

УДК 631.332: 633.71, ГРНТИ 68.85.35

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

ОПТИМИЗАЦИЯ СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И ДИАМЕТРА ВЫТАЛКИВАТЕЛЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДАЧИ РАССАДЫ ИЗ КАССЕТЫ

Лопатин Владислав Сергеевич
аспирант

Vladislav.R.W@yandex.ru

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий», Краснодар, Россия

Бубнов Евгений Андреевич
кандидат технических наук, Ведущий научный сотрудник

Hookj@mail.ru

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий», Краснодар, Россия

Огняник Александр Васильевич
кандидат технических наук, Заведующий лабораторией машинных агропромышленных технологий
Meh_vniitti@mail.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий», Краснодар, Россия

В настоящее время существуют модели рассадопосадочных машин с различным устройством рабочих узлов, большинство из них однотипны и имеют механический привод с использованием ручного труда для выборки рассады. Некоторые иностранные производители сельскохозяйственных машин выпускают рассадопосадочные агрегаты с полуавтоматическим механизмом выталкивания рассады из пластиковых или пенопластовых кассет с ячейками. В свою очередь, кассеты для рассады существуют в разных видах, формах и материалах, что делает их универсальными в использовании. Цель настоящей работы заключается в оптимизации рабочих скоростей выталкивателя устройства для автоматической подачи рассады из кассеты, что необходимо для определения оптимальных режимов работы с более высокой эффективностью и производительностью. Научной новизной являются физические и регрессионные модели взаимосвязи конструктивных и режимных параметров выталкивания рассады из кассеты автоматическим устройством. В лаборатории машинных агропромышленных технологий ФГБНУ ВНИИТТИ разработана методика определения оптимальной скорости перемещения и диаметра выталкивателя, которая позволяет установить режимы работы, необходимые для проведения опытов. Критерием

UDC 631.332: 633.71, GRNTI 68.85.35

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

OPTIMIZATION OF MOVEMENT SPEED AND PUSHER DIAMETER FOR AUTOMATIC FEEDING OF SEEDLINGS FROM A CASSETTE

Lopatin Vladislav Sergeevich
Postgraduate student

Vladislav.R.W@yandex.ru

All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Shag and Tobacco Products, Krasnodar, Russia

Bubnov Evgeny Andreevich
Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher
Hookj@mail.ru

All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Shag and Tobacco Products, Krasnodar, Russia

Ognyanik Alexander Vasilyevich
Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Machine Agro-Industrial Technologies
Meh_vniitti@mail.ru
All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Shag and Tobacco Products, Krasnodar, Russia

There are a lot of seedling transplanting machines types which differ on their operation principles, but most of them are similar and have mechanic delivery unit with manual seedling feeding. Some foreign agricultural machines are made with semi-automatic seedling delivery to transplanting mechanism from cartridges or other seedling carrying devices which are made of plastic or styrofoam. On the other hand, cartridges are presented in different forms and materials what makes them universal for utilizing. Purpose of the present work was to optimize the operation velocity of pushing device for automatic delivery of seedling from cartridge. This is necessary for defining optimal operation regimens. Scientific novelty of the project are physical and regressive models for correlation between constructive and regimen parameters for automatic pushing device for seedling from cartridge. We have elaborated method for defining optimal velocity and diameter of pushing device, which allows determining optimal operating regimens for carrying experiments. Efficiency of seedling extraction from cartridge with different diameters of pushing device and its velocities was taken as optimization criterion. In order to fulfill the desired problem experimental model of assembly for automatic seedling delivery from cartridge was

оптимизации приняли эффективность извлечения рассады из кассеты выталкивателем при разных его диаметрах и скоростях перемещения. Для осуществления поставленной задачи разработана и изготовлена модельная установка узла для автоматической подачи рассады из кассеты. При влажности грунта в ячейке 22% исследованы: четыре диаметра выталкивателя, три его скорости перемещения и три плотности забивки грунта. Определены оптимальные параметры: диаметр выталкивателя - 6 мм, скорость перемещения - 56,1 мм/с и плотность забивки ячейки - 1,29 г/см³. При этих параметрах установлена высокая эффективность полного извлечения рассады из ячейки кассеты

