

Научная статья
УДК 631.311.86
doi:10.35694/YARCX.2022.59.3.009

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГОЁМКОСТИ МАШИН ДЛЯ РАБОТЫ С ТЕПЛИЧНЫМ ГРУНТОМ

Александр Олегович Везилов

Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
имени Н. И. Вавилова, Саратов, Россия
vezirov2008@mail.ru, ORCID 0000-0001-9117-1267

Реферат. Выращивание растений в теплицах по грунтовой технологии органического земледелия предполагает выполнение работ по приготовлению тепличного грунта, его использованию, а после завершения цикла выращивания – удалению из помещения теплицы. Для выполнения данных работ разработаны новые машины: комбинированный укладчик, погрузчик-смеситель, машина для удаления грунта. Одним из основных показателей эффективности данных машин является энергоёмкость. Цель исследований – установить значения параметров машин, при которых энергоёмкость минимальна. Получены аналитические выражения, описывающие влияние конструктивных и режимных параметров на значение энергоёмкости указанных машин. Установлено, что наибольшее влияние на энергоёмкость комбинированного укладчика оказывают скорость цепи транспортёра, угловая скорость дозирующего барабана, количество скребков транспортёра, количество планок барабана; машины для удаления грунта – высота слоя удаляемого грунта и поступательная скорость машины. Для определения оптимальных значений вышеперечисленных параметров проведена серия двухфакторных экспериментов. Получены уравнения регрессии и соответствующие им трёхмерные поверхности отклика, описывающие характер влияния параметров на энергоёмкость. Установлены оптимальные значения параметров для комбинированного укладчика, при которых энергоёмкость имеет минимальное значение: скорость цепи транспортёра – 0,31–0,34 м/с, количество скребков – 6–7, угловая скорость дозирующего барабана – 6,0–6,5 рад/с, число продольных планок – 7. Рациональные значения поступательной скорости машины для удаления грунта – 0,12–0,17 м/с, угла наклона поверхности ковша – 24–25 градусов при высоте удаляемого слоя грунта – 0,13–0,15 м.

Ключевые слова: теплица, энергоёмкость, удаление тепличного грунта, комбинированный укладчик, машина для удаления и погрузки тепличного грунта

INVESTIGATION OF ENERGY INTENSITY OF MACHINES FOR WORKING WITH GREENHOUSE SOIL

Aleksandr O. Vezirov

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named
after N. I. Vavilov, Saratov, Russia
vezirov2008@mail.ru, ORCID 0000-0001-9117-1267

Abstract. Cultivation of plants in greenhouses using the soil technology of organic farming involves the preparation of greenhouse soil, its use, and after the completion of the reproduction cycle – removal from the greenhouse. To perform these works, new machines have been developed: combined stacker, loader mixer, soil removal machine. One of the main indicators of the efficiency of these machines is energy intensity. The goal of researches is to establish the values of the machine parameters at which the energy intensity is minimal. Analytical expressions describing the effect of design and operating parameters on the energy intensity value of these machines are obtained. It was established that the greatest influence on the energy intensity of the combined stacker is exerted by the speed of the conveyor chain, the angular speed of the metering drum, the number of conveyor scrapers, the number of drum plates; soil removal machine – height of removed soil layer and translational speed of the machine. To determine the optimal values of the above parameters, a series of two-factor experiments was carried out. Regression equations and their corresponding three-dimensional response surfaces are obtained describing the nature of the effect of parameters on energy intensity. Optimal values of parameters for the combined stacker have been established, at which the energy intensity has a minimum value: conveyor chain speed – 0.31–0.34 m/s, the number of

scrapers – 6–7, the angular speed of the metering drum – 6.0–6.5 rad/s, the number of longitudinal plates – 7. The rational values of the translational speed of the soil removal machine are 0.12–0.17 m/s, the inclination angle of the bucket surface is 24–25 degrees with the height of the removed soil layer is 0.13–0.15 m.

Keywords: greenhouse, energy intensity, removal of greenhouse soil, combined stacker, machine for removal and loading of greenhouse soil

Введение. Наиболее распространённая технология выращивания растений в теплицах основана на приготовлении специального тепличного грунта [1]. Овощи, получаемые при таком способе производства, обладают более высокими товарно-вкусовыми качествами [2–6], чем при других технологиях выращивания.

Приготовление и использование тепличного грунта является наиболее энергоёмкой и трудозатратной операцией в процессе выращивания растений в защищённом грунте. От правильной и качественной его организации напрямую зависят урожайность выращиваемых культур и себестоимость готовой продукции. Грунт необходимо не только правильно приготовить, но и в процессе эксплуатации производить периодическую полную или частичную (высота сменяемого слоя 0,10–0,15 м) замену слоя грунта на новый. Если замену не производить, то это приведёт к деградации почвенного слоя и снижению урожайности [7; 8].

Ранее рассмотрена технологическая схема приготовления, использования и удаления тепличного грунта [9; 10]. Для данной технологии предложен комплекс машин, состоящий из комбинированного укладчика, погрузчика-смесителя и машины для удаления тепличного грунта [11–14].

