

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-108993>

Оригинальное исследование



Обоснование параметров рабочих органов ямобура поворотного виноградникового для плотных почв

В.П. Горобей¹, В.Ю. Москалевич², З.А. Годжаев³¹ Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, Ялта, Россия² «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» - Институт «Агротехнологическая академия», п. Аграрное, Республика Крым, Россия³ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Исследование посвящено совершенствованию базовых и разработке новых машин для рытья ям под посадку саженцев плодовых деревьев на плотных почвах.

Цель. Расширение технологических возможностей и снижение энергоресурсоемкости ямобура с поворотным рабочим органом для замены технически устаревших ямокопателей.

Материалы и методы. Для обоснования параметров рабочих органов взят поворотный виноградниковый ямобур, конструкция которого содержит балку, рамку, тягу и брус, образующие шарнирный четырехзвенный механизм. Балка и рамка присоединены к системе навески энергетического средства.

Результаты. Проанализированы наиболее распространенные устройства привода рабочих органов универсальных ямокопателей. Предложена конструктивно-технологическая схема ямобура и теоретическое обоснование параметров рабочих органов с использованием эффекта вибрации. Схема основана на закономерностях ударно-вибрационного погружения в грунт бурового инструмента, что позволило получить значительное повышение производительности процесса бурения. Амплитуда возвратно-поступательного движения штанги по шлицам не менее высоты зубьев шайб для преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное в вибрационном режиме работы бура. Предложена математическая модель вибрационного режима работы ямобура, учитывающая физико-механические особенности почв, геометрические параметры рабочего органа для обоснования количества зубцов на шайбах его привода. Установлено, что при увеличении диаметра бура от 0,15 м до 0,35 м количество зубьев на шайбах вибропривода бура, обеспечивающее необходимую частоту вибрации для скалывания почвенных слоев лемехами бура, увеличивается с 7 до 16 шт. в соответствии с техническими показателями бура и физико-механическими характеристиками рассматриваемых плотных почв. Предложенные конструктивные параметры смещения редуктора, закрепленного на рамке, с буром относительно продольной оси трактора обеспечили величину его выноса в сторону – до 1500 мм. Угол поворота рамки за счет гидроцилиндра составил $\beta = 33^\circ 20'$, длина бруса $L_1 = 800$ мм, для шарнирного крепления поворотной рамки, длиной $L_2 = 1300$ мм.

Заключение. Приведены результаты математического моделирования ямобура для работы на плотных почвах при посадке многолетних насаждений. Исследование направлено на расширение технологических возможностей, обоснование конструктивных и технологических параметров ямобура и снижение энергоресурсоемкости бурения ям.

Ключевые слова: ямобур; поворотная рамка; вибропривод; частота; количество зубцов; плотные почвы; редуктор.

Для цитирования:

Горобей В.П., Москалевич В.Ю., Годжаев З.А. Обоснование параметров рабочих органов ямобура поворотного виноградникового для плотных почв // Тракторы и сельхозмашины. 2022. Т. 89, № 4. С. 233–241. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-108993>

Рукопись получена: 23.05.2022

Рукопись одобрена: 25.06.2022

Опубликована онлайн: 15.09.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-108993>

Original Study Article

Substantiation of working parts parameters of the vineyard rotary earth auger for firm soils

Vasily P. Gorobey¹, Vadim Yu. Moskalevich², Zakhid A. Godzhaev³

¹ All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking "Magarach" of the Russian Academy of Sciences, Yalta, Republic of Crimea, Russia

² The Agrotechnological Academy Institute of V.I. Vernadsky of the Crimean Federal University, Agrarnoe, Republic of Crimea, Russia

³ Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The study is focused on improvement of basic machines and development of new machines for digging of holes for young fruit trees in firm soils.

AIMS: Expansion of technological abilities and decrease of energy resource intensity of an earth auger with the rotary working body for the sake of replacement of technically obsolete pothole diggers.

METHODS: For working bodies parameters substantiation, the vineyard rotary earth auger, which design includes a bulk, a frame, a rod and a beam, forming the hinged forebody mechanism, whereas the bulk and the frame are linked to the attachment system of the power source, is investigated.

RESULTS: The most widespread actuators of working bodies of universal hole diggers are analyzed. Principles of shock-and-vibrational digging of a drill tool make it possible to obtain significant improvement of digging performance. The design and technological layout of an earth auger and the theoretical substantiation of working bodies parameters under the vibration effect are proposed. The amplitude of the bar reciprocating motion along the splines is not less than washer teeth height in order to transform the rotation into the reciprocating motion in the vibrational operation mode of an auger. For the vibrational operation mode of an earth auger, the simulation model, considering physical and mechanical properties of soils, geometry parameters of the working body for the sake of substantiation the number of teeth of working body drive washers are proposed. It is found that for the auger diameter increases from 0.15 to 0.35 m the number of teeth of working body vibratory drive washers, ensuring demanded vibration frequency for soil layer breaking-off by auger shares, increase from 7 to 16 pieces in accordance to technical properties of the auger and physical and mechanical properties of considered firm soils. The proposed design parameters for reducing gear box fixed to the frame and auger offset from the tractor longitudinal axis corresponding to frame rotation angle $\beta = 33^\circ 20'$ is ensured by a hydraulic cylinder, the beam length L_1 is 800 mm, for pivot fixing of the frame with the length L_2 of 1300 mm, the offset value up to 1500 mm.