Ключевые слова: РАССАДА, РАССАДОПОСАДОЧНАЯ МАШИНА, ВЫСАДКА РАССАДЫ, КАССЕТА ДЛЯ РАССАДЫ, ВЫТАЛКИВАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО, АВТОМАТИЧЕСКАЯ ПОДАЧА РАССАДЫ, СКОРОСТЬ ПРОЦЕССА

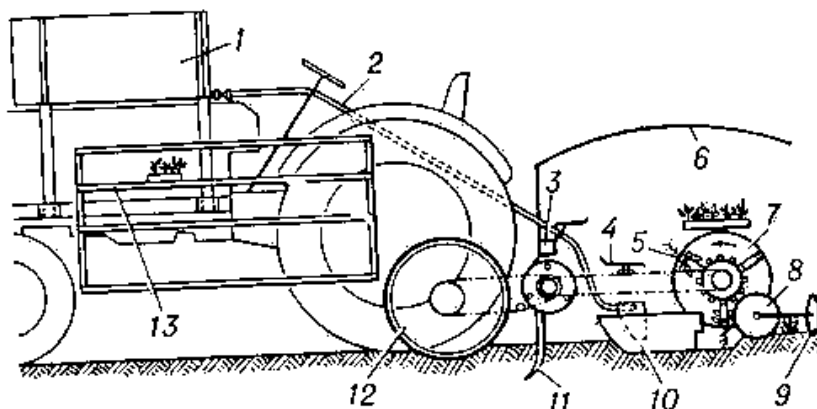
elaborated and produced. Soil humidity in cartridge was 22 %. We have studied 4 diameters of pushing device, 3 velocities of its moving and 3 soil densities in cartridge. We have defined that 6 mm is optimal diameter of pushing device, optimal velocity of its moving is 56 mm/s and optimal density of the soil in cartridge is 1,29 g/cm³. These parameters allow the most efficient and complete extraction of seedling from cartridge

Keywords: SEEDLING, TRANSPLANTING MACHINE, SEEDLING TRANSPLANTATION, SEEDLING CARTRIDGE, PUSHING DEVICE, AUTOMATIC SEEDLING DELIVERY, OPERATION VELOCITY

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-200-019>

Введение

В настоящее время технология посадки рассады включает в себя различные виды рассадопосадочных машин с индивидуальным устройством рабочих органов. Среди отечественных моделей машин пользуются в хозяйствах агрегатами, где необходимы один либо два оператора на каждый посадочный узел [2, 5].



1 — бак для воды; 2 — трубопровод; 3 — основной брус; 4 — сиденье для оператора; 5 — рассадодержатель; 6 — тент; 7 — диск высаживающего аппарата; 8 — каток; 9 — бороздорез; 10 — сошник; 11 — рыхлитель; 12 — приводное колесо; 13 — платформы для корзин с рассадой

Рисунок 1 - Технологическая схема рассадопосадочной машины

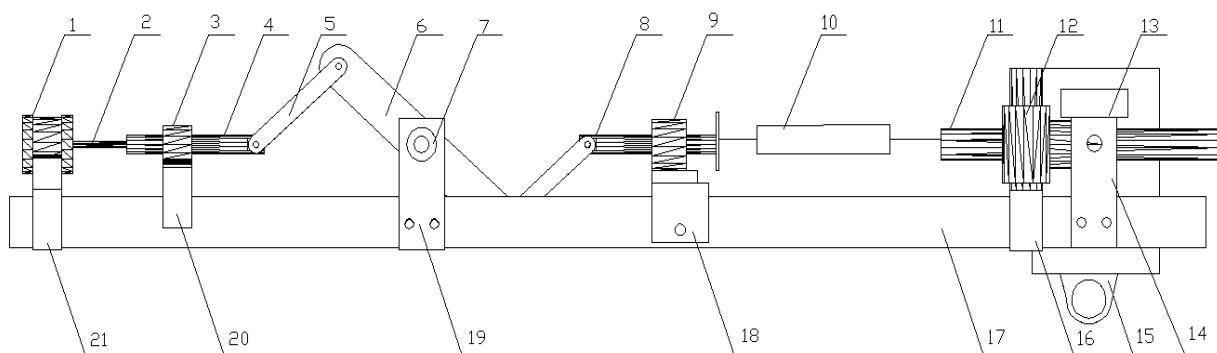
Высадка рассады в зависимости от используемого оборудования выполняется рядовым или квадратным методом. При применении квадратного метода на силовом агрегате устанавливается устройство, приводящее в действие высаживающие механизмы посредством мерной проволоки. При рядовом способе используется оборудование револьверного типа, в котором высаживающий механизм срабатывает от приводного колеса.

