Тип статьи: научная
УДК 631.311.86
DOI: 10.35887/2305-2538-2022-5-28-36

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАШИН ДЛЯ РАБОТЫ С ТЕПЛИЧНЫМ ГРУНТОМ

***Александр Олегович Везиров*[1]**
[1]*Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, г.Саратов, Российская Федерация*
[1]vezirov2008@mail.ru, https://orcid.org/ 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 предложен комплекс машин новых конструкций, состоящий из комбинированного укладчика, погрузчика-смесителя и машины для удаления грунта. Одним из основных показателей эффективности машин является производительность. В ходе теоретических исследований получены аналитические выражения, описывающие влияние конструктивных и режимных параметров на производительность имашин. Установлено, что наибольшее влияние на производительность комбинированного укладчика оказывают скорость цепи транспортера, угловая скорость дозирующего барабана, количество скребков транспортера, 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. На основании анализа данных эксперимента получены уравнения регрессии и советующие им трехмерные поверхности отклика, описывающие влияние установленных параметров на производительность. Установлены оптимальные значения параметров комбинированного укладчика при которых производительность имеет максимальное значение: скорость цепи 0,33-0,37 м/с, количество скребков транспортера 7-8 (для транспортера длиной 2,5 м); угловая скорость 6,0-6,5 рад/с и количество планок дозирующего барабана 6. Максимальная производительность машины для удаления грунта соответствует параметрам: поступательная скорость 0,2-0,25 м/с, угол наклона поверхности ковша 22-24 градуса при высоте удаляемого слоя грунта 0,18 м. Полученные результаты позволили установить эффективность работы машин для приготовления и удаления тепличного грунта.*

Ключевые слова: *почвенные смеси, субстрат, теплица, производительность, уравнение регрессии, комбинированный укладчик, машина для удаления и погрузки тепличного грунта.*

PERFORMANCE STUDY OF MACHINES FOR WORKING WITH HOTHOUSE SOIL

***Aleksander Vezirov*[1]**
[1]*Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia*
[1]vezirov2008@mail.ru, https://orcid.org/ 0000-0001-9117-1267

Abstract. *Hothouse plant growing based on the organic farming soil technology includes hothouse soil preparation, use, and removal from the hothouse upon the termination of the growing cycle. A complex of machines of new designs, consisting of a combined paver, a loader-mixer and a soil removal machine, is proposed to carry out these works. One of the main efficiency indicators of these machines is their performance Analytical expressions describing the influence of design and operating parameters on the performance of machines were obtained in the course of theoretical studies. The conveyor chain speed, the angular rate of the dosing drum, the number of conveyor scrapers, and drum bars have been determined to have the maximum impact on the performance of the combined stacker, while for the soil*

removing machine these parameters include the height of the removed soil layer and the machine travelling speed. A series of two-factor experiments have been carried out to define the optimal values of the above parameters. Based on the analysis of the experimental data, regression equations and respective 3D response surfaces have been obtained describing the impact of defined parameters on the performance. For the combined stacker, the following optimal parameter values have been determined, at which its performance reaches maximum value: 0.33-0.37 m/s chain speed, 7 to 8 conveyor scrapers (for the 2.5 m long conveyor); 6.0-6.5 rad/s angular rate and 6 dosing drum bars. The maximum performance of the soil-removing machine corresponds to the following parameters: 0.2-0.25 m/s travelling speed with the dump surface inclination of 22-24 degrees at the removed soil layer height of 0.18 m. Based on the obtained results, the performance of the hothouse soil preparation and removing machines has been determined.

Keywords: *soil mixes, substrate, hothouse, performance, regression equation, combined stacker, hothouse soil removing and loading machine.*

Для цитирования: Везиров А.О. Исследование производительности машин для работы с тепличным грунтом // Наука в центральной России Science in the central Russia. 2022. Т. 59, № 5. С. 28-36. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-5-28-36.

For citation: Vezirov A. Performance study of machines for working with hothouse soil. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2022; 59(5): 28-36. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2022-5-28-36.

