

УДК 634.739.2./3:631.55

В. Н. КОНДРАТЬЕВ¹, В. М. ГРИЦУК²

**ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА
ДЛЯ ПОДБОРА ЯГОД КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ
ПРИ ПРОМЫШЛЕННОЙ УБОРКЕ**

¹*Институт мелиорации,*

²*Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию*

(Поступила в редакцию 30.07.2008)

Осушительная мелиорация и многочисленные торфозаготовки в Белорусском Полесье привели к сокращению площадей дикорастущих ягодников брусничных культур, являющихся богатейшими источниками широкого спектра биологически активных веществ [1–3].

В настоящее время в Беларуси объемы заготовок ягод брусничных культур снижаются и не удовлетворяют растущие потребности в них населения, а фармацевтическую и пищевую промышленность – в ценном сырье. Радиоактивное загрязнение больших территорий, вызванное аварией на Чернобыльской АЭС, также повлияло на снижение объемов заготовки ягод, особенно в южных и центральных районах республики [3].

В этой связи особый практический интерес приобретает закладка на обширных площадях выработанных торфяных карьеров плантаций клюквы крупноплодной, что позволит использовать данные территории в агропромышленном производстве и получать ценную ягодную продукцию как для внутреннего использования, так и на экспорт. Актуальность этого направления усиливается и тем, что содержащиеся в ягодах клюквы крупноплодной в большом количестве пектины способствуют выведению радионуклидов и тяжелых металлов из организма человека, что имеет особое значение для населения нашей страны [4].

Положительные результаты промышленного возделывания клюквы крупноплодной получены в США и Канаде. В Республике Беларусь это направление сельскохозяйственного производства развивается с 1986 г. Однако в настоящее время промышленная плантация клюквы крупноплодной РСХУП «Беларускія журавіны» Пинского района Брестской области является крупнейшей в Европе – площадь посадок составляет 80 га (проектная урожайность клюквенных чеков – 10 т/га). На отдельных участках достигнута урожайность 30 т/га. Ягодная продукция в зависимости от способа сбора и качества ягод подразделяется на три класса: А (ручной сбор – самые крупные и зрелые ягоды), В (механизированный сбор – самые крупные и спелые ягоды), С (механизированный сбор – ягоды за вычетом класса В и некондиционных ягод).

Ежегодный валовой сбор клюквы крупноплодной составляет порядка 270 т. Из полученного урожая 80% экспортируется (основными торговыми партнерами являются предприятия Англии, Нидерландов, Польши, Германии, Италии, России) и только 20% реализуется предприятиям нашей республики. Цена реализации продукции в настоящее время находится на следующем уровне: класс А – 2,1 евро; класс В – 1,9 евро; класс С – 0,96 евро за 1 кг.

Плантация в Пинском районе не единственная в республике – в настоящее время эксплуатируется 136 га (состояние данной отрасли народного хозяйства более подробно отражено в таблице).

Несмотря на существующие масштабы производства клюквы крупноплодной и перспективы развития данной отрасли, накопленный опыт эксплуатации плантаций показал, что существует необходимость совершенствования технологических процессов производства, хранения и последующей переработки полученной ягодной продукции.

Площади посадок клюквы крупноплодной в Республике Беларусь (на 01.01.2009 г.), га

Область	Площадь плантаций		
	эксплуатируемых	строящихся	всего
Брестская	108,0	116,0	224,0
Гомельская	16,3	35,0	51,3
Могилевская	–	10,0	10,0
Гродненская	6,7	87,3	94,0
Витебская	5,0	20,0	25,0
Минская	–	20,0	20,0
Всего по республике	136,0	288,3	424,3

Плантационное возделывание клюквы крупноплодной – отрасль растениеводства, которая соответствует современным требованиям к качеству выпускаемой продукции и объемам ее производства, что не может не отразиться и на парке сельскохозяйственных машин, задействованных в технологии.