Существует прицепное и навесное оборудование для качественной высадки рассады в два, четыре и шесть рядов. Ранее использовались только навесные агрегаты, устанавливаемые на трактора, оснащенные ходоуменьшителем. Данная техника состоит непосредственно из основного рабочего узла и дополнительного оборудования [10]. В свою очередь, рабочий узел включает в себя раму с механизмом подвески на двух опорно-приводных колесах, высаживающих секций, маркеров, передающего устройства. Установленная на раме посадочная секция оснащена высаживающим устройством, полозовидным сошником для нарезки борозд, прикатывающими катками, поливным устройством, местами для рабочих и кассет с рассадой. В дополнительное оборудование входят стеллажи для размещения рассады, солнцезащитный тент и баки для воды [1]. Существующая технология полуавтоматической высадки рассады подразумевает установку кассет с рассадой в специальное устройство. При движении рассадопосадочного агрегата происходит последовательное выталкивание рассады из ячеек кассеты и её последующая подача к посадочному аппарату.

Материалы и методы исследований.

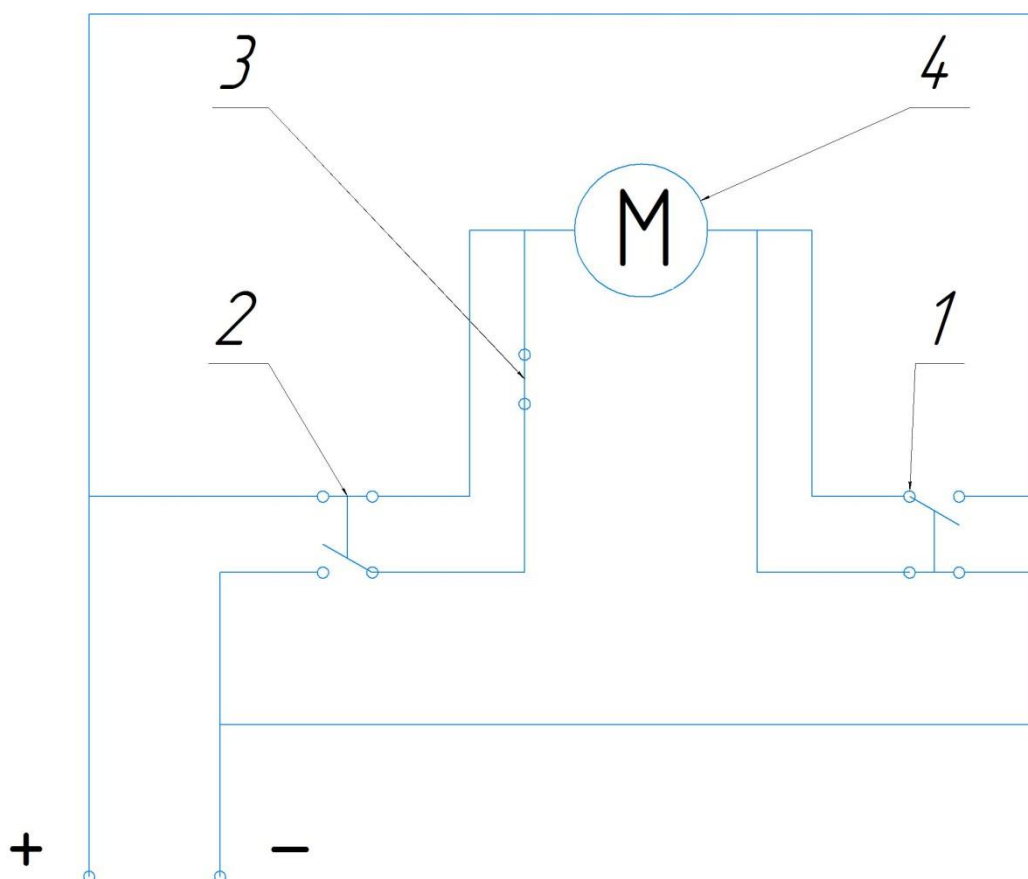
В лаборатории машинных агропромышленных технологий ФГБНУ ВНИИТТИ авторами разработана методика определения оптимальной скорости перемещения и диаметра выталкивателя, которая позволяет установить режимы работы, необходимые для проведения опытов.

