

УДК 631.751

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

**РАЦИОНАЛЬНАЯ ФОРМА ГРЯДЫ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛЕМЕШНО-ОТВАЛЬНОГО НАГРЕБАТЕЛЯ**

Чернышов Алексей Викторович  
кандидат технических наук, доцент,  
РИНЦ SPIN-код автора – 7333-3110.  
E-mail: lexa-c@yandex.ru.  
*Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия*

Малыхин Павел Павлович  
старший преподаватель,  
РИНЦ SPIN-код автора – 2076-8611  
E-mail: lip64lip@gmail.com.  
*Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия*

Королев Александр Иванович  
кандидат технических наук, доцент,  
РИНЦ SPIN-код автора – 8060-8815.  
E-mail: sasha.korol70@yandex.ru  
*Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия*

Попов Антон Евгеньевич  
кандидат технических наук,  
РИНЦ SPIN-код автора – 1936-5117.  
E-mail: pae\_83@inbox.ru  
*Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, Воронеж, Россия*

Выращивание земляники садовой начинается с подготовки почвы, которое включает её рыхление, повышение плодородия, борьбу с сорняками и орошение. В промышленных масштабах клубнику возделывают как в закрытых, так и в открытых грунтах преимущественно на ровных площадках. Существует способ возделывания на приподнятых грядах, на каждом из которых размещается одна-две строчки рассады. В этом случае применяются грядообразователи, в задачу которых входит нагребание гряд, выравнивание и уплотнение верхней горизонтальной площадки, укладка шлангов капельного орошения и мульчирующей плёнки. Некоторые модели грядообразователей включают и высаживание рассады. При нагребании гряды требуется сформировать боковые откосы с таким расчётом, чтобы

UDC 631.751

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

**THE RATIONAL FORM OF THE RIDGE FOR THE CULTIVATION OF STRAWBERRIES WHEN USING A PLOUGHSHARE-DUMP RAKE**

Chernyshov Alexey Viktorovich  
Cand.Tech.Sci., Associate Professor  
RSCI SPIN-code: 7333-3110  
E-mail: vadimbukreev@gmail.com.  
*Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia*

Malykhin Pavel Pavlovich  
Senior lecturer  
RSCI SPIN-code: 2076-8611  
E-mail: lip64lip@gmail.com  
*Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia*

Korolev Alexander Ivanovich  
Cand.Tech.Sci., Associate Professor  
RSCI SPIN-code: 8060-8815  
E-mail: tolikxd@gmail.com  
*Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia*

Popov Anton Evgenievich  
Cand.Tech.Sci.  
RSCI SPIN code : 1936-5117  
E-mail: pae\_83@inbox.ru  
*Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russia*

Growing garden strawberries begins with soil preparation, which includes loosening the soil, increasing fertility, weed control and irrigation. On an industrial scale, strawberries are grown both indoors and outdoors, mainly on flat areas. There is a method of cultivating on raised ridges, each of which contains one or two rows of seedlings. In this case, ridge formers are used, the task of which is to rake the ridges, level and compact the upper horizontal area, lay drip irrigation hoses and mulching film. Some models of ridge formers also include planting seedlings. When raking the ridge, it is necessary to form side slopes in such a way as to prevent self-shedding of the soil without side shields, to ensure the required height of the ridge and the width of its planting area. A theoretical analysis of the process of ridge formation with a plowshare-moldboard rake

исключить самоосыпание почвы без боковых щитов, обеспечить требуемую высоту гряды и ширину её посадочной площадки. Теоретический анализ процесса формирования гряды лемешно-отвальным нагребателем позволил составить таблицу его настройки. Нагребатель шириной захвата 0,25-0,30 м при глубине хода 0,13-0,15 м может сформировать гряды высотой 0,21-0,29 м с шириной посадочных площадок 0,51-0,71 м, что соответствует коэффициенту полезного использования площади поля 0,38-0,53. Конкретные параметры настройки нагребателей зависят от выбора способа посадки рассады. При двухстрочной посадке следует выбирать варианты с шириной посадочной площадки 0,51-0,60 м, а при трехстрочной посадке – 0,62-0,71 м при этом коэффициент полезного использования поля грядообразователем должен быть максимальным

