

территории Европы: для представителей рода *Malus* он насчитывает 573 видов, *Rubus* — 555 видов, *Ribes* — 209 видов [7]. На территории Беларуси до настоящего времени полный комплекс фитофагов-вредителей и трофические связи членистоногих с представителями родов яблоня, смородина, малина и вишня не рассматривался. Имеются лишь разрозненные сообщения, сводки со второй половины XX века и отдельные сведения по исследуемым группам и таксонам членистоногих.

Также в нашей стране ведутся работы по выведению устойчивых сортов плодово-ягодных культур: исследованиями в области селекции, сортоиспытания активно занимаются сотрудники РУП «Институт плододоводства», УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». За последние десятилетия созданы новые сорта яблонь, груш, черешни, вишни и других культур. Среди плодово-ягодных культур пользуются спросом различные сорта малины обыкновенной и смородины черной.

Важным свойством, определяющим качество плодово-ягодной продукции, является ее химический состав. Среди биохимических параметров в плодах анализируют содержание сухого вещества, сахаров, кислот и витамина С). В тоже время недостаточно внимания уделяется изучению содержания в плодах пищевого назначения фенольных соединений, имеющих лечебно-профилактическое действие по отношению ко многим заболеваниям человека, а также микроэлементного состава. Отметим, что содержание БАВ определяется как генетическими особенностями растений, так и экологическими факторами, в том числе особенностями культивирования. Многие авторы указывают на сортоспецифичность накопления плодами фенольных соединений [8].

В настоящее время довольно остро стоит необходимость создания баз данных по применению биосферно совместимых технологий в конкретных хозяйствах для последующей цифровизации сельского хозяйства и создания «умных» садов [9].

Заключение. Таким образом, вопросы комплексной оценки экологического состояния садовых агроэкосистем в условиях интенсивной химизации на территории Беларуси и Брестского региона, а также внедрение методов органического и точного земледелия с целью снижения экологических рисков, включая накопление ТМ, с также повышения качества продукции за счет увеличения содержания биологически активных веществ являются весьма перспективными и требуют детальной проработки.

Работа выполнена в рамках проекта БРФФИ-БРЕСТ № Х24Б-005 «Комплексное исследование садовых агроэкосистем Брестского региона с целью повышения качества и экологичности продукции при переходе к органическому земледелию»

Список цитируемых источников

1. Михальчук, Н. В. Содержание тяжелых металлов в огородных почвах жилой усадебной застройки г. Бреста / Н. В. Михальчук [и др.] // Весн. Брэст. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб Зямлі. — 2020. — № 2. — С. 104—109.
2. Белоус, Н. М. Влияние различных систем удобрения на накопление тяжелых металлов в сельскохозяйственной продукции / Н. М. Белоус [и др.] // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. — 2006. — № 1. — С. 22—29.
3. Waheed, E. M. Determination of heavy metals (Pb, Cd and As) in some types of fungicides / E. M. Waheed and M. M. Selim // J. Biol. Chem. Environ. Sci., 2017, Vol. 12(3): pp. 97—111.
4. Реестр производителей органической продукции [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://organic.gskp.by/> Дата доступа: 01.05.2024.
5. Войтка, Д. В. Микробиологический инокулянт ресойлер для оздоровления почвы / Д. В. Войтка, Е. К. Юзефович, А. В. Бородин, // Биологически активные препараты для растениеводства: материалы XIV Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 3–8 июля 2018 г. / БГУ, биол. фак., Частный институт прикладной биотехнологии daRostim; редкол.: Д. В. Маслак (отв. ред.) [и др.]. — Минск: БГУ, 2018. — С. 52—54.
6. Sinchuk, A. First record of the tawny mining bee (*Andrena fulva* (Müller, 1766)) (Hymenoptera: Andrenidae) in Belarus / A. Sinchuk et al. // Bulletin of the Lithuanian entomological society. — 2022 — Vol. 6. — P. 102—105.
7. Ellis, W. N. Plant Parasites of Europe: leaf miners, galls and fungi. 2001–2021. [Electronic resource]. — Mode of access: <https://bladmineerders.nl>. — Date of access: 13.04. 2024.
8. Колбас, Н. Ю. Оценка биохимических и дегустационных параметров плодов *Prunus cerasus* L. / Н. Ю. Колбас [и др.] // Журнал Белорусского государственного университета. Биология. Выпуск 2, 2020, С. 49—57.
9. Цифровое сельское хозяйство Республики Беларусь / под общ. ред. В. Г. Гусакова; Над. акад. наук Беларуси, Ин-т систем, исслед. в АПК. — Минск: Беларуская навука, 2024. — 553 с. ISBN 978-985-08-3139-2.