Процесс производства ягод клюквы крупноплодной состоит из целого ряда технологий и отдельных операций, в определенной степени оказывающих влияние на качество конечной продукции. Одними из важнейших являются отделение ягод от побегов (уровень механизации составляет 100% [5]) и выборка отделенных ягод из воды (требует серьезного усовершенствования в целях исключения ручного труда и увеличения производительности).

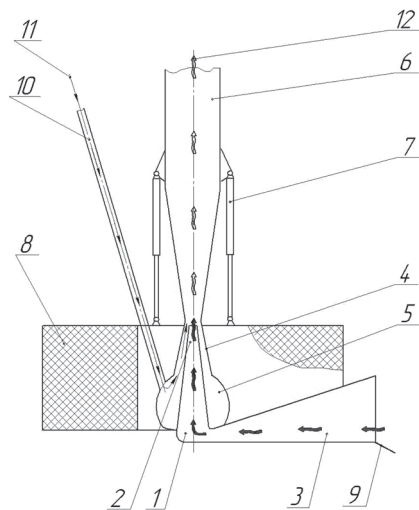
На сегодняшний день технология выборки отделенных ягод из воды обеспечивается использованием транспортера, который устанавливается на дамбе промышленного чека и оборудован гидроприводом рабочих органов. Этот способ наиболее распространен в ягодоводческих хозяйствах, однако он имеет ряд недостатков: ягодную массу, которая находится на поверхности воды вдоль одной из дамб (в ветреную погоду) или же по всему чеку (ветер небольшой), необходимо специальными устройствами сгребать и подводить в активную зону транспортера, что требует больших затрат труда и времени.

Авторским коллективом в составе ученых Научно-практического центра НАН Беларуси по продовольствию, Института мелиорации, БГАТУ был разработан принципиально новый способ осуществления данной операции и предложен вариант конструкции устройства, обеспечивающего ее выполнение [6].

Сущность решения заключается в создании эжектированного всасывающего потока, захватывающего плавающие ягоды клюквы крупноплодной вместе с водой и перемещающего образованную смесь на разделительное устройство транспортного средства (рисунок).

Благодаря применению в предлагаемом устройстве эжектированного всасывания ягоды клюквы движутся в потоке воды вдоль обтекаемых поверхностей подборщика, приемной камеры, конического патрубку, диффузора, транспортной трубы и не повреждаются. При этом исключается необходимость перемещать все ягоды, отделенные на чеке, к месту расположения стационарного транспортера, как это имеет место при существующей технологии. Для обеспечения уборки ягод клюквы машиной, перемещающейся по периметру, достаточно их смещения к дамбам.

Для успешной работы устройства необходимо обосновать его конструктивно-технологические параметры, на которые будут влиять характеристики транспортируемой рабочей смеси. Так как основными ее компонентами будут вода и ягоды, их нужно рассмотреть с точки зрения гидравлических харак-



Устройство для уборки ягод с поверхности воды: 1 – приемная камера; 2 – конический патрубок; 3 – подборщик; 4 – диффузор; 5 – кольцевая камера; 6 – транспортный трубопровод; 7 – регулировочное приспособление; 8 – понтон; 9 – гребенка; 10 – трубопровод; 11 – поток воды от насоса; 12 – поток воды с ягодами

теристик. Сама по себе вода как средство транспортирования изучена достаточно, поэтому уделим дальнейшее внимание гидравлическим свойствам ягод.

Наиболее важными параметрами ягод, влияющими на флотационность (способность ягод плавать в жидкости) являются их размеры, форма, плотность и специфика взаимодействия с жидкостью. Флотационные свойства плодов ягодных культур являются основным показателем при исследовании закономерностей движения их в потоке жидкости, влияющим на равномерное распределение ягод в потоке.

