

УДК 631.3: 634.738

**ГИДРОМЕХАНИЗАЦИЯ УБОРКИ ЯГОД БРУСНИЧНЫХ КУЛЬТУР  
ПРИ ПРОМЫШЛЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ  
НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ**

**В.М. Грищук**, инженер

Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси

Сельское хозяйство – одна из отраслей, быстро реагирующих на требования, предъявляемые к качеству выпускаемой продукции, что, в конечном счете, отражается на машинах, задействованных в процессе агропроизводства. Возделывание брусничных культур – важная составляющая сельскохозяйственной отрасли. Технология уборки ягод способом затопления плантаций, состоящая из нескольких операций, является предпочтительной при промышленном производстве. Однако уровень ее механизации не соответствует современным требованиям. Рассмотрим одну из операций – процесс выборки отделенных ягод из воды.

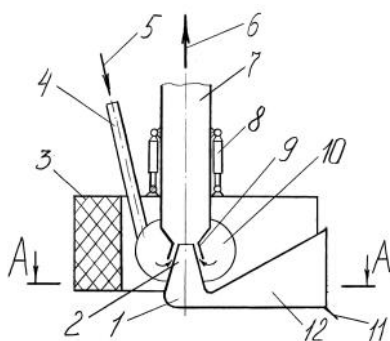
Операция осуществляется с использованием транспортера, который устанавливается на дамбе промышленного чека и оборудован гидроприводом рабочих органов. Этот способ в настоящее время наиболее распространен в ягодоводческих хозяйствах, но имеет ряд недостатков. Наиболее существенный заключается в следующем: ягодную массу, которая находится на поверхности воды вдоль одной из дамб (в ветреную погоду) или же по всему чеку (если ветер небольшой), необходимо специальными устройствами сгребать и подводить в активную зону транспортера, что требует больших затрат труда и времени.

Авторским коллективом разработан принципиально новый способ осуществления данной операции и предложен вариант конструкции устройства, которое позволяет обеспечить ее выполнение.

Сущность решения заключается в следующем. Создается эжектированный всасывающий поток, захватывающий плавающие ягоды клюквы вместе с водой и перемещающий смесь на разделительную сетку.

Устройство для уборки клюквы, обеспечивающее описанный выше процесс (рис. 1), включает приемную камеру 1, переходящую в конический патрубок 2, снизу соединенную с подборщиком 12 клиновидной формы, расширяющимся по ходу движения. Сверху конический патрубок входит в диффузор 9 с зазором для сообщения с кольцевой камерой 10. На транспортном трубопроводе 7 закреплено регулировочное приспособление 8, связанное с понтоном 3. На нижней стенке подборщика впереди по ходу движения закреплена гребенка 11. Через трубопровод 4 подводится вода от насоса (по стрелке 5). Поток воды с ягодами подается на разделительную сетку накопителя (по стрелке 6).

Устройство работает следующим образом. Машина движется по дамбе, а предложенное устройство, навешенное на нее, опускают на воду с погружением нижней стенки



**Рис. 1. Устройство для уборки ягод с поверхности воды**

подборщика 12 на заданную глубину, обеспечивающую захват плавающих ягод клюквы. Для этого регулировочным приспособлением 8 изменяют положение понтона 3 относительно транспортного трубопровода 7, а с ним относительный подъем или погружение подборщика 12.

При движении машины плавающие ягоды клюквы поступают в подборщик 12 и смещаются вдоль его стенок к входу в приемную камеру 1. Одновременно с движением машины по трубопроводу 4 от насоса (по стрелке 5) обеспечивается подача воды в кольцевую камеру 10. Проходя через диффузор 9, вода создает разрежение в коническом патрубке 2 приемной камеры 1. Вследствие этого поток воды с ягодами поступает в приемную камеру 1 и через конический патрубок 2 по транспортному трубопроводу 7 подается на разделительную сетку накопителя (по стрелке 6). Гребенка 11 вычесывает ягоды, застрявшие в растительном покрове чека и способствует попаданию их в подборщик 12.