Критерием оптимизации приняли эффективность извлечения рассады из кассеты выталкивателем при разных его диаметрах и скоростях перемещения. Для осуществления поставленной задачи разработана и изготовлена модельная установка узла для автоматической подачи рассады из кассеты. Основываясь на конструкции автомата для подачи рассады [4, 6] в лаборатории машинных агропромышленных технологий спроектирован и создан экспериментальный макет исследуемого узла машины, позволяющий регулировать необходимые параметры для изучения процесса работы, и получения экспериментальных данных (рис. 2).



1 – ячейка с землей; 2 – сменный выталкиватель; 3 – подшипник скольжения для штока выталкивателя; 4 – шток выталкивателя; 5 – малый рычаг рычажной передачи (4 шт.); 6 – средний рычаг рычажной передачи; 7 – подшипник скольжения для оси рычажной передачи; 8 – шток выталкивателя с креплением под динамометр; 9 – подшипник скольжения для штока; 10 – динамометр электронный; 11 – шток реечной передачи; 12 – втулка крепления реечной передачи; 13 – концевой выключатель; 15 – двигатель постоянного тока; 14, 16, 18, 19, 20, 21 – крепежи деталей узла; 17 – основание механизма

Рисунок 2 - Схема макета установки для автоматического выталкивания рассады



1, 2 – кнопки прямого и обратного хода; 3 – концевой выключатель; 4 – электромотор

Рисунок 3 - Электросхема привода выталкивателя

На рис. 3 представлена электросхема привода выталкивателя. Нажав на кнопку 1, шток реечной передачи движется, пока не отожмется кнопка, таким образом, механизм устанавливается в исходное положение, затем, нажимая на кнопку 2, шток реечной передачи движется в обратную сторону до момента, пока лыжа не нажмет на концевой выключатель, который размыкает цепь, что обеспечивает остановку штока в нужном положении.

