

T.A. Ovsyannikova, L.V. Krichkovskaya, V.L. Dubonosov

ENRICHED YEAST MICROELEMENTS

The revive of the literature and own observations connected with iodination and selenitation of bread baking yeast is presented. The questions of using KI and Na₂SeO₃ in production of bread baking yeast riched with I and Se are discussed.

The main purpose of this work is to search for the most optimum quantity of substance which not to change organoleptic, physical and chemical qualities of yeast and the remainder quantity of microelements in bread.

УДК 66.063.8

В статье изучено влияние конструктивных и технологических параметров струйного смесителя и насадка, а также влияние физико-механических свойств обрабатываемой среды. Получены аналитические зависимости для определения скорости выхода струи из конического сходящегося насадка, установленного в цилиндрическом аппарате, и скорости распространения струи на расстоянии от насадка с учетом данных характеристик. Полученные уравнения рекомендуются для определения параметров струйных смесителей, применяемых в емкостях для перемешивания сред плотностью $\rho = 1000 - 1400$ кг/м³.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУЙНОГО СМЕСИТЕЛЯ С ОБОСНОВАНИЕМ СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУИ

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь

*З.В. Ловкис, заслуженный деятель науки Республики Беларусь,
член-корр. НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор,
генеральный директор;*

А.А. Садовский, научный сотрудник отдела новых технологий и техники

В инженерной практике, технологиях производства и переработки сырья растительного и животного происхождения находят применения струи и их течения. Примерами применения струй и струйных течений являются: струйная очистка и мойка корнеклубнеплодов, овощей, яблок, перемешивание жидкотекучих материалов.

Часто встречаются, так называемые, затопленные струи, когда вещество струи и вещество, заполняющее окружающее пространство, находятся в одинаковом фазовом состоянии. Примером затопленной струи является жидкая струя, вытекающая из сопла эжектора в жидкость. С помощью газовых и жидких струй можно управлять процессами и системами усиления и автоматического управления [1]. Струйные течения разнообразны, зависят от конструкции насадка и трубопровода, скорости истечения, геометрических параметров рабочей емкости.

В РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» предложена технология энергоэффективной подготовки водно-зерновых замесов для дальнейшей переработки продукта на спирт и разработан цилиндрический аппарат со струйной мешалкой [2]. Для изучения влияния конструктивных параметров рабочего органа, расположенного в цилиндрическом аппарате, на скорость истечения струи и движения потока рассмотрена проекция цилиндрического аппарата, в котором размещен напорный трубопровод и насадок, установленный под углом α в горизонтальной плоскости относительно оси X.

При неизменной длине питающего трубопровода расстояние x от насадка до боковой стенки цилиндрического аппарата по оси насадка зависит от угла α . Учитывая, что скорость течения

жидкой среды изменяется по длине струи, необходимо определить скорость струи в момент выхода из насадка и изменение скорости на расстоянии x от насадка. Скорость жидкой среды в любой точке на оси струи зависит от расстояния до этой точки, рабочего давления P_1 , скорости струи на выходе из насадка v_2 , реофизических характеристик жидкой среды.

Насадок и питающий трубопровод состоит из трех участков (рис. 1):

- ♦ трубопровода длиной l_{tp} ;
- ♦ изогнутого участка трубопровода, длиной $BK+KM$;
- ♦ насадка BE длиной l_n .

