

УДК 631.356.41

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ДВУХРЯДНОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ БОТВЫ****Исмагилов Д.М., Калимуллин М.Н., Абдрахманов. Р.К., Валиев И.И.**

**Реферат.** Важная задача в технологическом процессе производства моркови – удаление ботвы перед или во время уборки урожая. Двухрядный ротационный ботвоизмельчитель корнеклубнеплодов БИР-2с гибкими рабочими элементами предназначен для удаления ботвы перед или во время уборки урожая моркови. Предлагается его совместное использование с подкапывающей машиной в агрегате с трактором класса тяги 1,4кН с передним и задним навесным устройством. В этом случае ботвоизмельчитель навешивается на переднюю навеску энергосредства, а рабочие органы приводятся во вращение при помощи гидромоторов, что позволяет работать двум агрегируемым устройствам независимо друг от друга. Лабораторные исследования влияния частоты вращения, типа и диаметра поперечного сечения рабочих элементов на амплитуду их колебаний проведены в почвенном канале Казанского ГАУ. В экспериментах использовали несколько типов рабочих элементов: прорезиненный металлический трос, резинотканевый элемент, леска. Апробацию рабочих элементов проводили при удалении ботвы моркови. На этом этапе экспериментальных исследований частота вращения рабочего органа составляла  $700 \text{ мин}^{-1}$ , а поступательная скорость – 2,5 м/с. В дальнейшем для проведения экспериментов были изготовлены пластилиновые штифты, с использованием которых с необходимой точностью можно определить нижнюю и верхнюю точку касания рабочего элемента, что, в свою очередь, позволяет высчитать амплитуду поперечных колебаний, как разницу между этими точками. Частоту вращения рабочих элементов на этом этапе варьировали в пределах от  $500$  до  $900 \text{ мин}^{-1}$ , диаметр поперечного сечения – от 5 до 7 мм. По результатам испытаний были определены наиболее рациональный диаметр рабочего элемента, который равен 5,5 мм, необходимая высота среза ботвы моркови в соответствии агротехническим требованиям, которая составляет 0...20 мм при частоте вращения рабочих элементов  $800 \text{ мин}^{-1}$ . По результатам испытания разработанного агрегата в производственных условиях, которые проводили в ОАО «Кырлай» Республики Татарстан, выбрана рациональная скорость движения агрегата, которая составила 3,3 м/с.

**Ключевые слова:** ботва, трактор, морковь, почва, производительность, теребильные машины, механическое удаление.

**Введение.** Важная задача в технологическом процессе производства моркови – удаление ботвы передили во время уборки урожая. Эта операция упрощает уборку корнеплодов, понижает чувствительность моркови к механическим повреждениям и уменьшает потери продукции при длительном хранении [1,2].

Согласно ГОСТ 1721-85 и 1722-85 и исходным требованиям, удаление ботвы должно проводиться так, чтобы у максимального количества корнеплодов размер оставшихся черешков находился в пределах от 0 до 20 мм. При этом головки корнеплодов не должны быть срезаны или повреждены.

Удаление ботвы моркови на корню так же может быть выполнено химическим или механическим способом. Исследования, проведенные К.Д. Матвеевым [3], показали, что обработка ботвы моркови дефолиантами приводит к ее частичному обезвоживанию, однако при этом прочность ботвы практически не снижается, а полное ее высыхание сопровождается загниванием сердцевины корнеплода, кроме того, теряется пищевая ценность ботвы и сохраняется вероятность проникновения в корнеплоды химикатов. Поэтому в мировой практике до сих пор применяют в основном механические ботвоудалители срезывающего и обла-

мывающего типов.

Из механических способов удаления ботвы корнеплодов на корню наиболее распространено срезание роторными ботворезами. Они надежны в работе и высокопроизводительны, однако их использование не позволяет полностью решить проблему механизированного удаления ботвы из-за большого количества повреждений головок корнеплодов.

