

Обоснование конструктивных требований к автоматизированному посадочному агрегату мини-клубней картофеля

Алексей Семенович Дорохов,
доктор технических наук,
член-корреспондент Российской академии наук,
главный научный сотрудник;

Виталий Николаевич Зернов,
кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник;
Сергей Николаевич Петухов,
кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник,
petuxov61@bk.ru

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

Реферат. Показали, что переход на технологии массового получения безвирусных мини-клубней меняет требования к машинам для посадки оригинального семенного картофеля. (*Цель исследования*) Разработать технологическую схему и обосновать конструктивные параметры высаживающего аппарата автоматической сажалки мини-клубней картофеля. (*Материалы и методы*) За основу разработки взяли высаживающий аппарат элеваторного типа. Решили создать конструкцию ложечки с возможностью захвата и перемещения в направляющий кожух по одному мини-клубню в каждой ложечке, исключив перескакивание мини-клубней с одной ложечки на другую или защемление их при перемещении по направляющему кожуху на дно борозды. Теоретически обосновали диаметры нижнего направляющего и верхнего ведущего роликов, чтобы исключить влияние разницы в размерах посадочных клубней на равномерность подачи их в борозду. (*Результаты и обсуждение*) Определили минимально допустимую скорость ленты элеватора, которая зависит от расстояния между ложечками на ленте элеватора и скорости посадочного агрегата. Размер диаметра верхнего ведущего барабана обосновали из условия разворачивания ложечки на 180 градусов не менее чем за 1,5 секунды, что обеспечивает плавный переход клубня на обратную сторону ложечки. Выводы. Разработали технологическую схему автоматического высаживающего аппарата элеваторного типа для сажалки мини-клубней картофеля с рабочей скоростью 6-9 километров в час. Выявили, что диаметр верхнего ведущего барабана не меньше 44 сантиметров, нижнего направляющего ролика – не более 12 сантиметров. Показали, что двусторонняя конструкция вычерпывающих ложечек с возможностью установки в них сменных чаш обеспечит качественную посадку не только мини-клубней, но и последующих репродукций семенного, а также продовольственного картофеля при массе клубней 5-80 граммов.

Ключевые слова: семенной картофель, мини-клубни, посадка картофеля, высаживающий аппарат, автоматизированный посадочный агрегат.

Для цитирования: Дорохов А.С., Зернов В.Н., Петухов С.Н. Обоснование конструктивных требований к автоматизированному посадочному агрегату мини-клубней картофеля // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. Т. 15. №1. С. 9-15. DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-1-9-15.

Design Requirements Substantiation for an Automated Planting Unit for Potato Minitubers

Alexey S. Dorokhov,
Dr.Sc.(Eng.), corresponding member of the Russian
academy of sciences, chief researcher;

Vitaliy N. Zernov,
Ph.D.(Eng.), leading researcher;
Sergey N. Petukhov,
Ph.D.(Eng.), leading researcher,
petuxov61@bk.ru

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Abstract. The authors showed that the transition to the technology of virus-free minitubers mass production changed the machines requirements for planting original seed potatoes. (*Research purpose*) To develop a technological scheme and substantiate the design parameters of the planting apparatus of an automatic planter of potato minitubers. (*Materials and methods*) The development was based on an elevator-type planting apparatus. The authors decided to create a spoon design with the ability to grip and move

into the guide casing one minituber in each spoon, eliminating the minitubers jumping from one spoon to another or pinching them when moving along the guiding casing to the furrow bottom. The diameters of the lower guide and upper drive rollers were theoretically substantiated in order to exclude the influence of the planting tubers sizes difference on the uniformity of their submitting into the furrow. (*Results and discussion*) The authors determined the minimum permissible elevator belt speed, which depended on the distance between the spoons on the elevator belt and the planting unit speed. The size of the upper driving reel diameter was justified from the condition that the spoon unfolded 180 degrees in at least 1.5 seconds, which ensured a tuber smooth transition to the back side of the spoon. (*Conclusions*) The authors developed a technological scheme of an automatic planting elevator type device for planting potato minitubers with a working speed of 6-9 kilometers per hour. It was found that the upper driving reel diameter was not less than 44 centimeters, and the lower guide roller diameter was not more than 12 centimeters. They showed that the double-sided design of scooping spoons with the possibility of installing replaceable bowls in them would ensure a high-quality planting of not only minitubers, but also subsequent reproductions of seed and ware potatoes with a tuber mass of 5-80 grams.