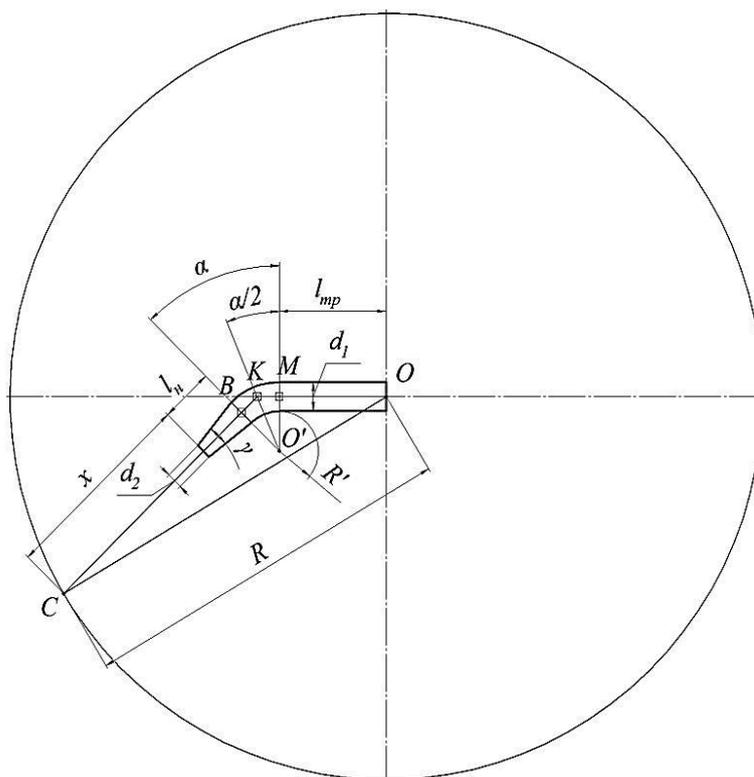


Рис. 1. Схема расположения рабочего органа струйного смесителя в цилиндрическом аппарате

Конический сходящийся насадок (рис. 2), представляющий собой усеченный конус, имеет следующие параметры: диаметр d_1 , длина l_n , угол конусности $\gamma = 13,5^\circ$.

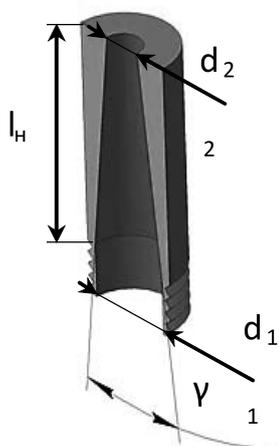


Рис. 2. Схема конического сходящегося насадка

Длина конического насадка определяется выражением (1):

$$l_n = \frac{d_1 - d_2}{2 \operatorname{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right)}, \quad (1)$$

где γ — угол конусности насадка, °; d_2 — диаметр выходного отверстия насадка, м.

Для определения длины участка от насадка до стенки цилиндрического аппарата x рассмотрен треугольник СКО и используя теорему косинусов получено выражение (2):

$$x = \sqrt{R^2 - \sin^2 \alpha \left(l_{mp} + \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left(R' + \frac{d_1}{2} \right) \right)^2} - l_{mp} \cos \alpha - \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left(R' + \frac{d_1}{2} \right) \times \\ \times (\cos \alpha + 1) - \frac{d_1 - d_2}{2 \operatorname{tg}\left(\frac{\gamma}{2}\right)}. \quad (2)$$

В соответствии со стандартами для стальных труб [4], изготавливаемых по ГОСТ 3262-75, принимаем, что $R' = 5d_1$, $\gamma = 13,5^\circ$. Уравнение (2) примет следующий вид:

$$x = \sqrt{R^2 - \sin^2 \alpha \left(l_{mp} + 5,5 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot d_1 \right)^2} - l_{mp} \cos \alpha - 5,5 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} (\cos \alpha + 1) \cdot d_1 - \\ - 4,22(d_1 - d_2). \quad (3)$$

Для перемешивания жидкой среды во всем объеме аппарата необходимо создавать в системе напор, достаточный для того, что бы струя достигала стенки цилиндрической емкости, а для исключения налипания на поверхность емкости $v \geq v_{np}$.

На рис. 3 приведена схема расположения насадка в цилиндрическом аппарате.