Сегодня для уборки моркови, наряду с прямым комбайнированием, используют комплекс для раздельного проведения этой технологической операции, который включает ботвоуборочную машину, корнеуборочную машину и машины теребильного типа [4,5,6]. При реализации такой технологии используют два трактора, один из которых агрегируется с ботвоудалителем, другой – с корнеуборочным комбайном. Этот способ очень энергоемкий и дорогостоящий. Более быстрая уборка достигается применением габаритных комбайнов (теребильными машинами). Однако они очень дороги, и многие фермерские хозяйства не могут позволить себе покупку такой машины [7,8]. В связи с этим возникает необходимость заполнения рынка малогабаритной многофункциональной сельскохозяйственной техникой, удовлетворяющей потребностям и, что

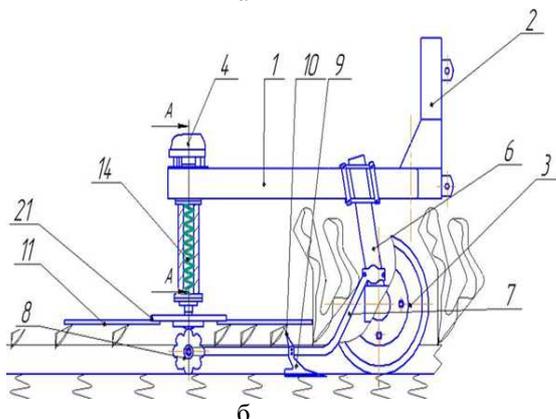
не маловажно, финансовым возможностям отечественных фермеров [9].

Цель наших исследований – испытание комбинированного агрегата, состоящего из двухрядного ротационного измельчителя ботвы корнеплодов роторного типа БИР-2, навешиваемого на переднюю трехточечную навеску трактора МТЗ-80, и серийной подкапывающей машины, навешиваемой на заднюю навеску.

**Условия, материалы и методы исследований.** Устройство (рисунок 1) состоит из рамы 1, механизма навески 2 и опорных колес 3 [9]. Опорные колеса установлены с возможностью регулирования высоты среза ботвы посредством перемещения вверх или вниз. На раме 1 жестко установлены гидромоторы 4. Корпус гидромотора жестко зафиксирован на раме при помощи болтового соединения 5. К стойке 6 опорного колеса при помощи тяги 7 шарнирно соединен вибратор 8, выполненный в виде плоского диска с зубьями. За опорными колесами на тяге закреплен стеблеподъемник 9, который выполнен в виде культиваторной лапы с направляющими усиками 10, направленными в сторону зоны действия рабочих элементов 11. Стеблеподъемник жестко закреплен к стойке опорного колеса.



а



б

Рисунок 1 – Ротационный измельчитель ботвы БИР-2: а) общий вид, б) конструктивная схема.

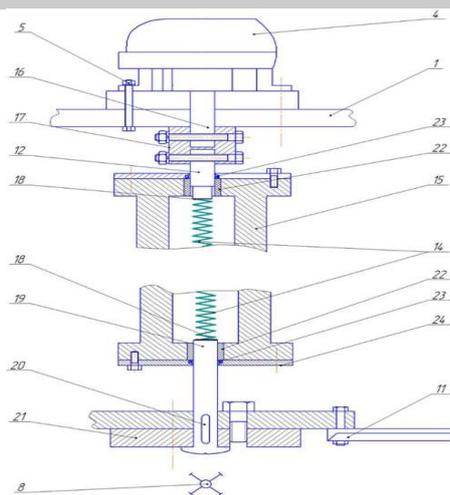


Рисунок 2 – Вертикальная стойка с рабочим органом в разрезе (рабочие элементы уравновешены по высоте без действия вибратора).