Одним из основных качественных показателей эффективности данных машин является энергоёмкость выполнения технологического процесса. На её изменение оказывает влияние большое количество факторов – конструктивные и режимные параметры. Конструктивные факторы отражают конструкцию рабочих органов, режимные характеризуют параметры их движения.

Исследованиями, проведёнными совместно с Д. В. Мухиным и А. В. Левченко, установлены аналитические и экспериментальные зависимости энергоёмкости от выбранных факторов [15–19].

Энергоёмкость является функцией соотношения приводной мощности и производительности. Энергоёмкость технологического процесса при использовании тепличного грунта E (Дж/кг) – это работа, затрачиваемая на производство всех операций, выполняемых машиной, приходящаяся на единицу массы грунта.

Энергоёмкость в общем случае может быть определена по выражению:

$$E = P/Q, \quad (1)$$

где P – суммарная мощность привода, Вт; Q – производительность, кг/с.

Ранее были получены математические модели производительности и мощности для каждой из машин.

Силовой анализ взаимодействия рабочих органов машин с компонентами тепличного грунта позволил получить формулы для определения усилий взаимодействия, мощности и производительности [15]. На основе этих данных получены аналитические выражения для определения энергоёмкости. Подставив предложенные выражения для мощности и производительности в формулу (1) и произведя соответствующие преобразования, получим выражения для энергоёмкости каждого из исследуемых процессов.

Энергоёмкость укладки компонентов тепличного грунта комбинированным укладчиком E_y (Дж/кг):

$$\begin{aligned} E_y = & \{ \{ K_{c\delta} l_{ck} b_{ck} \tau_{c\delta} + g \rho_{km} l_{ck} b_{ck} h_{ck} f_{6n} + \\ & + g \rho_{km} l_{ck} b_{ck} h_{kn} f_u + m_{ck} \frac{v_c}{t} \frac{l_{mp}}{l_{ck}} + \sigma_k b_{ck} h_{ok} \} v_c + \\ & + z_{n1} D_{n1} \omega_{\delta 1} (m_1 \frac{\omega_{\delta 1} R_{\delta 1}}{t} + f_{6n1} m_{k\delta 1} g - \\ & - m_1 g \cos \beta) + z_{n2} D_{n2} \omega_{\delta 2} (m_2 \frac{\omega_{\delta 2} R_{\delta 2}}{t} + \\ & + f_{6n2} m_{k\delta 2} g - m_2 g \cos \beta) \} / \{ K_3 b_{ck} h_{ck} \rho_k v_c + \\ & + \rho_{k1} K_{31} \pi \left(\frac{\alpha_{n1}}{2\pi} \right) \frac{D_{n1}^2 - D_{\delta 1}^2}{4} B_{n1} z_{n1} n_{k1} + \\ & + B_{n2} z_{n2} n_{k2} \} \end{aligned} \quad (2)$$

где b_{ck} – ширина скребка транспортёра, м; h_{ck} – высота скребка транспортёра, м; ρ_{kt} – плотность перемещаемого компонента транспортёром, кг/м³; v_c – скорость скребков транспортёра, м/с; K_3 – коэффициент заполнения межскребкового пространства; ρ_k – средняя плотность компонента в бункере дозирующего барабана, кг/м³; K_3 – коэффициенты заполнения пространства между планками барабана; α_n – центральный угол между планками барабана, град.; D_b – диаметр дозирующих барабанов по образующей цилиндра, м; D_n – диаметр дозирующих барабанов по наружным кромкам продольных планок, м; ω_δ – угловая скорость дозирующего барабана, рад/с; α_n – угол между лопатками, град.; B_n – ширина продольной планки барабана, м; z_n – число продольных планок на барабане, ед.; n_k – частота вращения дозирующего барабана, с⁻¹; τ_{cd} – предельное напряжение

сдвига материала компонента в цепном транспортёре, Па; K_{cd} – коэффициент увеличения площади сдвига, учитывающий отклонение реальной формы поверхности сдвига от теоретической для цепного транспортёра; $h_{кп}$ – полная высота слоя компонента в переднем бункере, м; $f_{н}$ – коэффициент трения компонента по поверхности настила переднего бункера; $f_{вн}$ – коэффициент внутреннего трения компонента в первом бункере; $h_{к}$ – высота слоя компонента в переднем бункере, м; $\sigma_{к}$ – напряжение крошения компонента, Па; $h_{ок}$ – высота отделённого слоя компонента перед заслонкой в первом бункере, м; $m_{ск}$ – масса отделённого компонента скребком цепного транспортёра, кг; m – масса отделённого компонента планкой дозирующего барабана, кг; $m_{кб}$ – масса основного компонента в среднем и заднем бункерах, кг.

Индекс «1» относится к первому дозирующему барабану, индекс «2» – ко второму.

