

MECHATRONIC CONTROL SYSTEM FOR GUTTER SOWING DEVICES³

Assoc. Prof. Dimitar Kehayov, PhD

Department of Agricultural Mechanization,

Agricultural university - Plovdiv

Phone: 088 689 8334

E-mail: dkechajov@au-plovdiv.bg

Assist. Prof. Ivan Zahariev, PhD

Department of Agricultural Mechanization,

Agricultural university - Plovdiv

Phone: 088 698 1638

E-mail: zaharievbgr@abv.bg

Assist. Prof. Petya Genkova

Department of Agricultural Mechanization,

Agricultural university - Plovdiv

Phone: 089 909 1561

E-mail: petiagenkova@abv.bg

Abstract: *In the new row drills, the drive of the sowing devices is very often mechatronic. The aim of the present study is to determine the elements of a mechatronic drive for precise setting and maintenance of the sowing rate. To achieve this goal, the transmission ratio of the drive system and the amount seeds sown in one revolution of the sowing device at different densities of the sown cereal seeds were determined. Based on these indicators, an exemplary scheme for the construction of a mechatronic system for controlling the sowing rate is proposed.*

Keywords: *mechatronic system, seeding rate control, sowing device.*

ВЪВЕДЕНИЕ

При сеитба на зърнено-житни култури основен момент е нагласяване на машината за определена сеитбена норма и нейното поддържане. При по-старите машини това се осъществява с предавателната система, която включва система от верижни, зъбни и ремъчни предавки. Това води след себе си отежняване на конструкцията и в много случаи скообразно изменение на предавателното отношение, което е предпоставка за не съвсем точното нагласяване за определена сеитбена норма. При мехатронна система за управление се преодолява този недостатък. За нейното правилно функциониране, на базата на конкретна сеялка, е необходимо да се определят оптималните ѝ параметри. Целта на настоящата работа е да се установят теоретичните предпоставки за изграждане на мехатронна система за управление на сеитбения процес при използването на редосеялка с улеен сеещ апарат.

Сеещият апарат е един от най-важните работни органи в конструкцията на сеялката. Той играе основна роля при дозирането, разпределението и подаването на семенния материал (Firsov A., V. Golubev, 2013).

Авторите (Nesmiyan A., Lepeshko E., 2015) изследват влиянието на настроените параметри на улеен сеещ апарат върху кълняемостта на семената. Установили са статистически, че въздействието на сеещия апарат върху семената води до намаляване на тяхната кълняемост. Най-лоши са резултатите при дължина на сеещото колело 5 mm. При дължина 25 и 15 mm, кълняемостта е намаляла съответно с 1,5 – 1,8 % в сравнение с контролата. Това е основание за усъвършенстване на конструкцията на този възел от сеялката.

³ Докладът е представен на научната сесия на секция „Земеделска техника и технологии, Аграрни науки и ветеринарна медицина“ на 28 октомври 2022 г. с оригинално заглавие на български език: МЕХАТРОННА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА УЛЕЙНИ СЕЕЩИ АПАРАТИ

При нагласяване за зададена сеитбена норма е необходимо да се определи предавателното отношение и дължината на частта от сеещия апарат, намираща се в бункера (Valiev A. et al, 2013). При това предавателното отношение се подбира така, че сеитбената норма да се реализирана при най-малката му възможна стойност и най-голяма дължина на сеещия апарат.

За нагласяване на сеитбената норма трябва точно да се определи предавателното число в задвижваща сеещите апарати система. Интересна методика за това предлага (Lysyy S., 2015). Според тази методика предавателното число, което е необходимо за реализиране определена сеитбена норма е:

$$i = \frac{2 \cdot \pi \cdot b \cdot Q \cdot R_{ст}}{10^3 \cdot \gamma \cdot V_0 \cdot (1 - \varepsilon)} \quad (1)$$

където Q – сеитбена норма, kg/ha; b - междуредие, cm; $R_{ст}$ - статически радиус на задвижващото колело, m; γ - плътност на семената, kg/cm³; ε - коефициент на приплъзване на колелата, %; i -предавателно число на задвижването от колелата до вала на сеещите апарати.