Если жидкость находится в спокойном состоянии, ягоды могут принимать в ней три состояния: ягоды тонут ($P_b < G_y$); ягоды плавают по поверхности жидкости ($P_b > G_y$); ягоды плавают в погруженном состоянии ($P_b = G_y$, где P_b – архимедова сила; G_y – собственный вес ягод).

Отсюда следует, что флотационные свойства ягод являются характеристикой расслоения рабочей смеси, отрицательно влияющей на энергетические показатели устройства. При этом скоростную характеристику расслоения рабочей смеси можно описать гидравлической крупностью ягод, определяемой скоростью падения (всплытия) отдельных компонентов водно-ягодной смеси в спокойной воде [7].

Гидравлическую крупность ягод клюквы крупноплодной определяли по известной методике [5, 8]. Анализ полученных данных позволил установить, что гидравлическая крупность различных фракций ягод клюквы крупноплодной прямо пропорциональна их линейным размерам.

В физическом смысле показатель «гидравлическая крупность ягод» отражает характер движения рабочей смеси в трубопроводе уборочной машины. Для того чтобы рабочая смесь подавалась стабильным потоком, необходимо обеспечить скорость транспортирования ее выше критической ($V_{кр}$). Следовательно, при $V_{р.с.} < V_{кр}$ трубопровод уборочной машины будет забиваться, нарушая непрерывность технологического процесса.

Анализ литературных источников показал наличие ряда формул, по которым определяют критическую скорость движения частиц грунта по напорным пульповодам [10]. Для определения критической скорости (м/с) передвижения ягод в трубопроводах используем формулу Г. Н. Роера:

$$V_{кр} = 8,72 \cdot D^{0,473} [(\gamma_{п} - \gamma_0)W]^{0,326} \frac{\gamma_y^{0,0814}}{\Delta^{0,17}}, \quad (1)$$

где D – диаметр трубопровода, м; $\gamma_{п}$ – плотность пульпы (рабочей смеси), т/м³; γ_0 – плотность воды, т/м³; γ_y – плотность частиц (ягод), т/м³; W – скорость всплытия (падения) ягод в спокойной воде (гидравлическая крупность), м/с; Δ – активная шероховатость у дна трубопровода, определяемая по формуле

$$\Delta = (d_{95}^{0,6} + 0,5) \left(\frac{\gamma_{п}}{1,075} \right)^{5,88}$$

(d_{95} – крупность частиц, мм), м.

Из приведенного следует, что на критическую скорость транспортирования частиц большое влияние оказывает плотность рабочей смеси, гидравлическая крупность компонентов и диаметр трубопроводов коммуникаций.

Плотность рабочей смеси (т/м³) конкретной группы сложности определим по общей формуле

$$\gamma_{р.с.} = \frac{100 + P_k}{100 + \frac{P_k}{\gamma_k}}, \quad (2)$$

где P_k – содержание компонентов в рабочей смеси, % от массы воды; γ_k – плотность компонентов в плотной массе без пор, т/м³,

$$\gamma_k = \frac{1}{m}(\gamma_y + \gamma_l + \gamma_c),$$

здесь m – количество компонентов, составляющих рабочую смесь; γ_l, γ_c – плотность листьев и стеблей, сорванных при отделении ягод и находящихся на поверхности воды, соответственно, т/м³.

Учитывая, что суммарное содержание в плотной массе листьев и стеблей не превышает 5–7% [4], в приближенных расчетах пренебрежем данными компонентами.

Теоретические исследования показывают, что плотность рабочей смеси зависит от степени насыщения ее частицами твердых компонентов, т. е. от массовой консистенции, определяемой по формуле

$$M_B = \frac{\gamma_{p.c.} - \gamma_0}{\gamma_k - \gamma_0} \frac{\gamma_k}{\gamma_{p.c.}}. \quad (3)$$

Изменение массовой консистенции рабочей смеси активно влияет на изменение технико-экономических показателей процесса подбора ягод с поверхности воды. Следовательно, в производственных условиях необходимо стремиться к достижению консистенции рабочей смеси, близкой к ограниченной технической возможностью уборочной машины.