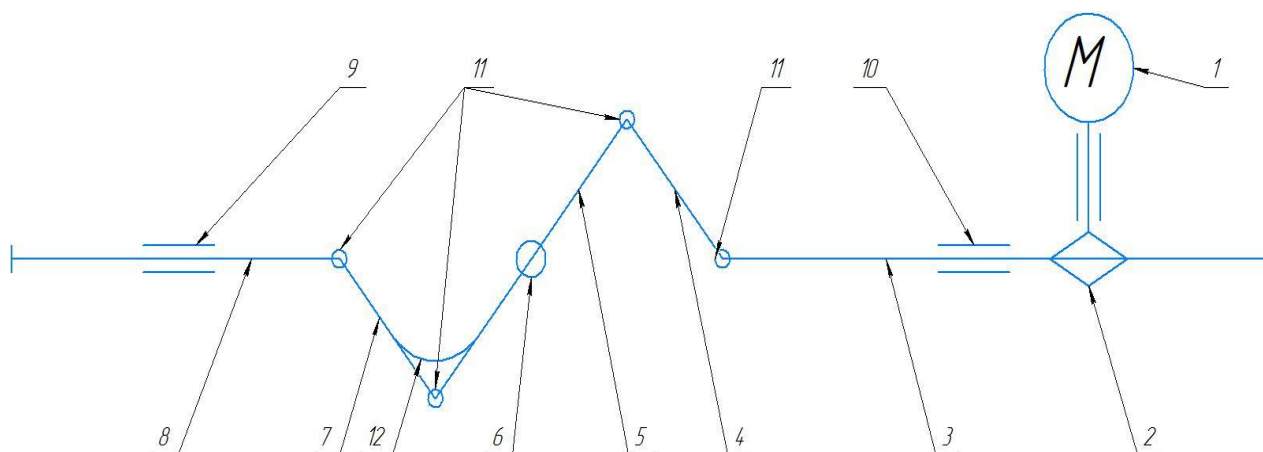


Рисунок 4 - Кинематическая схема узла

На рисунке 4 представлена кинематическая схема узла. Двигатель 1 обеспечивает привод механизма, передавая движение через зубчатое колесо 2 на рейку 3. Возвратно – поступательное движение реечной передачи приводит в движение рычажную передачу, состоящую из малых рычагов 4 и 7, центрального рычага 5, который закреплен на неподвижной оси 6. Малые рычаги подвижно закреплены к центральному рычагу и штокам шарнирами 11. Пружинная пластина 12 обеспечивает выход рычагов из мертвой точки, приводя в движение выталкиватель 8. Шток выталкивателя и приводной шток установлены в подшипники скольжения 9 и 10, соответственно (рис. 2). Таким образом, обеспечивается работа макета узла выталкивателя рассады из ячейки.

Обеспечение регулировки скорости перемещения штока, осуществляется за счет изменения входного напряжения на двигатель с помощью блока питания, а регулировка перемещения хода - концевым выключателем и стальной лыжей.

Изменение диаметра выталкивателя обеспечивается установкой прутков диаметрами 8, 6, 5, 4 мм, которые закрепляются в держателе

штока винтами. Отверстие в торце держателя предусматривает возможность установки различных диаметров выталкивателя.

Для проведения исследований выталкивания рассады учитывается скорость перемещения выталкивателя, так как ее изменение влияет на режимы и результат работы механизма [3]. В ходе исследований выделено три варианта опытов, для которых регулировалась скорость перемещения выталкивателя. Методика позволяет определить рабочие скорости выталкивателя, с целью использования полученных данных в дальнейших расчетах и исследованиях.

Для определения скорости перемещения выталкивателя 2 ($V_1 - V_3$) устанавливали его в начальное положение относительно втулки 5 и конечное, с помощью концевого выключателя. С помощью секундомера измеряли время одного хода от начала движения до размыкания цепи концевым выключателем 3. Для замеров величины хода использовался штангенциркуль. Расстояние между начальным и конечным положениями выталкивателя необходимо разделить на время прохождения этого хода, чтобы получить скорость в миллиметрах в секунду. Исследование проводили в 10 повторностях для каждого варианта опытов, результаты исследования представлены в таблице 1.

Значение влажности почвы влияет на эффективность выталкивания рассады из кассет, поэтому были проведены исследования по определению оптимальной влажности почвы.

Существует способ определения влажности почвы высушиванием до постоянной массы [7, 8]. Влажность почвы рассчитывается как разность массы до сушки и после сушки, умноженная на 100 и деленная на массу грунта после сушки. Вначале измеряется масса емкости, в которой будет высушиваться грунт, затем производится взвешивание образца почвы вместе с емкостью, высушивается образец, пока его масса не перестанет уменьшаться, после этого проводится контрольное взвешивание.

Для проведения работы по данной методике использовано следующее оборудование: металлические емкости для проб (бюксы), сушильный шкаф с регулировкой температуры сушки, технические весы для определения массы проб, таймер для точного отсчета времени сушки [9]. Таким образом, имея исходные данные в виде массы емкости, массы образцов до сушки и после, рассчитана влажность почвы в определенный момент высушивания и определено необходимое время для высушивания почвы до нужного значения влажности [11, 12].

Результаты и их обсуждение.