Все по-често се работи за замяна на механичната скоростна кутия за задвижване на вала на сеещите апарати с електрозадвижване (Gorobey V., O.Tarimov, 2009). В разглеждания случай (разработен стенд) задвижването на вала е осъществено от стъпков двигател и драйвер за двигателя (с модуляции до 200 стъпкови импулса в s). Съдържа още имитатор на колело на сеялката, задвижван от електродигател и микропроцесорен пулт за управление. Постъпателната скорост се променя от 2,5 до 12 km/h. Чрез стъпковия двигател се задава различна скорост на въртене на вала на сеещите апарати и се реализира различно предавателно отношение (от 0 до 70). От изследванията е установено, че при предавателно отношение до 30 зависимостта между скоростите на въртене на колелото и вала на сеещите апарати има линеен характер, което е желателно при регулиране на сеитбената норма. При това условие, с произвежданите сеялки (СЗУ-3,6) могат да се реализират сеитбени норми от 7,2 до 22,7 kg/da.

При сеитба на маслодайни култури перспективно е използването (Brichagina A. et al, 2017) на сеещи апарати, управлявани от електронна система. Установено е, че за сеитба на рапица и други дребно семенни култури сеялка, оборудвана с електронно дозиращо устройство на семената удовлетворява всички агротехнически изисквания и работи много по-добре от тези оборудвани с улесен сеещ апарат.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Теоретично обосноваване на мехатронното управление

В болшинството от редосеялките с механично задвижване на сеещите апарати, движението им се осъществява от ходовите (опорните) колела (Mandradszhiev S. et al, 1991; Mandradszhiev S. et al, 1993). Честотата им на въртене е пропорционална на постъпателната скорост на агрегата. Последната може да се представи като произведение от ъгловата скорост на ходовото колело ω и неговия диаметър D :

$$V = \omega \cdot \frac{D}{2} \quad (2)$$

Известно е връзката между ъгловата скорост и честотата на въртене на колелото (<https://studfile.net/preview/1879260/>) и тя се изразява със следната зависимост:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}, \text{ rad}^{-1} \quad (3)$$

Като се замести със зависимост (2) в уравнение (1) и се извършат съответните преобразования за скоростта ще се получи:

$$V = \frac{\pi \cdot n \cdot D}{60} \quad (4)$$

Ако се реши горното уравнение спрямо честотата на въртене на ходовото колело се получава:

$$n = \frac{60.V}{\pi.D}, \text{ tr}^{-1} \quad (5)$$

При нагласяване на редосеялките с улейни сеещи апарати съгласно (Mandradzhiev S. et al, 1991; Mandradzhiev S. et al, 1993) се използва формулата:

$$q_n = \frac{\pi.D.B_p.Q.n}{1000}, \text{ kg} \quad (6)$$

където q_n – количество семена, което се изсява за N оборота на ходовото колело при сеитбена норма Q ; B_p – работна широчина на сеитбения агрегат, m ; D – диаметър на ходовото колело на сеялката, m ; n – обороти на ходовото колело.

Ако се замести с израза 5 за честотата на въртене в 6 ще се получи количеството семена, които ще изсее сеялката за 1 минута.

$$q_{1m} = 0,06 . B_p . Q . V , \text{ kg/min} \quad (7)$$

Предаване на движението от ходовото колело към задвижващия вал на сеещите апарати обикновено се извършва посредством предавателния механизъм (няколко зъбно-верижни и зъбни предавки) на сеялката (Antonov A., N. Laryushin, 2011). Характеристика за работата на всеки предавателен механизъм е предавателното му число i .