Энергоёмкость процесса удаления слоя тепличного грунта предлагаемой машиной $E_{уд}$ (Дж/кг):

$$E_{уд} = \left[P_0 + \left\{ \tau_p \cdot B \cdot \delta + 2 \cdot \sigma_d \cdot b \cdot h + \frac{\rho(B \cdot h \cdot v^2 + b_k \cdot h_k \cdot v \cdot t \cdot g \cdot f_k)}{\cos \gamma} + 2 \cdot \tau_0 \cdot l_{бпо} \cdot s + \frac{2 \cdot \rho \cdot b \cdot h_0 \cdot v_0 \cdot g \cdot f_0 \cdot \cos \theta}{\cos \gamma} \right\} \cdot v + \left(\rho \cdot B \cdot h \cdot v \cdot t \cdot g + \frac{\rho(B \cdot h \cdot v^2 + b_k \cdot h_k \cdot v \cdot t \cdot g \cdot f_k)}{\sin \gamma} + \frac{2 \cdot \rho \cdot b \cdot h_0 \cdot v_0 \cdot g \cdot f_0 \cdot \sin \theta}{\sin \gamma} \right) \cdot v \cdot \sin \gamma \right] / \rho \cdot B \cdot h \cdot v \cdot \left[1 - \left(\sin^2 \gamma - \left(1 - \frac{b_k}{B} \right) \cdot \frac{l_{от}}{l_{бпо}} \right) \right], \quad (3)$$

где P_0 – мощность, требуемая для перемещения самой машины в процессе работы, Вт; τ_p – напряжение резания почвы, Н/м; B – ширина захвата ковша (ширина режущей кромки), м; δ – толщина режущей кромки отвала, м; σ_k – напряжение разрыва пласта грунта, Н/м²; b – ширина пласта грунта, м; h – высота слоя грунта, м; ρ – плотность убираемого грунта, кг/м³; v – поступательная рабочая скорость машины, м/с; b_k – ширина боковой поверхности отвала, м; h – высота слоя грунта на ковше, м; f_k – коэффициент трения грунта о поверхность ковша; τ_0 – напряжение сдвига частей грунта на отвале, Н/м²; s – высота слоя грунта на отвале, м; h_θ – высота слоя грунта на отвале, м; v_θ – скорость движения грунта на отвале, м/с; f_0 – коэффициент трения грунта по поверхности отвала; γ – угол наклона поверхности ковша, град.; θ – средний угол поверхности отвала, град.; $l_{от}$ – длина боковой поверхности отвала, м; $l_{бпо}$ – длина проекции боковой поверхности отвала (измеряется по направлению движения грунта), м.

Таким образом, получены аналитические выражения для определения энергоёмкости. Установлено, что наибольшее влияние на производительность комбинированного укладчика оказывают скорость цепи транспортёра, угловая скорость дозирующего барабана, количество скребков транспортёра, количество планок барабана; машины для удаления грунта – высота слоя удаляемого грунта и поступательная скорость машины. Но, так как энергоёмкость есть функция от мощности и производительности, поэтому в экспериментальной части исследования также будем рассматривать влияние вышеперечисленных параметров машин, отобранных в качестве факторов на критерий оптимизации – энергоёмкость.

Материалы и методы. Для целей эксперимента изготовлены опытные образцы комбинированного укладчика и машины для удаления грунта. Исследования проходили в производственных условиях на базе тепличного комбината АО «Весна» Саратовской области. Методика включала серию двухфакторных экспериментов для каждой из машин [20–23]. Конструктивные параметры комбинированного укладчика (число скребков и планок) изменялись установкой их необходимого количества на рабочие органы, скорость цепи транспортёра и частота вращения барабанов изменялась сменой звёздочек на ведущих валах. Угол наклона поверхности ковша машины для удаления грунта изменялся сменой и установкой рабочих поверхностей под разными углами, а поступательная скорость задавалась переключением передач на агрегируемом средстве. Производительность измеряли путём взвешивания массы грунта, отгруженной рабочими органами каждой машины в единицу времени. Для измерения мощности, затрачиваемой на привод рабочих органов машин и силовых характеристик, использовали тензометрические датчики и измерительный комплекс МИГ-018 [24; 25]. Полученные данные для производительности и мощности позволили получить значения энергоёмкости.

Данные обрабатывались по методу регрессионного анализа с использованием программного пакета для статистического анализа «Statistica» на ЭВМ с дальнейшим построением трёхмерных графических зависимостей и уравнений [26; 27]. Используя критерий Фишера, проверяли адекватность описания уравнением регрессии данных эксперимента.

Результаты и обсуждения. По итогам обработки экспериментальных данных получена графическая зависимость (рис. 1) и соответствующее ей уравнение регрессии (4), описывающие влияние факторов – угловой скорости (ω , рад/с) и числа планок (z_n , ед.) дозирующего барабана на энергоёмкость комбинированного укладчика (E , Дж/кг) [15–17].

$$E = 2,3 + 0,3 \cdot \omega - 0,652 \cdot N - 0,0001562 \cdot \omega^2 - 0,006 \cdot N \cdot \omega + 0,035 \cdot N^2. \quad (4)$$

При выбранных режимах работы на изменение значения энергоёмкости влияет производительность и необходимая приводная мощность на валу барабана. Соответственно, высокое значение