Вследствие применения в предлагаемом устройстве эжектированного всасывания, ягоды клюквы движутся в потоке воды вдоль обтекаемых поверхностей подборщика, приемной камеры, конического патрубка, 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.

Однако для того, чтобы предложенное устройство успешно работало, необходимо обосновать его конструктивные параметры, на которые, естественно, будут влиять характеристики рабочей смеси, транспортируемой по трубопроводам. Так как основными компонентами рабочей смеси будут – вода и ягоды, то их нужно рассмотреть с точки зрения гидравлических характеристик. Сама по себе вода как средство транспортирования изучена достаточно, поэтому есть смысл уделить внимание лишь гидравлическим свойствам ягод.

Способность ягод плавать в жидкости называется флотационностью. Наиболее важные параметры, влияющие на флотационность, – это размеры ягод, их форма, плотность и специфика взаимодействия с жидкостью. Флотационные свойства являются основным показателем, влияющим на равномерное распределение ягод, при исследовании закономерностей движения их в потоке жидкости.

Если жидкость находится в спокойном состоянии, то ягоды могут принимать в ней три состояния:

- 1 – ягоды тонут ( $P_b < G_j$ );
- 2 – ягоды плавают на поверхности жидкости ( $P_b > G_j$ );
- 3 – ягоды плавают в погруженном состоянии ( $P_b = G_j$ ),  
здесь  $P_b$  – архимедова сила;  $G_j$  – собственный вес ягод.

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

Гидравлическую крупность ягод клюквы крупноплодной определяли по методике [1]. Для каждой размерной группы (фракции) ягод брали навески по 40 штук и опускали каждую ягоду поочередно специальным приспособлением на дно стеклянного сосуда (трубы) диаметром 38 мм, оборудованного шкалой, с высотой водяного столба 1 м при температуре 20 °С. Секундомером измеряли время прохождения ягодой расстояния 1 м.

В таблице приведены результаты определения гидравлической крупности ягод клюквы крупноплодной и доверительные интервалы для математического ожидания [2].

**Результаты определения гидравлической крупности ягод клюквы крупноплодной**

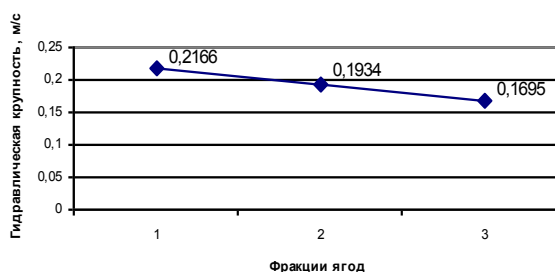
Фракции ягод	Гидравлическая крупность, м/с	
	среднее значение	доверительный интервал
Крупные (>15 мм)	0,2166	0,4684
Средние (13 ≤ 15 мм)	0,1934	0,2776
Мелкие (< 13 мм)	0,1695	0,0296

Из графика (рис. 2) видно, что гидравлическая крупность ягод прямо пропорциональна их линейным размерам.

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 ( $V_{кр}$ ) движения частиц грунта по напорным пульповодам [3]. Наибольший интерес для предварительного определения критической скорости (м/с) передвижения ягод в трубопроводах представляет формула Г.Н. Роера [3]:



**Рис. 2. График изменения гидравлической крупности в зависимости от размеров ягод.**

$$V_{кр} = 8,72 \cdot D^{0,473} \cdot (\gamma_n - \gamma_0) \cdot W^{0,326} \cdot \frac{\gamma_a^{0,0814}}{\Delta^{0,17}}, \quad (1)$$

где  $D$  – диаметр трубопровода, м;

$\gamma_n$  – плотность пульпы (рабочей смеси), т/м<sup>3</sup>;

$\gamma_0$  – плотность воды, т/м<sup>3</sup>;

$\gamma_a$  – плотность частиц (ягод), т/м<sup>3</sup>;

$W$  – скорость всплытия (падения) ягод в спокойной воде (гидравлическая крупность), м/с;

$\Delta$  – активная шероховатость у дна трубопровода, м.

$$\Delta = d_{95}^{0,6} + 0,5 \cdot \left( \frac{\gamma_n}{1,075} \right)^{5,88}, \quad (2)$$

где  $d_{95}$  – крупность частиц, мм.