Keywords: seed potatoes, minitubers, potato planting, planting device, automated planting unit.

For citation: Dorokhov A.S., Zernov V.N., Petukhov S.N. Obosnovanie konstruktivnykh trebovaniy k avtomatizirovannomu posadochnomu agregatu mini-klubney kartofelya [Design requirements substantiation for an automated planting unit for potato minitubers]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2021. Vol. 15. N1. 9-15 (In Russian). DOI 10.22314/2073-7599-2021-15-1-9-15.

В первичном семеноводстве картофеля используют современные методы получения исходного материала с применением биотехнологических систем оздоровления, клонального размножения меристемных микрорастений, а также технологий производства безвирусных мини-клубней. Поэтому требования к машинам для посадки оригинального семенного картофеля упростились [1-5]. Теперь отпадает необходимость траты рабочего времени на подготовку и разделение клонов, так как размеры деленок измеряются не десятками и сотнями клубней, а десятками и сотнями тысяч мини-клубней объединенного клонового материала. Время на загрузку сажалки клубнями сократится примерно в 6 раз по сравнению с загрузкой клонов первого года. Посадка картофеля будет проводиться объединенными мини-клубнями массой 5-20 г, поэтому при загрузке сажалки посадочным материалом не потребуется разборка клубней по очередности их высадки. При посадке мини-клубнями существенно повысится коэффициент использования рабочего времени [6-9].

Создание автоматических высаживающих аппаратов для посадки оригинальных семян картофеля позволит исключить напряженный ручной труд. Это даст возможность повысить рабочую скорость агрегата до уровня посадок картофеля на производственных полях – 9 км/ч (таблица) [2]. Тогда производительность за единицу времени чистой работы агрегата составит 2,7 га/ч, а технологическая производительность при посадке мини-клубней повысится до 1,0 га/ч. Обслуживать агрегат будут 2 человека – тракторист и сажальщик. Затраты труда при этом составят 1,9 ч/га [10-11].

В то же время, необходимо учитывать факторы, определяющие качество предпосадочной подготовки почвы, посадки клубней, сорт культуры и его оценку на всхожесть [12-15].

Цель исследования – разработать технологическую схему и обосновать конструктивные параметры высаживающего аппарата автоматической сажалки мини-клубней картофеля.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В оригинальном семеноводстве картофеля мини-клубни высаживают либо вручную, либо с помощью полуавтоматических клонных сажалок.

Проведенные исследования показали, что при разработке автоматической сажалки для посадки мини-клубней картофеля в оригинальном семеноводстве за основу можно взять высаживающие аппараты элеваторного типа (*рис. 1*) [11]. Работают такие аппараты следующим образом. Картофель, засыпанный в бункер сажалки, по наклонному дну сходит к элеватору. Ложечки элеватора поштучно захватывают клубни и выносят их в направляющий кожух. Под кожухом клубни, на обратной стороне ложечек, перемещаются вниз к выбросному отверстию. При выходе из отверстия ложечка поворачивается вокруг звездочки, отверстие открывается и клубни падают в борозду, образованную сошником. Далее клубни присыпаются почвой заделывающими рабочими органами с образованием гребней.

При этом в конструкции необходимо учесть выполнение двух условий:

- захват мелких клубней по одному в каждую ложечку;
- перемещение их по направляющему кожуху на дно борозды.

Кроме того, при перемещении мини-клубней на обратной стороне ложечек вниз по направляющему кожуху многие из них проскакивают на расположенные ниже ложечки или в борозду, или защемляются через имеющиеся зазоры, приводя к пропускам и сдваиванию, а то и образованию гнезд по 3-4 семенных клубня. Поэтому важно обосновать технологические,