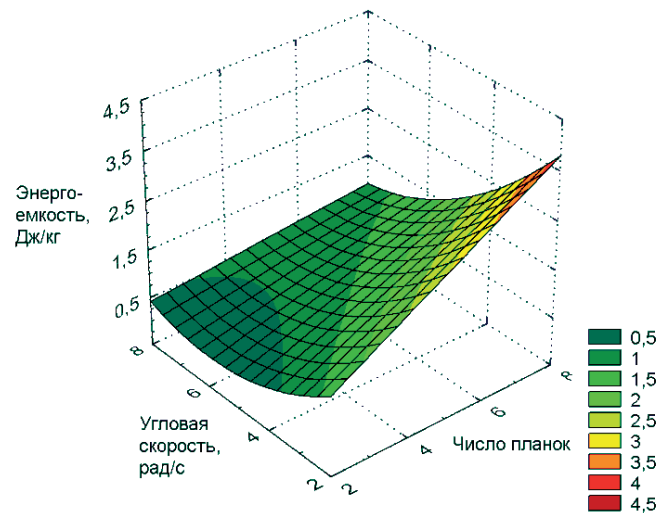


Рисунок 1 – Графическая зависимость энергоёмкости комбинированного укладчика от значений угловой скорости (ω , рад/с) и числа планок (z_n , ед.) дозирующих барабанов

мощности увеличивает затраты энергии, что ведёт к увеличению энергоёмкости. Из графика видно, что угловая скорость оказывает меньшее влияние на изменение энергоёмкости, в то же время при увеличении количества планок значение энергоёмкости уменьшается, достигая минимума при шести планках, и далее опять возрастает.

В результате обработки данных получено уравнение регрессии (5) и построена графическая зависимость (рис. 2) энергоёмкости комбинированного укладчика от количества скребков (N_c , ед.) и скорости цепи (V_c , м/с):

$$E = 369,898 - 659,24 \cdot V_c - 23,045 \cdot N_c + 1328,423 \cdot V_c^2 - 4,873 V_c \cdot N_c + 2,134 \cdot N_c^2. \quad (5)$$

Анализ графической зависимости показывает чётко выраженную область оптимума, соответствующую 5–7 скребкам и скорости цепи 0,31–0,34 м/с. Отклонение от этих параметров ведёт к увеличению энергоёмкости, например, при количестве скребков, равном 6 при скорости 0,2 м/с энергоёмкость составляет 218 Дж/кг, а при скорости 0,12 м/с – 234 Дж/кг, дальнейшее увеличение

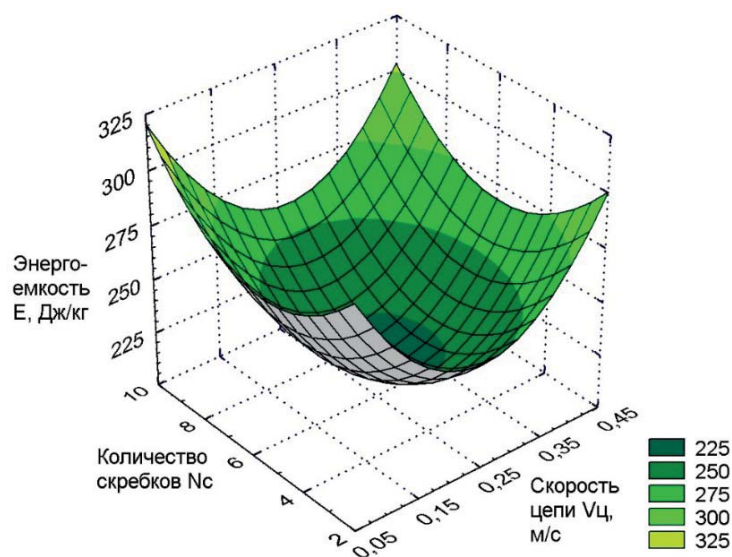


Рисунок 2 – Графическая зависимость энергоёмкости комбинированного укладчика от скорости цепи (V_c , м/с) и количества скребков (N_c , ед.) цепного транспортёра

скорости до 0,32 м/с приводит уже к уменьшению энергоёмкости до 190 Дж/кг.

Наибольшее влияние на энергоёмкость оказывает скорость цепи со скребками, так как определённым её значениям соответствует максимальная производительность погрузки при относительно небольших значениях мощности для привода цепного транспортёра.

Следующим двухфакторным экспериментом исследовалось влияние высоты слоя почвы (h, мм) и поступательной скорости машины для удаления грунта (v, м/с) на энергоёмкость [18; 19]. Уравне-

ние регрессии (6) и соответствующая двумерная графическая зависимость (рис. 3) позволяют сделать вывод, что существует область оптимальных значений, при которых энергоёмкость принимает минимальные значения.

$$E = 1648,127 - 2786,11 \cdot v - 14,116 \cdot h + 8923,61 \cdot v^2 + 2,625 \cdot v \cdot h + 0,051 \cdot h^2. \quad (6)$$

Математическое решение уравнения регрессии позволяет определить область оптимальных значений: поступательная скорость машины –