Введение. Приготовление и использование тепличного грунта является наиболее энергоемкой и трудозатратой операций в процессе выращивания растений в защищённом грунте. От правильной и эффективной его организации напрямую зависит урожайность выращиваемых культур, себестоимость и качество готовой продукции [1-4]. Ранее рассмотрена технологическая схема приготовления, использования и удаления тепличного грунта [5]. Для данной технологии предложен комплекс машин, состоящий из комбинированного укладчика, погрузчика-смесителя и машины для удаления тепличного грунта [6-9].

Одним из основных качественных показателей эффективности данных машин является производительность выполнения технологического процесса. На нее оказывают влияние большое количество факторов, которые можно разделить на конструктивные и режимные. Конструктивные факторы отражают конструкцию рабочих органов, режимные отражают параметры их движения.

Исследованиями, проведенными совместно с Мухиным Д.В. и Левченко А.В., установлены аналитические и экспериментальные зависимости производительности от указанных факторов [10-12].

Производительность комбинированного укладчика $Q_у$ (кг/с) может быть найдена как сумма производительности цепного транспортера $Q_{цт}$ (кг/с) и двух дозирующих барабанов $Q_{Б1}$ (кг/с) и $Q_{Б2}$ (кг/с) [11]:

$$Q_у = Q_{цт} + Q_{1Б} + Q_{2Б}\,. \quad (1)$$

Производительность цепного транспортера зависит от геометрических параметров и скорости скребков, а также заполнения межскребкового пространства:

$$Q_{цт} = K_з b_{ск} h_{ск} \rho_к v_с, \quad (2)$$

где $b_{ск}$ – ширина скребка, м; $h_{ск}$ – высота скребка, м; $\rho_к$ – плотность перемещаемого компонента, кг/м^3; $v_с$– скорость скребков транспортера, м/с; $K_з$ – коэффициент заполнения межскребкового пространства.

Производительность дозирующего барабана укладчика $Q_Б$ (кг/с):

$$Q_Б = \rho_к K_{з1} \pi \left(\frac{\alpha_п}{2\pi}\right) \frac{D_н^2 - D_в^2}{4} B_п z_л n_к, \quad (3)$$

где, $K_{з1}$– коэффициент заполнения пространства между планками барабана; $\alpha_п$ – центральный угол между планками, град.; $D_в$ – диаметр дозирующих барабанов по образующей цилиндра, м; $D_н$ – диаметр дозирующих барабанов по наружным кромкам продольных планок, м; $B_п$ – ширина

продольной планки, м; $z_п$– число продольных планок на барабане, ед.; n_k– частота вращения дозирующего барабана, $с^{-1}$.

С учётом уравнения 2 и 3 общая производительность комбинированного укладчика примет вид:

$$Q_y = K_з b_{ск} h_{ск} \rho_к v_c + \rho_{к1} K_{з1} \pi \left(\frac{\alpha_{п1}}{2\pi}\right) \frac{D_{н1}^2 - D_{в1}^2}{4} B_{п1} z_{п1} n_{к1} + \rho_{к2} K_{з2} \pi \left(\frac{\alpha_{п2}}{2\pi}\right) \frac{D_{н2}^2 - D_{в2}^2}{4} B_{п2} z_{п2} n_{к2}\,, \quad (4)$$

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

Рабочими органами машины для удаления и погрузки тепличного грунта являются ковш с боковыми отвалами и отгрузочный транспортер, таким образом общая теоретическая производительность машины $Q_Т$ (кг/с) будет равна объему грунта, поступающего в ковш в единицу времени [9]:

$$Q_Т = \rho \cdot B \cdot h \cdot v\,, \quad (5)$$

где ρ – плотность убираемого грунта, кг/м^3; B – ширина захвата ковша, м; h – высота слоя грунта, м; v – поступательная рабочая скорость машины, м/с.

Однако, при работе машины будет наблюдаться снижение производительности из-за потерь грунта (не вся его масса будет попадать на отгрузочный транспортер), часть его будет сгребаться перед рабочим органом (напорное усилие машины будет смещать часть грунта к основному массиву), а часть скапливаться на боковых поверхностях отвала, так как ширина ковша больше ширины отгрузочного транспортера.