Получив несколько вариантов различной влажности были произведены пробные опыты на выталкивание для определения наиболее подходящей для работы влажности почвы. Выбраны для эксперимента минимальная влажность и средняя из результатов по определению влажности. Для каждой влажности провели опыты на 4 разных диаметрах выталкивателя с тремя разными скоростями. Таким образом, оптимальной влажностью почвы считали вариант, при котором достигается наибольшая эффективность извлечения рассады из кассеты.

Влажность определялась по формуле:

$$W = \frac{100 \cdot (M_1 - M_2)}{M_2 - M},$$

где, W – влажность почвы,

M_1 – масса образца вместе с емкостью до сушки,

M_2 – масса образца вместе с емкостью после сушки,

M – масса емкости без грунта.

Используя полученные данные по влажности почвы и скорости перемещения штока выталкивателя, провели эксперименты для разных параметров работы макета механизма выталкивания. Для каждого режима

работы произвели опыты, выталкивателями разных диаметров, получив результаты (табл. 2).

Таблица 1 – Рабочие скорости перемещения выталкивателя

Раб. скорость, мм/с	Ст. отклонение	Коэф. вариации
63,4	3,2	5,0
56,1	2,0	3,6
48,4	3,2	6,7

Таблица 2 – Определение оптимальной скорости перемещения для разных диаметров выталкивателя

Параметры оптимизации		Плотность забивки грунта, г/см ³		
Скорость	Диаметр выталкивателя, мм	1,13	1,29	1,45
V1	8	0	0	0
	6	0	1	0
	5	0	0	0
	4	0	0	0
V2	8	1	1	0
	6	1	1	0
	5	0	1	0
	4	0	0	0
V3	8	1	1	0
	6	1	1	0
	5	0	0	0
	4	0	0	0

Выводы

В результате исследований установлены: оптимальный диаметр выталкивателя - 6 мм, оптимальная скорость перемещения - 56,1 мм/с и оптимальная плотность забивки ячейки - 1,29 г/см³. В результате опытов установлено, что выталкиватель диаметром 4 мм и плотность забивки почвы 1,45 г/см³ использовать в дальнейших исследованиях не целесообразно, так как при этих параметрах выталкивания рассады из кассеты не происходит.

Представленные исследования будут продолжены в целях повышения производительности и эффективности данного агрегата, с помощью определения новых параметров оптимизации и их зависимостей.

Литература

1. Рекомендации по совершенствованию организации производства табака в хозяйствах сельских товаропроизводителей при переходе к рыночной экономике. - Краснодар, 1993. – 54 с.

2. Босой, Е.С. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: учебник для вузов по спец. "С.-х. машины" / Е.С. Босой, О.В. Верняев, И.И. Смирнов, Е.Г. Султан-Шах; под ред. Е.С. Босого. - М.: Машиностроение, 1978. – 567 с.

3. Синеоков, Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков. - М.: Машиностроение, 1965. – 310 с.

4. Трубилин, Е.И. Сельскохозяйственные машины (Конструкция, теория и расчет). Часть I: Учебное пособие/ Е.И. Трубилин, В.А. Абликов, Л.П. Соломатина, А.Н. Лютый /КГАУ. - 2-е изд. перераб. и дополн. -Краснодар, 2008. - 200с.

5. Винецкий, Е.И. Оценка конкурентоспособности отечественных и зарубежных машин для посадки рассады / Е.И. Винецкий, В.С. Лопатин // Современные направления и перспективы развития технологий обработки и оборудования в машиностроении 2021 (ICMTMTE): сборник Междунар. научно – техн. конф. (6-10.09.2021). - Севастополь, 2021.

6. Патент на изобретение № 2800822. Автомат для подачи рассады к посадочному аппарату/ Е.И. Винецкий, В.С. Лопатин, А.А. Шухов, И.Б. Поярков, В.А. Саломатин, Л.П. Пестова, Н.Н. Винецкая; заявитель и патентообладатель ФГБНУ ВНИИТТИ. – 2022121834; опубл. 28.07.2023, Бюл. № 22.

7. Ресурсосберегающая технология производства табака. (Рекомендации). – Краснодар, 1999. – 20 с.

8. Агротехнологические основы повышения эффективности производства табака / под общ. ред. А.Е. Лысенко. - Краснодар, 2003. – 370 с.