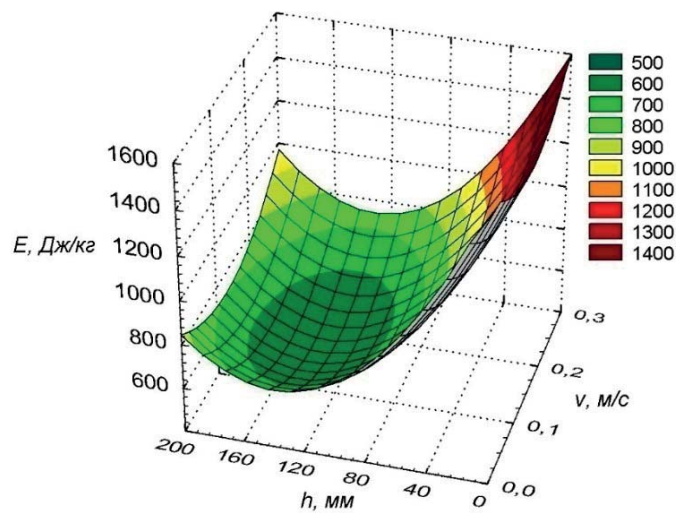


Рисунок 3 – Графическая зависимость энергоёмкости машины для удаления грунта от высоты слоя почвы (h, мм) и поступательной скорости машины (v, м/с)

0,14–0,16 м/с, высота удаляемого слоя грунта – 0,13–0,15 м (соответствует высоте нормы по удалению санитарного слоя грунта в теплицах).

По результатам второго двухфакторного эксперимента с машиной для удаления грунта полу-

чено уравнение регрессии (7) и соответствующая графическая зависимость (рис. 4), описывающая влияние на энергоёмкость процесса удаления поступательной скорости (v, м/с) и угла наклона поверхности (γ, град.).

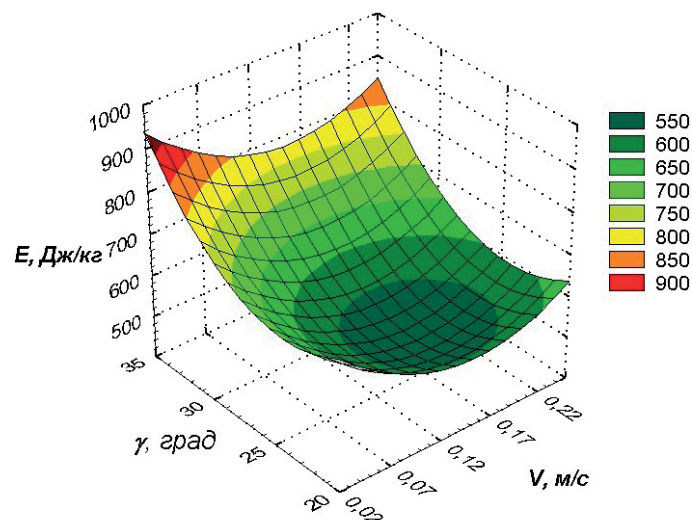


Рисунок 4 – Графическая зависимость энергоёмкости машины для удаления грунта от поступательной скорости машины (v, м/с) и угла наклона поверхности ковша (γ, град.)

$$E = 2107,39 - 2563,416 \cdot v - 114,021 \cdot \gamma + 8489,583 \cdot v^2 - 3,3 \cdot v \cdot \gamma + 2,342 \cdot \gamma^2. (7)$$

Анализ поверхности (рис. 4) показывает наличие области оптимальных значений, а математическое решение уравнения (7) позволяет определить этот диапазон параметров, при которых энергоёмкость минимальна. Отклонение параметров от указанного диапазона ведёт к росту энергоёмкости. Для поступательной скорости значения, при которых энергоёмкость процесса минимальна, составляют 0,12–0,17 м/с. Оптимальный угол наклона поверхности ковша составляет 24–25 градусов.

Энергоёмкость показывает затраты энергии на единицу массы отделённого и погруженного тепличного грунта, являясь функцией производительности и приводной мощности. Увеличение мощности при одной и той же производительности приводит к росту энергоёмкости. Увеличение производительности при одной и той же мощности приводит к снижению энергоёмкости. Поэтому при меньших значениях поступательной скорости производительность машины значительно уменьшается, однако мощность не изменяется или снижается

незначительно, что приводит к росту энергоёмкости. С другой стороны, при скорости выше оптимального диапазона рост мощности для выполнения рабочего процесса идёт интенсивнее, чем рост производительности, что ведёт к увеличению энергоёмкости.

Выводы. Представленный анализ результатов эксперимента позволил установить рациональные значения параметров рабочих органов машин, входящих в технологическую схему подготовки и использования тепличного грунта.

Минимальная энергоёмкость комбинированного укладчика достигается при скорости цепи транспортёра 0,31–0,34 м/с и количестве скребков 6–7; при угловой скорости дозирующего барабана – 6,0–6,5 рад/с и числе продольных планок – 7.

Рациональные по энергоёмкости значения поступательной скорости машины для удаления слоя тепличного грунта и угла наклона поверхности ковша составляют, соответственно, 0,12–0,17 м/с и 24–25 градусов при высоте удаляемого слоя грунта 0,13–0,15 м.

Увеличение или уменьшение от указанных значений параметров приводит к повышению энергоёмкости процессов приготовления грунта и снижает общую эффективность машин.