Ключевые слова: НАГРЕБАТЕЛЬ, ГРЯДА, ОСЫПАНИЕ ПОЧВЫ, ГЛУБИНА ПОГРУЖЕНИЯ ЛЕМЕХА, ШИРИНА ПОСАДОЧНОЙ ПЛОЩАДКИ, ВЫСОТА ГРЯДЫ

made it possible to compile a table of its settings. A rake with a working width of 0.25-0.30 m and a running depth of 0.13-0.15 m can form ridges 0.21-0.29 m high with a planting area width of 0.51-0.71 m, which corresponds to a field area efficiency of 0.38-0.53. Specific rake settings depend on the choice of seedling planting method. For two-row planting, options with a planting area width of 0.51-0.60 m should be selected, and for three-row planting - 0.62-0.71 m, while the field efficiency of the ridge former should be maximum

Keywords: RAKE, RIDGE, SOIL SHEDDING, PLOUGHSHARE IMMERSION DEPTH, LANDING PAD WIDTH, RIDGE HEIGHT

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-204-031>

## Введение

Выращивание земляники садовой широко развито как на садовых приусадебных участках, так и в условиях малых и крупных предприятиях агропромышленного комплекса. В промышленных масштабах клубнику возделывают как в закрытых, так и в открытых грунтах преимущественно на ровных площадках. [2]. Для удобства ухода за растениями, создания оптимальных условий произрастания на локальных площадках, а также для удобства уборки урожая без повреждения растений в сельскохозяйственной литературе рекомендуется устраивать приподнятые гряды [1, 3, 4]. Чтобы они не осыпались на промежуточные дорожки, рекомендуется укреплять края гряд вертикальными щитами. Такие же гряды рекомендуются и для малых предприятий в условиях крестьянско-фермерского хозяйства [1]. Ограждение гряд щитами полезно, но слишком затратно. Можно рассчитать такой профиль поперечного сечения гряды, который практически не будет самоосыпаться, обеспечивать приемлемый

<http://ej.kubagro.ru/2024/10/pdf/31.pdf>

коэффициент использования площади поля и доступным для формирования тракторным навесным грядообразователем. Гряда должна возвышаться над промежуточными дорожками на 20-30 см [1]. На вершине гряды располагается посадочная площадка, ширина которой должна быть достаточной для размещения не менее двух строчек рассады. Расстояние между строчками не является раз и навсегда установленной величиной. По рекомендациям садоводов, оно может варьироваться от 20 до 50 см [1, 2, 3]. Для формирования гряд применяют сельскохозяйственные машины грядообразователи оснащенные различными типами рабочих органов [3]. Предварительные расчёты показали, что основной рабочий орган грядообразователя – нагребатель – может иметь простейшую форму в виде плоского вертикального щита [3], движущегося в почве и ориентированного на угол атаки по отношению к направлению движения, создаёт гряду недостаточной высоты, так как сдвинутая им почва частично осыпается назад по своему углу естественного откоса. Устранить этот недостаток могут только плужные лемешно-отвальные рабочие органы, так как только они могут полностью поднять и перевернуть пласт с глубины, намного большей, чем возможная глубина хода плоского щитового нагребателя [3].

**Цель исследования** выявить ширину захвата и глубину обработки почвы лемешно-отвальным нагребателем при рациональных параметрах сформированной гряды.

**Объекты исследования.**

При расчёте рациональных параметров гряды принимаем ряд ограничений. Грядообразователь навешивается на трактор тягового класса 0,9 или 1,4, колея которых выставлена на ширину равной 1,35 м [3]. За один проход почвообрабатывающий агрегат формирует одну гряду. При этом её высота должна быть порядка 0,2...0,3 м, а ширина посадочной площадки должна быть достаточной для обеспечения двухстрочного или

трехстрочного посева земляники садовой и равна не менее 0,45...0,50 м. Расстояние между рядами сформированных гряд равно ширине колеи трактора. Исходя из преимущества плужных рабочих корпусов, рассчитаем согласно рисунку 1 рациональную форму поперечного сечения гряды с целью дальнейшего определения конструктивных параметров нагребателя лемешно-отвального типа.