Скоростта на въртене на сеещите апарати можем да изразим като произведение на скоростта на въртене на задвижващото колело на сеялката и предавателното число.

$$n_{CA} = n . i = \frac{60.V}{\pi.D} . i \quad (8)$$

За един оборот всеки сеещ апарат изнася от бункера на сеялката определен обем семена $q_{об}$. Масата на тези семена е произведението от обема и тяхната плътност (насипна маса) γ , kg/m^3 .

$$q_{CA} = q_{об} . \gamma , \text{ kg} \quad (9)$$

Количеството семена Q_{CCM} , изсято за един оборот от цялата сеялка е

$$q_{CCM} = q_{CA} . m \quad (10)$$

където m – брой на сеещите апарати от сеялката.

При скорост на движение V на сеитбения агрегат, количеството семена, изсяти от сеялката за единица време можем да изразим със зависимостта

$$q_{1m} = q_{CA} . m . n_{CA} = q_{CA} . m . \frac{60.V}{\pi.D} . i \quad (11)$$

Зависимостите (6) и (9) се отнасят за една и съща величина. По тази причина десните им части са равни и може да се състави ново уравнение:

$$0,06 . B_p . Q . V = q_{CA} . m . \frac{60.V}{\pi.D} . i \quad (12)$$

След елиминиране на скоростта и броят на сеещите апарати от горното уравнение и кратки преобразования за сеитбената норма се получава:

$$Q = \frac{1000.q_{CA}}{b.\pi.D} . i \quad (13)$$

b – големина на междуредието, m .

Като се анализира горното уравнение, се установява, че реализирането на сеитбената норма за определена култура зависи само от предавателното число в предавателния механизъм. За всяка сеялка b и D са константни величини, те не могат да бъдат променяни. Същото важи и за обема на изсяваните семена за 1 оборот на сеещото колело.

Ако се реши горното уравнение спрямо предавателното отношение се получава:

$$i = \frac{\pi.b.Q.D}{1000.q_{CA}} \quad (14)$$

Уравнение 14 е предавателната функция в системата на сеялката.

Количество семена, изсяти за 1 оборот на улеен сеещ апарат

В следващите няколко стъпки ще се предложи решение на поставения въпрос с пример сеялка СЗУ-3,6. Първото важно условие е, че сеещият апарат ще работи с максималната си ширина, за да се намали възможността за травмиране на семената.

С цел наблюдение на изсяването на улейния сеещ апарат е разработен стенд, който се състои от: кутия за семена, улеен сеещ апарат, стойка, основа. За отчитане количеството семена, изсяти за 10 оборота на сеещия апарат се използва цифрова везна с точност на работа $\pm 0,1g$. Независимата променлива (фактор) е плътността на изсявания материал, като се променя на три нива. Подбрани са семенни материали с плътност 250 (тревна смеска), 537 (овес) и 825 (пшеница) kg/m^3 . Преди всеки опит кутия за семена се запълва. Със сеещия апарат се извършват 10-15 оборота с цел да се изнесат семената намиращи се в него от предходния опит и едва тогава се извършват 10 оборота, изсетите семената се събират и претеглят на везната. За всяка точка от плана на експеримента операцията се повтаря по 3 пъти.

На база на проведените опити с осреднените данни се провежда регресионен анализ с помощта на статистическата програма statistika V.7. Наблюденията са извършени през месеците юни и юли в учебните лаборатории на катедра „Механизация на земеделието“ при АУ-Пловдив. Получените резултати са отразени в следващата таблица.

Таблица 1. Количество изсяти семена

Плътност, kg/m^3	Изсято количество семена за 10 оборота на сеещия апарат, g
250	64
537	97,3
825	128,7

Наблюдава се тенденцията, че с увеличаване на плътността, нараства количеството на изсятите семена. Количеството семена изсети за 1 оборот на сеещия апарат се получават като всяко число от втората колона в табл.1 се раздели на 10. С получените резултати се провежда регресионен анализ. Резултатите от него са отразени в следващата табл.2