УДК 631.363.5

П. Ю. Крупнин, А. Г. Лягуский

Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ ЯГОДНОГО ВОРОХА КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ ПРИ МОКРОМ СПОСОБЕ УБОРКИ

Введение. В плодах клюквы крупноплодной содержится богатый комплекс биологически активных соединений: органических кислот, полифенолов, витаминов, углеводов, пектиновых веществ, макро- и микроэлементов. Уникальный химический состав ягод обуславливает их высокую пищевую и лечебно-профилактическую ценность, а также делает их ценным сырьем для пищевой и фармацевтической промышленности [1].

На постсоветском пространстве наибольшие успехи в промышленном выращивании клюквы крупноплодной достигнуты в Республике Беларусь. Крупнейшим производителем этой культуры является ОАО «Полесские Журавинь», основанное в 1985 году. Предприятие располагает 72 чеками совокупной площадью 66 га. Максимальная биологическая урожайность клюквы крупноплодной в агроклиматических условиях Беларуси составляет 12...15 т/га, средняя — 5...6 т/га [2, 3, 4].

Механизированная уборка клюквы крупноплодной осуществляется преимущественно мокрым способом, заключающимся в выполнении следующих технологических операций: 1) заполнение чека водой; 2) механическое отделение ягод от побегов; 3) сбор и перемещение к зоне выгрузки плавающего у поверхности воды ягодного вороха с помощью понтона; 4) забор ягодного вороха с поверхности воды, отделение ягод от примесей с последующей погрузкой в транспортные средства; 5) выпуск воды из чека [5].

Перспективным типом технических средств для забора ягодного вороха с поверхности затопленного чека являются гидротранспортные установки, состоящие из центробежного насоса с геликоидальным ротором и разделительного узла в виде наклонного решета для отделения ягод от воды и коротких примесей. Гидротранспортные установки обладают высокой производительностью при минимальном повреждении ягод, однако при высокой засоренности ягодного вороха длинными примесями, что характерно для агротехнологических условий на плантациях клюквы крупноплодной в Республике Беларусь, эффективность их работы снижается и существенно (на 10...12 чел.-ч/т ягод) увеличиваются затраты труда в связи с необходимостью вручную отделять длинные примеси от вороха. С целью устранения указанного недостатка предложена усовершенствованная конструктивно-технологическая схема гидротранспортной установки, оснащенная активным гребневым конвейером, обеспечивающим механизированное отделение длинных примесей от плавающего у поверхности затопленного чека ягодного вороха [6, 7].

Основная часть. Для обоснования рациональных параметров гребневого конвейера необходимо получить математическую модель, описывающую поведение ягодного вороха в воде. В ходе анализа априорной информации установлено, что длина ягод клюквы крупноплодной варьируется в пределах 9...21 мм, ширина — 8...18 мм, масса — 0,57...1,60 г [8]. Основываясь на вышеприведенных данных представим совокупность ягод клюквы в виде двух размерных фракций, равных друг другу по количеству входящих в них ягод: крупная (длина ягод $L_1 = 0,0175$ м, ширина $D_1 = 0,015$ м, масса $m_1 = 1,27 \cdot 10^{-3}$ кг) и мелкая ($L_2 = 0,0125$ м, $D_2 = 0,011$ м, $m_2 = 0,74 \cdot 10^{-3}$ кг).

Рассмотрим поведение свободно плавающей в воде ягоды клюквы крупноплодной, которая не взаимодействует с другими ягодами. Допустим, что ягода представляет собой эллипсоид с большой осью L и малой — D с однородной (отсутствие флуктуаций плотности) внутренней структурой. В этом случае устойчивое положение плавающей ягоды будет обеспечиваться при параллельности большой оси L плоскости зеркала воды.