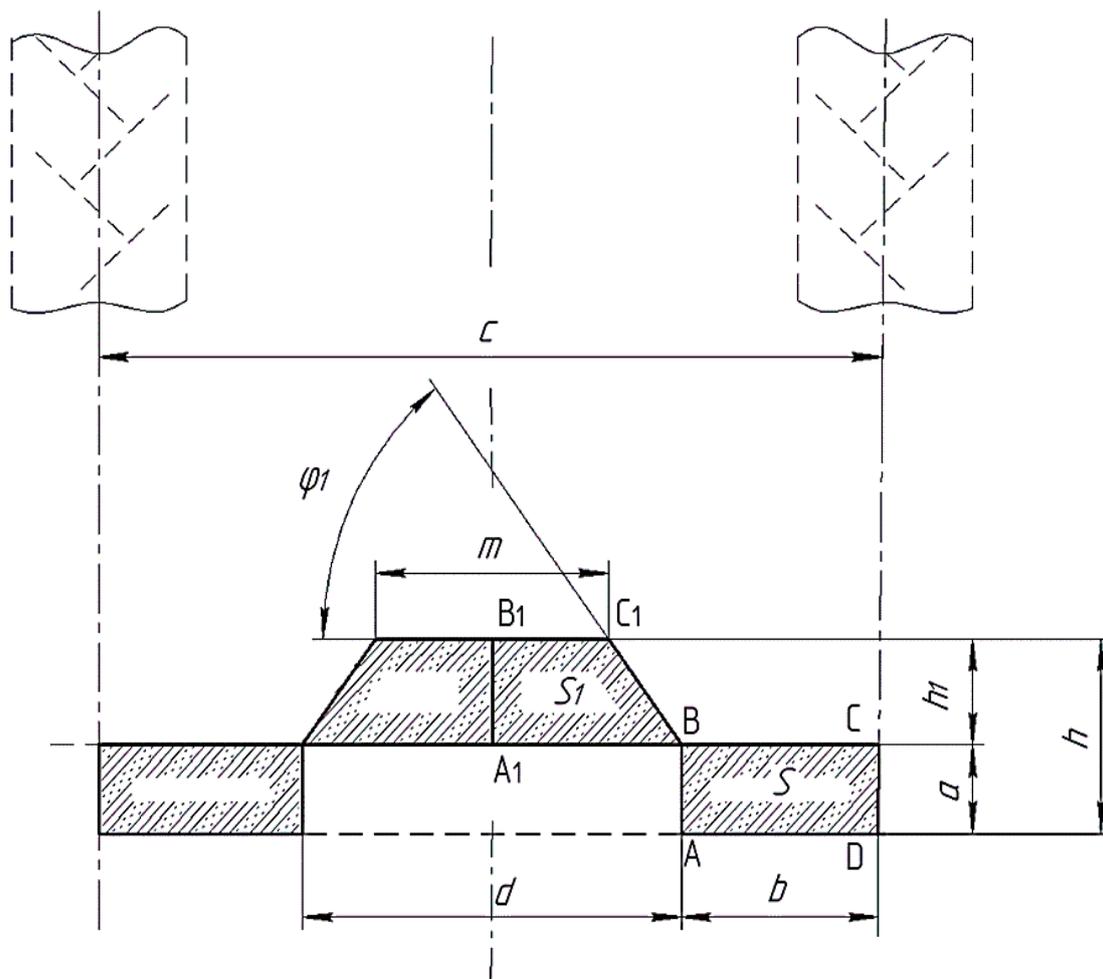


Рисунок 1. Схема к построению профиля гряды, формируемой лемешно-отвальным нагребателем

### Теоретический анализ и результаты

В формировании гряды участвуют правосторонний и левосторонний лемешно-отвальные корпуса, размещённые симметрично на раме грядообразователя. Рабочий процесс происходит тоже симметрично, в результате которого образуется гряда высотой  $h$  с посадочной площадкой шириной  $m$ . Лемешно-отвальный корпус лемехом подрезает и поднимает

земляной пласт на ширине захвата равной  $b$  и глубине обработки равной  $a$ , который обозначим, как  $ABCD$ . Пласт  $ABCD$  перемещается по рабочему органу нагребателя на поверхность поля неподверженной обработке при этом он переворачивается и занимает положение  $A_1B_1C_1D_1$ . При движении пласта по отвалу нагребателя он крошится, а его верхняя сторона разравнивается последующими рабочими органами. Он приобретает форму неравнобокой трапеции, так как отвал нагребателя приглаживает её боковую сторону под углом естественного откоса почвы  $\varphi_1$ , равный  $50^\circ$ , в дальнейших расчетах принимаем, что обрабатываемая почва однородна по своему составу и свойствам. Симметрично формируется другая половина поперечного сечения гряды, которая имеет форму трапеции с нижним основанием равным  $d$ , верхним основанием –  $m$  и высотой  $h_1$ .