Из формулы (2) следует, что на критическую скорость транспортирования частиц большое влияние оказывает плотность рабочей смеси, гидравлическая крупность компонентов и диаметр трубопроводов коммуникаций.

Плотность рабочей смеси (т/м<sup>3</sup>) конкретной группы сложности определим по общей формуле.

$$\gamma_{р.с.} = \frac{100 + \Pi}{100 + \frac{\Pi}{\gamma_k}}, \quad (3)$$

где  $\Pi$  – количество компонентов в рабочей смеси, вычисленное в % от массы воды;

$\gamma_k$  – плотность компонентов в плотной массе без пор, т/м<sup>3</sup>.

$$\gamma_k = \frac{1}{m} \cdot (\gamma_a + \gamma_l + \gamma_c), \quad (4)$$

где  $m$  – количество компонентов, составляющих рабочую смесь;

$\gamma_a$  – плотность ягод в плотной массе, т/м<sup>3</sup>;

$\gamma_l$  – плотность листьев в плотной массе, сорванных при отделении ягод и находящихся на поверхности воды, т/м<sup>3</sup>;

$\gamma_c$  – плотность стеблей в плотной массе, сорванных при отделении ягод и находящихся на поверхности воды, т/м<sup>3</sup>.

Однако, учитывая, что суммарное содержание в плотной массе листьев и стеблей не превышает 5-7% [4], можно в приближенных расчетах данные компоненты не учитывать.

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

$$M_b = \frac{\gamma_{р.с.} - \gamma_0}{\gamma_k - \gamma_0} \cdot \frac{\gamma_k}{\gamma_{р.с.}}. \quad (5)$$

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. В нашем случае ими являются ягоды клюквы крупноплодной.

На основании данных о параметрах 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 (плотность ягод  $\approx 0,2-0,5$  т/м<sup>3</sup> [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  $\gamma_{я} = 0,5$  т/м<sup>3</sup>. Плотность рабочей смеси в таком случае составит около 0,74 т/м<sup>3</sup> [5].

$$\begin{aligned}V_{кр}^k &= 3,531 \cdot D^{0,473} \\V_{кр}^c &= 3,403 \cdot D^{0,473} \\V_{кр}^m &= 3,260 \cdot D^{0,473}.\end{aligned}\tag{6}$$

Следовательно, 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

$$\frac{4Q}{\pi D^2} \geq V_{кр}, \text{ т.е. } \frac{4Q}{\pi D^2} \geq 3,531 \cdot D^{0,473},\tag{7}$$

где  $Q$  – расход рабочей смеси, пропускаемой по трубопроводам, м<sup>3</sup>/с.

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

$$\frac{\ln(0,361 \cdot Q)}{2,473} \geq \ln D.\tag{8}$$

Откуда

$$D \leq (0,361 \cdot Q)^{\frac{1}{2,473}}, \text{ м.}\tag{9}$$

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.

#### **Литература**

1. Кондратьев В.Н. Разработка технологий и средств механизации для биологических закрепленных откосов: Дис. д-ра техн. наук. – Мн., 1994 – 651 с.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
3. Царевский А.М. Гидромеханизация мелиоративных работ. – Л.: Машиностроение, 1963. – 400 с.
4. Мисун Л.В. Научные и технологические основы производства крупноплодной клюквы. – Мн.: Хата, 1995. – 135 с.
5. Технология промышленного выращивания клюквы крупноплодной на получение ягодной продукции / Е.А. Сидорович, Н.Н. Рубан, А.В. Шерстиникина и др. – Мн.: БелНИИТИ, 1992. – 120 с.

#### **Summary**

##### ***Grishchuk V. Hydro-mechanization of cranberry picking in commercial production***

The construction of the pickup of berries from water surface with the aid of ejected sucking stream in picking of the larger American cranberry by means of flooding of plantations is offered. By results of laboratory investigations, fall velocity values for berries are presented. On the basis of the values, the parameters of the offered pickup device are theoretically substantiated.