Используя полученные формулы, критическую скорость транспортирования рабочей смеси по трубопроводам целесообразно определять с учетом наибольшей крупности частиц твердых компонентов. Такими компонентами в рабочей смеси являются ягоды клюквы крупноплодной.

На основании данных о механических свойствах ягод можно получить приближенные формулы для расчета критической скорости транспортирования рабочей смеси для различных фракций ягод. Используя формулу (1), получаем зависимости, описывающие критические скорости транспортирования ягод клюквы крупноплодной ($\gamma_y \approx 0,2-0,5$ т/м³ [4]). Очевидно, что с возрастанием плотности транспортируемого компонента возрастает критическая скорость транспортирования рабочей смеси, поэтому есть смысл определять критические скорости для различных фракций ягод при наибольшей плотности, т. е. при $\gamma_y = 0,5$ т/м³. Плотность рабочей смеси в таком случае составит 0,74 т/м³ [11], с учетом чего $V_{кр}^k = 3,531D^{0,473}$; $V_{кр}^c = 3,403D^{0,473}$; $V_{кр}^m = 3,26D^{0,473}$.

Таким образом, критическую скорость транспортирования рабочей смеси с компонентами различной линейной крупности необходимо выбирать по компоненту, имеющему наибольшую критическую скорость при наибольшей плотности рабочей смеси. Поэтому за критическую скорость рабочей смеси принимаем критическую скорость крупной фракции ягод.

Учитывая все вышесказанное, определяем диаметр трубопроводов уборочной машины:

$$\frac{4Q}{\pi D^2} \geq V_{кр}, \quad (4)$$

(Q – расход рабочей смеси, пропускаемой по трубопроводам, м³/с), т. е. $4Q/\pi D^2 \geq 3,531D^{0,473}$.

После преобразований имеем следующее неравенство, характеризующее зависимость диаметра трубопроводов от расхода рабочей смеси:

$$D \leq (0,361 \cdot Q)^{\frac{1}{2,473}}. \quad (5)$$

Подставив показатель Q (для предварительных расчетов принимаем $Q = 3$ т/ч = $1,13 \cdot 10^{-3}$ м³/с) в формулу (5), получим $D \leq 43$ мм.

Следует отметить, что для рабочих смесей, насыщенных твердыми частицами разных размеров (различные фракции ягод), необходимо подбирать диаметр трубопроводов, обеспечивающий широкий диапазон заданных расходов (Q) и критических скоростей ($V_{кр}$), гарантирующий надежный непрерывный технологический процесс захвата ягодной массы с поверхности воды. Следовательно, требуемый диаметр трубопровода может быть больше, что даст возможность более широко варьировать производительностью устройства.

Анализ научных разработок в области гидротранспорта эжектированным потоком показал [7, 10, 12, 13], что наиболее перспективным вариантом является использование для описанного

выше процесса эжектора не с кольцевым соплом, а со струйным. Это позволит упростить конструкцию устройства, а также обеспечит возможность производить его расчет по стандартным многократно отработанным методикам.

Для расчета конструкции используем известную методику [12], оперируя при этом следующими исходными данными: плотность ягод – 0,5 т/м³; плотность водно-ягодной (рабочей) смеси – 0,74 т/м³; производительность устройства (требуемая) – 3 т/ч; избыточное давление в потоке (планируемая высота поднятия рабочей смеси в процессе работы устройства – 5 м) – 0,05·10⁶ Па; давление в рабочем потоке (исходя из минимальных требований к характеристикам насоса: напор – 40 м, расход – 6 м³/ч) – 0,4·10⁶ Па.

