

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛОПАСТНОГО ТАРЕЛКОДЕРЖАТЕЛЯ СЕПАРАТОРА-СЛИВКООТДЕЛИТЕЛЯ

Яшин Александр Владимирович, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Механизация технологических процессов в АПК», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

440014 г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: jashin1982@mail.ru

Мишанин Александр Леонидович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442 Самарская область, Кинельский район, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2

E-mail: mishanin_al@mail.ru

Сёмов Иван Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация технологических процессов в АПК», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

440014 г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: semiw@mail.ru

Хорев Павел Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация технологических процессов в АПК», ФГБОУ ВО Пензенский ГАУ.

440014 г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: xpn.75@mail.ru

Ключевые слова: молоко, лопасть, напор, мощность, профиль лопасти.

Цель исследований – повышение производительности сепаратора-сливкоотделителя применением лопастного тарелкодержателя для равномерного заполнения межтарелочных пространств. Рассмотрено движение молока по подводющим каналам лопастного тарелкодержателя оригинальной конструкции сепаратора сливкоотделителя, с учетом того, что движение молока струйное. Таким образом, поток молока в подводящих каналах рассматривали как состоящий из бесконечного числа элементарных струек. Определены зависимости для определения напора, создаваемого лопастным тарелкодержателем и мощности, необходимой для придания потоку молока движения по подводящим каналам лопастного тарелкодержателя с требуемой угловой скоростью. Построены графики этих зависимостей от подачи молока (производительности сепаратора-сливкоотделителя) и проанализировано влияние углов лопастей как на входе, так и на выходе. Установлено, что для снижения воздействия на поток молока необходимо, чтобы его абсолютная скорость была минимальной, это достигалось обоснованием значений углов лопастей. По результатам экспериментальных исследований определена производительность сепаратора-сливкоотделителя с лопастным тарелкодержателем – $0,0000165 \text{ м}^3/\text{с}$ и установлены оптимальные значения основных параметров.

Основной продукцией молочного скотоводства сельскохозяйственных предприятий является цельное молоко, которое, как и его составляющие (сливки и обезжиренное молоко) являются сырьем для производства различных молочных продуктов. Для чего в составе большинства технологических линий производства молочной продукции применяются сепараторы-сливкоотделители. Анализ их конструкций позволяет считать одним из главных недостатком неравномерное заполнение межтарелочных пространств молоком, что является основной причиной снижения их производительности. Одним из пунктов Госпрограммы РФ «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы» является техническая и технологическая модернизация АПК, без которой, при используемом оборудовании, невозможно в полной мере обеспечить импортозамещение конкурентоспособной продукцией и повысить экономическую безопасность страны.

Цель исследований – повышение производительности сепаратора-сливкоотделителя применением лопастного тарелкодержателя для равномерного заполнения межтарелочных пространств.

Задача исследований – определить оптимальные конструктивные параметры лопастного тарелкодержателя при максимальной производительности сепаратора-сливкоотделителя.

Материалы и методы исследований. В настоящее время существует множество конструкций сепараторов-сливкоотделителей, но, несмотря на конструктивные различия, все серийно-выпускаемые сепараторы-сливкоотделители работают по принципу тонкослойного центробежного разделения. При этом молоко в пакет тарелок подается по вертикальным питающим каналам снизу вверх, образованным отверстиями в тарелках, не имея строгого очертания границ, параллельных оси вращения, так как отверстия одной тарелки частично перекрывают отверстия другой из-за недостаточно точного их изготовления. Кроме того, при движении молока на заполнение пакета тарелок оказывают влияние различные сопротивления, приводящие к снижению напора на вышележащих тарелках и производительности их отдельных межтарелочных пространств,

а наиболее крупные жировые шарики в основном стремятся выделиться при движении в области нижележащих тарелок. Это приводит к тому, что нижние тарелки работают в более жестком режиме, чем верхние, снижая производительность сепаратора-сливкоотделителя в целом.

Результаты исследований. Рассмотрим движение молока по подводящим каналам лопастного тарелкодержателя (рис. 1) сепаратора-сливкоотделителя [1, 6]. При этом согласно методу Эйлера предположим, что движение молока струйное. Таким образом, поток молока в подводящих каналах можно рассматривать, как состоящий из бесконечного числа элементарных струек. Предположим, что элементарная струйка молока скользит по внутренней лопасти, а ее частица, представляющая бесконечно малую массу молока, занимающая бесконечно малый объем и обладающая всеми физическими свойствами молока, совершает сложное движение: относительное, перемещаясь вдоль внутренней лопасти от A до B с относительной скоростью v_r и направленной по касательной к траектории или к соответствующему элементу лопасти; переносное, перемещаясь вместе с внутренней лопастью (вращается) с переносной скоростью v_e , направленной по касательной к окружности, проведенной через любую точку внутренней лопасти [7].