Вспушенностью поднятого пласта почвы можно пренебречь, так, как он в последствии уплотнится, поэтому можно допустить, что площадь  $S$  пласта  $ADCD$  равна площади  $S_1$  пласта  $A_1B_1C_1D_1$  и вычисляется по формуле (1)

$$S=S_1=a \cdot b, \text{ м}, \quad (1)$$

где  $a$  – глубина обработки, м;

$b$  – рабочая ширина нагребателя, м.

Кроме того, площадь  $S_1$  можно определить как произведение половины высоты  $h_1$  сформированной трапеции на половину суммы её оснований ширины посадочной площадки и нижнего основания трапеции  $d$  по выражению (2).

$$S_1 = 0,25 \cdot h_1 \cdot (d + m), \text{ м}, \quad (2)$$

где  $h_1$  – высота сформированной трапеции, м;

$m$  – ширина посадочной площадки, м;

$d$  – основание сформированной гряды, м.

Высоту сформированной трапеции в свою очередь можно найти по формуле

$$h_1 = 0,5 \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot (d - m), \text{ м} \quad (3)$$

где  $\operatorname{tg} \varphi_1$  – тангенс угла естественного откоса почвы.

Из равенств (2) и (3) вытекает, что ширину посадочной площадки можно найти по выражению

$$m = \left( d^2 - \frac{a \cdot b}{0,125 \cdot \operatorname{tg} \varphi_1} \right)^{0,5}, \text{ м.} \quad (4)$$

Величину основания сформированной гряды  $d$  определяется согласно выражению

$$d = c - 2 \cdot b, \text{ м,} \quad (5)$$

где  $c$  – ширина тракторной колеи, м.

В результате зависимость (4) приобретает вид

$$m = \left[ (c - 2 \cdot b)^2 - \frac{a \cdot b}{0,125 \cdot \operatorname{tg} \varphi_1} \right]^{0,5}, \text{ м.} \quad (6)$$

Выражение (6) представляет собой аналитическую зависимость ширины посадочной площадки гряды от трех величин, одну из которых можно принять как постоянную (ширина колеи трактора равна  $c=1,35$  м), а две другие – глубина обработки  $a$  и рабочая ширина агрегата  $b$  являются переменными. Найдем диапазон допустимых значений переменных ширины и глубины, при которых формируется рациональная посадочная площадка необходимая для двухстрочной посадки земляники садовой и на основании расчетов функции (6) построим график (рис. 2). При этом такие переменные, как глубина обработки, возьмём из диапазона величин 0,06...0,15 м, а рабочую ширину агрегата – из 0,25...0,37 м.

Из рисунка 2 видно, что величина верхнего основания сформированной гряды ( $m$ ) изменяется при различных режимах работы лемешно-отвального агрегата. При выполнении технологической операции по формированию гребня с увеличением глубины обработки почвы с 0,06 м до 0,15 м и ширины захвата, установленной на лемешно-

отвальном нагребателе, с 0,25 м до 0,37 м ширина посадочной площадки гряды наблюдается снижается с 0,79 до 0,06 м.