9. Бучинский, А.Ф. Табаководство / А.Ф. Бучинский, П.Г. Володарский, Г.П. Асмаев [и др.]. –3-е, перераб. и доп. изд. - М.: Колос, 1979. – 320с.

10. Винецкий, Е.И. Средства механизации выращивания рассады табака / Е.И. Винецкий, И.И. Дьячкин, Т.В.Грушевская, А. Д.Пестов, Т.И. Богомолова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2002. - №7. - С. 7-10.

11. Рекомендации по возделыванию табака на Северном Кавказе. – Краснодар, 1979. – 132с.

12. Леонов, И.П. Учебник табаководы / И.П. Леонов, А.Г. Петренко, Г.М. Псарёв [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1986. – 287с.

REFERENCES

1. Rekomendacii po sovershenstvovaniyu organizacii proizvodstva tabaka v hozjajstvah sel'skih tovaroproizvoditelej pri perehode k rynochnoj jekonomike. - Krasnodar, 1993. – 54 s.

2. Bosoj, E.S. Teorija, konstrukcija i raschet sel'skohozjajstvennyh mashin: uchebnik dlja vuzov po spec. "S.-h. mashiny" / E.S. Bosoj, O.V. Vernjaev, I.I. Smirnov, E.G. Sultan-Shah; pod red. E.S. Bosogo. - M.: Mashinostroenie, 1978. – 567 s.

3. Sineokov, G.N. Proektirovanie pochvoobrabatyvajushhijh mashin / G.N. Sineokov. - M.: Mashinostroenie, 1965. – 310 s.
4. Trubilin, E.I. Sel'skhozjajstvennyje mashiny (Konstrukcija, teorija i raschet). Chast' I: Uchebnoe posobie/ E.I. Trubilin, V.A. Ablikov, L.P. Solomatina, A.N. Ljutjy /KGAU. - 2-e izd. pererab. i dopoln. -Krasnodar, 2008. - 200s.
5. Vinevskij, E.I. Ocenka konkurentosposobnosti otechestvennyh i zarubezhnyh mashin dlja posadki rassady / E.I. Vinevskij, V.S. Lopatin // Sovremennye napravlenija i perspektivy razvitija tehnologij obrabotki i oborudovanija v mashinostroenii 2021 (ICMTMTE): sbornik Mezhdunar. nauchno – tehn. konf. (6-10.09.2021). - Sevastopol', 2021.
6. Patent na izobrenenie № 2800822. Avtomat dlja podachi rassady k posadochnomu apparatu/ E.I. Vinevskij, V.S. Lopatin, A.A. Shuhov, I.B. Pojarkov, V.A. Salomatin, L.P. Pestova, N.N. Vinevskaja; zajavitel' i patentoobladatel' FGBNU VNIITTI. –2022121834; opubl. 28.07.2023, Bjul. № 22.
7. Resursosberegajushhaja tehnologija proizvodstva tabaka. (Rekomendacii). – Krasnodar,1999. – 20 s.
8. Agrotehnologicheskie osnovy povysenija jeffektivnosti proizvodstva tabaka / pod obshh. red. A.E. Lysenko. - Krasnodar, 2003. – 370 s.
9. Buchinskij, A.F. Tabakovodstvo / A.F. Buchinskij, P.G. Volodarskij, G.P. Asmaev [i dr.]. –3-e, pererab. i dop. izd. - M.: Kolos, 1979. – 320s.
10. Vinevskij, E.I. Sredstva mehanizacii vyrashhivaniya rassady tabaka / E.I. Vinevskij, I.I. D'jachkin, T.V.Grushevskaja, A. D.Pestov, T.I. Bogomolova // Mehanizacija i jelektifikacija sel'skogo hozjajstva. - 2002. - №7. - S. 7-10.
11. Rekomendacii po vzdelyvaniju tabaka na Severnom Kavkaze. – Krasnodar, 1979. – 132s.
12. Leonov, I.P. Uchebnik tabakovoda / I.P. Leonov, A.G. Petrenko, G.M. Psarjov [i dr.]. – M.: Agropromizdat, 1986. – 287s.