Приводной вал 19 состоит из верхней 12 и нижней 13 частей, между которыми смонтирована пружина 14, размещенная в корпусе 15 (рисунок 2). Выходной вал 16 гидромотора через муфту 17 соединен с верхней частью приводного вала. Нижний конец верхней части приводного вала жестко сваркой 18 соединен с пружиной, второй конец которой так же соединён сваркой с верхним концом нижней части приводного вала. Нижний конец нижней части приводного вала имеет шпоночную канавку 20, при помощи которой жестко соединен с рабочим органом 21. На муфте выполнены два отверстия жестко фиксирующие выходной вал гидромотора и верхнюю часть приводного вала. Нижняя часть приводного вала жестко соединена с крестовиной рабочего органа, который выполнен в виде закрепленных на крестовине рабочих элементов. Рабочие элементы выполнены в виде ножей из износостойкого материала и закреплены болтовым соединением к крестовине рабочего органа. Также могут использоваться другие материалы рабочего элемента (ремень, цепь, полиуретан). При этом крепление ремня и цепи на крестовине осуществляется прижимными планками с помощью болтов и гаек.

Взаимодействие нижнего конца нижней части приводного вала рабочих органов с зубьями плоского диска вибратора обеспечивает плавное без ударов перемещение вверх - вниз (колебания) рабочих органов с рабочими элементами.

Положительные результаты от внедрения предлагаемого устройства заключаются в повышении качества удаления ботвы, а также снижении энергоемкости благодаря использованию при удалении ботвы и стеблей растений гибкого рабочего привода.

В почвенном канале межфакультетской лаборатории ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет» (рисунок 3) были проведены лабораторные исследования влияния частоты вращения, типа и диаметра поперечного сечения рабочего элемента на амплитуду их колебаний по методике, предложенной М.Н. Калимуллинским и др. [10]. В экспериментах использовали 3 типа рабочих элементов: прорезиненный металлический трос, резиноканевый элемент (вентиляторный ремень двигателя комбайна), леску. Предварительную апробацию рабочих элементов проводили при удалении ботвы моркови. На этом этапе экспериментов частота вращения рабочего органа составляла  $700 \text{ мин}^{-1}$ , поступательная скорость –  $2,5 \text{ м/с}$ . В дальнейшем частоту вращения рабочих элементов варьировали в пределах  $500\text{-}900 \text{ мин}^{-1}$ , диаметр поперечного сечения – от 5 до 7 мм [11,12,13].



Рисунок 3 –Лабораторная установка в почвенном канале



Рисунок 4 – Образцы пластилиновых штифтов после испытаний на различных частотах вращения.

В ходе лабораторных исследований контролировали поперечные колебания в вертикальной плоскости. Крутильные колебания и поперечные колебания в плоскости вращения рабочих элементов не определяли вследствие

недостаточности функциональности используемого оборудования.

Для проведения экспериментов были изготовлены пластилиновые штифты, с использованием которых с необходимой точностью можно определять нижнюю и верхнюю точку касания рабочего элемента, что в свою очередь позволяет учитывать амплитуду поперечных колебаний, как разницу между этими точками. Для исследований был выбран пластилин, а не морковь с ботвой, из-за невозможности определения верхней границы колебаний, так как ботва будет постоянно подрезаться в самой нижней точке.

Для облегчения дальнейшей обработки полученных результатов испытания на различных частотах вращения проводились с штифтами различных цветов (рис. 4): черный(1) –  $500 \text{ мин}^{-1}$ , фиолетовый (2) –  $600 \text{ мин}^{-1}$ , красный (3) –  $700 \text{ мин}^{-1}$ , белый (4) –  $800 \text{ мин}^{-1}$  (результат эксперимента при  $900 \text{ мин}^{-1}$  на рисунке не представлен, так как идентичен частоте вращения  $800 \text{ мин}^{-1}$ ).