CONCLUSIONS: The obtained results of the earth auger simulation for operation at firm soils in the case of planting perennials are given. The study is targeted to the expansion of technological abilities, the substantiation of design and technological parameters of an earth auger and the decrease of energy resource intensity of hole digging.

Keywords: earth auger; rotary frame; vibratory drive; frequency; teeth number; firm soil; reducing gear box.

Cite as:

Gorobey VP, Moskalevich VYu, Godzhaev ZA. Substantiation of parameters of working bodies of the vineyard rotary earth auger for firm soils. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2022;89(4):233–241. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-108993>

Received: 23.05.2022

Accepted: 25.06.2022

Published online: 15.09.2022

ВВЕДЕНИЕ

Для посадки саженцев плодовых семечковых культур (яблоня, груша) используют буры диаметром 80 и 100 см, для посадки косточковых и ягодников – диаметром 60 см, для черенков винограда и под шпалерные столбы – диаметром 30 см. Известный навесной ямокопатель КЯУ-100 на тракторы «Беларусь», Т-50В и Т-54В для выкапывания ям под посадку плодовых, ягодных и лесных культур снабжен буром в виде двухзаходного винта со сменными лемехами и перкой для его центрирования, с ножами из износостойкой стали, и лезвиями наплавленными твердым сплавом сормайт [1].

Виноградная лоза легко приспосабливается к чрезвычайно разнообразным почвенным условиям. Виноград растет на всех типах культурных почв и даже на непригодных для полеводства примитивных почвах, таких как: приречные пески; слаборазвитые почвы; образовавшиеся на первозданных породах, подвергшихся выветриванию (граниты, гнейсы, трахиты, базальты); на глинистых и шиферных сланцах; каменистых участках, содержащих до 75% обломков горных пород и др. Лучшие по качеству продукции виноградники располагаются на каменистых почвах. На таких почвах, в связи с их легкой проницаемостью для воды и воздуха, виноградное растение не страдает от избытка влаги, и вместе с тем в этих почвах, наряду с благоприятным тепловым режимом, всегда имеется достаточное количество влаги. Наличие на поверхности почвы камней предохраняет ее от эрозии, а корневая система в щебенистых почвах свободно развивается, и во многих случаях урожайность и качество таких виноградных насаждений достаточно высоки [2].

Среди наиболее распространенных почв Крыма выделяются: черноземы южные мицеллярно-карбонатные, составляющие 23,7%, на желто-бурых и красно-бурых глинах; черноземы карбонатные, сформировавшиеся на щебенисто-каменистых продуктах выветривания известняков, мергелей, галечниковых отложениях; черноземы, намывные на делювиальных отложениях; черноземы дерново-карбонатные на элювии и делювии карбонатных пород – 12,5% [3].

Универсальные ямокопатели, приспособленные для работы на плотных почвах и грунтах, имеют механизм принудительного заглубления рабочего органа, который является их отличительной особенностью. Эти машины работают по непрерывному и прерывному способу. Чаще, однако, применяется прерывный способ работы машин. По сравнению с садовыми, универсальные ямокопатели являются более сложными и металлоемкими [4].

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В исследованиях [5] одной из конструкций поворотного ямокопателя, проведенными еще в середине 70-х

годов прошлого века, было показано, что он значительно превосходит ямокопатели КЯУ-100 и КРК-60, использующиеся виноградарями до настоящего времени, как по универсальности, так и по техническим показателям, обеспечивая вместе с тем выполнение операций на более высоком агротехническом уровне. Рабочим органом известного ямокопателя КПЯ-100 служит бур – двухходовой винт со сменными лемехами и буравчиком. С тыльной стороны лемехов крепятся регулируемые по высоте пятки, положением которых регулируется скорость заглубления бура. При работе на твердых почвах их поднимают. Бур получает вращение от вала отбора мощности (ВОМ) трактора через одноступенчатый конический редуктор, который снабжается конической парой конических шестерней с шарнирной (карданной) передачей стандартного типа, с кулачковой предохранительной муфтой [1]. Шестерни передачи сменные, одна пара сообщает буру частоту вращения 135 мин^{-1} , другая 85 мин^{-1} . Для повышения надежности и производительности ямокопателя, содержащего несущую стрелу с установленной компенсационной пружиной на продольной тяге, лемехи бура выполнены с длиной большей, чем высота витков шнека, а на кромках витков установлена реборда с вертикально закрепленными ножами [6]. Недостатком приведенных технических решений является высокая энергоемкость процесса резания твердых почвогрунтов и низкая производительность ямобуров. Известен бур для подготовки посадочных ям на каменистых почвах, выполненный в виде двухзаходного шнека с закрепленными на нижнем конце диаметрально противоположными пластинами, на которых посредством кронштейнов Г-образной формы установлены режущие лемехи [7]. Снижению энергоемкости процесса резания в данной конструкции способствует обеспечение изменения угла резания режущих лемехов. К недостатку такого устройства можно отнести узкие технологические возможности и высокие материальные затраты.