Таблица		Table				
СРАВНЕНИЕ КАРТОФЕЛЕСАЖАЛОК ДЛЯ СЕЛЕКЦИОННО-СЕМЕНОВОДЧЕСКИХ РАБОТ В КАРТОФЕЛЕВОДСТВЕ [2] COMPARISON OF POTATO PLANTERS FOR SELECTION AND SEED PRODUCTION IN POTATO GROWING [2]						
Показатели Indicators	Полуавтоматические Semi-automatic				Автоматические Automatic	
	с ручной закладкой клубней with manual tubers		с ручной коррекцией клубней with manual tuber correction		кассетные cassette	элеваторные elevator
Назначение питомника Farm appointment	клоны, одноклубневые гибриды clones, single-root hybrids		объединенные клоны, мини-клубни, ЛПХ combined clones, mini-tubers, personal subsidiary farm		клоны, одноклубневые гибриды clones, single-root hybrids	
Ширина междурядий, см. Row spacing, cm.	75	75	75	75	75	75
Число обрабатываемых рядков Number of processed rows	4	4	4	4	4	4
Обслуживающий персонал, чел. Service staff, people	7	5	7	5	2	2
Рабочая скорость, км/ч Working speed, km/h	1,5	1,5	3,0	3,0	6,0	9,0
Затраты времени, % к технологическому: Time consumption,% to technological: чистой работы / clean work на повороты / on turns на загрузку / to download на разделение клонов / to split clones	20,0	50,0	11,1	33,3	20,0	40,0
	2,0	5,0	2,2	6,7	8,0	24,0
	18,0	45,0	20,0	60,0	72,0	36,0
	60,0	0,0	66,7	0,0	0,0	0,0
Коэффициент использования время работы Utilization rate working time	0,20	0,50	0,11	0,33	0,20	0,40
Производительность, га/ч: Productivity, ha/h: чистой работы / clean work технологическая / technological	0,45	0,45	0,90	0,90	1,80	2,70
	0,09	0,22	0,10	0,30	0,36	1,08
Затраты труда, ч/га Labor costs, h / ha	77,7	22,7	70,0	16,6	5,5	1,9

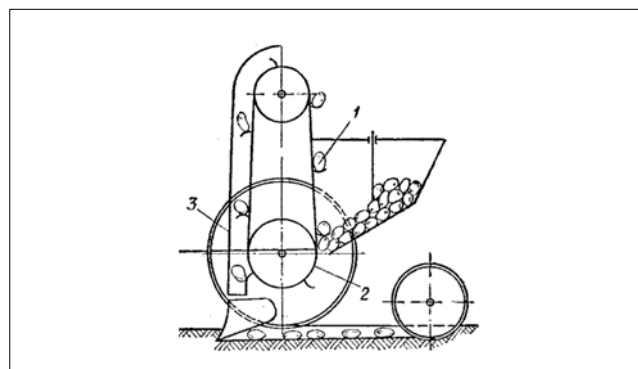


Рис. 1. Типовая технологическая схема картофелесажалки с высаживающим аппаратом элеваторного типа: 1 – элеватор; 2 – звездочка; 3 – направляющий кожух

Fig. 1. Typical technological scheme of a potato planter with an elevator-type planting device: 1 – elevator; 2 – sprocket-wheel; 3 – guide casing

технические и технико-эксплуатационные показатели работы высаживающего аппарата элеваторного типа с автоматической подачей мини-клубней в сошники картофелесажалки.

На современных высаживающих аппаратах элеваторного типа под лентой элеватора со стороны питающего ковша в зоне захвата и подъема клубней ложечками устанавливают встряхивающие устройства с регулировкой уровня вибрации. Путем сортировки посадочного материала, подбора сменных ложечек и регулировки уровня вибрации добиваются поштучной подачи клубней в сошники. Современные сажалки обычно комплектуются двумя наборами сменных ложечек: для крупной фракции семенных клубней 60-80 г и мелкой – 40-60 г. Размеры мини-клубней варьируют от 5 до 20 г. Необходимо подобрать размер ложечки и уровень вибрации механизма встряхивания,

обеспечивающие захват и перемещение в направляющий кожух по одному мини-клубню в каждой ложечке.

Чтобы исключить перескакивание мини-клубней с одной ложечки на другую и их защемление между ложечками и направляющим кожухом, предложили выполнить обратную сторону ложечки в виде приемной чаши (рис. 2).