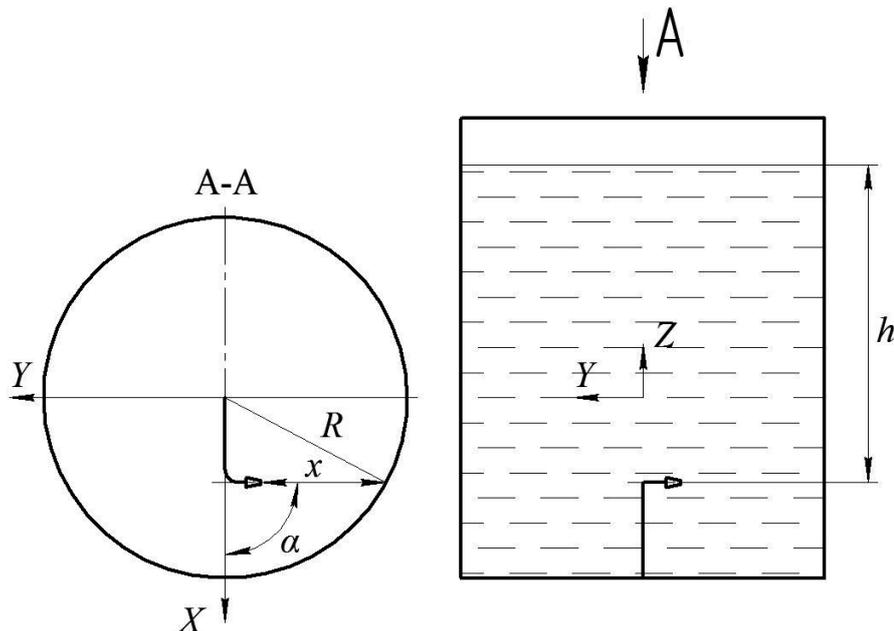


Рис. 3. Схема расположения насадка в цилиндрическом аппарате:
 x — расстояние от насадка до боковой стенки цилиндрического аппарата;
 R — радиус цилиндрического аппарата; h — высота заполнения аппарата над насадком;
 α — угол наклона насадка относительно оси Y

Для определения скорости истечения жидкости из насадка рассмотрим сечения 1-1 и 2-2 (рис. 4) при установившемся движении жидкости.

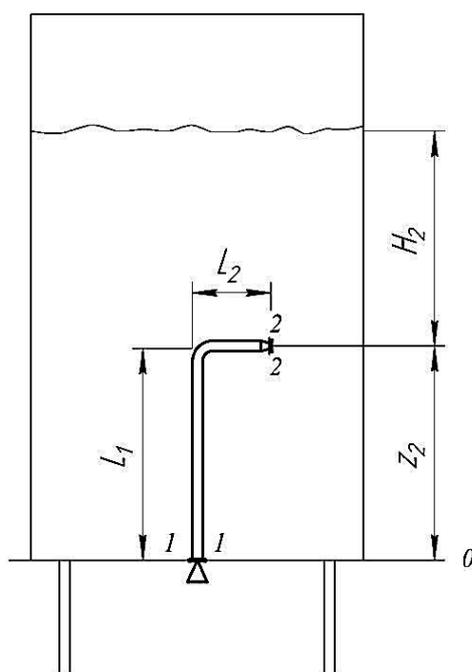


Рис. 4. Схема цилиндрического аппарата для перемешивания

Согласно рис. 4, уравнение Бернулли для сечений 1-1 и 2-2 может быть представлено в следующем виде (4):

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{8Q^2}{\pi^2 d_1^4 g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{8Q^2}{\pi^2 d_2^4 g} + \frac{128\nu Q}{g\pi d_1^4} (L_1 + L_2) + \frac{8Q^2}{g\pi^2 d_1^4} (\zeta_1 + \zeta_2) + \frac{8Q^2}{g\pi^2 d_2^4} (\zeta_{отв} + \zeta_{расш}), \quad (4)$$

где z_1, z_2 — геометрические напоры для сечений 1-1 и 2-2 соответственно, м; p_1 — рабочее давление, создаваемое насосом, Па; p_2 — давление окружающей среды на выходе из насадки, Па; Q — расход в системе, м³/с; d_1 — диаметр трубопровода в сечении 1-1, м; d_2 — диаметр выходного сечения насадки, м; ρ — плотность жидкой среды, кг/м³; ν — коэффициент кинематической вязкости жидкой среды, м²/с; L_1 — длина вертикальной части трубопровода, м; L_2 — длина горизонтальной части трубопровода, м; ζ_1 — коэффициент местных потерь напора при повороте трубопровода на 90°, $\zeta_1 = 0,14 - 1,98$ [3]; ζ_2 — коэффициент местных потерь напора при повороте трубопровода на угол α , $\zeta_2 = 0,05 - 2,43$ [3]; $\zeta_{отв}$ — коэффициент местных потерь напора при огибании кромки насадки, $\zeta_{отв} = 0,1$ [3]; $\zeta_{расш}$ — коэффициент местных потерь напора при расширении насадка, $\zeta_{расш} = 0 - 0,5$ [3].