Ямокопатели, содержащие поперечную поворотную рамку, соединенную горизонтальными шарнирами со стрелой, а вертикальными шарнирами с продольной поворотной рамкой, вращающейся вокруг приводного вала, и гидроцилиндр поворота продольной рамки, снабженной механизмом корректировки положения [8–10]. Недостатками такого технического решения являются высокая энергоемкость процесса рытья ям, особенно на твердых, почвах с каменистыми включениями, а также сложность наладки устройства. Кроме того, устройство поворота рабочего органа требует увеличения его вылета относительно продольной оси трактора.

В настоящее время за рубежом фирмами «Ferguson», «Witlenburg», «Eberhardt», «Onvid Braun», «Standart steel works» (Германия), «Simac» (Италия), «Bounet» (Франция) выпускаются универсальные ямокопатели с винтовыми бурами. В подавляющем большинстве случаев, зарубежные фирмы производят навесные тракторные

ямокопатели с расположением их позади трактора. Исключение составляет фирма «Witlenburg», на заводах которой изготавливаются прицепные ямокопатели. Однако ямокопатели зарубежных изготовителей имеют высокую металлоёмкость и стоимость.

Учитывая вышесказанное, актуальными являются задачи: создания ямобура с поворотным рабочим органом, для замены физически и морально устаревших ямокопателей; обоснование конструктивных и технологических параметров ямокопателей; расширения технологических возможностей и снижения энергоресурсоемкости для работы на плотных почвах, особенно при посадке виноградников.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для обоснования параметров рабочих органов, в качестве примера, взят поворотный виноградниковый ямобур, конструкция которого содержит балку, рамку, тягу и брус, образующие шарнирный четырехзвенный механизм. Балка и рамка присоединены к системе навески энергетического средства [11]. Рамка 1 (рис. 2,а), шарнирно соединенная с брусом 2 для поворота при помощи гидроцилиндра 3, зафиксирована пальцем. Конический редуктор со стальным корпусом 4 присоединен к раме регулировочной тягой 5 с компенсационной пружиной 6. К редуктору присоединен бур 7 через вибрационный механизм с зубчатыми шайбами 8, закрепленными неподвижно на фланце, с зубьями, направленными вниз, на нижней части корпуса редуктора и, соосно, ответной, для зацепления зубчатой шайбы с зубьями, направленными вверх зафиксированной на шлицевой штанге 9. Для регулирования сцепления зубчатых шайб установлен запорный подшипниковый механизм, состоящий из корпуса, салазок, закрепленных на внутренней стороне крышки редуктора для его перемещения, рукоятки 10, вала, упорного и радиального подшипников.

Амплитуда возвратно-поступательного движения штанги по шлицам составляет не менее высоты зубьев шайб для преобразования вращательного движения в возвратно-поступательное в вибрационном режиме работы бура. Штанга снабжена в верхней части втулкой, над которой по салазкам, закрепленным на внутренней стороне крышки редуктора, установлено запорное устройство с упорными подшипниками для фиксации разомкнутого положения зубчатых шайб для обеспечения обычного режима работы бура.

Математическое моделирование приведенного технологического процесса осуществлялось на основе разработки принципиальной схемы работы бура с вибрационным приводом, методики расчета буров [4], с учетом конструктивных особенностей ямобура поворотного [11, 12] характеристики физико-механических свойств плотных почв принимались по данным [13]. Обработка расчетных параметров рабочих органов и их графическое

исполнение осуществлялось с использованием программного обеспечения MS Excel, MathCAD.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основываясь на вышеприведенных предпосылках, предлагается конструктивно-технологическая схема ямобура с использованием эффекта вибрации и теоретическое обоснование параметров его рабочих органов.

Вибрационное бурение позволяет мобильными средствами получить существенную экономию трудозатрат. Ударно-вибрационное погружение в грунт бурового инструмента обеспечивает значительное повышение производительности [14, 15].

Для обоснования параметров рабочих органов ямобура поворотного виноградникового с техническими решениями [12], обеспечивающими возможность работы на плотных почвах, разработана принципиальная структурно-функциональная схема, представленная на рис. 1.