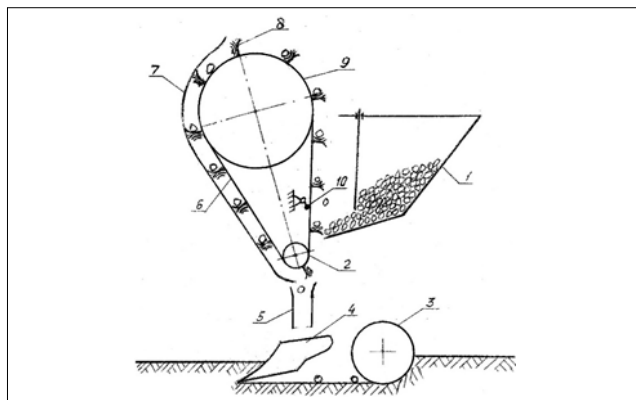


Рис. 2. Технологическая схема машины для автоматической посадки мини-клубней картофеля: 1 – бункер; 2 – направляющий ролик; 3 – заделывающие диски; 4 – сошник; 5 – клубненаправитель; 6 – элеватор; 7 – направляющий кожух; 8 – приемная чаша; 9 – ведущий барабан; 10 – встряхиватель

Fig. 2. Flow chart of the machine for potatoes minitubers automatic planting: 1 – bunker; 2 – guide roller; 3 – sealing discs; 4 – ploughshare; 5 – tuber guide; 6 – elevator; 7 – guide casing; 8 – receiving bowl; 9 – driving reel; 10 – shaker

Для надежного выполнения технологического процесса верхняя (захватывающая) часть ложечки комплектуется из набора чаш четырех типоразмеров: для крупных семенных клубней, средней фракции, мелких клубней и мини-клубней. Такая конструкция ложечки, в зависимости от очередности установки чаш, делает сажалку универсальной (рис. 3). Ее можно использовать как на всех этапах семеноводческих работ, так и на производственных полях при выращивании продовольственного картофеля.

Чтобы обеспечить надежное перекачивание мини-клубней с лицевой стороны ложечки на обратную чашу, на ленте элеватора выполнены продольные углубления для каждого ряда ложечек (элеватор может быть двухрядный). Большой верхний барабан и продольные углубления в ленте гарантируют качественное перекачивание мини-клубней с лицевой стороны ложечки на обратную чашу (рис. 2). В свою очередь нижний направляющий малый ролик гарантирует быстрое открытие выбросного отверстия и равномерную подачу клубней в сошник. При уменьшении направляющего ролика ускоряется разворачивание ложечки вокруг него.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Для обеспечения качественного, без повреждений, захвата клубней кар-



Рис. 3. Экспериментальная ложечка: а – положение для захвата клубня из питателя бункера; б – выталкивание второго клубня при вибрации; с – перемещение клубня к направляющему кожуху; д – опускание клубня в сошник на обратной чаше ложечки

Fig. 3. Experimental spoon: a – position for grabbing the tuber from the hopper feeder; b – pushing out the second tuber during vibration; c – moving the tuber to the guide casing; d – lowering the tuber into the opener on the spoon back

тофеля из бункера сажалки, аккуратного подъема их к направляющему кожуху и бережного перекачивания на обратную чашу ложечки необходимо выбирать минимально допустимую скорость ленты элеватора.

При шаге посадки картофеля 0,25 м сажалка на каждом погонном метре борозды будет раскладывать по 4 клубня. Скорость агрегата V_a при посадке мини-клубней примем 6 км/ч, или 1,67 м/с. Тогда высаживающий аппарат должен выдавать 6,68 шт./с. Каждый последующий клубень должен сбрасываться в сошник сажалки через время $\Delta t = 0,15$ с. При двухрядном расположении ложечек на ленте высаживающего аппарата с каждого ряда ленты клубни должны подаваться через $\Delta t_p = 0,3$ с.

Скорость ленты зависит от расстояния между ложечками на ленте элеватора и от скорости посадочного агрегата, которая нам уже задана. Расстояние между ложечками каждого ряда обозначим через Δs_p . Оно лимитируется максимально-возможными размерами клубней d_k и приращением δ , обеспечивающим свободное западание клубней в ложечку при захвате их из бункера: $\Delta s_p \geq 2d_k + \delta$.

Из опыта создания элеваторных аппаратов для картофеля, учитывая толщину ложечек, расстояние между ними на ленте в каждом ряду можно принять $\Delta s_p = 0,14$ м, а при двухрядном расположении, соответственно, $\Delta s = 0,07$ м. Тогда линейная скорость ленты элеватора, а, следовательно, и ложечек составит: $v_s = \Delta s / \Delta t$. Подставляя в формулу числовые значения, получим $v_s = 0,467$ м/с.