Движение жидкой среды между сечениями 2-2 и 1-1 обусловлено разностью давления p_1 , создаваемого насосом, и давлением при выходе из насадки в окружающую среду, которое задается высотой столба жидкости H_2 над ним. На основании выражения (4), рабочее давление p_1 определяется:

$$p_1 = \rho g(z_2 + H_2) + \frac{8Q^2 \rho}{\pi^2} \left(\frac{1}{d_2^4} - \frac{1}{d_1^4} \right) + \frac{128\nu \rho Q}{\pi d_1^4} (L_1 + L_2) + \frac{8\rho Q^2}{\pi^2 d_1^4} (\zeta_1 + \zeta_2) + \frac{8\rho Q^2}{\pi^2 d_2^4} (\zeta_{отв} + \zeta_{расш}). \quad (5)$$

Для определения скорости истечения жидкости через насадок, согласно [4] и выражения (5) получена зависимость:

$$v_2 = \varphi \sqrt{2g(z_2 + H_2) + \frac{16Q^2}{\pi^2} \left(\frac{1}{d_2^4} - \frac{1}{d_1^4} \right) + \frac{256\nu Q}{\pi d_1^4} (L_1 + L_2) + \frac{16Q^2}{\pi^2 d_1^4} (\zeta_1 + \zeta_2) + \frac{16Q^2}{\pi^2 d_2^4} (\zeta_{отв} + \zeta_{расш})}, \quad (6)$$

где φ — коэффициент скорости насадка.

На рис. 5 представлена зависимость изменения скорости v_2 для различных диаметров выходного отверстия насадка для начальных условий: $d_1 = 0,032$ м; $z_2 = 1$ м; $H_2 = 2$ м; $\rho = 1000 - 1400$ кг/м³; $\nu = 1004 \cdot 10^{-6} - 2,5 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $L_1 = 1$ м; $L_2 = 0,2$ м; $\zeta_1 = 0,14$; $\zeta_2 = 0,05$; $\zeta_{отв} = 0,1$; $\zeta_{расш} = 0,5$.

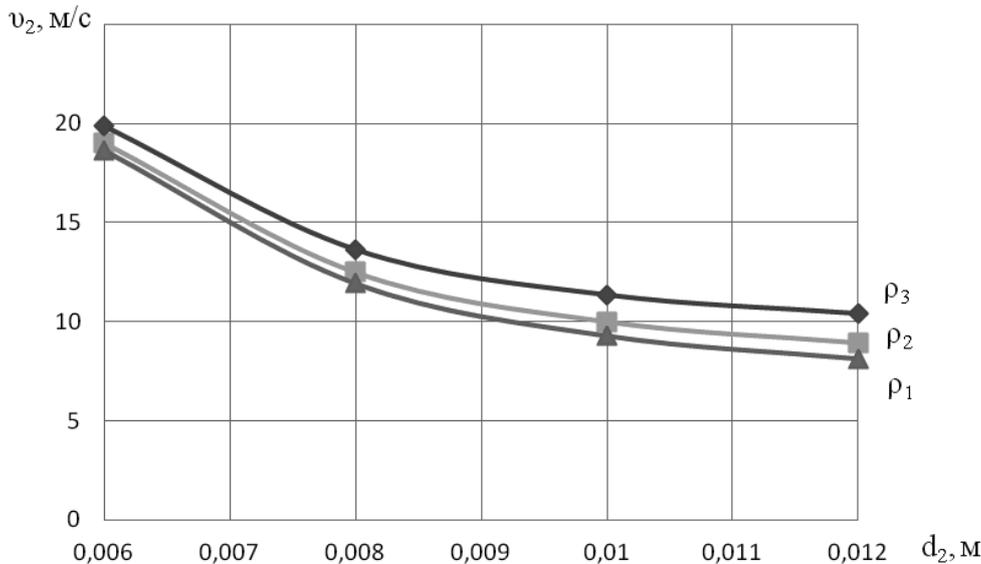


Рис. 5. Зависимость скорости v_2 от диаметра выходного отверстия насадка d_2 при установившемся расходе $Q = 2$ м³/ч ($\rho_1 = 1000$ кг/м³, $\rho_2 = 1200$ кг/м³, $\rho_3 = 1400$ кг/м³)

Как видно из графика, скорость выхода струи из насадка, рассчитанная по зависимости (6), при уменьшении плотности и вязкости перемешиваемой среды уменьшается с 10,3 м/с до 8,1 м/с при диаметре насадка 12 мм. Струя, истекающая в пространство на выходе из насадка, обладает начальной скоростью v_2 , а диаметр сечения осесимметричной круглой струи равен диаметру насадка d_2 . При удалении от начального сечения, скорость струи уменьшается, а диаметр ее сечения увеличивается. Согласно зависимости для расчета скорости струи по оси основного участка на расстоянии x [3]:

$$v_x = \frac{0,96}{\frac{2kx}{d_2} + 0,29} v_2, \quad (7)$$

где k — коэффициент характеризующий влияние турбулентности струи на ее расширение; x — расстояние до начального сечения струи, м; d_2 — диаметр выходного отверстия насадка, м; v_2 — скорость струи на выходе из насадка, м/с.