Приводное вращение от ВОМ энергосредства на бур имеет возможность передаваться по цепочке: предохранительная муфта, первый карданный вал,

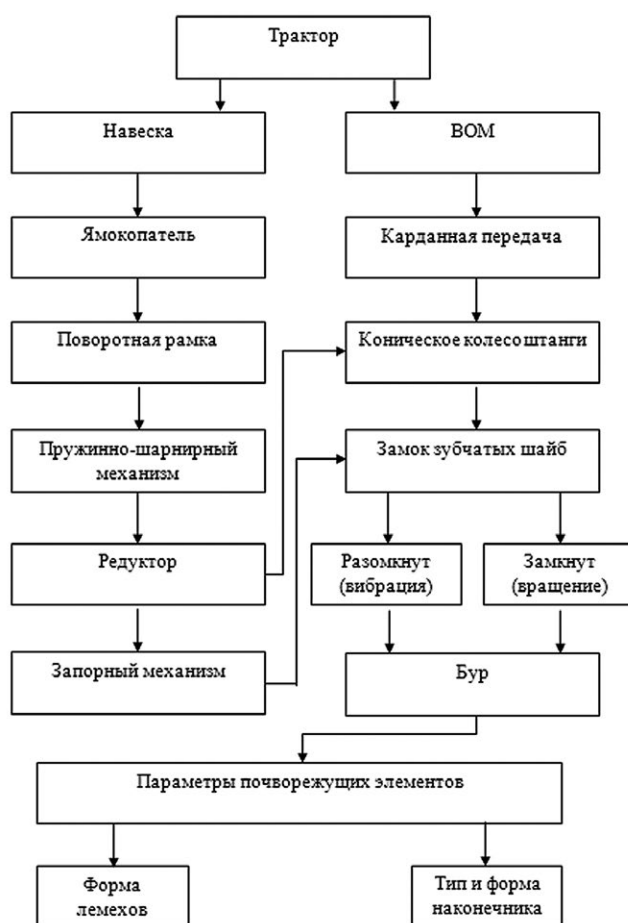


Рис. 1. Принципиальная схема работы ямобура поворотного виноградникового.

Fig. 1. The structural scheme of a vineyard rotary earth auger operation.

промежуточный вал, второй карданный вал, полый горизонтальный вал редуктора, коническая шестерня, коническое шестеренчатое колесо, штанга, бур. Бур закреплен фланцем с болтами к шлицевой штанге вертикального полого вала редуктора, который в радиальном направлении передает через шлицы усилие на втулку, закрепленную на конических роликовых подшипниках в корпусе редуктора. В осевом вертикальном направлении усилие от шлицевой штанги на бур передается в режиме: а) – без принудительной вибрации, б) – с принудительной вибрацией, когда зубчатые шайбы на фланце штанги и фланце редуктора соединены. Выбор режима зависит от положения запорного устройства: а) – напротив торца шлицевой штанги, б) – в стороне. Запорное устройство со своим корпусом передвигается по направляющим салазкам, закрепленным на внутренней стороне крышки редуктора, из одного положения в другое с помощью рукоятки при нерабочем состоянии бура.

На рис. 2а приведена принципиальная схема работы бура с вибрационным приводом, на рис. 2б – схема сил, действующих на бур.

На схеме (рис. 2) обозначены: R – сопротивление заглублению бура в почву; G – сила тяжести; F – вертикальная проекция силы трения почвы о стенку ямы; $G_{\text{поч}}$ – сила тяжести почвы, находящейся на поверхности бура во время его работы; P – вибрационная сила; H – глубина ямы; d – диаметр бура; h – глубина врезания лемехов бура в почву за оборот, v – скорость заглубления бура; A, n – соответственно амплитуда и частота вибрации бура; N – количество зубцов на шайбах; N_1, N_2 – соответственно количество зубьев ведущей и ведомой шестерен конического редуктора бура; ω_1, ω_2 – соответственно угловая скорость вращения ВОМ трактора и вала бура; L_1, L_2, β – конструктивные параметры поворотной рамки бура.

Равномерное погружение бура в почвы обеспечивается при равенстве нулю суммы вертикальных проекций векторов действующих сил. Спроецировав векторы действующих сил на ось Y согласно рис. 1б, получим уравнение:

$$P + G + G_{\text{поч}} + F - R = 0. \quad (1)$$

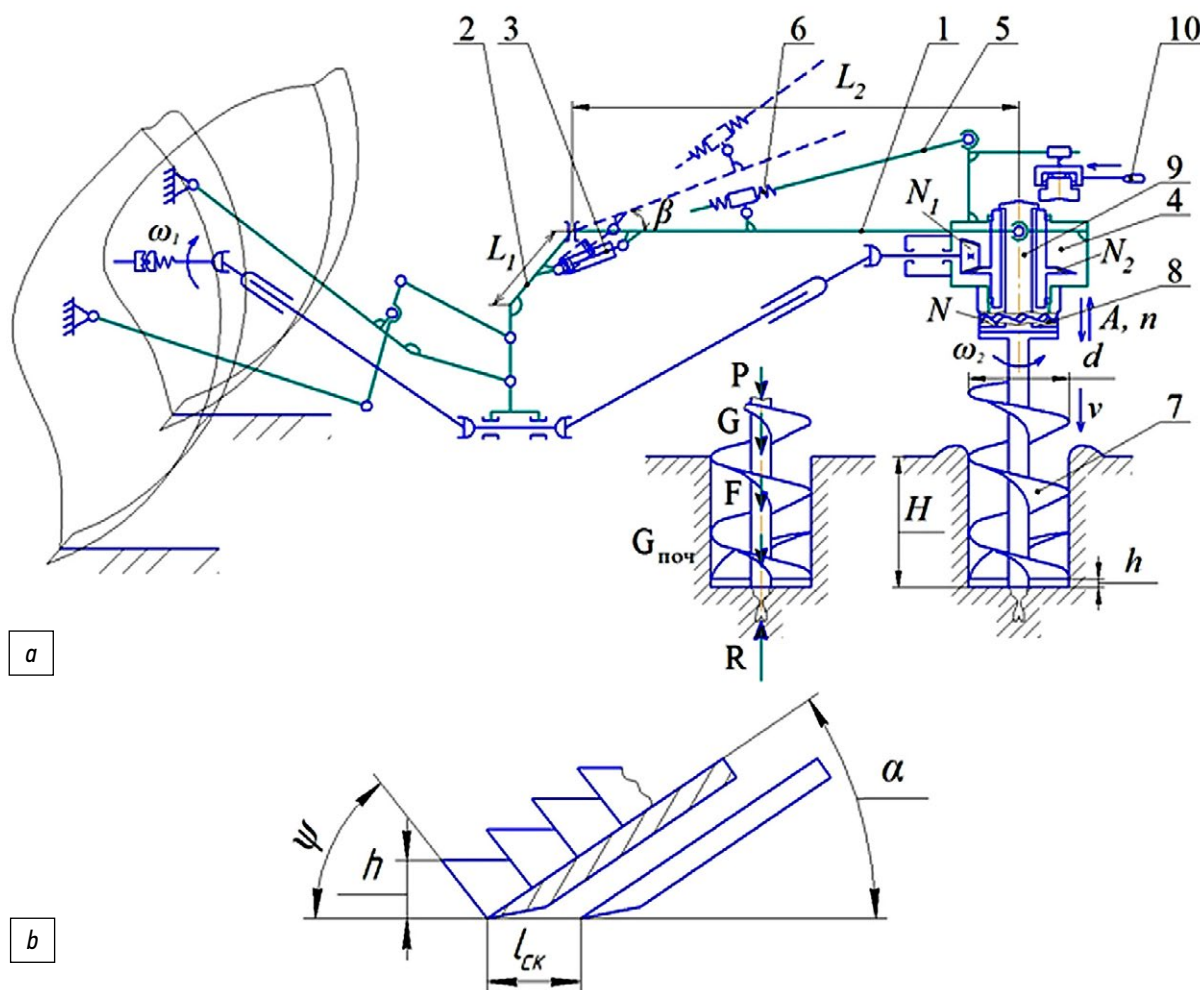


Рис. 2. Схемы ямбура поворотного виноградникового для плотных почв: а – эквивалентная; б – резания почвы лемехами бура.
Fig. 2. Layouts of a vineyard rotary earth auger for firm soils: а – the equivalent layout; б – the layout of soil cutting by auger shares.

Из уравнения (1) выразим вибрационную силу P :

$$P = R - G - G_{\text{поч}} - F. \quad (2)$$

Если сила P изменяется по периодическому закону, то, с учётом массы бура с редуктором m и почвы $m_{\text{поч}}$ получим выражение:

$$P_0 \sin \omega t = R - mg - m_{\text{поч}}g - F. \quad (3)$$

Для получения положительного эффекта от вибрации при резании почвы, согласно исследованиям А.А. Дубровского [2], частота вибрации должна соответствовать частоте скалывания почвы рабочим органом без вибрации.

Исследованиями доктора технических наук А.А. Дубровского установлено, что частота Ω скалывания почвы рабочим органом определяется соотношением [2]:

$$\Omega = \frac{v_p}{l_{\text{СК}}}, \quad (4)$$

где v_p – скорость резания почвы; $l_{\text{СК}}$ – длина скалывания почвы рабочим органом.

Длина $l_{\text{СК}}$ скалывания почвы рабочим органом (лемехами бура), согласно [3], определяется по формуле:

$$l_{\text{СК}} = \sqrt{\frac{2Ah \left(\frac{\rho h}{2} + c \operatorname{ctg} \varphi_B \cos \varphi \right)}{q \cos \varphi \sin \psi \cos \alpha \sin \alpha}}, \quad (5)$$

$$A = \frac{\cos^2 \varphi_B}{1 - \sin \varphi_B} e^{(1,5\pi - 2\psi + \varphi_B) \operatorname{tg} \varphi_B},$$

где ρ – плотность почвы; c – сцепление почвы; φ_B – угол внутреннего трения почвы; h – глубина врезания лемехов бура в почву за оборот; α – угол крошения почвы лемехами; $\psi = \pi/2 - \alpha$ – угол скалывания почвы; φ – угол трения почвы о материал лемехов (сталь); q – коэффициент объёмного смятия почвы.