При перемещении ленты элеватора по ведущему

барабану и направляющему ролику основания ложечек описывают дуги окружностей радиусами R и r соответственно. При этом ложечки разворачиваются, перекадывая клубни с лицевой стороны ложечки на обратную чашу (ведущий барабан) или открывая окно для сбрасывания клубней в сошник сажалки (направляющий ролик).

Определим диаметр направляющего ролика d (рис. 4). С целью уменьшения раскатывания клубней в борозде (появления отрицательной составляющей горизонтальной скорости v_x сбрасывания клубней высаживающим аппаратом по отношению к скорости посадочного агрегата) зададим угол наклона направляющего кожуха в сторону движения посадочного агрегата 30° от вертикали. Пересечение линии, проведенной вдоль направляющего кожуха, с радиусом направляющего ролика, при его повороте от горизонтали на 30° (точка B), будем считать началом сбрасывания клубня в сошник сажалки.

При повороте направляющего ролика, после момента пересечения ложечкой кромки выбросного окна (точки B), на 60° ложечка развернется относительно горизонтали на 90° и займет вертикальное положение. В этом случае выбросное окно откроется на величину a , равную длине хорды дуги окружности, образованной концом ложечки.

Причем, $a = R_n$ – как сторона равностороннего треугольника OHB , где $R_n = r + l_n$; l_n – длина ложечки. Такой размер выбросного окна обеспечит свободное выпадение даже самого большого клубня, размещенного в ложечке.

Чтобы исключить влияние разницы в размерах по-

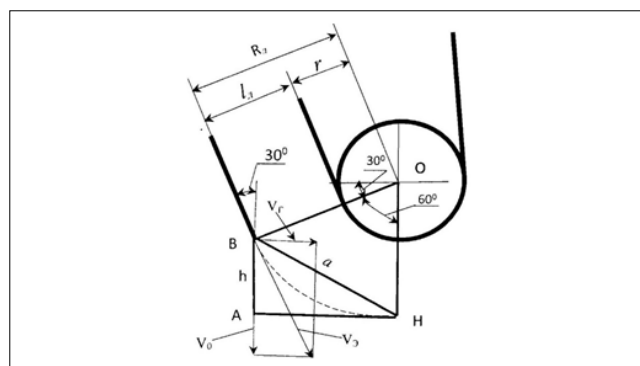


Рис. 4. Схема к определению радиуса направляющего ролика элеватора высаживающего аппарата: r – радиус направляющего ролика; l_n – длина ложечки; R_n – радиус дуги, описываемой концом ложечки при выпадении клубня; a – длина хорды; h – перемещение клубня по вертикали; v_3 – скорость ленты элеватора; v_x – горизонтальная скорость; v_0 – вертикальная скорость

Fig. 4. Scheme for determining the radius of the planting apparatus elevator: r – the guide roller radius; l_n – the spoon length; R_n – the radius of the arc described by the end of the spoon when the tuber falls out; a – the chord length; h – vertical movement of the tuber; v_3 – elevator belt speed; v_x – horizontal speed; v_0 – vertical speed

сачочных клубней на равномерность подачи их в борозду, обоснуем такой размер радиуса направляющего ролика r , при котором, с момента пересечения обратной чашей ложечки кромки выбросного окна (на рис. 4 точка B), клубень любого размера будет выпадать по закону свободного падения тела.

Величина h , на которую опустится клубень при его свободном падении, определяется по формуле:

$$h = v_0 t + g t^2 / 2,$$

где $v_0 = v_3 \sqrt{3} / 2$, как сторона треугольника, лежащая против угла 60° .

Тогда:

$$h = (v_3 \sqrt{3} / 2) t + g t^2 / 2. \tag{1}$$

С другой стороны, величину h , на которую опустится край обратной стороны ложечки при ее вертикальном положении, определим через геометрические параметры. Треугольник ABH является прямоугольным с углом AHB в 30° , а катет прямоугольного треугольника, лежащий против угла в 30° , равен половине гипотенузы (рис. 4). Следовательно, $h = a/2$, а так как $a = R_n$, в свою очередь $R_n = r + l_n$, то получим:

$$h = (r + l_n) / 2. \tag{2}$$

Приравняв правые части (1) и (2), получим условие выпадения клубня по закону свободного падения тела:

$$2(v_3 \sqrt{3} / 2) t_{60} + g (t_{60})^2 = r + l_n. \tag{3}$$

Определим время t_{60} , за которое направляющий ролик высаживающего аппарата повернется на 60° . Длина дуги составит:

$$S = \pi r \alpha / 180.$$

Подставляя $\alpha = 60$, получим $S_{60} = \pi r / 3$. Время поворота направляющего ролика на 60° даст отношение длины дуги S_{60} к линейной скорости ленты элеватора v_3 :

$$t_{60} = (\pi r / 3) / 0,466 = 0,7 \pi r.$$

Подставляя t_{60} в (3) с числовыми значениями $v_3 = 0,467$ м/с; $\pi = 3,14$; $g = 9,81$ м/с²; $l_n = 0,1$ м, получим квадратное уравнение:

$$24,2 r^2 + 0,25 r - 0,1 = 0.$$

Найдем его корни: $r_1 = 0,06$; $r_2 = -0,07$.

Принимая положительное значение корня, определяем, что $d = 0,12$ м. Следовательно, для обеспечения равномерной подачи клубней разного размера в сошник картофелесажалки при скорости ее перемещения 6 км/ч диаметр направляющего ролика элеватора не должен превышать 12 см.

Важно выполнить условие бережной перекадки высаживаемых клубней с лицевой стороны ложечки на тыльную: без перескакивания и повреждений [16, 17]. Это возможно, если ложечка развернется вокруг ведущего барабана на 180° не менее чем за 1,5 с, установлено опытным путем.

Определим время разворачивания барабана на 180° :

$$t_{180} = \pi R / v_3,$$

откуда:

$$R = v_3 t_{180} / \Pi.$$

Подставляя числовые значения, получим $R = 0,22$ м. Следовательно, диаметр ведущего барабана должен быть равен или больше 44 см.

Рабочая скорость должна достигать 6 км/ч, а при посадке клубней определенных размерных фракций – 9 км/ч, что в 4-5 раз превышает этот показатель у полуавтоматических сажалок.

Обеспечение в конструкции высаживающего аппарата расчетных диаметров: ведущего барабана – не менее 44 см, направляющего ролика – не более 12 см и двусторонней конструкции вычерпывающих ложечек с возможностью установки в них сменных чаш позволит осуществлять более качественную и бережную посадку не только мини-клубней, но и супер-суперэлита, суперэлита, элиты, репродукционного и продовольственного картофеля.

Набор чаш имеет четыре типоразмера: для мини-клубней (оздоровленные клубни массой 5-20 г), мелких клубней (первая полевая репродукция, супер-суперэлиты, суперэлита массой 20-40 г), клубней средней фракции (первая полевая репродукция, супер-суперэлиты, суперэлита, элиты, репродукционный семенной картофель массой 40-60 г), крупных семенных клубней (60-80 г).

Такая конструкция ложечек, в зависимости от установленных чаш, должна сделать сажалку универсальной, позволяющей производить более качественную и бережную посадку клубней картофеля всех ка-

тегорий с массой от 5 до 80 г. Небольшие размеры посадочной машины расширят ее применение на мелко-контурных полях фермеров и хозяйств населения.

Инновационная технология посадки мини-клубней картофеля в оригинальном семеноводстве с применением автоматической сажалки должна довести технологические и экономические показатели до общепроизводственного уровня:

- повысить производительность чистой работы на посадке мини-клубней, в сравнении с полуавтоматической сажалкой, с 0,45 до 2,70 га/ч;

- увеличить технологическую производительность с 0,22 до 1,00 га/ч;

- снизить затраты труда с 16,6 до 1,9 ч/га (таблица).

Выводы. Разработали технологическую схему и обосновали конструктивные параметры автоматического высаживающего аппарата элеваторного типа для сажалки мини-клубней картофеля, с рабочей скоростью 6-9 км/ч.