Рассмотрим сечение ягоды плоскостью параллельной XOY и расположенной на расстоянии $z \in \left[-\frac{D}{2}; \frac{D}{2}\right]$ от начала системы координат. Согласно свойствам эллипсоида форма его сечения указанной плоскостью представляет собой эллипс с полуосями a и b , длина которых зависит от координаты z [9].

Рассмотрим сечение ягоды плоскостью XOZ . Согласно свойствам эллипсоида его сечение в данной плоскости является окружностью с радиусом $D/2$, а следовательно полуось a равна:

$$a(z) = \sqrt{\frac{D^2}{4} - z^2}. \quad (1)$$

Рассмотрим сечение ягоды плоскостью YOZ . Согласно свойствам эллипсоида форма его сечения в данной плоскости представляет собой эллипс, описываемый уравнением [9]

$$\frac{4y^2}{L^2} + \frac{4z^2}{D^2} = 1. \quad (2)$$

Площадь поперечного сечения ягоды клюквы в горизонтальной плоскости равна

$$S(z) = \pi a(z)b(z) = \frac{\pi L}{2} \sqrt{\frac{4z^2}{D^2} - 2z^2 + \frac{D^2}{2}}, z \in \left[-\frac{D}{2}; \frac{D}{2}\right]. \quad (3)$$

Глубина погружения ягоды клюквы в воду определяется из условия равновесия:

$$V_b(z_b)\rho = m, \quad (4)$$

где $V_b(z_b)$ — объем воды, вытесняемый ягодой при погружении в воду до уровня z_b , м³;

ρ — плотность воды, кг/м³;

m — масса ягоды, кг.

Объем вытесняемой воды V_B может быть получен интегрированием выражения (3):

$$V_B(z_B) = \int_{\frac{D}{2}}^{z_B} S(z) dz, \quad z_B \in \left[-\frac{D}{2}; \frac{D}{2}\right]. \quad (5)$$

Для определения координаты поверхности воды z_B использовали функционал системы компьютерной алгебры Mathcad [10]. В результате решения уравнения (5) получили значения координат уровня воды для ягод крупной и мелкой фракции составили $z_{B1} = 1,17 \cdot 10^{-3}$ м и $z_{B2} = 3,78 \cdot 10^{-3}$ м, соответственно.

Рассмотрим процесс формирования ягодного вороха у поверхности воды. Введем допущения: 1) ягоды крупной и мелкой фракции равномерно распределены по поверхности воды; 2) продольные оси ягод параллельны друг другу; 3) взаимодействие (контакт) ягод друг с другом осуществляется в плоскости XOZ . С учетом вышеприведенных допущений поперечное сечение ягодного вороха из свободно плавающих (не контактирующих друг с другом) ягод показано на рисунке 1, а. При размещении начала системы координат в центре ягоды мелкой фракции ($x_2 = 0, z_2 = 0$) координаты центра крупной ягоды составят:

$$x_1(n) = x_2 + x_{1_2}(n); \quad (6)$$

$$z_1(n) = z_2 + z_{1_2}(n), \quad (7)$$

где $x_{1_2}(n), z_{1_2}(n)$ — разность абсцисс и ординат центров крупной O_1 и мелкой O_2 ягод в зависимости от удельного количества ягод на поверхности воды n , м.