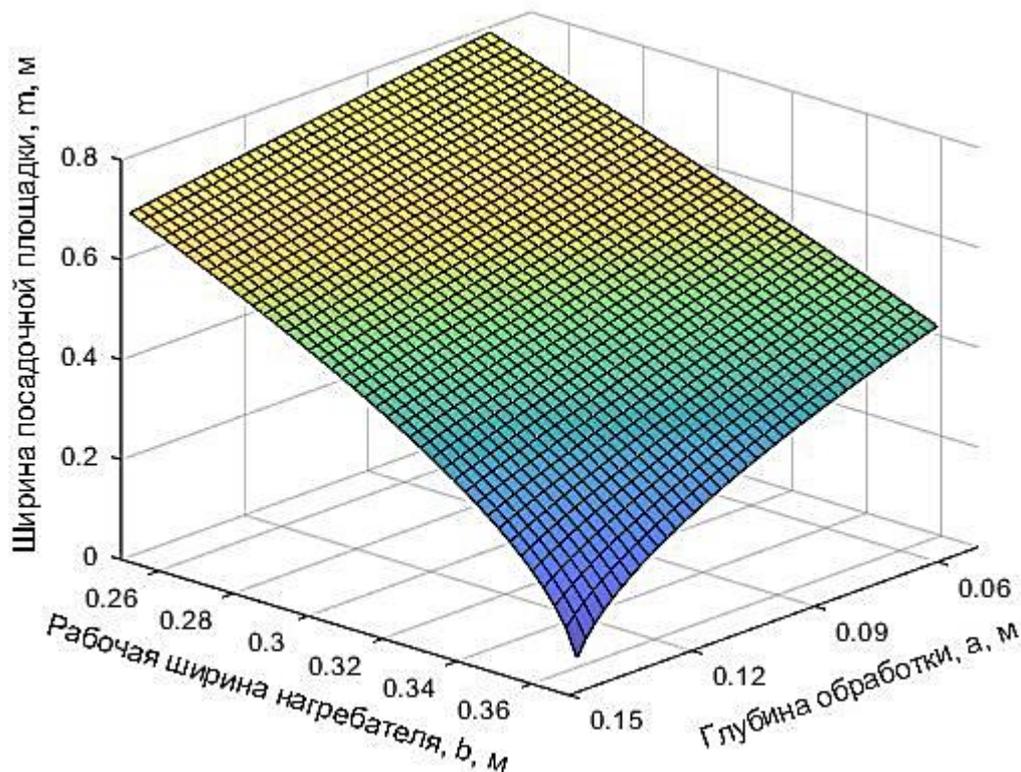


Рисунок 2 – Влияние величины рабочей ширины лемешно-отвального нагребателя ( $b$ , м) и глубины его обработки почвы ( $a$ , м) на значения ширины посадочной площадки сформируемой гряды ( $m$ , м)

Следует отметить, что при больших значениях ширины захвата и глубины обработки образуется величина верхнего основания трапеции стремиться к нулю, поэтому для формирования гряды необходимых параметров при возделывании земляники садовой необходимо использовать прикатывающие катки соответствующих размеров. Данный характер изменения зависимости объясняется рядом причин. Во-первых, с увеличением глубины и ширины обработки, нагребателем захватывается больший объем почвы, перемещаемый на поверхность для образования равнобокой трапеции. Объем трапеции ограничивается боковыми

откосами нагребателя, поэтому она имеет большую высоту при меньшей ширине верхнего основания.

Тракторные колёса должны двигаться возможно ближе к грядам, чтобы посадочные площадки занимали возможно большую площадь поля. Следы колёс совпадают с промежуточными дорожками. Тогда высота гряд будет просматриваться и измеряться по отношению к уровню дорожек по выражению (7)

$$h = h_1 + a, \text{ м}, \quad (7)$$

которое можно вычислить, если в него подставить уравнения (3) и (4) и оно примет следующий вид

$$h = (0,5c - b) \operatorname{tg} \varphi_1 - 0,5 \left[ (c - 2b)^2 - \frac{ab}{0,125 \operatorname{tg} \varphi_1} \right]^{0,5} \operatorname{tg} \varphi_1 + a, \text{ м}. \quad (8)$$

Функция по уравнению (8) прежде всего зависит от рабочей ширины захвата нагребателя  $b$  и глубины обработки  $a$ , при постоянной ширине колеи трактора  $c$  равной 1,25 м и неизменным угле естественного откоса почвы  $\varphi_1$ . Для почв черноземного типа параметр  $\varphi_1$  варьируются в пределах  $30,0 \dots 45,0^\circ$ . В дальнейших вычислениях критический угол внутреннего трения примем равный  $50^\circ$ , который является его критическим значением. Построим зависимость согласно значениям функции (8) при этом переменные  $b$  и  $a$  соответственно возьмём из диапазонов величин  $0,25 \dots 0,37$  м и  $0,06 \dots 0,15$  м (рис.3).

Из графика (рис. 3) видно, что с повышением значений величин рабочей ширины нагребателя и глубины обработки, высота сформированных гряд увеличивается с 0,10 м до 0,41 м. Это связано с тем же причинами, что и при определении изменении ширины посадочной площадки (рис. 2). Однако оптимальные параметры гряды находятся в достаточно широком диапазоне, которым соответствуют рациональные величины настройки ширины захвата и глубины обработки почвы

лемешно-отвального нагребателя, которые можно определить из хода из графиков на рисунках 2 и 3. Значения выбираем из условия, что для обеспечения двухстрочной посадки саженцев садовой земляники необходимо обеспечить ширину посадочной площадки не менее 0,5 метров, при трёхстрочной посадке не менее 0,75 м, при этом расстояние между соседними строчками в гряде в зависимости от сорта должно составлять от 0,25 м, а отступ от края верхнего основания сформированной гряды – от 0,1 м. Выбранные данные занесем в таблицу.