Таким образом производительность машины $Q_м$(кг/с) будет являться разностью между теоретической производительностью $Q_Т$ (кг/с) и частью ее потерь, учитывающих сгребание грунта перед рабочим органом (возврат части грунта обратно к основному массиву) $\Delta Q_{вз}$ (кг/с) и скапливание грунта на поверхностях отвала $\Delta Q_{сг}$ (кг/с):

$$Q_м = Q_Т - \Delta Q_{вз} - \Delta Q_{сг}\,. \quad (6)$$

Потеря части теоретической производительности $\Delta Q_{вз}$ имеет нелинейный характер и зависит от угла наклона поверхности ковша γ (град.), чем он больше, тем больше сопротивление основного массива грунта перемещению машины и соответственно значительней выражен эффект нагребания.

Данную зависимость выразим через квадратичную тригонометрическую функцию:

$$\Delta Q_{вз} = \rho \cdot B \cdot h \cdot v \cdot \sin^2\gamma. \quad (7)$$

Другая часть потери производительность приходиться на скапливание грунта на боковых поверхностях отвала, из-за чего происходит замедление движения по этим поверхностям и, следовательно, меньше грунта попадает на отгрузочный транспортёр – в общем виде может быть найдена:

$$\Delta Q_{сг} = \rho \cdot (B - b_к) \cdot h \cdot v \cdot \frac{l_{от}}{l_{бпо}}\,, \quad (8)$$

где $b_к$ – ширина боковой поверхности отвала, м; $l_{от}$ – длина боковой поверхности отвала, м; $l_{бпо}$– длина проекции боковой поверхности отвала (измеряется по направлению движения грунта), м.

Тогда с учётом выражений (5,7,8) формула производительности машины для удаления тепличного грунта после преобразований примет вид:

$$Q_м = \rho \cdot B \cdot h \cdot v \cdot \left[1 - \sin^2\gamma - \left(1 - \frac{b_к}{B}\right) \cdot \frac{l_{от}}{l_{бпо}}\right]. \quad (9)$$

Из анализа уравнения (4) можно сделать вывод, что на производительность укладчика в большей степени влияет скорость цепи и количество скребков цепного транспортера, а также угловая скорость барабанов и количество установленных на них планок. Производительность машины для удаления грунта (9) прямо пропорционально зависит от высоты слоя грунта и поступательной скорости машины и угла наклона поверхности ковша. Таким образом, вышеперечисленные параметры могут быть определены как факторы, оказывающие значительное влияние на критерий оптимизации – производительность, при проведении экспериментальной части исследований.

Материалы и методы исследований. Для целей эксперимента изготовлено два опытных образца – комбинированный укладчик и машина 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. Конструктивные параметры (число скребков и планок) изменялись установкой их необходимого количества на рабочие органы, скорость цепи транспортера и частота вращения барабанов изменялась сменой звёздочек на ведущих валах. Производительность измеряли путем взвешивания массы грунта отгруженной рабочими органами каждой машины в единицу времени. Полученные данные обрабатывались по методу регрессионного анализа на ЭВМ с использованием программного пакета для статистического анализа «Statistica» с дальнейшим построением двухмерных графических зависимостей и уравнений. По критерию Фишера проверяли адекватность описания уравнением регрессии данных эксперимента.

Результаты и их обсуждение. По итогам обработки экспериментальных данных получена графическая зависимость (рисунок 1) и соответствующее ей уравнение регрессии (10), описывающие влияние факторов – скорости цепи ($V_ц$, м/с) и количества скребков (N_c, ед.) транспортера на производительность комбинированного укладчика (Q, т/ч) [10].

$$Q = -29{,}53 + 101{,}815 \cdot V_ц + 8{,}521 \cdot N_c - 146{,}25 * V_ц^2 - 0{,}37 \cdot V_ц \cdot N_c - 0{,}534 \cdot N_c^2 \qquad (10)$$

Из анализа рисунка 1 видно, что в начале производительность интенсивно возрастает и при скорости цепи 0,32-0,36 м/с достигает пиковых значений, но при дальнейшем возрастании скорости наблюдается стабилизация и затем снижение производительности.