Таблица 2. Резултати от регресионния анализ

Regression Summary for Dependent Variable: Var3 (количество семена 1) $R=0,99981866$ $R^2=0,99963736$ Adjusted $R^2=0,99927472$; $F(1,1)=2756,5$; $p<0,00001$						
	Beta	Std.Err.	B	Std.Err.	t(1)	p-level
Intercept			3,652694	0,124307	29,38452	0,021657
X	0,999819	0,019043	0,011130	0,000212	52,50273	0,012124

Търсеният модел има вида:

$$Y = 3,65 + 0,011 \cdot X \quad (15)$$

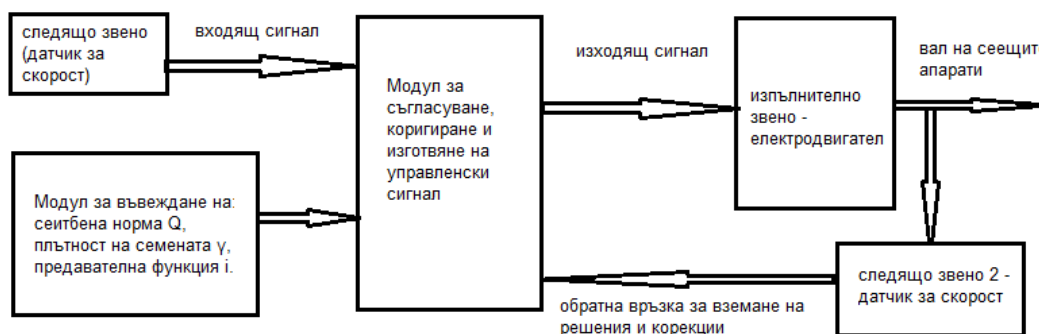
Моделът е адекватен на опитните данни ($p=0,00001$). Вижда се, че с увеличаване на плътността, нараства количеството на изсятите семена. При използване пълната дължина на сеещия апарат, нараства обемът на всеки улей. Увеличава се степента на запълване на всеки улей от сеещия апарат и следствие на това разликата в количеството изсети семена се дължи единствено на тяхната плътност.

От казаното до тук следва, че отношението $k = \frac{\pi \cdot b \cdot D}{1000}$ е с постоянна стойност за всяка конкретна сеялка (коефициент на предаване). За сеялката СЗУ-3,6 $b=0,075$ m, а $D=1,2$ m. Като се замести в уравнение 12 ще се получи:

$$i = 0,2826 \cdot \frac{q}{q_{CA}} \quad (16)$$

Блок-схема на мехатронна система за управление на сеитбената норма

За да се премине към безстепенно регулиране на сеитбената норма трябва да се реализира следната или подобна на нея мехатронна блок-схема:



Фиг. 1. Схема на мехатронна система за управление на сеитбената норма

За да се премине към безстепенно, мехатронно управление на разглежданата редосеялка, е необходимо в управляващия блок да се подаде информация за скоростта на движение на сеялката (агрегата), сеитбената норма и количеството семена изсявани за 1 оборот на сеещия апарат. Скоростта на сеялката (агрегата) е възможно да се получи директно от компютъра на трактора или чрез използване на оборотомер от тип DT-6236B или DM-6234P (eTop.bg), монтиран към колелото на сеялката. Количеството семена, изсявано за 1 оборот на сеещия апарат, се получава от регресионния модел. Сеитбената норма се задава от технолога в зависимост от конкретните почвено-климатични условия. Функциите на Модулите за въвеждане на сеитбената норма, количеството семена изсявани за 1 оборот на сеещия апарат, съгласуване, коригиране и изготвяне на управленски сигнал се поемат от програмируем контролер със захранване 12 V и управлявана мощност – до 100 W. Изпълнителното звено представлява постояннотоков безколекторен електродвигател (wikipedia.org). Вторият датчик, за следене скоростта на въртене на вала на сеещите апарати, е от същия тип като споменатия по-горе. Изграждането на цялата управляваща система може да се осъществи с компоненти, лесно откриваеми на пазара и на достъпни цени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на направените литературен анализ, наблюдения и изчисления могат да се направят следните изводи: Проектирана е и са определени параметрите на безстепенна предавателна система за регулиране на сеитбената норма на сеялка СЗУ-3,6; Коефициентът на предаване е 0,2826, което удовлетворява в пълна степен промяната на сеитбената норма при едросеменни култури; За изграждането мехатронна система за управление на сеитбената норма се използват широко използвани електронни и електрически компоненти.