Производственные испытания разработанного ротационного ботвоизмельчителя проводили в ОАО «КЫРЛАЙ» Арского муниципального района Республики Татарстан на позднеспелом сорте моркови Шантане 2461, посаженной гребневым способом. Состояние ботвы: зеленая, хорошо развитая, прямостоящая с замкнутой кроной. Поверхность участка в хорошем состоянии: засоренность составляла 15%, твердость почвы в горизонте 0-12 см находилась в пределах  $0,70\text{-}1,15 \text{ МПа}$ , влажность 19,8%, посторонние предметы отсутствовали. В процессе эксперимента контролировали ширину междурядий, среднее расстояние между гнездами в рядке, количество стеблей в кустах, ширину крон кустов, высоту стеблей в свободном состоянии, длину выямленных стеблей, массу ботвы, засоренность участка, уровень полеглости ботвы [14,15].

Опытный образец ботвоизмельчителя агрегатировали на передней навеске трактора МТЗ-80. Привод рабочих органов осуществлялся от гидросистемы трактора, что позволяет работать двум устройствам с разными частотами вращения (рис. 5). Частоту вращения ротора ботвоизмельчителя изменяли при помощи шестеренчатого гидромотора ГМШ-32 и варьированием оборотов двигателя трактора от  $540 \text{ мин}^{-1}$  до  $900 \text{ мин}^{-1}$ . В качестве рабочего элемента использовали трос с полимерной оболочкой (рис. 6). Скорость поступательного движения агрегата варьировала в пределах  $2,5\text{-}3,5 \text{ м/с}$  с шагом  $0,2 \text{ м/с}$ .

**Анализ и обсуждение результатов.** Все использованные рабочие элементы мало травмировали корнеплод, но длина ботвы, остав-

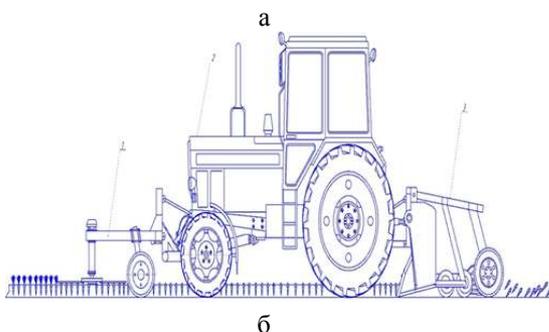


Рисунок 5 – Агрегат для одновременного удаления ботвы и подкапывание моркови: а) общий вид; б) конструктивная схема (1 – ботвоизмельчитель, 2 – трактор, 3 – подкапывающая машина).



Рисунок 6 – Рабочий элемент ротационного ботвоизмельчителя БИР-2 (трос с полимерной оболочкой).

шейся после прохода агрегата, оказалась разной. Рабочий орган с леской, из-за недостаточности инерции, плохо удалял ботву, поэтому дальнейшее его использование посчитали нецелесообразным. Резинотканевый рабочий элемент хорошо удалял ботву и практически не травмировал корнеплод, но ресурс его использования был незначительным, поэтому его также исключили из дальнейших испытаний. Лучшие результаты обеспечил тросовой рабочий элемент с прорезиненной поверхностью: при довольно высокой полноте удаления он не травмировал корнеплоды.

Как было отмечено, длина черешков моркови, оставшихся после уборочных работ, не должна превышать 20 мм. Из результатов проведенных экспериментов видно, что амплитуда колебаний 9...13 мм достигается при диаметре рабочего элемента 5,5 мм и частоте вращения 800 мин<sup>-1</sup>. В целом амплитуда колеба-

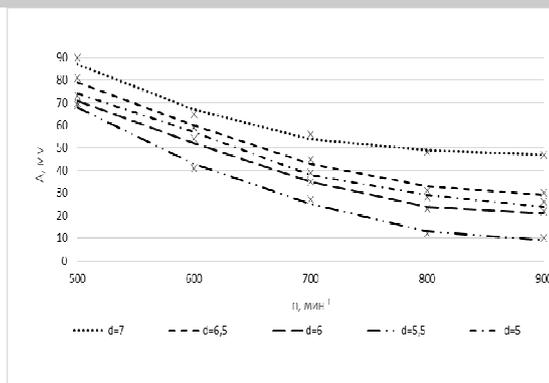


Рисунок 7 – Зависимость амплитуды колебаний рабочего элемента от частоты его вращения и диаметра поперечного сечения троса