Схожий характер имеет зависимость производительности от количества скребков – при 4-6 скребках производительности интенсивно растет, затем при 8 скребках достигает максимальных значений, при том что скорость цеп остается постоянной 0,12 м/с, а значение производительности увеличивается в 2,3 раза с 5,2 кг/с до 12,4 кг/с. Далее значение производительности медленно начинает снижаться.

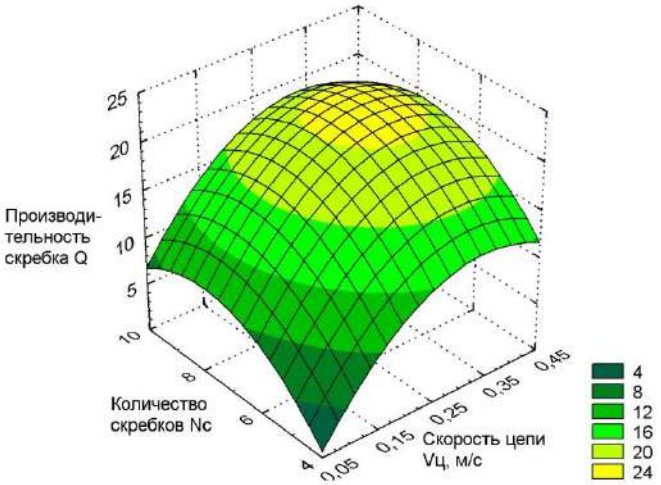

Рисунок 1 – Графическая зависимость производительности комбинированного укладчика (Q, т/ч) от скорости цепи ($V_ц$, м/с) и количества скребков (N_c, ед.) цепного транспортера

Такое изменение производительности происходит из-за того, что с уменьшением скорости уменьшается и транспортирующая способность скребков, что и приводит к падению производительности. Но, при дальнейшем увеличении скорости наблюдается обратный процесс, например, когда скорость увеличивается с 0,35 м/с до 0,45 м/с, то есть больше оптимальных значений, производительность снижается с 22,5 т/ч до 19,7 т/ч. Это возможно объяснить тем, что при возрастании скорости межскребковое пространство не успевает полностью заполниться грунтом, следовательно, производительность начинает снижаться.

Графическая зависимость (рисунок 2) имеет ярко выраженную область оптимальных значений, где производительность максимальна – скорость цепи в диапазоне от 0,33 м/с до 0,37 м/с и количестве скребков равной 7-8 для транспортера длиной 2,5 м. Отклонение значения указанных факторов в одну или другую сторону приводит к снижению производительности.

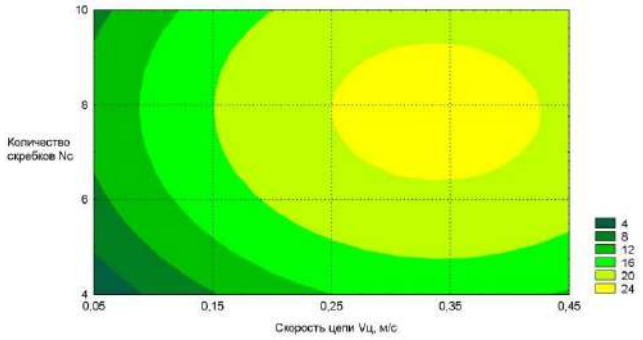

Рисунок 2 – Область оптимальных значений скорости цепи ($V_ц$, м/с) и количества скребков (N_c, ед.) цепного транспортера по максимальной производительности укладки (Q, т/ч)

Выше мы рассмотрели влияние конструктивных и режимных параметров транспортера, но также на производительность комбинированного укладчика влияют параметры дозирующих барабанов – угловая скорость (ω, рад/с) и количество планок (N, ед.) [11]. Данная зависимость представлена уравнением регрессии (11) и двухмерной поверхностью отклика (рисунок 3).

$$Q = -1{,}863 + 1{,}163\cdot\omega + 0{,}715\cdot N - 0{,}087\cdot\omega^2 - 0{,}004\cdot N\cdot\omega - 0{,}055\cdot N^2 \quad (11)$$