В результате расчетов получили следующие значения параметров основных конструктивных элементов: диаметр выходного сечения рабочего сопла – 9,2 мм; диаметр камеры смещения – 44,5 мм; длина рабочей струи – 29,6 мм; диаметр свободной струи – 23,1 мм; длина цилиндрической камеры смещения – 267–445 мм; длина диффузора определяется графически с учетом диаметра присоединяемого полимерного транспортного трубопровода.

Таким образом, предлагаемое техническое решение в части совершенствования технологии промышленной уборки клюквы крупноплодной водным способом является перспективным для внедрения в ягодоводческих хозяйствах. Научная значимость полученных результатов состоит в изучении флотационных свойств ягод и разработке на этой основе нового способа уборки с обоснованием конструктивно-технологических параметров средства механизации; практическая значимость состоит в повышении производительности, уменьшении поврежденности ягод, сокращении трудозатрат, простоте конструктивного исполнения машины.

Литература

1. Сохранение и повышение продуктивности мелиорируемых земель Центра Нечерноземной зоны России и Беларуси: монография / под общ. ред. Ю. А. Можайского, А. П. Лихацевича. – Рязань: Рязанская гос. с.-х. акад. им. П. А. Костычева, 2005. – 582 с.
2. Л и х а ц е в и ч, А. П. Мелиорация земель в Беларуси / А. П. Лихацевич, А. С. Мееровский, Н. К. Вахонин. – Минск: БелНИИМил, 2001. – 308 с.
3. Г е д ы х, В. Б. Дикорастущие брусничные в условиях Беларуси / В. Б. Гедых. – Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2002. – 412 с.
4. М и с у н, Л. В. Научные и технологические основы производства крупноплодной клюквы / Л. В. Мисун. – Минск: Хата, 1995. – 135 с.
5. Г р и щ у к, В. М. Повышение эффективности уборки клюквы крупноплодной на воде обоснованием рациональных параметров машины: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01/ В. М. Грищук, БГАУ. – Минск, 2006. – 18 с.
6. Способ уборки ягод клюквы и устройство для его осуществления: пат. 9977 Респ. Беларусь, МПК А 01 D 34/00, Е 02 F 3/92 / В. Н. Кондратьев, Н. Г. Райкевич, В. М. Грищук, Л. В. Мисун; заявитель БелНИИ мелиорации и луговодства. – № а 20040218 от 17.03.2004 г. / Нац. центр интеллектуал. собственности Респ. Беларусь. – 2004.
7. Л я м а е в, Б. Ф. Гидроструйные насосы и установки / Б. Ф. Лямаев. – Л.: Машиностроение, ЛО, 1988. – 256 с.
8. К о н д р а т ь е в, В. Н. Разработка технологий и средств механизации для биологических закреплений откосов: дис. ... д-ра техн. наук 05.23.18 / В. Н. Кондратьев; БелНИИМил. – Минск, 1994. – 651 с.
9. В е н т ц е л ь, Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
10. Ц а р е в с к и й, А. М. Гидромеханизация мелиоративных работ / А. М. Царевский. – Л.: Машиностроение, 1963. – 400 с.
11. Технология промышленного выращивания клюквы крупноплодной на получение ягодной продукции / Е. А. Сидорович [и др.] – Минск: БелНИИТИ, 1992. – 120 с.
12. С о к о л о в, Е. Я. Струйные аппараты / Е. Я. Соколов, Н. М. Зингер. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.
13. М а т в е е н к о, П. С. Струйные аппараты в пищевой промышленности / П. С. Матвеевко, В. Н. Стабников. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 224 с.

V. N. KONDRATYEV, V. M. GRYSCHUK

SUBSTANTIATION OF DESIGN DATA OF THE DEVICE FOR SELECTION OF BERRIES OF A LARGE FRUITED CRANBERRY FROM A WATER SURFACE AT INDUSTRIAL CLEANING

Summary

The design of the device for selection of berries from the water surface ejectors is offered by a soaking up stream at picking of a large fruited cranberry by flooding plantations and its constructive-technological parameters are proved.