Обеспечение в конструкции высаживающего аппарата размера диаметра верхнего ведущего барабана не меньше 44 см, нижнего направляющего ролика не более 12 см и двусторонней конструкции вычерпывающих ложечек с возможностью установки в них сменных чаш позволит осуществлять более качественную и бережную посадку не только мини-клубней, но и супер-суперэлита, суперэлита, элиты, репродукционного и продовольственного картофеля с массой от 5 до 80 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пономарев А.Г., Колчин Н.Н., Зернов В.Н., Петухов С.Н. Селекции и семеноводству картофеля необходима механизация // *Картофель и овощи*. 2017. N3. С. 22-24.
2. Зернов В.Н., Пономарев А.Г. Воспроизводство мини-клубней в оригинальном семеноводстве картофеля, технологические приемы возделывания и их эффективность // *Агротехника и энергообеспечение*. 2018. N4(21). С. 57-64.
3. Михеев В.В., Еремин П.А., Зернов В.Н., Петухов С.Н. Механизация в технологиях семеноводства корнеплодов. // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. N6. С. 31-37.
4. Мартиросян Ю.Ц., Мартиросян В.В., Зернов В.Н. Новые технологии в производстве оздоровленного семенного картофеля // *Аграрный вопрос*. 2012. N5(37). С. 18-19.
5. Зернов В.Н., Пономарев А.Г. Технологические приемы и технологии, применяемые в селекции и семеноводстве картофеля, их классификация // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2018. N4(29). С. 294-310.
6. Зернов В.Н., Пономарев А.Г., Колчин Н.Н., Петухов С.Н. Развитие механизированной посадки картофеля в селекционных и семеноводческих питомниках // *Картофель и овощи*. 2017. N12. С. 23-25.
7. Колчин Н.Н., Пономарев А.Г., Зернов В.Н. Новая техника для картофелеводства // *Картофель и овощи*. 2019. N6. С. 26-29.
8. Петухов С.Н. Обоснование потребности объемов производства семенного картофеля в Российской Федерации // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2018. N4(29). С. 275-284.
9. Дорохов А.С., Мосяков М.А., Сазонов Н.В. Автоматизированная линия для послепосевной обработки корнеплодов и картофеля // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2020. Т. 14. N1. С. 22-26.
10. Казаков С.С., Живаев О.В., Никулин А.В. Конструкционные пути снижения повреждаемости клубней посадочного картофеля при работе цепочно-ложечного высаживающего аппарата // *Тракторы и сельхозмашины*. 2019. N3. С. 29-34.
11. Зернов В.Н., Колчин Н.Н., Ясникова Н.П. Картофеле-сажалки для личных подсобных хозяйств // *Сельский механизатор*. 2015. N9. С. 18-19.
12. Edris M.K., Al-Gaadi K.A., Hassaballa A.A., et al. Impact of soil compaction on the engineering properties of potato tubers. *Int J Agric & Biol Eng*. 2020. Vol. 13. N2. 163-167.
13. Сергеева З.Ф., Синцова Н.Ф., Лыскова И.В., Лыскова Т.В. Оценка сортов картофеля по урожайности и биохимическим показателям в условиях Кировской области // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018. Т. 64. N3. С. 34-38.
14. Gao Y., Li Q., Rao X., Ying Y. Precautionary analysis of sprouting potato eyes using hyperspectral imaging technology. *Int J Agric & Biol Eng*. 2018. N2. С. 153-157.



15. Попова Л.А., Головина Л.Н., Шаманин А.А., Маслова В.М. Оценка продуктивности и адаптивности сортов картофеля различных групп спелости в условиях Архангельской области // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2017. N3(58). С. 26-31.

16. Пономарев А.Г., Зернов В.Н. Обоснование конструк-

тивной схемы сошниковой группы картофелесажалки // *Картофель и овощи*. 2018. N12. С. 13-14.

17. Сазонов Н.В. Технологическое и техническое обеспечение производства картофеля в России // *Картофель и овощи*. 2019. N3. С. 20-22.

REFERENCES

1. Ponomarev A.G., Kolchin N.N., Zernov V.N., Petukhov S.N. Selekcii i semenovodstvu kartofelya neobkhodima mekhanizatsiya [Potato breeding and seed production need mechanization]. *Kartofel' i ovoshchi*. 2017. N3. 22-24 (In Russian).

2. Zernov V.N., Ponomarev A.G. Vosproizvodstvo mini-klubney v original'nom semenovodstve kartofelya, tekhnologicheskie priemy vozdeleyvaniya i ikh effektivnost' [Reproduction of minitubers in original potato seed production, cultivation techniques and their effectiveness]. *Agrotekhnika i energoobespechenie*. 2018. N4(21). 57-64 (In Russian).

3. Mikheev V.V., Eremin P.A., Zernov V.N., Petukhov S.N. Mekhanizatsiya v tekhnologiyakh semenovodstva korneplodov [Mechanization in root crops seed production technologies]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12. N6. 31-37 (In Russian).