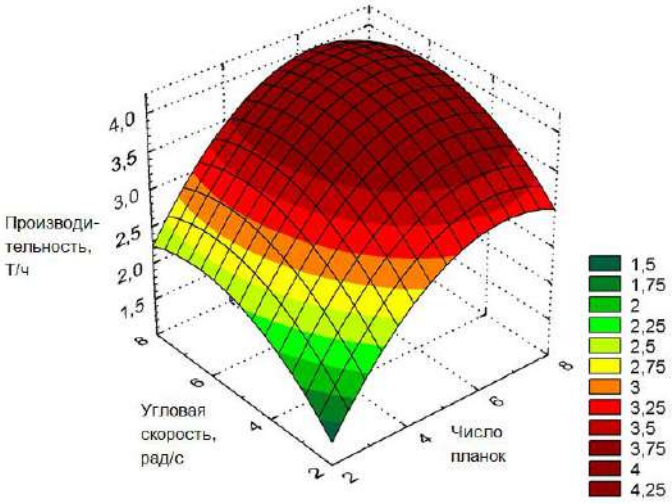

Рисунок 3 – Графическая зависимость производительность комбинированного укладчика (Q, т/ч) от числа планок (N, ед.) и угловой скорости (ω, рад/с) дозирующего барабана

Из графика видно, что увеличение угловой скорости приводит к увеличению производительности, а при значениях скорости 6,0-6,5 рад/с – производительность максимальна, далее ее значение незначительно снижается. Аналогично по характеру влияния на производительность оказывает изменение количества установленных планок на барабане. При 6 планках производительность максимальна, но при дальнейшем их увеличении, медленно снижается. Четко выражена область оптимальных значений, при которых производительность барабанов максимальна – количество планок 6-7, диапазон угловой скорости 5,8-6,5 рад/с.

Производительности растет с увеличением угловой скорости, но при достижении значений в 6,5 рад/с, начинает снижаться, это священно с тем что появляется «отбрасывающий» эффекта от быстрого вращения – планки забрасывают часть компонента обратно в бункер.

Изменение производительности от количества планок барабана определяется нелинейной зависимостью. Когда количество планок возрастает до 6 ед., производительность также растет, что связано с тем, что весь компонент захватывается и укладывается, но при дальнейшем увеличении количества планок наблюдаете снижение производительности, что объясняется тем, что дополнительные планки занимают полезный объем межпланочного пространства, где мог бы быть компонент.

Для нормального роста и развития растений требуется периодическая замена части или всего слоя тепличного грунта из помещения теплицы – эта операция выполняется машиной для удаления и погрузки грунта. В результате обработки данных эксперимента получено уравнение регрессии (12) и советующая графическая зависимость (рисунок 4), описывающая влияние на производительность машины для удаления грунта (Q, кг/с) высоты слоя убираемого грунта (h, мм) и поступательной скорости машины (v, м/с) [12].

$$Q = 0{,}052+35{,}068\cdot v +0{,}01\cdot h - 108{,}854\cdot v^2 + 0{,}26\, v\cdot h + 5{,}195\cdot 10^{-5}\cdot h^2 \qquad (12)$$

Как видно из графика зависимости производительность увеличивается с одновременным возрастанием значений исследуемых факторов по всему диапазону. Увеличение высоты слоя грунта приводит практически к прямо пропорциональному увеличению производительности. Например, при постоянной поступательной скорости равной 0,16 м/с и изменении высоты слоя со 100 мм до 140 мм производительность увеличивается на 25% с 9,0 кг/с до 11,4 кг/с. Дальнейшее увеличение высоты слоя при той же скорости со 140 мм до 180 мм приводит к росту производительности до 14,8 кг/с, тем самым подтверждая характер зависимости близкий к прямо пропорциональному. Объясняется это тем, что с увеличением высоты слоя к машине поступает больший объём грунта в единицу времени, соответственно увеличивается масса удаляемой и отгружаемой части грунта.