Список источников

1. Tuzel Y., Leonardi C. Protected cultivation in Mediterranean region: trends and needs // Journal of Agriculture Faculty of Ege University. 2009. Vol. 46, № 3. P. 215–223. ISSN 1018-8851.
2. Козловская И. П. Развитие растений томата на органических субстратах при малообъемном способе выращивания в зимних теплицах // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрная наука. 2002. № 3. С. 49–52. ISSN 1817-7204.
3. Аутко А. А., Рупасова Ж. А., Игнатенко В. А. [и др.] Влияние типа субстрата на содержание полисахаридов и фенольных соединений в томатах в условиях защищенного грунта // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрная наука. 2004. № 3. С. 62–64. ISSN 1817-7204.
4. Аутко А. А., Рупасова Ж. А., Игнатенко В. А. [и др.] Влияние погодных условий и типа субстрата на биологический состав томатов в тепличных хозяйствах Беларуси // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрная наука. 2003. № 3. С. 49–56. ISSN 1817-7204.
5. Комфортный субстрат // Вестник овощевода. 2016. № 2. С. 14–15. ISSN 2073-5898.
6. Almeida R. F., Queiroz I. D. S., Mikhael J. E. R. [et al.] Enriched animal manure as a source of phosphorus in sustainable agriculture // International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. 2019. № 8 (Suppl 1). P. 203–210. ISSN 2195-3228.
7. Liang Y., Lin X., Yamada S. [et al.] Soil degradation and prevention in greenhouse production // Springer Plus. 2013. № 2 (Suppl 1). P. 1–10. doi: 10.1186/2193-1801-2-S1-S10.
8. Mupambwa H. A., Mkeni P. N. S. Optimizing the vermicomposting of organic wastes amended with inorganic materials for production of nutrient-rich organic fertilizers: a review // Environmental Science and Pollution Research. 2018. Vol. 25, № 11. P. 10577–10595.
9. Pavlov P. I., Demin E. E., Khakimzyanov R. R. [et al.] Mechanization of soil preparation for greenhouses // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018. Vol. 9, № 3. P. 1023–1030. ISSN 0976-6340.
10. Павлов П. И., Везилов А. О., Ракутина А. В. [и др.] Комплекс машин для работы с почвой в тепличном производстве // Аграрный научный журнал. 2016. № 7. С. 51–53. ISSN 2313-8432.
11. Пат. 211840 Российская Федерация, МПК А01С 3/00 (2006.01), А01В 49/06 (2006.01). Комбинированный укладчик почвенных компонентов / Павлов П. И., Везилов А. О. ; патентообладатель ФГБОУ ВО «Сара-

товский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова». № 2021128154 ; заявл. 27.09.2021 ; опубл. 24.06.2022, Бюл. № 18. 4 с.

12. Пат. 119337 Российская Федерация, МПК В65G 65/22 (2006.01), А01С 3/04 (2006.01). Погрузчик-смеситель органоминерального компоста / Везилов А. О., Дзюбан И. Л., Павлов П. И. ; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова». № 2012114293/11 ; заявл. 11.04.2012 ; опубл. 20.08.2012, Бюл. № 23. 4 с.

13. Пат. 117906 Российская Федерация, МПК В65G 67/24 (2006.01), В65G 65/22 (2006.01). Рабочий орган погрузчика-смесителя / Павлов П. И., Левченко Г. В., Везилов А. О., Дзюбан И. Л. ; патентообладатель ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова». № 2012108283/11 ; заявл. 05.03.2012 ; опубл. 10.07.2012, Бюл. № 19. 3 с.

14. Пат. 2621041 Российская Федерация, МПК В62D 63/00 (2006.01), В65G 67/00 (2006.01), E02F 3/60 (2006.01), А01D 93/00 (2009.01). Прицепная машина для удаления и погрузки почвы в теплицах / Павлов П. И., Везилов А. О., Левченко Г. В., Ракутина А. В. ; патентообладатель ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова». № 2016100090 ; заявл. 11.01.2016 ; опубл. 31.05.2017, Бюл. № 16. 4 с.

15. Павлов П. И., Везилов А. О., Мухин Д. В. Оптимизация конструктивных и режимных параметров комбинированного укладчика почвенных компонентов // Аграрный научный журнал. 2020. № 10. С. 115–119. ISSN 2313-8432.

16. Павлов П. И., Везилов А. О., Мухин Д. В. Исследование энергоёмкости дозирующего барабана комбинированного укладчика // Естественные и технические науки. 2019. № 7 (133). С. 202–205. ISSN 1684-2626.

17. Павлов П. И., Везилов А. О., Мухин Д. В. Энергоёмкость укладки почвенных компонентов комбинированным укладчиком для теплиц // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2019. № 3 (36). С. 63–67. ISSN 2658-4859.

18. Везилов А. О., Павлов П. И., Левченко А. В. [и др.] Результаты экспериментальных исследований процесса удаления и погрузки почвы в теплицах // Нива Поволжья. 2020. № 3 (56). С. 135–141. ISSN 1998-6092.