Поскольку у бура два лемеха, то глубина врезания h лемехов бура в почву за один его оборот будет равна половине величины подачи S бура.

Угловая скорость вращения вала бура вычисляется согласно:

$$\omega_2 = \eta \omega_1, \quad (6)$$

где ω_2 – угловая скорость вращения вала бура, с^{-1} ; η – передаточное отношение редуктора бура; ω_1 – угловая скорость вращения ВОМ трактора.

За один оборот бур совершает количество колебаний, равное количеству N зубцов на шайбах. Следовательно, частота вибрации n будет равна:

$$n = \frac{N}{T}, \quad (7)$$

где T – время одного полного оборота бура, с ,

$$T = \frac{\omega_2}{2\pi}, \quad (8)$$

где ω_2 – угловая скорость вращения вала бура, с^{-1} .

Подставив (8) в (7), получим:

$$n = \frac{\omega_2 N}{2\pi}. \quad (9)$$

Выразим скорость v_p резания почвы лемехами через диаметр d и угловую скорость ω_2 вращения бура:

$$v_p = \omega_2 \frac{d}{2}. \quad (10)$$

Подставляя выражение (10) в соотношение (4), имеем:

$$\Omega = \omega_2 \frac{d}{2l_{\text{СК}}}. \quad (11)$$

Из уравнения (11) с учётом соотношения (9) получим выражение для обоснования количества N зубцов на шайбах, обеспечивающего необходимую частоту вибрации бура:

$$N = \frac{\pi d}{l_{\text{СК}}}. \quad (12)$$

Таким образом, полученное выражение (12), в которое входит длина $l_{\text{СК}}$ скалывания почвы лемехами бура в зависимости от глубины h их врезания в почву, связывает количество N зубцов на шайбах вибропривода, обеспечивающее необходимую частоту вибрации, с конструктивными (диаметр d , угол крошения α) и кинематическими (подача S) параметрами бура.

По полученным зависимостям проведены расчёты с использованием программы MS Excel. Величину S подачи бура принимали согласно работе [4] для плотных почв в пределах от 0,006–0,010 м. Параметры, характеризующие физико-механические свойства почв, типичных для Крыма, принимались по данным [3]: плотность почвы $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$; сцепление почвы $c = 15 \text{ МПа}$; угол внутреннего трения почвы $\varphi_B = 0,61 \text{ рад}$; угол трения почвы о материал лемехов (сталь) $\varphi = 0,59 \text{ рад}$, коэффициент объёмного смятия почвы $q = 198 \text{ Н/см}^3$.

По результатам расчётов построена зависимость, представленная на рис. 3, количества зубцов N на шайбах вибропривода от диаметра бура d (диаметра ямы D , м).

Из представленной графической зависимости следует, что при увеличении диаметра бура от 0,15 м до 0,35 м количество зубьев на шайбах вибропривода бура, обеспечивающее необходимую частоту вибрации

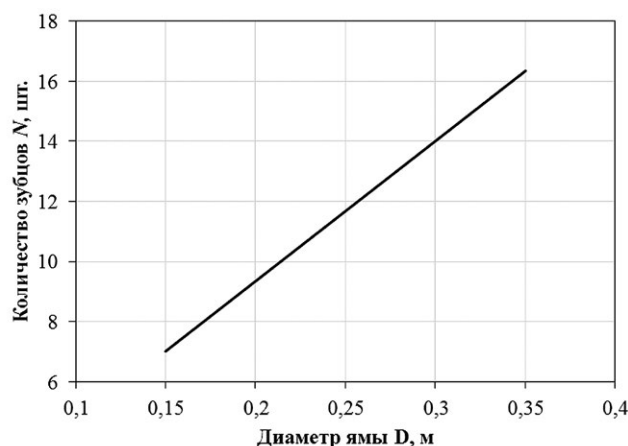


Рис. 3. График зависимости количества N зубцов на шайбах вибропривода от диаметра бура d (диаметра ямы D , м).

Fig. 3. The graph of number of teeth N on vibratory drive washers depending on auger diameter d (hole diameter D , m).

для скалывания почвенных слоев лемехами бура в соответствии с техническими показателями бура и физико-механическими характеристиками рассматриваемых плотных почв, увеличивается соответственно с 7 до 16 шт. В алгоритме расчета заданное конструктивное количество зубьев $N_1 = 16$ на ведущей шестерне и $N_2 = 47$ на ведомой шестерне конического редуктора бура, угловая скорость вращения ВОМ трактора $\omega_1 = 540 \text{ мин}^{-1}$, а вала бура $\omega_2 = 184 \text{ мин}^{-1}$. Указанные параметры обеспечивают соответствие частоты вибрации бура частоте скалывания почвы его лемехами для получения положительного эффекта от вибрации.