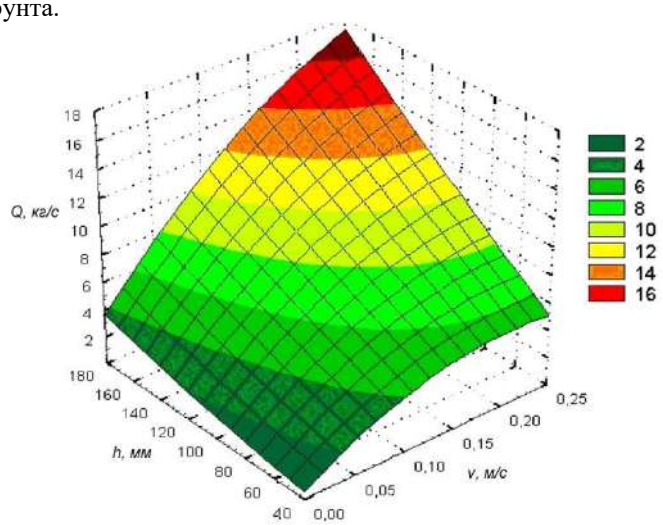

Рисунок 4 – Графическая зависимость производительности машины для удаления грунта (Q, кг/с) от высоты слоя грунта (h, мм) и поступательной скорости (v, м/с)

Влияния поступательной скорости на производительность носит более сложный характер. При постоянной высоте слоя тепличного грунта 140 мм и с изменением скорости 0,12 м/с до 0,17 м/с производительность увеличивается с 8,8 кг/с до 11,4 кг/с. Но уже увеличение скорости с 0,17 до 0,25 м/с приводит к меньшему росту производительности – с 11,4 кг/с до 13 кг/с. Зависимость носит нелинейный характер – при постоянной высоте слоя грунта ограничен поступающий объем, т.е. производительность не может превышать подаваемой к машине в единицу времени массы

грунта. На графике отсутствует область оптимуму, но максимальная производительность машины (16,4 кг/с) достигается при наибольших значениях исследуемых параметров.

Также исследовалось влияние на производительность машины для удаления грунта поступательной скорости (v, м/с) и угла наклона поверхности ковша γ (град.) [12]. В результате обработки данных эксперимента получено уравнение регрессии (13) и советующая графическая зависимость (рисунок 5).

$$Q = -8{,}175+71{,}25\cdot v +0{,}802\cdot \gamma - 104{,}167\cdot v^2 + 0{,}467\, v\cdot \gamma + 0{,}016\cdot \gamma^2 \quad (13)$$

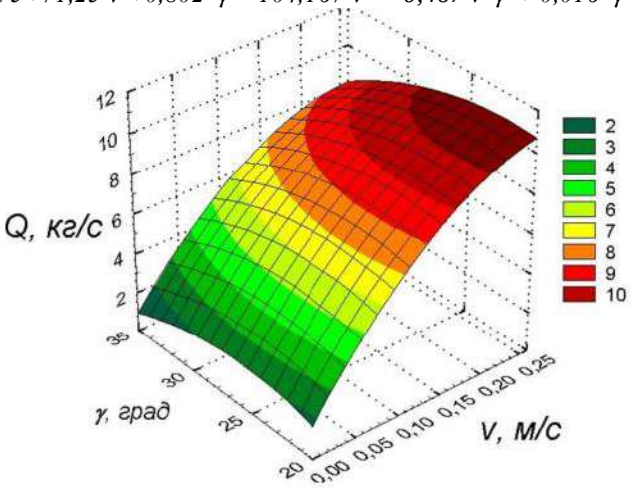

Рисунок 5 – Графическая зависимость производительности машины для удаления грунта (Q, кг/с) от поступательной скорости (v, м/с) и угла наклона поверхности ковша γ (град.)

Анализ графической зависимости позволяет сделать вывод, что производительность возрастает с увеличением поступательной скорости, в то же время, при малых значениях угла наклона производительность практически не изменяется, а при больших – происходит снижение. При скорости 0,25 м/с производительность стабилизируется и дальше ее рост ограничивается отгрузочной способностью транспортёра, так как все большее количество грунта поступает в ковш и происходит избыточное накопление его перед транспортером и производительность снижается.

Влияние угла наклона менее выражено, производительность достигает максимума при 27-29 градусах, а затем начинает снижаться, это вызвано тем, что поверхность ковша при больших углах начинает работать, как отвал бульдозера, смещая часть грунта обратно в бурт, что приводит к снижению производительности.