19. Везилов А. О. Влияние конструктивных и режимных параметров на качественные характеристики машины для удаления и погрузки тепличного грунта // Естественные и технические науки. 2022. № 2 (165). С. 263–265. ISSN 1684-2626.

20. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий : монография. 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1976. 280 с.

21. Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул. 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1988. 239 с.

22. Мельников С. В., Алешкин В. Р., Рошин П. М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. 2-е изд., перераб. и доп. Л. : Колос : Ленингр. отд-ние, 1980. 168 с.

23. Радченко Г. Е. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий протекания процесса. Горки : Белорусская СХА, 1978. 70 с.

24. Лысыч М. Н., Дочкин А. А. Тензометрические установки для изучения силовых параметров рабочих органов почвообрабатывающих орудий // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2, № 2-1 (7-1). С. 438–443. ISSN 2308-8877.

25. Лысыч М. Н., Шабанов М. Л., Мирзеханов Р. В. Изучение силовых параметров рабочих органов почвообрабатывающих орудий с использованием тензометрических установок // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2, № 2-2 (7-2). С. 229–234. ISSN 2308-8877.

26. Тюрин Ю. Н., Макаров А. А. Статистический анализ данных на компьютере / под ред. В. Э. Фигурнова. М. : ИНФРА-М, 1998. 528 с. ISBN 5-86225-662-8.

27. Халафян А. А., Боровиков В. П., Калайдина Г. В. Теория вероятностей, математическая статистика и анализ данных. Основы теории и практика на компьютере. Statistica. Excel. Более 150 примеров решения задач. М. : Ленанд, 2017. 320 с. ISBN 978-5-9710-3040-9.

References

1. Tuzel Y., Leonardi C. Protected cultivation in Mediterranean region: trends and needs // Journal of Agriculture Faculty of Ege University. 2009. Vol. 46, № 3. P. 215–223. ISSN 1018-8851.

2. Kozlovskaya I. P. Razvitie rastenij tomata na organicheskikh substratah pri maloobemnom sposobe vyrashivaniya v zimnih teplicah // Izvestija Nacional'noj akademii nauk Belarusi. Serija agrarnaja nauka. 2002. № 3. S. 49–52. ISSN 1817-7204.