Коэффициент k для осесимметричных струй в среднем принимает значения 0,07 – 0,08 [4].

Выражение (7) характеризует распределение скорости по длине струи в свободном неограниченном пространстве, однако, для практического применения струй в промышленных аппаратах необходимо учитывать конструктивные особенности применяемого оборудования и технологические режимы эксплуатации. С учетом полученных выражений определения расстояния x (3) и скорости выхода струи из насадка (6) получим выражение распределения скорости v_x на расстоянии от оси струи:

$$v_x = \frac{0,96d}{2k\sqrt{R^2 - \sin^2 \alpha (l_{mp} + 4,5 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot d_{mp})^2 - l_{mp} \cos \alpha - 4,5 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} (\cos \alpha + 1) \cdot d_{mp} - 4,22(d_{mp} - d) + 0,29d}} \times \sqrt{2g(z_2 + H_2) + \frac{16Q^2}{\pi^2} \left(\frac{1}{d_2^4} - \frac{1}{d_1^4} \right) + \frac{256\nu Q}{\pi d_1^4} (L_1 + L_2) + \frac{16Q^2}{\pi^2 d_1^4} (\zeta_1 + \zeta_2) + \frac{16Q^2}{\pi^2 d_2^4} (\zeta_{отв} + \zeta_{расш})}. \quad (8)$$

На рис. 6 представлена зависимость распространения струи на расстоянии x от насадка при изменении диаметра выходного отверстия насадка $d_2 = 6 - 12$ мм.

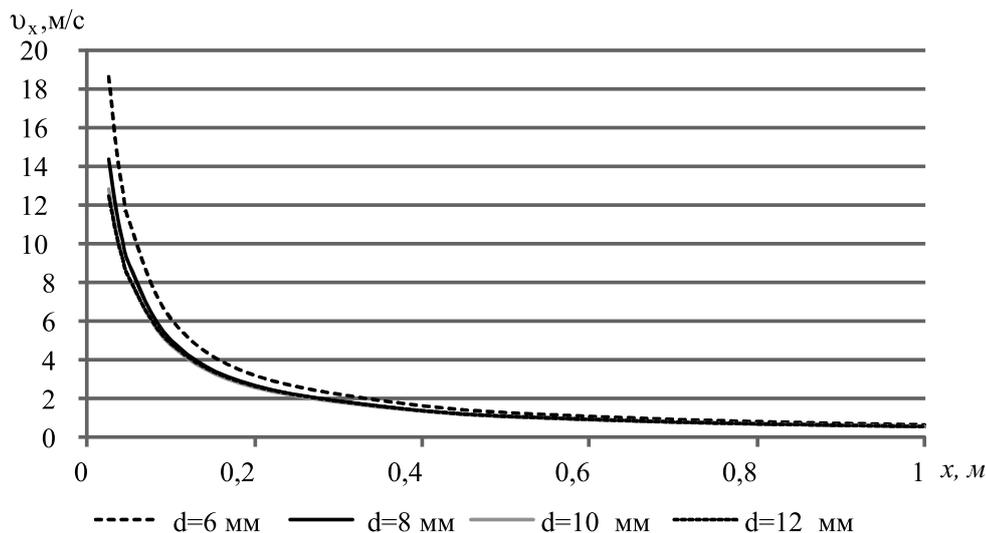


Рис. 6. Зависимость скорости распространения струи от расстояния x при изменении диаметра насадка ($\rho_2 = 1200$ кг/м³)

Данный график показывает, что скорость распространения струи убывает при увеличении расстояния x от насадка по экспоненциальной зависимости, при этом значения скорости для насадков диаметром 8 – 12 мм отличаются незначительно и на расстоянии 0,6 – 1,0 м значения скоростей для насадков 6 – 12 мм изменяются от 0,96 м/с до 0,59 м/с.