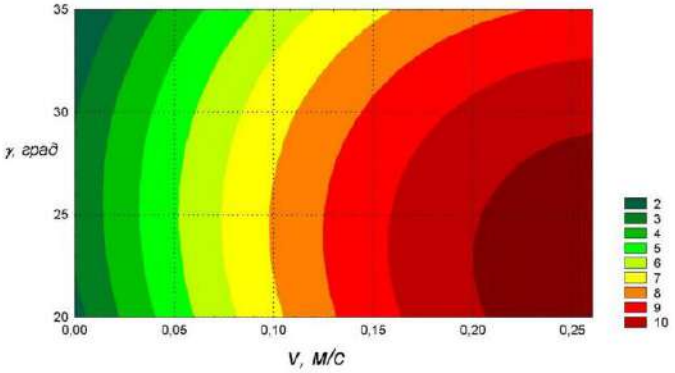

Рисунок 6 – Сечение поверхности отклика зависимости производительности машины для удаления грунта (Q, кг/с) от поступательной скорости (v, м/с) и угла наклона поверхности ковша γ (град.)

Двухмерное сечение поверхности (рисунок 6) показывает отсутствие области оптимума, но можно сделать вывод, что производительность возрастает во всем исследуемом диапазоне поступательной скорости и достигает максимально значения 16,4 кг/с при угле наклона 22-24 градуса.

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

Для комбинированного укладчика: скорость цепи транспортера 0,33-0,37 м/с и количество скребков 7-8 (для транспортера длиной 2,5 м); угловая скорость дозирующих барабанов 6,0-6,5 рад/с и количество планок 6.

Максимальная производительность машины для удаления грунта соответствует параметрам: поступательная скорость 0,2-0,25 м/с, угол наклона поверхности ковша 22-24 градуса, высота удаляемого слоя грунта 0,18 м.

Список источников

1. Liang Y., Lin X., Yamada S. Soil degradation and prevention in greenhouse production. SpringerPlus 2. 2013. № 2.1-10.

2. Hupenyu A.M., 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.№ 25(11). 10577-10595.

3. Tuzel Y., Leonardi C. Protected cultivation in Mediterranean region: Trends and needs. Journal of Agriculture Faculty of Ege University.2010. № 46(3). 215-223.

4. Аутко А.А., Рупасова Ж.А., Игнатенко В.А., Рудковская Р.Н., Долбик Н.Н., Поздняк О.В. 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.

5. Pavlov P.I. Mechanization of soil preparation for greenhouses / P.I. Pavlov, E.E. Demin, R.R. Khakimzyanov, G.V. Levchenko, A.O.Vezirov // In-ternational Journal of Mechanical Engineering and Technology. – 2018. – № 3(9). – P.1023-1030.

6. Патент 211840 Российская Федерация, МПК A01C 3/00 A01B 49/06. Комбинированный укладчик почвенных компонентов / Павлов П.И., Везиров А.О. – № 2021128154; заявл. 27.09.2021; опубл. 24.06.2022, Бюл. №18. – 4 с.

7. Патент 119337 Российская Федерация, МПК B 65 G 65/22. Погрузчик-смеситель органоминерального компоста / Везиров А.О., Дзюбан И.Л., Павлов П.И.– № 2012114293/11; заявл. 11.04.2012; опубл. 20.08.2012, Бюл. №23. – 4 с.

8. Патент 117906 Российская Федерация, МПК B 65 G 67/24. Рабочий орган погрузчика-смесителя / Павлов П.И., Левченко Г.В., Везиров А.О., Дзюбан И.Л. – № 2012108283/11; заявл. 05.03.2012; опубл. 10.07.2012, Бюл. №19. – 3 с.

9. Патент 2621041 Российская Федерация, МПК B 62 D 63/00. Прицепная машина для удаления и погрузки почвы в теплицах / Павлов П.И., Везиров А.О., Левченко Г.В., Ракутина А.В. – № 2016100090; заявл. 11.01.2016; опубл. 31.05.2017, Бюл. №3. – 4 с.

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

11. Павлов П.И., Корсак В.В., Везиров А.О., Мухин Д.В. Результаты экспериментальных исследований комбинированного укладчика почвенных компонентов для теплиц //Аграрный научный журнал. 2018. № 10. С. 52–54.