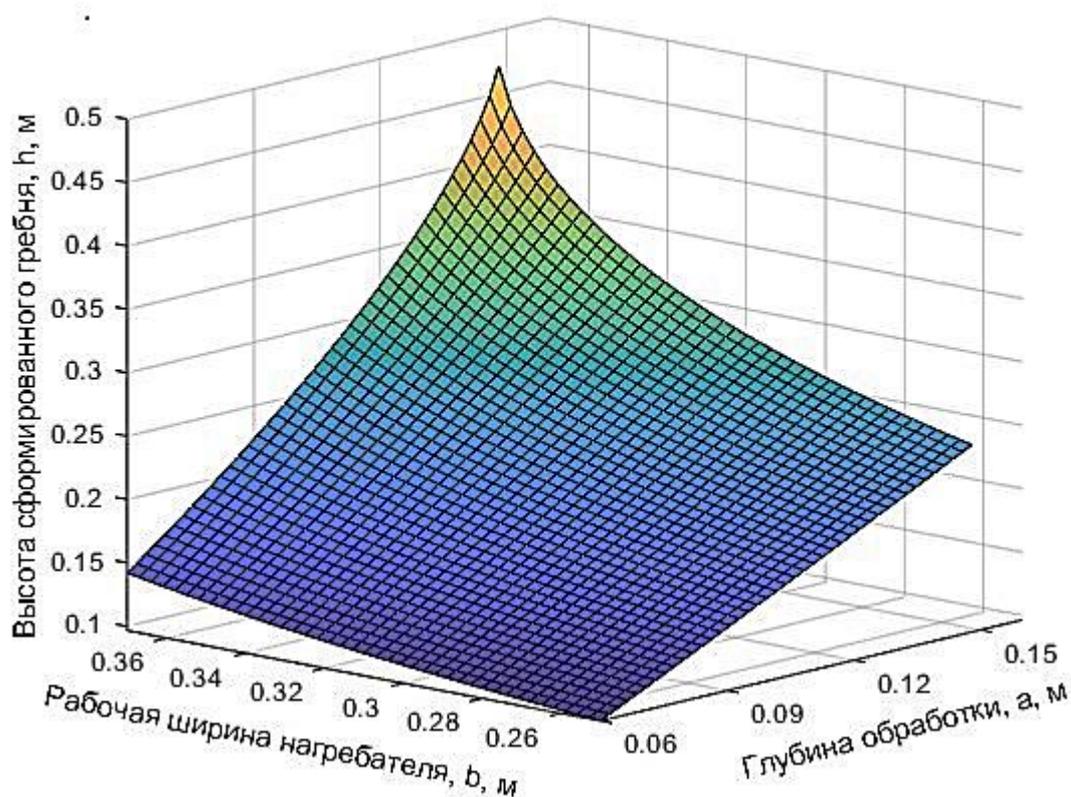


Рисунок 3 – Влияние рабочей ширины нагребателя ( $b$ , м) и глубины обработки почвы ( $a$ , м) на величину высоты сформированной гряды ( $h$ , м)

Для оценки эффективности использования грядообразователя с различными значениями его регулировок и определения максимально-допустимых площадей под посадку клубники, с учетом параметров

формируемой гряды рассчитаем коэффициент полезного использования площади поля  $k$  по формуле (9)

$$k = \frac{m}{c}, \tag{9}$$

где  $m$  – ширина посадочной площадки, м;

$c$  – ширина колеи трактора, м.

Выражение (9) понятно по рисунку 1, если учесть, что общая ширина захвата агрегата равна ширине тракторной колеи. По выражению (9) найдем значения коэффициента полезного использования площади поля при рациональных значениях ширины посадочной площадки и занесем их в таблицу.