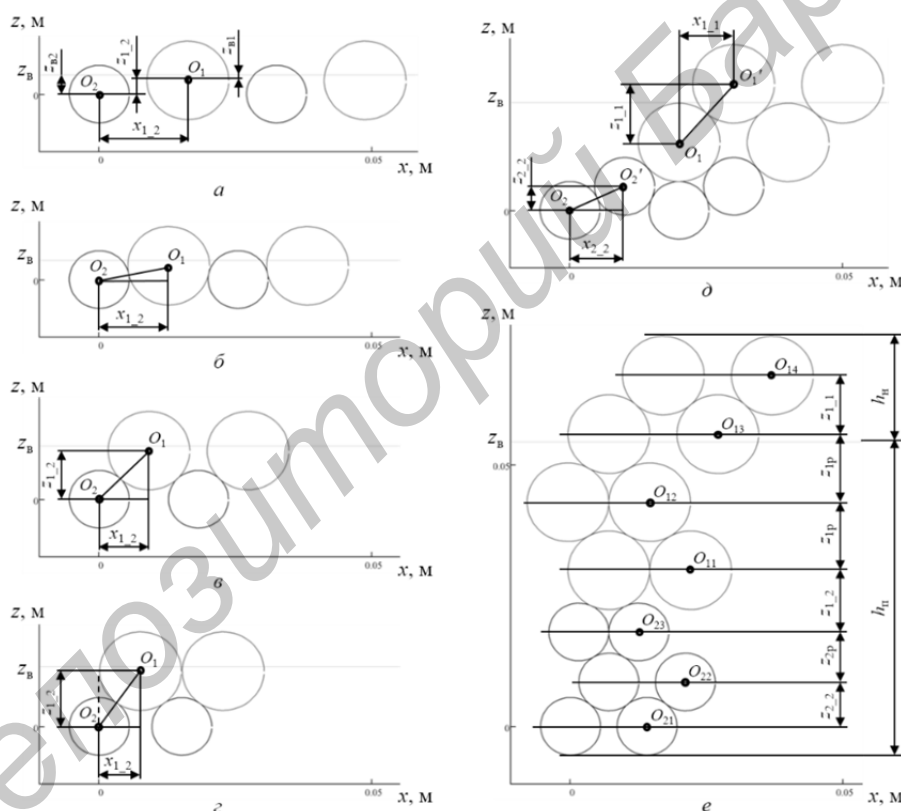


Рисунок 1 — Поперечные сечения ягодного вороха при значениях удельного количества ягод n : а — $n < n_1$; б — $n = n_1$; в — $n_1 < n < n_{21}$; г — $n = n_{21}$; д — $n_{22} < n < 2n_{21}$; е — $n > 2n_{22}$

В рамках принятых допущений, площадь поверхности воды, занимаемая парой ягод (крупная и мелкая), составит $2x_{1_2}L_1$, а количество ягод на 1 м^2 поверхности будет равно: $n = \frac{2}{2x_{1_2}L_1} = \frac{1}{x_{1_2}L_1}$. Таким образом, зависимость разности абсцисс $x_{1_2}(n)$ можно представить в виде

$$x_{1_2}(n) = \frac{1}{nL_1}. \quad (8)$$

Смоделируем процесс уплотнения ягодного вороха понтоном. По мере уплотнения (увеличения удельного количества ягод на поверхности воды n) расстояние x_{1_2} между центрами O_1 и O_2 ягод будет

сокращаться и при значении $n = n_1$ большие и мелкие ягоды соприкоснутся (рисунок 1, б). Удельное количество ягод n_1 можно определить по формуле

$$n_1 = \frac{1}{L_1(O_1O_2)_{x1}} = \frac{1}{L_1 \sqrt{\frac{(D_1 + D_2)^2}{4} - (z_{B1} - z_{B2})^2}}, \quad (9)$$

где $(O_1O_2)_{x1}$ — проекция отрезка O_1O_2 на ось абсцисс при $n = n_1$, м.

Дальнейшее уплотнение ягодного вороха понтоном ($n > n_1$) приведет к накатыванию ягод крупной фракции на мелкие ягоды (см. рисунок 1, в). При удельном количестве ягод на поверхности воды $n = n_{21}$, произойдет соприкосновение друг с другом ягод крупной фракции (см. рисунок 1, з). Значение n_{21} может рассчитано по формуле

$$n_{21} = \frac{1}{L_1(O_1O_2)_{x21}} = \frac{2}{L_1 D_1}, \quad (10)$$

где $(O_1O_2)_{x21}$ — проекция отрезка O_1O_2 на ось абсцисс при $n = n_{21}$, м.

Дальнейшее увеличение количества ягод на 1 м^2 поверхности воды приведет сначала к накатыванию друг на друга ягод крупной фракции (см. рисунок 1, д), а потом к соприкосновению друг с другом ягод мелкой фракции, которое произойдет при значении $n = n_{22}$:

$$n_{22} = \frac{2}{L_1(O_2O_2')_{x22}} = \frac{2}{L_1 D_2}, \quad (11)$$

где $(O_2O_2')_{x22}$ — проекция отрезка O_2O_2' на ось абсцисс при $n = n_{22}$, м.