12. Павлов П.И., Корсак В.В., Везиров А.О., Левченко А.В. Влияние конструктивных и режимных параметров на производительность машины для удаления и погрузки тепличного грунта / А.О. Везиров, П.И. Павлов, А.В. Левченко, В.В. Корсак // Естественные и технические науки. 2021. № 12 (125). С. 48–53.

References

1. Liang Y., Lin X., Yamada S. Soil degradation and prevention in greenhouse production. SpringerPlus 2. 2013. № 2.1-10.

2. Hupenyu A.M., 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. № 25(11). 10577-10595.

3. Tuzel Y., Leonardi C. Protected cultivation in Mediterranean region: Trends and needs. Journal of Agriculture Faculty of Ege University. 2010. № 46(3). 215-223.

4. Autko A.A., Rupasova ZH.A., Ignatenko V.A., Rudkovskaya R.N., Dolbik N.N., Pozdnyak O.V. Vliyanie tipa substrata na soderzhanie polisakharidov i fenol'nykh soedinenii v tomatakh v usloviyakh zashchishchennogo grunta // Izvestiya Natsional'noi akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnaya nauka. 2004. № 3. S. 62-64.

5. Pavlov P.I. Mechanization of soil preparation for greenhouses / P.I. Pavlov, E.E. Demin, R.R. Khakimzyanov, G.V. Levchenko, A.O.Vezirov // In-ternational Journal of Mechanical Engineering and Technology. – 2018. – № 3(9). – P.1023-1030.

6. Patent 211840 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A01C 3/00 A01B 49/06. Kombinirovannyi ukladchik pochvennykh komponentov / Pavlov P.I., Vezirov A.O. – № 2021128154; zayavl. 27.09.2021; opubl. 24.06.2022, Byul. №18. – 4 s.

7. Patent 119337 Rossiiskaya Federatsiya, MPK B 65 G 65/22. Pogruzchik-smesitel' organomineral'nogo komposta / Vezirov A.O., Dzyuban I.L., Pavlov P.I. – № 2012114293/11; zayavl. 11.04.2012; opubl. 20.08.2012, Byul. №23. – 4 s.

8. Patent 117906 Rossiiskaya Federatsiya, MPK B 65 G 67/24. Rabochii organ pogruzchika-smesitelya / Pavlov P.I., Levchenko G.V., Vezirov A.O., Dzyuban I.L. – № 2012108283/11; zayavl. 05.03.2012; opubl. 10.07.2012, Byul. №19. – 3 s.

9. Patent 2621041 Rossiiskaya Federatsiya, MPK B 62 D 63/00. Pritsepnaya mashina dlya udaleniya i pogruzki pochvy v teplitsakh / Pavlov P.I., Vezirov A.O., Levchenko G.V., Rakutina A.V. – № 2016100090; zayavl. 11.01.2016; opubl. 31.05.2017, Byul. №3. – 4 s.

10. Pavlov, P.I. Optimizatsiya konstruktivnykh i rezhimnykh parametrov kombinirovannogo ukladchika pochvennykh komponentov / P.I. Pavlov, A.O. Vezirov, D.V. Mukhin. – Tekst: neposredstvennyi // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. – 2020. – № 10. – S. 115-119.

11. Pavlov P.I., Korsak V.V., Vezirov A.O., Mukhin D.V. Rezul'taty ehksperimental'nykh issledovanii kombinirovannogo ukladchika pochvennykh komponentov dlya teplits //Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2018. № 10. S. 52–54.

12. Pavlov P.I., Korsak V.V., Vezirov A.O., Levchenko A.V. Vliyanie konstruktivnykh i rezhimnykh parametrov na proizvoditel'nost' mashiny dlya udaleniya i pogruzki teplichnogo grunta / A.O. Vezirov, P.I. Pavlov, A.V. Levchenko, V.V. Korsak // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2021. № 12 (125). S. 48–53.

Информация об авторах

А.О. Везиров – кандидат технических наук.

Information about the authors

A. Vezirov - candidate of technical sciences.

Поступила в редакцию (Received): 19.08.2022 Принята к публикации (Accepted): 10.09.2022