Таблица. Рациональные значения регулировочных параметров глубины обработки и рабочей ширины захвата лемешно-отвальных нагребателей

Ширина посадочной площадки гряды, $m$ , м	Высота формируемой гряды, $h$ , м	Коэффициент полезного использования площади поля, $k$	Регулировочные параметры грядообразователя	
			Глубина обработки $a$ , м	Рабочая ширина захвата нагребателя, $b$ , м
0,71	0,21	0,53	0,13	0,25
0,62	0,23	0,46		0,28
0,55	0,25	0,41		0,30
0,70	0,23	0,52	0,14	0,25
0,60	0,25	0,44		0,28
0,53	0,27	0,39		0,30
0,69	0,25	0,51	0,15	0,25
0,59	0,27	0,44		0,28
0,51	0,29	0,38		0,30

В таблице представлены рациональные значения глубин обработки и рабочей ширины нагребателя, которые устанавливаются для формирования гряд с высотой находящееся в диапазоне 0,21...0,29 м, что

меньше рекомендованной и шириной посадочной площадки 0,51...0,71 м и соответственно равны  $a=0,13-0,15$  м,  $b=0,25...0,30$  м. Коэффициент полезного использования площади поля максимальный при меньших значениях рабочей ширины захвата и большей глубины обработки, так при значении  $b=0,25$  м, он равен  $k=0,53$  м, 0,52 м; 0,51 м соответственно при значении глубины обработки –  $a=0,13$  м; 0,14 м; 0,15 м.

### **Выводы**

Лемешно-отвальный нагребатель грядообразователя шириной захвата 0,25-0,30 м при глубине хода 0,13-0,14 м может сформировать гряды высотой 0,21-0,29 м с шириной посадочных площадок 0,51-0,71 м, что соответствует коэффициенту полезного использования площади поля 0,38-0,53. Конкретные параметры настройки нагребателей зависят от выбора способа посадки рассады. При двухстрочной посадке следует выбирать варианты с шириной посадочной площадки 0,51-0,60 м и отдавать предпочтение тем значениям, при которых коэффициент полезного использования площади поля максимальный. Для обеспечения технологии трехстрочной посадки саженцев земляники садовой необходимо выбирать такие настройки, при которых ширина посадочной площадки больше 0,61 м и меньше 0,71 м, при этом максимальное значения коэффициента  $k$  равно 0,53, при двухстрочной посадке –  $k=0,44$ .

### **Библиографический список**

1. Гуренко В. М., Лыков М.Н. Обоснование адаптивной конструкции гряд при капельном орошении земляники в условиях континентального климата Нижнего Поволжья / Орошаемое земледелие. 2024. № 2(45). С. 46-51. – DOI 10.35809/2618-8279-2024-2-8.
2. Киртаева Т. Н., Анисимова Е.В. Особенности технологии возделывания земляники садовой в крестьянско-фермерских хозяйствах Приморского края / Аграрный вестник Приморья. 2018. № 3(11). – С. 28-30.
3. Оробинский В.И., Хахулин А.Н., Аксенов И.И., Малыхин П.П., Баскаков И.В., Чернышов А.В. Повышение эффективности работы почвообрабатывающих машин и способы снижения уплотнения почвы: монография. Воронеж: изд-во ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. – 171 с.

4. Oğuz İ, İbrahim Oğuz H, Ebru Kafkas N. Strawberry Cultivation Techniques. [Электронный ресурс]. Recent Studies on Strawberries. IntechOpen: 2023. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.104611>.

### References

1. Gurenko V. M., Lykov M.N. Obosnovaniye adaptivnoy konfiguratsii gryad pri kapel'nom oroshenii zemlyanikov v usloviyakh kontinental'nogo klimata Nizhnego Povolzh'ya / Oroshayemoye zemledeliye. 2024. № 2(45). S. 46-51. – DOI 10.35809/2618-8279-2024-2-8.

2. Kirtayeva T. N., Anisimova Ye.V. Osobennosti tekhnologii vozdeleyvaniya zemlyanikov sadovoy v krest'yansko-fermerskikh khozyaystvakh Primorskogo kraya / Agrarnyy vestnik Primor'ya. 2018. № 3(11). – S. 28-30.

3. Orobinskiy V.I., Khakhulin A.N., Aksenov I.I., Malykhin P.P., Baskakov I.V., Chernyshov A.V. Povysheniye effektivnosti raboty pochvoobrabatyvayushchikh mashin i sposoby snizheniya uplotneniya pochvy: monografiya. Voronezh: izd-vo FGBOU VO Voronezhskiy GAU, 2024. – 171 s.

4. Oğuz İ, İbrahim Oğuz KH, Ebru Kafkas N. Metody vyrashchivaniya klubniki. [Elektronnyy resurs]. Nedavniye issledovaniya klubniki. IntechOpen: 2023. – Rezhim dostupa: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.104611>