ний рабочих элементов увеличивается с уменьшением частоты их вращения. При этом бесконечное повышение частоты вращения рабочих элементов нецелесообразно, поэтому выбор можно остановить на наименьшей величине этого параметра, при котором амплитуда колебаний не превышает 20 мм.

Амплитуда колебаний рабочих элементов уменьшается вместе с диаметром их поперечного сечения до определенного значения и далее начинает увеличиваться [10,16]. Это происходит из-за того, что при большом диаметра возрастает масса рабочего элемента и на малых расстояниях (междурядье около 50 см) трос не успевает уравновеситься и колеблется с амплитудой более 20 мм. Минимальная амплитуда достигается при диаметре 5,5 мм.

На основании изложенного можно определить высоту установки рабочих элементов, позволяющую достигать минимальной длины неудаленных черешков моркови, не травмируя корнеплод. Так, при амплитуде колебаний 20 мм плоскость вращения рабочих элементов должна быть на 10 мм выше верхней точки корнеплода. При этом рабочие элементы не будут травмировать морковь, а длина оставшейся ботвы не будет превышать 20мм.

В экспериментах по удалению ботвы моркови при использовании в виде рабочего элемента троса с полимерной оболочкой



Рисунок 8 – Состояние поверхности поля, после прохода ротационным ботвоизмельчителем БИР-2

ботвоизмельчитель выполнил технологический процесс по удалению ботвы моркови с показателями качества, удовлетворяющими всем агротехническим требованиям. Так, при полноте удаления до 95% не оказалось ни одного травмированного корнеплода (рисунок 8), а длина оставшихся черешков моркови не превышала 20 мм.

Кроме того, для реализации изучаемой технологической операции важно определить оптимальную скорость поступательного движения агрегата, так как неверный ее выбор приведет либо к снижению производительности, либо к ухудшению качества работы. Результаты наших исследований показали, что самая вымокая производительность и качество работы достигаются при скорости около 3,3 м/с.

Применение агрегата, состоящего из трактора, покапывающей машины и разработанного ботвоизмельчителя, по предварительным

расчетам позволит снизить затраты труда, энергоемкость технологического процесса и прямые эксплуатационные затраты, по сравнению с использованием комбайна, на 40% [11,12].

По результатам экспериментов были выбраны оптимальные режимы работы ботвоизмельчителя, обеспечивающие высоту срубания от 1 до 20мм: частота вращения рабочего органа –850 мин<sup>-1</sup>, рабочая скорость агрегата – 3,3 м/с.

**Выводы.** Лабораторные испытания позволили определить высоту установки рабочих элементов над поверхностью корней моркови, которая, не травмируя корнеплод, позволит оставлять не более 20 мм длины ботвы.

Для удаления ботвы моркови рекомендуется использование троса с полимерной оболочкой, диаметр которого составляет 5,5 мм при частоте вращения 800 мин<sup>-1</sup> и рабочей скорости агрегата 3,3м/с.