Для вышеприведенных параметров ягод клюквы крупноплодной расчетные значения n для характерных случаев составили: $n_1 = 4,49 \cdot 10^3 \text{ м}^{-2}$, $n_{21} = 7,62 \cdot 10^3 \text{ м}^{-2}$, $n_{22} = 10,39 \cdot 10^3 \text{ м}^{-2}$.

При удельном количестве ягод $n > n_{21}$ формирование ягодного вороха происходит на двух уровнях (см. рисунок 1, д, е). Нижний уровень образуется более плотными ягодами мелкой фракции, верхний — ягодами крупной фракции. Количество рядов ягод крупной i_{\max} и мелкой j_{\max} фракций равно увеличенному на 1 неполному частному отношений n / n_{21} и n / n_{22} , соответственно:

$$i_{\max} = 1 + n / n_{21}; \quad j_{\max} = 1 + n / n_{22}. \quad (12)$$

При совмещении начала системы координат с геометрическим центром ягоды в нижнем ряду вороха, ордината центров ягод мелкой фракции, расположенных в других рядах, составит:

$$z_{2j}(n) = \begin{cases} 0, & j = 1; \\ z_{2-2}(n) + z_{2p}(j-2), & j \geq 2, \end{cases} \quad (13)$$

где j — порядковый номер ряда ягод мелкой фракции, отсчитываемый с нижнего ряда, $j \in [1; j_{\max}]$;

$z_{2-2}(n)$ — разность ординат 2-го и 1-го рядов ягод мелкой фракции при $j_{\max} \geq 2$, м;

z_{2p} — разность ординат 3-го и 2-го рядов ягод мелкой фракции при $j_{\max} \geq 3$, м.

Ординаты центров ягод в рядах крупной фракции определим по формуле:

$$z_{1i}(n) = z_{2j_{\max}}(n) + z_{1-2}(n) + \begin{cases} 0, & i = 1; \\ z_{1p}(i-1), & 1 < i < i_{\max}; \\ z_{1p}(i-2) + z_{1-1}(n), & i = i_{\max}, i \neq 1, \end{cases} \quad (14)$$

где i — порядковый номер ряда ягод крупной фракции, отсчитываемый с нижнего ряда, $i \in [1; i_{\max}]$;

$z_{2j_{\max}}(n)$ — значение $z_{2j}(n)$ вычисленное для $j = j_{\max}$ (ордината центров ягод верхнего ряда ягод мелкой фракции), м;

$z_{1-2}(n)$ — разность ординат нижнего ряда ягод крупной фракции и верхнего ряда ягод мелкой фракции, м;

z_{1p} — разность ординат 2-го и 1-го рядов ягод крупной фракции при $i_{\max} \geq 3$, м;

$z_{1-1}(n)$ — разность ординат последнего ($i = i_{\max}$) и предпоследнего ($i = i_{\max} - 1$) рядов ягод крупной фракции при $i_{\max} \geq 2$, м.

Определим составляющие формул (13—14):

$$z_{1_2}(n) = \begin{cases} z_{в2} - z_{в1}, n < n_1 \\ \sqrt{\frac{(D_1 + D_2)^2}{4} - x_{1_2}(n)^2}, n_1 \leq n < n_{21} \\ \max \left[\begin{array}{l} \frac{D_1 + D_2}{2} \sin \left[\arccos \left(\frac{D_2}{D_1 + D_2} \right) - \arccos \left(\frac{x_{2_2}(n)}{D_2} \right) \right] \\ \sqrt{\frac{(D_1 + D_2)^2}{4} - x_{2_2}(n)^2} \end{array} \right], n_{21} \leq n < 2n_{22} \\ \frac{\sqrt{D_1(D_1 + 2D_2)}}{2}, n \geq 2n_{22} \end{cases} \quad (15)$$

$$z_{1_1}(n) = \sqrt{D_1^2 - x_{1_1}(n)^2}; \quad (16)$$

$$z_{2_2}(n) = \sqrt{D_2^2 - x_{2_2}(n)^2}; \quad (17)$$

$$z_{1p} = D_1 \sin \left(\frac{\pi}{3} \right); \quad (18)$$

$$z_{2p} = D_2 \sin \left(\frac{\pi}{3} \right), \quad (19)$$

где $x_{1_1}(n)$ — разность абсцисс последнего ($i = i_{\max}$) и предпоследнего ($i = i_{\max} - 1$) рядов ягод крупной фракции при $i_{\max} \geq 2$, м;

$x_{2_2}(n)$ — разность абсцисс 2-го и 1-го рядов ягод мелкой фракции при $j_{\max} \geq 2$, м.

