{60},$$

где V_i – скорость перемещения маточника свеклы, м/с;

p_i – переменный шаг винтовой наливки вальца, м;

$n_{\text{в}}$ – частота вращения вальца, мин⁻¹;

K_{β} – коэффициент уменьшения осевой скорости за счет трения груза о валец с учетом угла наклона вальцов, при угле наклона менее 10 градусов $K_{\beta} = 1,0$ [13].

Полное время перемещения одного маточника сахарной свеклы по длине транспортирующего вальца ($L_{\text{в}}$) определится по формуле

$$t = \sum_{i=1}^n \frac{p_i}{V_i}.$$

При этом средняя скорость ($V_{\text{с}}$) перемещения маточника свеклы по длине транспортирующих вальцов составит:

Согласно агротехническим требованиям скорость агрегатирования высадкопосадочной машины ВПС–2,8 при посадке маточников сахарной свеклы составляет 1,8-3,6 км/ч (0,5-1,0 м/с), а шаг посадки 0,60 или 0,70 м [1, 4, 14].

При максимальной скорости движения высадкопосадочной машины угловая частота вращения высевающего аппарата, обеспечивающего шаг посадки 0,6 м, составит 25 мин⁻¹ и определяется выражением

$$n_{\text{ап}} = \frac{60 \cdot V_{\text{м}}}{s \cdot z},$$

где $V_{\text{м}}$ – скорость движения высадкопосадочной машины, м/с;

s – шаг посадки маточников сахарной свеклы, м;

z – количество высаживающих конусов с лотками, шт.

Время одного оборота высаживающего аппарата составляет

$$t = \frac{2 \cdot \pi}{\omega},$$

где ω – угловая скорость высаживающего аппарата, с⁻¹.

Как известно, угловая скорость вращения равна

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_{\text{ап}}}{30},$$

где $n_{\text{ап}}$ – частота вращения высевающего аппарата, мин⁻¹.

С учетом имеющихся физических зависимостей и конструктивных особенностей высевающего аппарата, а именно числа захватывающих лотков (z), время высадки одного корнеплода определяется следующей зависимостью:

$$t = \frac{60}{z \cdot n_{\text{ап}}}.$$

Для согласованности работы транспортирующих вальцов и высевающего аппарата время перемещения маточника по длине транспортирующих вальцов и время высадки одного корнеплода высевающим аппаратом должны быть равны.

Таким образом, зная время высадки одного корнеплода, изменяя геометрические параметры транспортирующих вальцов (прежде всего величину изменения угла подъема винтовой линии), частоту вращения вальцов можно определить по

выражению

$$n_{\text{в}} = \frac{L \cdot n_{\text{ап}} \cdot z}{K_{\beta} \cdot p_i}.$$

Заключение

В результате проведенных теоретических исследований была определена частота вращения вальцов, имеющих винтовую навивку с переменным шагом, которая составила 390...410 мин⁻¹, обеспечивающая посадку маточников сахарной свеклы с шагом 0,60 м.

Литература

1. Овтов, В. А. Обоснование кинематических параметров вальцового транспортирующего устройства при посадке маточников сахарной свеклы / В. А. Овтов // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 2. – С. 36-37.
2. Емельянов, П. А. Обоснование конструктивных параметров скребкового транспортера при выборке маточников сахарной свеклы из бункера / П. А. Емельянов, В. А. Овтов // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 2. – С. 34-36.
3. Овтов, В. А. Точная посадка маточников сахарной свеклы / В. А. Овтов, В. А. Чугунов // Сельский механизатор. – 2008. – № 10. – С. 9.
4. Знаев, Е. И. Разработка устройств поштучной ориентированной подачи маточников сахарной свеклы к посадочному аппарату высадкопосадочной машины: автореферат диссертации кандидата технических наук / Е. И. Знаев. – Пенза, 2008. – 20 с.
5. Патент 2633543 РФ. Вальцовое транспортирующее устройство для ориентированной посадки маточников свеклы: опубл. 13.10.2017, бюл. № 29./ В. А. Овтов, П. А. Емельянов, В. А. Чугунов.
6. Патент на полезную модель № 191880 РФ. Вальцовое ориентирующее устройство высадкопосадочной машины для ориентированной посадки маточников свеклы: № 2019110018; заявл. 04.04.2019; опубл. 26.08.2019, бюл. № 24 / В. А. Овтов, А. Е. Нагорнов.
7. Овтов, В. А. К вопросу ориентирования маточников сахарной свеклы / В. А. Овтов, В. М. Поветкин, В. А. Чугунов // Роль науки в развитии АПК: материалы научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГСХА, 2005. – С. 30-32.
8. Овтов, В. А. Устройство для ориентированной посадки маточников свеклы / В. А. Овтов, П. А. Емельянов, В. А. Чугунов // Сельский механизатор. – 2019. – № 1. – С. 12-13.
9. Нагорнов, А. Е. Модель вальцового ориентирующего устройства для посадки маточников свеклы / А. Е. Нагорнов, М. Ю. Абросимов, В. А. Овтов // Инновационные идеи молодых исследователей для АПК России: сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. – Пенза: РИО ПГАУ, 2019. – Т. 3. – С.130-132.
10. Фролов, С. А. Начертательная геометрия: учебник / С. А. Фролов. – Москва: ИНФРА-М, 2013. – 285 с.
11. Овтов, В. А. Модернизация полозовидного сошника с применением компьютерного моделирования / В. А. Овтов, М. Ю. Абросимов // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2019. – № 8. – С. 46-48.
12. Бронштейн, И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – Москва: Наука, 1986. – 544 с.
13. Нагорнов, А. С. Определение силовых составляющих шнекового транспортирующего устройства / А. С. Нагорнов, М. С. Васюнин //Актуальные вопросы науки и хозяйства: новые вызовы и решения: сборник материалов международной студенческой научно-практической конференции. – Тюмень: ГАУСЗ, 2019. – С. 34-38.
14. Большой энциклопедический политехнический словарь [Электронный ресурс]. URL: <https://www. endic. ru/polytech/Vsadkoposadochnaja-mashina-1844. html>.
15. Kukharev, O. N. The technology of obtaining high-quality seeds of sugar beet / O. N. Kukharev, A. V. Polikanov, I. N. Semov // Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences. – 2017. – V. 8. – № 1. – С. 1210-1213.
16. Finch-Sawage, W. E. Seed vigour and crop establishment extending performance beyond adaptation / W. E. Finch-Sawage, G. W. Bassel // Journal of Experimental Botany. – 2016. – № 67 (3). – С. 567-591.