Предложенные конструктивные параметры для смещения редуктора с буром, закрепленного на рамке, угол поворота которой за счет гидроцилиндра составил $\beta = 33^\circ 20'$, длина бруса $L_1 = 800 \text{ мм}$, для шарнирного крепления поворотной рамки, длиной $L_2 = 1300 \text{ мм}$ обеспечили величину выноса редуктора с рабочим органом относительно продольной оси трактора – до 1500 мм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технические решения процесса рытья ям под посадку, особенно на твердых почвах, с каменистыми включениями, характеризуются высокой энергоемкостью и сложностью наладки устройств. Кроме того, устройство поворота бура требует увеличения вылета рабочего органа относительно продольной оси трактора. Решение вопросов расширения виноградных плантаций и их ремонта, часто связано с необходимостью рытья ям в плотных каменистых почвах, имеющих благоприятные условия для высаживаемой культуры.

В статье приведено теоретико-технологическое обоснование конструктивных решений универсального поворотного виноградникового ямобура для работы на плотных почвах и грунтах, с поворотом рабочего органа

относительно продольной оси трактора до 1500 мм, работающему по прерывному и непрерывному способу и, оснащеному приводом работы бура, позволяющим работать в вибрационном режиме. Для выделения технологических процессов и обоснования параметров рабочих органов разработана его принципиальная структурно-функциональная схема. В исследовании, для вибрационного режима работы ямобура, предложена математическая модель, учитывающая физико-механические особенности почв, а также геометрические величины рабочего органа для обоснования количества зубцов на шайбах его привода, обеспечивающего необходимую частоту вибрации.

Полученные результаты исследований и планируемое их дальнейшее развитие (конструктивно-технологических и кинематических параметров согласно структурно-функциональной схеме) являются составной частью совершенствования базовых и разработки новых машин для рытья ям под посадку черенков винограда, ягодников, под шпалерные столбы, и также могут быть применены для посадки саженцев семечковых, косточковых и декоративных культур на твердых почвах.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. В.П. Горобей – поиск публикаций по теме статьи, написание текста рукописи; В.Ю. Москалевиц – редактирование текста рукописи, создание изображений; З.А. Годжаев – экспертная оценка, утверждение финальной версии. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи).

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors contribution. V.P. Gorobey carried out the search for publications and background materials on the studied problem and prepared the manuscript for publication; V.Yu. Moskalevich edited the text of the manuscript, created images; Z.A. Godzhaev gave expert opinion, approval of the final version. All authors made a substantial contribution to the present study, analysis and interpretation of obtained results, drafting and refining the paper.

Funding source. The present study was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare no any transparent and potential conflict of interests in relation to this article publication.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпенко А.Н., Зеленеv А.А. Сельскохозяйственные машины. М.: Колос, 1976.
2. Алиев А.Г., Баширов Ф.Б., Благоднравров П.П. и др. Книга виноградаря. М.: Гос. изд-во с.-х. литры, 1959.
3. Половицкий И.Я., Гусев П.Г. Почвы Крыма и повышение их плодородия. Симферополь: Таврия, 1987.
4. Бриль С.И. Машины для рытья ям. М.: Машиностроение, 1964.
5. Матюшкин М.М. Ямокопатель для виноградников // Новое в виноградарстве Крыма. Симферополь: Изд-во «Таврия», 1974. С. 25–31.
6. Авторское свидетельство № SU1020025A1/ 30.05.1983. Бюл. № 20. Матюшкин М.М., Борисов А.М. Ямокопатель. Режим доступа: <https://patenton.ru/patent/SU1020025A1> Дата обращения: 30.04.2022.
7. Патент СССР на изобретение № SU 551007/ 25.03.1977. Бюл. № 11. Бабаев М.К., Багирзаде В.М., Багив А.А., Ахмедов И.И. Бур для подготовки посадочных ям на горных склонах. Режим доступа: <https://patents.su/5-551007-bur-dlya-podgotovki-posadochnykh-iam-na-gornyykh-sklonakh.html> Дата обращения: 30.04.2022..
8. Авторское свидетельство № SU1041055A1/ 15.09.1983. Бюл. № 34. Матюшкин М.М., Борисов А.М. Ямокопатель. Режим доступа: <https://patenton.ru/patent/SU1041055A1> Дата обращения: 30.04.2022.
9. Рационализаторы – виноградарям: Справ. изд./ Сост. Беренштейн И.Б. Симферополь: Таврия, 1985. С. 42–47.
10. Авторское свидетельство № SU1021374A1/ . Вертинский В.П., Животенко В.А. Ямокопатель. Режим доступа: <https://patenton.ru/patent/SU1021374A1> Дата обращения: 30.04.2022.
11. Горобей В.П. Разработка ямобура поворотного виноградникового для плотных почв // Автоматизированное проектирование в машиностроении. Санкт-Петербург: НИЦ МС, 2022. № 12. С. 83–87.
12. Патент РФ № 2758292/ Горобей В.П. Ямобур поворотный виноградниковый: патент на изобретение. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_47258974_46777779.PDF Дата обращения: 30.04.2022.
13. Панов И.М., Ветохин В.И. Физические основы механики почв. К.: Феникс, 2008.
14. Цейтлин М.Г., Верстов В.В., Азбель Г.Г. Вибрационная техника в свайных и буровых работах. Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-е, 1987.
15. Дубровский А.А. Вибрационная техника в сельском хозяйстве. М.: Машиностроение, 1968.