Параметры $x_{1_1}(n)$ и $x_{2_2}(n)$ можно определить по формулам:

$$x_{1_1}(n) = \frac{2}{n_1(n)L_1}, n \geq n_{21}; \quad (20)$$

$$x_{2_2}(n) = \frac{2}{n_2(n)L_1}, n \geq n_{22}; \quad (21)$$

где $n_1(n)$ — удельное количество ягод крупной фракции в двух верхних рядах ($i = i_{\max} - 1, i = i_{\max}$), м⁻²;

$n_2(n)$ — удельное количество ягод мелкой фракции в 1-м и 2-м рядах ($j = 1, j = 2$), м⁻².

Значения $n_1(n)$ и $n_2(n)$ составят:

$$n_1(n) = n_{21} + n \bmod n_{21}; \quad (22)$$

$$n_2(n) = n_{22} + n \bmod n_{22}, \quad (23)$$

где $n \bmod n_{21}$, $n \bmod n_{22}$ — остаток от деления удельного количества ягод на поверхности воды n на характерные значения n_{21} и n_{22} , соответственно, м⁻².

Посредством модификации формулы (4) получим зависимости для определения площади поперечного сечения ягод крупной и мелкой фракций в i -ом и j -ом рядах ягодного вороха, соответственно:

$$S_{1i}(n, z) = \frac{\pi L_1}{2} \sqrt{\frac{4(z - z_{1i}(n))^2}{D_1^2} - 2(z - z_{1i}(n))^2 + \frac{D_1^2}{2}}, z \in \left[-\frac{D_1}{2} + z_{1i}(n); \frac{D_1}{2} + z_{1i}(n) \right]; \quad (24)$$

$$S_{2j}(n, z) = \frac{\pi L_2}{2} \sqrt{\frac{4(z - z_{2j}(n))^2}{D_2^2} - 2(z - z_{2j}(n))^2 + \frac{D_2^2}{2}}, z \in \left[-\frac{D_2}{2} + z_{2j}(n); \frac{D_2}{2} + z_{2j}(n) \right]. \quad (25)$$

Объем ягод клюквы ниже горизонтальной (параллельной XOY) плоскости, отстоящей на расстоянии z от начала системы координат XYZ , может быть определен по формуле (6) с учетом (24—25):

$$V_{1i}(n, z) = \begin{cases} 0, & z < -\frac{D_1}{2} + z_{1i}(n) \\ \int_{-\frac{D_1}{2} + z_{1i}(n)}^z S_{1i}(z) dz, & -\frac{D_1}{2} + z_{1i}(n) \leq z \leq \frac{D_1}{2} + z_{1i}(n) \\ \frac{\pi D_1^2 L_1}{8}, & z > \frac{D_1}{2} + z_{1i}(n) \end{cases} \quad (26)$$

$$V_{2j}(n, z) = \begin{cases} 0, & z < -\frac{D_2}{2} + z_{2j}(n) \\ \int_{-\frac{D_2}{2} + z_{2j}(n)}^z S_{2j}(z) dz, & -\frac{D_2}{2} + z_{2j}(n) \leq z \leq \frac{D_2}{2} + z_{2j}(n) \\ \frac{\pi D_2^2 L_2}{8}, & z > \frac{D_2}{2} + z_{2j}(n) \end{cases} \quad (27)$$

Объем 1 м^2 ягодного вороха (собственный объем ягод клюквы в ворохе) составит:

$$V_{\text{яв}}(n, z) = \frac{n}{2} \left[\sum_{i=1}^{i_{\max}} \frac{V_{1i}(n, z)}{i_{\max}} + \sum_{j=1}^{j_{\max}} \frac{V_{2j}(n, z)}{j_{\max}} \right]. \quad (28)$$

Координата $z_{\text{в}}$ может быть определена из условия равновесия ягодного вороха на поверхности воды:

$$V_{\text{яв}}(n, z_{\text{в}}) \rho = \frac{n}{2} (m_1 + m_2). \quad (29)$$

Для решения уравнения (29) относительно координаты $z_{\text{в}}$ использовали функционал системы компьютерной алгебры Mathcad. Например, для удельного количества ягод $n = 2,67 \cdot 10^4 \text{ м}^{-2}$ (см. рис. 1, *e*), координата уровня воды $z_{\text{в}} = 0,054 \text{ м}$.