Выводы. В результате теоретического анализа параметров конструкции струйного смесителя, получены аналитические зависимости скорости выхода струи из конического сходящегося насадка, установленного в цилиндрическом аппарате, и скорости распространения струи на расстоянии от насадка, учитывающие конструктивные и технологические параметры струйного смесителя и насадка, а также влияние физико-механических свойств обрабатываемой среды. Полученные уравнения рекомендуются для определения параметров струйных смесителей, применяемых в емкостях для перемешивания сред плотностью $\rho = 1000 - 1400$ кг/м³.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев, В.В. Осесимметричная затопленная струя: метод. указания к выполнению курсовой работы по курсу «Механика жидкости и газа» / В.В. Лебедев // [Электронный ресурс]. — 2006. — Режим доступа : www.rsatu.ru/sites/_physics/physics/arch/metrek3.doc. — Дата доступа : 10.04.2014.
2. Ловкис, З.В. Технология струйного перемешивания и методика инженерного расчета аппарата со струйной мешалкой / З.В. Ловкис, А.А. Садовский // Пищевая промышленность: наука и технологии. — Минск, 2013. — №2 (21). — С. 86 – 91.
3. Ловкис, З.В. Гидравлика: учеб. пособие / З.В. Ловкис. — Минск : Беларус. навука, 2012. — 439 с.

4. *Анурьев, В.И.* Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / под ред. И.Н. Жестковой. — М.: Машиностроение, 1999. — Т.3. — 848 с.

Рукопись статьи поступила в редакцию 15.05.2014

Z.V. Lovkis, A.A. Sadovskii

THE THEORETICAL ANALYSIS OF JET-MIXING ELEMENTS WITH THE SUBSTANTIATION OF HIGH-SPEED CHARACTERISTICS OF THE STREAM

In article the influence of constructive and technological parameters of the jet mixer, a nozzle and the properties of the processed environment are studied. Analytical dependences of definition of speed of an exit of a stream from conic converging nozzle, established in the cylindrical device, and speed of distribution of a stream on distance from a nozzle, taking into account given parameters, are obtained. The received equations are recommended for definition of jet mixer parameters, which used in devices for mixing of environments with density $\rho = 1000 - 1400 \text{ kg/m}^3$.

УДК 66.084.6

В статье дано описание конструкции и работы новой барабанно — лопастной моечной машины, в которой эффективность процесса мойки достигается за счет интенсивного перетирания корнеклубнеплодов и циркуляции моющей воды.

Определено вероятностное распределение мгновенного числа контактов на поверхности одного клубня, общее число контактов одного клубня за время пребывания в мойке и общее число контактов в единице объема моечного пространства.

Действие всех контактов представлено как последовательность импульсов разной формы, следующих друг за другом через промежутки времени с определенной степенью вероятности.

Отмечено, что теоретическое исследование качества мойки сводится к вероятностному определению интенсивности покрытия поверхности клубня площадками контактов. Определены зависимости, по которым определяется оптимальное время мойки.

ВЕРОЯТНОСТНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЦЕССА МОЙКИ В БАРАБАННО — ЛОПАСТНОЙ МОЕЧНОЙ МАШИНЕ

Луцкий национальный технический университет, г. Луцк, Украина

Ф.Н. Крисак, доцент, кандидат технических наук, докторант кафедры инженерного и компьютерного обеспечения агропромышленного комплекса

Постановка проблемы. При создании новых высокоэффективных моечных машин для корнеклубнеплодов необходимы глубокие теоретические исследования процесса мойки, в частности влияния фактора перетирания корнеклубнеплодов между собой.

Анализ последних исследований. В исследованиях [1, с. 30 — 39] процесса мойки и моечных машин недостаточно изучены: основной фактор процесса мойки — перетирание и его влияние на качество мойки; технологические и конструкторские решения.

Результаты исследований. Для ведения более эффективного процесса мойки автором предложена новая конструкция моечной машины [2], схема которой изображена на рис. 1

Моечная машина работает следующим образом. Через загрузочное устройство 4 клубни подаются в моечную ванну 3, заполненную водой. При вращении барабанов 6 лопасти 7 захватывают клубни и придают им внутри барабанов вращательное движение. При этом клубни, находящиеся в середине барабана интенсивно перетираются с корнеплодами, находящимися возле торцевого пространства барабанов, а также, перетираясь между собой, опускаются вниз по