4. Martirosyan Yu.Ts., Martirosyan V.V., Zernov V.N. Novye tekhnologii v proizvodstve ozdorovlennogo semennogo kartofelya [New technologies in the production of healthy seed potatoes]. *Agrarnyy vopros*. 2012. N5(37). 18-19 (In Russian).

5. Zernov V.N., Ponomarev A.G. Tekhnologicheskie priemy i tekhnologii, primenyaemye v selekcii i semenovodstve kartofelya, ikh klassifikatsiya [Technological methods and technologies used in breeding and seed growing of potatoes, their classification]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2018. N4(29). 294-310 (In Russian).

6. Zernov V.N., Ponomarev A.G., Kolchin N.N., Petukhov S.N. Razvitiye mekhanizirovannoy posadki kartofelya v selektsionnykh i semenovodcheskikh pitomnikakh [Development of mechanized potatoes planting in breeding and seed nurseries]. *Kartofel' i ovoshchi*. 2017. N12. 23-25 (In Russian).

7. Kolchin N.N., Ponomarev A.G., Zernov V.N. Novaya tekhnika dlya kartofelevodstva [New equipment for potato growing]. *Kartofel' i ovoshchi*. 2019. № 6. 26-29 (In Russian).

8. Petukhov S.N. Obosnovanie potrebnosti obemov proizvodstva semennogo kartofelya v Rossiyskoy Federatsii [Justification of the need for production volumes of seed potatoes in the Russian Federation]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2018. N4(29). 275-284 (In Russian).

9. Dorokhov A.S., Mosyakov M.A., Sazonov N.V. Avtomatizirovannaya liniya dlya posleuborochnoy obrabotki korneplodov

i kartofelya [Automated line for post-harvest processing of root crops and potatoes]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2020. Vol. 14. N1. 22-26 (In Russian).

10. Kazakov S.S., Zhivaev O.V., Nikulin A.V. Konstruktsionnye puti snizheniya povrezhdaemosti klubney posadochnogo kartofelya pri rabote tsepochno-lozhechnogo vysazhivayushchego apparata [Structural ways to reduce damage to potato tubers during operation of the chain-spoon planting apparatus]. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2019. N3. 29-34 (In Russian).

11. Zernov V.N., Kolchin N.N., Yasnikova N.P. Kartofelesazhalki dlya lichnykh podsobnykh khozyaystv [Potato planters for personal subsidiary plots]. *Sel'skiy mekhanizator*. 2015. N9. 18-19 (In Russian).

12. Edris M.K., Al-Gaadi K.A., Hassaballa A.A., et al. Impact of soil compaction on the engineering properties of potato tubers. *Int J Agric & Biol Eng*. 2020. Vol. 13. N2. 163-167.

13. Sergeeva Z.F., Sintsova N.F., Lyskova I.V., Lyskova T.V. Otsenka sortov kartofelya po urozhaynosti i biokhimicheskim pokazatelyam v usloviyakh Kirovskoy oblasti [Evaluation of potato varieties by yield and biochemical indicators in the conditions of the Kirov region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2018. Vol. 64. N3. 34-38 (In Russian).

14. Gao Y., Li Q, Rao X., Ying Y. Precautionary analysis of sprouting potato eyes using hyperspectral imaging technology. *Int J Agric & Biol Eng*. 2018. N2. 153-157.

15. Popova L.A., Golovina L.N., SHamanin A.A., Maslova V.M. Otsenka produktivnosti i adaptivnosti sortov kartofelya razlichnykh grupp spelosti v usloviyakh Arkhangel'skoy oblasti [Evaluation of the productivity and adaptability of potato varieties of different ripeness groups in the conditions of the Arkhangel'sk region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2017. N3(58). 26-31 (In Russian).

16. Ponomarev A.G., Zernov V.N. Obosnovanie konstruktivnoy skhemy soshnikovoy grupy kartofelesazhalki [Substantiation of the constructive scheme of the opener group of a potato planter]. *Kartofel' i ovoshchi*. 2018. N12. 13-14 (In Russian).

17. Sazonov N.V. Tekhnologicheskoe i tekhnicheskoe obespechenie proizvodstva kartofelya v Rossii [Technological and technical support for potato production in Russia]. *Kartofel' i ovoshchi*. 2019. N3. 20-22 (In Russian).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 14.10.2020
The paper was submitted
to the Editorial Office on 14.10.2020

Статья принята к публикации 02.02.2021
The paper was accepted
for publication on 02.02.2021