#### Литература

1. Пивоваров, В.Ф. Овощи России. / В.Ф. Пивоваров – М.: АО «Российские семена», 1995. – 256 с.
2. Моделирование измельчителя ботвы картофеля / В.Ф. Первушин, А.Г. Иванов, М.З. Салимзянов // Механизация и электрификация с.-х. – 2010. – № 6. – С. 2-3.
3. Тараканов, Г.И. Овощеводство. / Г.И. Тараканов, В.Д. Мухин, К.А. Шуин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 2002. – 472 с.
4. Агротехнические требования на машину ботвоуборочную 6-рядную с погрузкой ботвы в транспортные средства и машину ботвоуборочную 4рядную (модификация 6-рядной ботвоуборочной машины) //Сб. агротехнических требований на сельскохозяйственные машины. – М.: ЦНИИТЭИ, 1983. – Т.33. – С. 137-138.
5. Некоторые проблемы технического обеспечения апк и перспективы его развития / Зиганшин Б.Г., Валиев А.Р., Хамидуллин Н.Н. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2008. – Т. 3. – № 2 (8). – С. 148-152.
6. Совершенствование технологических процессов и технических средств для возделывания и уборки картофеля: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Челябинский государственный агроинженерный университет. – Челябинск, 2010.
7. Rotary haulm chopper parameters development and substantiation for root and tuber crops / Kalimullin M.N., Abdrakhmanov R.K., Mikhailovich A.S. // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. Т. 10. № 10. С. 25691-25698.
8. Литвинов, С.С. Овощеводство России: состояние и перспективы развития / С.С. Литвинов // Картофель и овощи. – 2006. – №2. – с. 2 - 4.
9. Совершенствование технологии возделывания картофеля / Калимуллин М.Н., Абдрахманов Р.К., Галиев И.Г. // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 4. – С. 6-9.
10. Исследование влияния колебаний рабочих элементов на качество работы ботвоизмельчителя / Калимуллин М.Н., Абдрахманов Р.К. // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 10. – С. 35-37.
11. Определение оптимального диаметра рабочего элемента ботвоизмельчителя / Абдрахманов Р.К., Калимуллин М.Н., Архипов С.М. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2008. – Т. 3. – № 4 (10). – С. 128-129.
12. Оптимизация конструктивно-технологических показателей молотильно-сепарирующего устройства инерционно-очесного типа / Ряднов А.И., Шарипов Р.В., Федорова О.А. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. –№ 90. – С. 370-382.
13. Определение частоты вращения ротора измельчителя ботвы картофеля / Первушин В.Ф., Иванов А.Г., Салимзянов М.З. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 9. – С. 4-5.
14. Оценка качества измельчения корнеклубнеплодов / Хайдаров Р.Р., Зиганшин Б.Г. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 8. – № 1 (27). – С. 84-87.
15. Результаты испытаний ротационного ботвоизмельчителя БИР-2 / Исмагилов Д.М., Абдрахманов Р.К., Калимуллин М.Н., Зиатдинов Р.Р. // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – № 12. – С. 61-64.
16. Общая классическая теория колебаний стержней и ее связь с колебаниями систем из упругих элементов / Мартыянов А.П., Матяшин Ю.И., Валиев А.Р., Яхин С.М., Мартыянов А.А. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 6. – № 3 (21). – С. 90-94.

#### Сведения об авторах:

Исмагилов Динар Минтагирович – аспирант, e-mail: dinar3009544@mail.ru

Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса, г. Казань, Россия

Калимуллин Марат Назипович – доктор технических наук, доцент, e-mail: MARAT-KMN@yandex.ru

Абдрахманов Ринат Кадырович – доктор технических наук, профессор, e-mail: rinatkadyrovich@mail.ru

Валиев Ильдар Ильгизович – аспирант, e-mail: ildar-valiev-1993@mail.ru.

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань, Россия.

## EXPERIMENTAL STUDIES OF A TWO-GRADE CHOPPER OF BEETS

Ismagilov D.M., Kalimullin M.N., Abdrakhmanov R.K., Valiev I.I.