Толщину надводной $h_{\text{н}}$ и подводной $h_{\text{п}}$ частей ягодного вороха (см. рис. 1, *e*) можно рассчитать по формулам:

$$h_{\text{н}}(n) = z_{1i_{\max}}(n) + \frac{D_1}{2} - z_{\text{в}}(n); \quad (30)$$

$$h_{\text{п}}(n) = -\frac{D_2}{2} - z_{\text{в}}(n), \quad (31)$$

где $z_{1i_{\max}}(n)$ — значение $z_{1i}(n)$ вычисленное по формуле (14) для $i = i_{\max}$ (ордината центров ягод верхнего ряда ягод крупной фракции), м.

Графическая зависимость толщины надводной $h_{\text{н}}$ и подводной $h_{\text{п}}$ частей ягодного вороха от удельного количества ягод n на поверхности воды показана на рисунке 2.

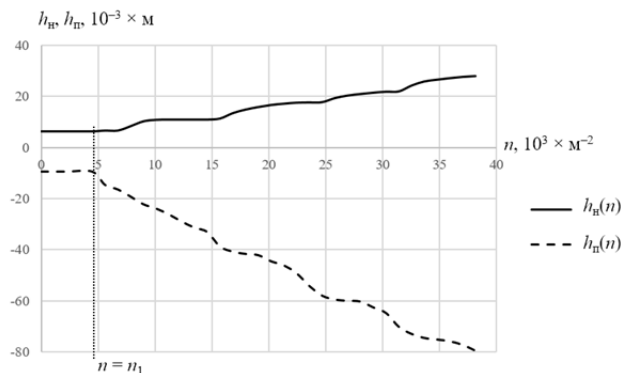


Рисунок 2 — Зависимость толщины $h_{\text{н}}$ и $h_{\text{п}}$ от удельного количества ягод n

Из графика видно, что при удельном количестве ягод $n < n_1$ толщина ягодного вороха неизменна, т. к. в указанном диапазоне значений n отсутствует взаимодействие (контакт) ягод друг с другом. При увеличении $n > n_1$ происходит накатывание ягод друг на друга и толщина ягодного вороха увеличивается. Следует отметить, что толщина подводной части $h_{п}$ ягодного вороха в 2,2...2,8 раза превышает толщину его надводной части $h_{н}$, что объясняется тем, что при формировании ягодного вороха мелкие, более плотные ягоды оказываются в его нижних слоях и создают меньшую, по сравнению с крупными ягодами, выталкивающую (Архимедову) силу.

Необходимо принимать во внимание, что существенное превышение толщины подводной части $h_{п}$ ягодного вороха толщины его надводной части $h_{н}$ увеличивает содержание в ворохе плавучих примесей, механизированное отделение которых может привести к выбрасыванию вместе с ними и некоторого количества ягод. В связи с этим, для снижения потерь продукции, при обосновании параметров гидротранспортной установки для забора ягод клюквы с поверхности воды необходимо учитывать особенности формирования ягодного вороха и предпринимать меры по снижению толщины его подводной части в момент прохождения через гребневой конвейер.

Заключение. 1. С использованием формул аналитической геометрии выполнено описание формы ягоды клюквы крупноплодной в виде эллипсоида с большой осью L и малой — D . Разработана методика определения координаты поверхности воды $z_{в}$ относительно геометрического центра свободно плавающей ягоды клюквы. Установлено, что для ягод крупной (средняя длина ягод $L_1 = 0,0175$ м, ширина $D_1 = 0,015$ м, масса $m_1 = 1,27 \cdot 10^{-3}$ кг) и мелкой ($L_2 = 0,0125$ м, $D_2 = 0,011$ м, масса $m_2 = 0,74 \cdot 10^{-3}$ кг) фракций значения $z_{в1} = 1,17 \cdot 10^{-3}$ м и $z_{в2} = 3,78 \cdot 10^{-3}$ м, соответственно.