THEORETICAL STUDIES OF GEOMETRIC AND KINEMATIC PARAMETERS OF A ROLLER TRANSPORTING DEVICE

V. A. Ovtov, Candidate of Technical Science, Assistant-professor, A. V. Polikanov, Candidate of Technical Science, Assistant-professor, A. A. Orekhov, Candidate of Technical Science, Assistant-professor, V. V. Shumaev, Candidate of Technical Science, Assistant-professor, V. M. Gudin, student

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Penza State Agrarian University,
Penza, e-mail: ovtov.v.a@pgau.ru

The effectiveness of growing sugar beet depends on many factors, such as weather conditions, technology compliance, the availability of modern machinery, timely fertilization and the quality of the seeds used. Currently, up to 95 % of sugar beet seeds are imported from abroad. The modernization of production, the development of the necessary seed-growing agricultural machinery is becoming of current importance. The task of providing a fully automated technological chain from the selection of sugar beet mother root crops from the hopper to their planting in modern planting machines has not yet been completely solved. The article considers theoretical studies of the geometric and kinematic parameters of rollers having screw winding with variable pitch during transportation of sugar beet mother root crops to the planting unit. The obtained results allow to justify the geometric and kinematic parameters of the roller transporting device for a given planting rate of sugar beet mother root crops and, thereby, fully mechanize the process of their planting.

Key words: rollers, screw winding, sugar beet, speed, pitch.

References:

1. Ovtov, V. A. Substantiation of kinematic parameters of a roller transporter during planting sugar beet mother plants. *Traktory i Selhozmashiny*, 2016, № 2, p. 36-37.
2. Emelyanov, P. A., Ovtov V. A. Substantiation of the design parameters of the scraper transporter during the selection of sugar beet mother plants from the hopper. *Traktory i Selhozmashiny*, 2013, № 2, p. 34-36.
3. Ovtov, V. A., Chugunov V. A. Precise planting of sugar beet mother crops. *Selskiy Mechanizator*, 2008, № 10, p. 9.
4. Znaev, E. I. Development of devices for the unit-oriented feed of sugar beet mother plants to the planting unit of the landing machine: an abstract of the dissertation of the candidate of technical sciences. Penza, 2008, 20 p.
5. Patent 2633543 RF. Roller transporter for the oriented planting of beet mother crops. Published 13.10.2017, bulletin № 29. V. A. Ovtov, P. A. Emelyanov, V. A. Chugunov.
6. Patent for utility model № 191880 RF. Roller orienting device of a planting machine for oriented planting of beet mother plants: № 2019110018; declared 04.04.2019; publ. 26.08.2019, bulletin № 24. V. A. Ovtov, A. E. Nagornov.
7. Ovtov, V. A., Poveikin V. M., Chugunov V. A. On the issue of orienting mother plants of sugar beet. The role of science in the development of agribusiness: materials of a scientific-practical conference. Penza: RIO PSAA, 2005, p. 30-32.
8. Ovtov, V. A., Emelyanov P. A., Chugunov V. A. A device for the oriented planting of beet queen cells. *Selskiy Mechanizator*, 2019, № 1, p. 12-13.
9. Nagornov, A. E., Abrosimov M. Yu., Ovtov V. A. A model of a roller orienting device for planting beet mother plants. Innovative ideas of young researchers for the agricultural sector of Russia: a collection of articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Penza: RIO PSAU, 2019, v. 3, p. 130-132.
10. Frolov, S. A. Descriptive geometry: textbook. Moscow: INFRA-M, 2013, 285 p.
11. Ovtov, V. A., Abrosimov M. Yu. Modernization of the planting runner using computer simulation. *Remont, Vosstanovlenie, Modernizatsiya*, 2019, № 8, p. 46-48.
12. Bronstein, I. N., Semendyaev K. A. Handbook of mathematics for engineers and students. Moscow: Nauka, 1986, 544 p.
13. Nagornov, A. S., Vasyunin M. S. Determination of power components of a screw transporter. Actual issues of science and economy: new challenges and solutions: a collection of materials of an international student scientific and practical conference, Tyumen: SAUNTU, 2019, p. 34-38.
14. Large Encyclopedic Polytechnical Dictionary [Electronic resource]. URL: <https://www.endic.ru/polytech/Vsadboposadochnaja-mashina-1844.html>
15. Kukharev, O. N., Polikanov A. V., Semov I. N. The technology of obtaining high-quality seeds of sugar beet. *Research journal of pharmaceutical, biological and chemical sciences*, 2017, v. 8, № 1, p. 1210-1213.
16. Finch-Sawage, W. E., Bassel G. W. Seed vigour and crop establishment extending performance beyond adaptation. *Journal of Experimental Botany*, 2016, № 67 (3), p. 567-591.