**Abstract.** The two-grade rotary chopper BIR-2 of root and tuber crops with flexible working elements is designed to remove the beets of vegetable leaves before or during the harvest of carrots. It is proposed to use it together with an under-mining machine in an aggregate with a tractor of the 1.4 kN class of thrust with a front and rear hitch. In this case, the chopper of beets is hung on the front hitch of the power means, and the working units are driven in rotation by hydraulic motors, which allows the two unitized devices to operate independently of each other. Laboratory studies of the effect of rotational speed, type and diameter of the cross section of work items on the amplitude of their oscillations were carried out on the soil plots Kazan State Agrarian University. Several types of work items were used in the experiments: a rubberized metal cable, a rubber-fabric element, a fishing line. The approbation was carried out when removing the tops of carrots. At this stage of experimental studies, the rotational speed of the working unit was  $700 \text{ min}^{-1}$ , and the onward speed was  $2.5 \text{ m/sec}$ . Later, for the experiments, the plasticine pins were made, using which, with the necessary accuracy, the lower and upper points of contact of the working element can be determined, which, in turn, makes it possible to calculate the amplitude of transverse oscillations as the difference between these points. The rotational speed of the working elements at this stage varied from  $500$  to  $900 \text{ min}^{-1}$ , the cross-sectional diameter - from  $5$  to  $7 \text{ mm}$ . According to the test results, the most rational diameter of the working element, which is equal to  $5.5 \text{ mm}$ , was determined, the required cutting height of the carrot tops in accordance with agrotechnical requirements, which is  $0 \dots 20 \text{ mm}$  at a frequency of rotation of the working elements  $800 \text{ min}^{-1}$ . According to the testing results of the developed unit under production conditions, which were carried out in JSC "Kyrlyay" of the Republic of Tatarstan, the rational speed of the unit movement was chosen, which amounted to  $3.3 \text{ m/sec}$ .