3. Autko A. A., Rupasova Zh. A., Ignatenko V. A. [i dr.] Vlijanie tipa substrata na sodержanie polisaharidov i fenol'nyh soedinenij v tomatah v uslovijah zashhishhennogo grunta // Izvestija Nacional'noj akademii nauk Belarusi. Serija agrarnaja nauka. 2004. № 3. S. 62–64. ISSN 1817-7204.
4. Autko A. A., Rupasova Zh. A., Ignatenko V. A. [i dr.] Vlijanie pogodnyh uslovij i tipa substrata na biologicheskij sostav tomatov v teplichnyh hozjajstvah Belarusi // Izvestija Nacional'noj akademii nauk Belarusi. Serija agrarnaja nauka. 2003. № 3. S. 49–56. ISSN 1817-7204.
5. Komfortnyj substrat // Vestnik ovoshhevoda. 2016. № 2. S. 14–15. ISSN 2073-5898.
6. Almeida R. F., Queiroz I. D. S., Mikhael J. E. R. [et al.] Enriched animal manure as a source of phosphorus in sustainable agriculture // International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. 2019. № 8 (Suppl 1). P. 203–210. ISSN 2195-3228.
7. Liang Y., Lin X., Yamada S. [et al.] Soil degradation and prevention in greenhouse production // Springer Plus. 2013. № 2 (Suppl 1). P. 1–10. doi: 10.1186/2193-1801-2-S1-S10.
8. Mupambwa H. A., Mnkeni P. N. S. Optimizing the vermicomposting of organic wastes amended with inorganic materials for production of nutrient-rich organic fertilizers: a review // Environmental Science and Pollution Research. 2018. Vol. 25, № 11. P. 10577–10595.
9. Pavlov P. I., Demin E. E., Khakimzyanov R. R. [et al.] Mechanization of soil preparation for greenhouses // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018. Vol. 9, № 3. P. 1023–1030. ISSN 0976-6340.
10. Pavlov P. I., Vezirov A. O., Rakutina A. V. [i dr.] Kompleks mashin dlja raboty s pochvoj v teplichnom proizvodstve // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2016. № 7. S. 51–53. ISSN 2313-8432.
11. Pat. 211840 Rossijskaja Federacija, MPK A01C 3/00 (2006.01), A01B 49/06 (2006.01). Kombinirovannyj ukkladchik pochvennyh komponentov / Pavlov P. I., Vezirov A. O. ; patentoobladatel' FGBOU VO «Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni N. I. Vavilova». № 2021128154 ; zajavl. 27.09.2021 ; opubl. 24.06.2022, Bjul. № 18. 4 s.
12. Pat. 119337 Rossijskaja Federacija, MPK B65G 65/22 (2006.01), A01C 3/04 (2006.01). Pogruzchik-smesitel' organomineral'nogo komposta / Vezirov A. O., Dzyuban I. L., Pavlov P. I. ; patentoobladatel' FGBOU VPO «Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni N. I. Vavilova». № 2012114293/11 ; zajavl. 11.04.2012 ; opubl. 20.08.2012, Bjul. № 23. 4 s.
13. Pat. 117906 Rossijskaja Federacija, MPK B65G 67/24 (2006.01), B65G 65/22 (2006.01). Rabochij organ pogruzchika-smesitelja / Pavlov P. I., Levchenko G. V., Vezirov A. O., Dzyuban I. L. ; patentoobladatel' FGBOU VPO «Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni N. I. Vavilova». № 2012108283/11 ; zajavl. 05.03.2012 ; opubl. 10.07.2012, Bjul. № 19. 3 s.
14. Pat. 2621041 Rossijskaja Federacija, MPK B62D 63/00 (2006.01), B65G 67/00 (2006.01), E02F 3/60 (2006.01), A01D 93/00 (2009.01). Pricepnaja mashina dlja udalenija i pogruzki pochvy v teplicah / Pavlov P. I., Vezirov A. O., Levchenko G. V., Rakutina A. V. ; patentoobladatel' FGBOU VO «Saratovskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni N. I. Vavilova». № 2016100090 ; zajavl. 11.01.2016 ; opubl. 31.05.2017, Bjul. № 16. 4 s.
15. Pavlov P. I., Vezirov A. O., Mukhin D. V. Optimizacija konstruktivnyh i rezhimnyh parametrov kombinirovannogo ukkladchika pochvennyh komponentov // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2020. № 10. S. 115–119. ISSN 2313-8432.
16. Pavlov P. I., Vezirov A. O., Mukhin D. V. Issledovanie jenergoemkosti dozirujushhego barabana kombinirovannogo ukkladchika // Estestvennye i tehničeskie nauki. 2019. № 7 (133). S. 202–205. ISSN 1684-2626.
17. Pavlov P. I., Vezirov A. O., Mukhin D. V. Jenergoemkost' ukkladki pochvennyh komponentov kombinirovannym ukkladchikom dlja teplic // Jelektrotehnologii i jelektrooborudovanie v APK. 2019. № 3 (36). S. 63–67. ISSN 2658-4859.
18. Vezirov A. O., Pavlov P. I., Levchenko A. V. [i dr.] Rezul'taty jeksperimental'nyh issledovanij processa udalenija i pogruzki pochvy v teplicah // Niva Povolzh'ja. 2020. № 3 (56). S. 135–141. ISSN 1998-6092.
19. Vezirov A. O. Vlijanie konstruktivnyh i rezhimnyh parametrov na kachestvennye harakteristiki mashiny dlja udalenija i pogruzki teplichnogo grunta // Estestvennye i tehničeskie nauki. 2022. № 2 (165). S. 263–265. ISSN 1684-2626.
20. Adler Yu. P., Markova E. V., Granovskij Yu. V. Planirovanie jeksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovij : monografija. 2-e izd., pererab. i dop. – M. : Nauka, 1976. 280 s.
21. L'vovskij E. N. Statisticheskie metody postroenija jempiricheskikh formul. 2-e izd., pererab. i dop. – M. : Vysshaja shkola, 1988. 239 s.
22. Mel'nikov S. V., Aleshkin V. R., Roshchin P. M. Planirovanie jeksperimenta v issledovanijah sel'skohozjajstvennyh processov. 2-e izd., pererab. i dop. L. : Kolos : Leningr. otd-nie, 1980. 168 s.

23. Radchenko G. E. Planirovanie jeksperimenta pri poiske optimal'nyh uslovij protekanija processa. Gorki : Belorusskaja SHA, 1978. 70 s.

24. Lysych M. N., Dochkin A. A. Tenzometricheskie ustanovki dlja izuchenija silovyh parametrov rabochih organov pochvoobrabatyvajushhijh orudij // Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika. 2014. T. 2, № 2-1 (7-1). S. 438–443. ISSN 2308-8877.

25. Lysych M. N., Shabanov M. L., Mirzekhanov R. V. Izuchenie silovyh parametrov rabochih organov pochvoobrabatyvajushhijh orudij s ispol'zovaniem tenzometricheskih ustanovok // Aktual'nye napravlenija nauchnyh issledovanij XXI veka: teorija i praktika. 2014. T. 2, № 2-2 (7-2). S. 229–234. ISSN 2308-8877.

26. Tyurin Yu. N., Makarov A. A. Statisticheskij analiz dannyh na komp'jutere / pod red. V. Eh. Figurnova. M. : INFRA-M, 1998. 528 s. ISBN 5-86225-662-8.

27. Khalafyan A. A., Borovikov V. P., Kalajdina G. V. Teorija verojatnostej, matematicheskaja statistika i analiz dannyh. Osnovy teorii i praktika na komp'jutere. Statistica. Excel. Bolee 150 primerov reshenija zadach. M. : Lenand, 2017. 320 s. ISBN 978-5-9710-3040-9.

Сведения об авторе

Везилов Александр Олегович – кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова», spin-код: 2267-1816.

Information about the author

Aleksandr O. Vezirov – Candidate of Technical Sciences, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov", spin-code: 2267-1816.

Официальный сайт ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА:

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>