2. Математически описан процесс формирования ягодного вороха при уплотнении понтоном свободно плавающих ягод клюквы крупноплодной. Определены значения количества ягод на 1 м^2 поверхности воды для характерных ситуаций: контакт ягод крупной фракции с ягодами мелкой фракции $n_1 = 4,49 \cdot 10^3 \text{ м}^{-2}$, крупной с крупной $n_{21} = 7,62 \cdot 10^3 \text{ м}^{-2}$, мелкой с мелкой $n_{22} = 10,39 \cdot 10^3 \text{ м}^{-2}$.

3. Разработана методика определения толщины надводной $h_{н}$ и подводной $h_{п}$ частей ягодного вороха от удельного количества ягод n на поверхности воды. Толщина подводной части $h_{п}$ ягодного вороха в 2,2...2,8 раза превышает толщину его надводной части $h_{н}$, что увеличивает содержание в ворохе плавучих примесей и может являться фактором, влияющим на величину потерь ягод в процессе отделения длинных примесей с помощью гребневого конвейера.

Список цитируемых источников

1. Клюква крупноплодная в Белоруссии / АН БССР, Центр. ботан. сад. — Минск: Наука и техника, 1987. — 238 с.
2. Sandler, H. Cranberry production. A guide for Massachusetts-summary edition // H. Sandler, C. DeMoranville. — University of Massachusetts, 2008. — 198 p.
3. Характеристика сортов включенных в Государственный реестр за период с 2005 года по 2007 год / ГУ «Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений». — Минск, 2007. — 439 с.
4. Ленковец, Т. И. Урожайность и масса плода сортов клюквы крупноплодной, интродуцированных в Беларуси / Т. И. Ленковец // Плодоводство. — Т. 4. — 2022. — С. 134—139.
5. Крупенин, П. Ю. Анализ способов уборки клюквы крупноплодной / П. Ю. Крупенин, А. К. Рендов, А. Г. Лягуский // Современные тенденции развития аграрной науки: сб. науч. тр. II междунар. науч.-практ. конф. (Брянск, 7—8 декабря 2023 г.) — Брянск: Брянский гос. аграрн. ун-т, 2023. — С. 231—237.
6. Крупенин, П. Ю. Направление совершенствования технического обеспечения процесса уборки клюквы крупноплодной / П. Ю. Крупенин, А. К. Рендов, А. Г. Лягуский // Аграрная наука — сельскому хозяйству: материалы XVIII Междунар. науч.-практ. конф. (Барнаул, 9—10 февраля 2023 г.). — Т. 1. — Барнаул: Алтайский гос. аграрн. ун-т, 2023. — С. 131—132.
7. Крупенин, П. Ю. Техническое обеспечение процесса уборки клюквы крупноплодной / П. Ю. Крупенин, А. К. Рендов, А. Г. Лягуский // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе — сегодня и завтра: сб. науч. ст. 7-й междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 17 ноября 2023 г.). — Ч. 1. — Гомель: Науч.-техн. центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2023. — С. 207—212.
8. Мисун, Л. В. Технологические процессы и средства механизации промышленного выращивания брусничных культур: монография / Л. В. Мисун. — Минск: БГАТУ, 2008. — 204 с.
9. Постников, М. М. Аналитическая геометрия / М. М. Постников. — Москва: «Наука», 1973. — 751 с.
10. Новиковский, Е. А. Работа в системе MathCAD: учебное пособие / Е. А. Новиковский. — Барнаул: Типография АлтГУ, 2013. — 114 с.

УДК 635.21

А. А. Рудый, В. Ю. Мороз, В. А. Бурдейко

Учреждение образование «Барановичский государственный университет»,
Барановичи, Республика Беларусь

КЛАССИФИКАЦИЯ КАРТОФЕЛЕСАЖЛОК КОМПАНИИ GRIMME

Введение. Эффективное производство продукции картофелеводства в современных условиях возможно только с использованием новейших достижений в различных отраслях сельскохозяйственной науки и сельскохозяйственной практики [1; 2].