**Key words:** beets, tractor, carrot, soil, productivity, pulling machines, mechanical removal.

## References

- Pivovarov V.F. *Ovoschi Rossii*. [Vegetables of Russia]. / V.F. Pivovarov – M.: AO "Rossiyskie semena", 1995. – P. 256.
- Simulation of potato topper chopper. [Modelirovanie izmelchatelya botvy kartofelya]. / V.F. Pervushin, A.G. Ivanov, M.Z. Salimzyanov // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya s.-kh. - Mechanization and electrification of the village*. 2010. № 6. P. 2-3.
- Tarakanov, G.I. *Ovoshevodstvo*. [Vegetable]. / G.I. Tarakanov, V.D. Mukhin, K.A. Shuin. – 2<sup>nd</sup> edition, revised and added. - M.: Kolos, 2002. – P. 472.
- Agrotekhnicheskie trebovaniya na mashinu botvoborochnuyu 6-ryadnuyu s pogrulkoy botvy v transportnye sredstva i mashinu botvoborochnuyu 4ryadnuyu (modifikatsiya 6-ryadnoy botvoborochnoy mashiny)*. // *Sb. agrotekhnicheskikh trebovaniy na selskokhozyaystvennye mashiny*. [Agrotechnical requirements for a 6-row topper machine with loading tops into vehicles and a 4-row topper machine (modification of a 6-row topper machine)]. // Proceedings of agrotechnical requirements for agricultural machinery. – M.: TsNIITEI, 1983. – Vol. 33. – P. 137-138.
- Some problems of technical support of apk and prospects of its development *Nekotoryye problemy tekhnicheskogo obespecheniya apk i perspektivy yego razvitiya* / Ziganshin B.G., Valiyev A.R., Khamidullin N.N. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – *Herald of Kazan State Agrarian University*. 2008. Vol. 3. № 2 (8). P. 148-152.
- Sovershenstvovanie tekhnologicheskikh protsessov i tekhnicheskikh sredstv dlya vozdeyviya i uborki kartofelya. // dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk*. / [Improvement of technological processes and technical means for the cultivation and harvesting of potatoes. / Latypov R.M. // Thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences]. Chelyabinskii gosudarstvennyy agroinzhenernyy universitet. Chelyabinsk, 2010.
- Rotary haulm chopper parameters development and substantiation for root and tuber crops / Kalimullin M.N., Abdrakhmanov R.K., Mikhailovich A.S. // *International Journal of Applied Engineering Research*. 2015. T. 10. № 10. C. 25691-25698.
- Litvinov S.S. Vegetable-growing in Russia: state and development prospects. [Ovoshevodstvo Rossii: sostoyanie i perspektivy razvitiya]. / S.S. Litvinov // *Kartofel i ovoschi. - Potatoes and vegetables*. - 2006. - №2. - P. 2 - 4.
- Improvement of potato cultivation technology [Sovershenstvovanie tekhnologii vozdeyviya kartofelya]. / Kalimullin M.N., Abdrakhmanov R.K., Galiev I.G. // *Tekhnika i oborudovanie dlya sela. - Equipment and equipment for the village*. 2017. № 4. P. 6-9.
- Investigation of the influence of fluctuations of work units on the quality of the work of the shredder. [Issledovanie vliyaniya kolebaniy rabochikh elementov na kachestvo raboty botvoizmelchatelya]. / Kalimullin M.N., Abdrakhmanov R.K. // *Tekhnika i oborudovaniye dlya sela. - Equipment and equipment for the village*. 2015. № 10. P. 35-37.
- Determination of the optimal diameter of the working element of the topper grinder. [Opredelenie optimalnogo diametra rabocheho elementa botvoizmelchatelya]. / Abdrakhmanov R.K., Kalimullin M.N., Arkhipov S.M. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – *Herald of Kazan State Agrarian University*. 2008. Vol. 3. № 4 (10). P. 128-129.
- Optimization of structural and technological indicators of an inertial-type threshing and separating device. [Optimizatsiya konstruktivno-tekhnologicheskikh pokazateley molotilno-separiruyushego ustroystva inertsiionno-ochesnogo tipa]. / Ryadnov A.I., Sharipov R.V., Fedorova O.A. // *Politematicheskii setevoj elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - Polythematic network electronic scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2013. № 90. P. 370-382.
- Determination of the rotor's rotation frequency of the chopper of potato tops. [Opredelenie chastoty vrascheniya rotora izmelchatelya botvy kartofelya]. / Pervushin V.F., Ivanov A.G., Salimzyanov M.Z. // *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. - Mechanization and electrification of agriculture*. 2010. № 9. P. 4-5.
- Assessment of the quality of grinding of root crops. [Otsenka kachestva izmelcheniya korneklubneplodov]. / Khaydarov R.R., Ziganshin B.G. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – *Herald of Kazan State Agrarian University*. 2013. Vol. 8. № 1 (27). P. 84-87.
- The test results of the BIR-2 rotary topper. [Rezultaty ispytaniy rotatsionnogo botvoizmelchatelya BIR-2]. / Ismagilov D.M., Abdrakhmanov R.K., Kalimullin M.N., Ziatdinov R.R. // *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - Achievements of science and technology of agriculture*. 2017. Vol. 31. № 12. P. 61-64.
- General classical theory of oscillations of rods and its connection with oscillations of systems of elastic elements. [Obschaya klassicheskaya teoriya kolebaniy sterzhney i ee svyaz s kolebaniyami sistem iz uprugikh elementov]. / Martyanov A.P., Matyashin Yu.I., Valiev A.R., Yakhin S.M., Martyanov A.A. // *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – *Herald of Kazan State Agrarian University*. 2011. Vol. 6. № 3 (21). P. 90-94.

## Authors:

Ismagilov Dinar Mintagirovich – post-graduate student, e-mail: dinar3009544@mail.ru

Tatar Institute for Retraining of Agribusiness Personnel, Kazan, Russia

Kalimullin Marat Nazipovich – Doctor of Technical sciences, Associate Professor, e-mail: MARAT-KMN@yandex.ru

Abdrakhmanov Rinat Kadyrovich – Doctor of Technical sciences, Professor, e-mail: rinatkadyrovich@mail.ru

Valiev Ildar Ilgizovich – post-graduate student, e-mail: ildar-valiev-1993@mail.ru.

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.