REFERENCES

1. Karpenko AN, Zelenev AA. Agricultural machines. Moscow: Kolos; 1976. (in Russ.)
2. Aliev AG, Bashirov FB, Blagonravrov PP, et al. Vineyard's book. Moscow: GISKhL, 1959. (in Russ.)
3. Polovitskiy IYa, Gusev PG. Soils of Crimea and increasing their fertility. Simferopol: Tavriya; 1987. (in Russ.)
4. Bril SI. Hole Digging Machines. Moscow: Mashinostroenie; 1964. (in Russ.)
5. Matyushkin MM. Hole digger for vineyards. *New in Crimean viticulture*. Simferopol: Tavriya; 1974:25–31.
6. Patent USSR № SU1020025A1/ 30.05.1983. Byul. № 20. Matyushkin M.M., Borisov A.M. Yamokopatel. Available from: <https://patenton.ru/patent/SU1020025A1> (in Russ.)
7. Patent USSR № SU 551007/ 25.03.1977. Byul. № 11. Babaev M.K., Bagirzade V.M., Bagiv A.A., Akhmedov I.I. Bur dlya podgotovki posadochnykh yam na gornyykh sklonakh. Available from: <https://patents.su/5-551007-bur-dlya-podgotovki-posadochnykh-iam-na-gornyykh-sklonakh.html> (in Russ.)
8. Patent USSR № SU1041055A1/ 15.09.1983. Byul. № 34. Matyushkin M.M., Borisov A.M. Yamokopatel. Available from: <https://patenton.ru/patent/SU1041055A1> (in Russ.)
9. Innovators – for winegrowers: Ref. ed./ eds. Berenshteyn IB. Simferopol: Tavriya; 1985:42–47.
10. Patent USSR № SU1021374A1/ 07.06.1983. Byul. № 21. Vertinskiy V.P., Zhivotenko V.A. Yamokopatel. Available from: <https://patenton.ru/patent/SU1021374A1> (in Russ.)
11. Gorobey V.P. Development of a rotary vineyard pit drill for dense soils. *Avtomatizirovannoe proektirovanie v mashinostroenii*. 2022;12:83–87. (in Russ.)
12. Patent RF № 2758292/ 06.09.2021. Byul. № 31. Gorobey V.P. Yamobur povorotnyy vinogradnikovyy. Available from: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_47258974_46777779.PDF (in Russ.)
13. Panov IM, Vetokhin VI. Physical foundations of soil mechanics. Kiev: Feniks; 2008. (in Russ.)
14. Zeitlin MG, Verstov VV, Azbel GG. Vibration technology in piling and drilling. Leningrad: Stroyizdat; 1987. (in Russ.)
15. Dubrovskiy AA. Vibration equipments in agriculture. Moscow: Mashinostroenie; 1968. (in Russ.)

ОБ АВТОРАХ

***Горобей Василий Петрович,**

д.т.н., с.н.с.;

адрес: Россия, 298600, Республика Крым, Ялта,
ул. Кирова, д. 31;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3214-4725>;

eLibrary SPIN: 5379-613;

e-mail: sector.simf23@yandex.ru

Москалевич Вадим Юрьевич,

к.т.н., доцент;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4818-3910>;

eLibrary SPIN: 3595-5845;

e-mail: v_moskalevich@mail.ru

Годжаев Захид Адыгезалович,

д.т.н., профессор, член-корреспондент РАН,

заместитель директора по инновационной и внедренческой
деятельности;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1665-3730>;

eLibrary SPIN: 1892-8405;

e-mail: fic51@mail.ru

***Автор, ответственный за переписку**

AUTHOR'S INFO

***Vasily P. Gorobey,**

Dr. Sci. (Tech.), Senior Researcher;

address: 31 Kirova street, Yalta, Republic of Crimea
298600, Russia;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3214-4725>;

eLibrary SPIN: 5379-613;

e-mail: sector.simf23@yandex.ru

Vadim Yu. Moskalevich,

Associate Professor, Cand. Sci. (Tech.);

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4818-3910>;

eLibrary SPIN: 3595-5845;

e-mail: v_moskalevich@mail.ru

Zakhid A. Godzhaev,

Professor, Dr. Sci. (Tech.),

Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences,
Deputy Director for Innovational and Implementational Activities;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1665-3730>;

eLibrary SPIN: 1892-8405;

e-mail: fic51@mail.ru

***Corresponding author**