REFERENCES

Antonov A., N. Laryushin, 2011, Calculation of the design parameters of the lever variator of the drive of the sowing apparatus of the planter-cultivator SSV – 3.5, Niva Povolzhya, №2(19), p.56–60; (**Оригинално заглавие:** Антонов А., Н.Ларюшин, 2011, Расчет конструктивных параметров рычажного вариатора привода высевальных аппаратов сеялки–куль

Gorobey V., O.Tarimov, 2009, Research on the stability of the operation of the coil seeding apparatus from the electric drive, Scientific notes of the Krymskogo engineering-pedagogical university, issue 20, p.80-85; **(Оригинално заглавие: Горобей В., О.Таримов, 2009, Исследование устойчивости работы катушечного высевающего аппарата от электропривода, Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета, вып.20, с.80-85).**

Lysyy S., 2015, Some theoretical foundations of the determination of uniform seeding of small-seeded olive crops by seeding devices, Collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists, vol. 2, Penza, pp. 35-36; **(Оригинално заглавие: Лысый С., 2015, Некоторые теоретические основы определения равномерного высева мелкосеменных масличных культур высевающим аппаратам, Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, т.2, Пенза, с.35-36).**

Mandradzhiev S., Hr.Bonchev, D.Kehayov, D.Zyapkov, A.Trifonov, 1991, Manual for exercises in agricultural mechanization part II - Agricultural machines, S., Zemizdat **(Оригинално заглавие: Мандраджиев С., Хр.Бончев, Д.Кехайов, Д.Зяпков, А.Трифонов, 1991, Ръководство за упражнения по механизация на селското стопанство II част - Селскостопански машини, С., Земиздат).**

Mandradzhiev S., D.Kehayov, A.Trifonov, I.Ivanov, 1993, Manual for exercises in plant protection technique, S., Zemizdat **(Оригинално заглавие: Мандраджиев С., Д.Кехайов, А.Трифонов, И.Иванов, 1993, Ръководство за упражнения по растително-защитна техника, С., Земиздат).**

Nesmiyan A., Lepeshko E., 2015, Influence of setting parameters of sowing apparatus of seed drills on seed germination, Journal of Agrarian Science Dona, 30, **(Оригинално заглавие: Несмиян А., Лепешко Е., 2015, Влияние настроечных параметров высевающих аппаратов зерновых сеялок на всхожесть семян, Вестник аграрной науки Дона, 30).**

Firsov A., V. Golubev, 2013, Analysis of constructions of sowing apparatus for the cultivation of agricultural crops, Journal of the Orenburg State Agrarian University, p.85-88; **(Оригинално заглавие: Фирсов А., В. Голубев, 2013, Анализ конструкций высевающих аппаратов для возделывания сельскохозяйственных культур, Известия Оренбургского государственного аграрного университета, с.85-88).**

Valiev A., B.Zaganshin, N.Semushkin, S.Yakhin, 2013, Machines for soil preparation and sowing of agricultural crops: regulation, adjustment and operation, Kazan, Publishing House of Kazan State Agrarian University, 156 p.; **(Оригинално заглавие: Валиев А., Б.Заганишин, Н.Сёмушкин, С.Яхин, 2013, Машины для подготовки почвы и посева сельскохозяйственных культур: регулировка, настройка и эксплуатация, Казан, Издательство Казанского ГАУ, 156 с.).**

<https://studfile.net/preview/1879260/>

www.eTop.bg

www.wikipedia.org