Рассмотрим частицу молока, расположенную в точке M , которая перемещается лопастью тарелкодержателя со скоростью v_a . Момент количества движения частицы молока в точке M относительно точки O , принадлежащей оси z , определяется уравнением

$$dL_z = dm \cdot v_a \cdot h, \quad (1)$$

где $dm = \rho \cdot Q \cdot dt$ – масса частицы молока, кг;

$h = R \cdot \sin \gamma_l$ – плечо вектора $dm \cdot v_a$ относительно точки O принадлежащей оси z , м;

ρ – плотность молока, кг/м³;

Q – подача молока, м³/с.

Из параллелограмма скоростей (рис. 1) можно определить следующее:

$$v_{ae} = v_a \cdot \cos \alpha_n = v_e - v_{am} \cdot \operatorname{ctg} \beta_n = v_a \cdot \sin \gamma_l. \quad (2)$$

Производная по времени от момента количества движения потока молока, в предположении, что его движение идентично элементарной струйке геометрически равна главному моменту внешних сил, действующих на поток молока относительно той же точки, тогда с учетом (1) и (2) получим:

$$\frac{dL_{z2} - dL_{z1}}{dt} = M_{z2}^E - M_{z1}^E = \rho \cdot Q \cdot v_{ae2} \cdot R_2 - v_{ae1} \cdot R_1, \quad (3)$$

где M_{z1}^E, M_{z2}^E – главный момент внешних сил, действующих на поток молока относительно точки O , принадлежащей оси z , соответственно для начала и конца лопасти тарелкодержателя, Н·м.

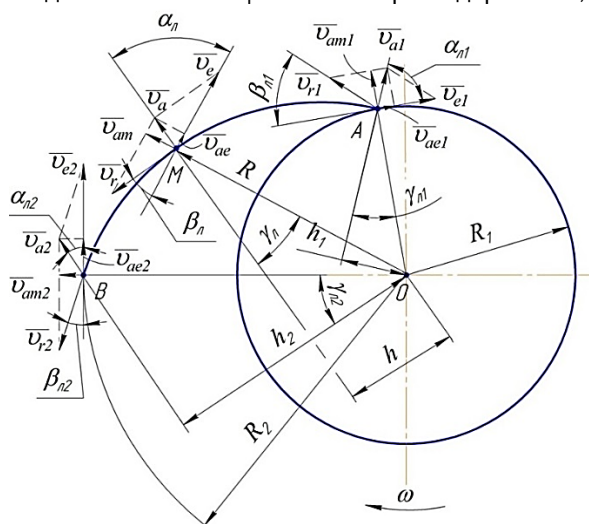


Рис. 1. Схема к определению зависимостей напора, создаваемого лопастным тарелкодержателем и мощности, необходимой для придания потоку молока движения по подводящим каналам с требуемой угловой скоростью: R – радиус точки лопасти тарелкодержателя, м; h – плечо вектора $dm \cdot v_a$ относительно точки O принадлежащей оси z , м; dm – масса частицы молока, кг; v_a – вектор абсолютной скорости частицы молока; v_e – вектор переносной скорости частицы молока; v_r – вектор относительной скорости частицы молока; v_{ae} – вектор скорости, определяемый проекцией абсолютной скорости v_a на ось, проходящую через вектор переносной скорости v_e ; v_{am} – вектор скорости, определяемый проекцией абсолютной скорости v_a на ось, проходящую в радиальном направлении через точку лопасти тарелкодержателя; ω – угловая скорость лопастного тарелкодержателя, с⁻¹; α_n – угол, образованный векторами абсолютной v_a и переносной v_e скоростей, град.; β_n – угол, образованный вектором относительной скорости v_r и обратным направлением вектора переносной скорости v_e , град.; γ_n – угол, образованный вектором абсолютной скорости v_a и радиусом R , град.; 1, 2 – индексы, соответствующие началу в точке A и концу лопасти в точке B тарелкодержателя

Теоретическая мощность, необходимая для придания потоку молока движения по подводящим каналам лопастного тарелкодержателя, определится выражением [2, 3]:

$$N_m = (M_{z2}^E - M_{z1}^E) \cdot \omega, \quad (4)$$

где $\omega = \frac{v_e}{R}$ – угловая скорость лопастного тарелкодержателя, c^{-1} .

Теоретический напор, создаваемый лопастным тарелкодержателем с учетом формул (3) и (4), определится уравнением

$$H_m = \frac{N_m}{\rho \cdot g \cdot Q} = \frac{v_{e2} \cdot v_{ae2} - v_{e1} \cdot v_{ae1}}{g}. \quad (5)$$

Уравнение (5) с учетом уравнения (2) и в предположении бесконечного числа лопастей при $v_{am} = \frac{Q}{(2 \cdot \pi \cdot R \cdot h_{л})}$ примет вид:

$$H_m = \frac{\omega^2 \cdot (R_2^2 - R_1^2)}{g} + \frac{\omega \cdot (ctg\beta_{л1} - ctg\beta_{л2})}{2 \cdot \pi \cdot g \cdot h_{л}} \cdot Q, \quad (6)$$

где $h_{л}$ – высота лопасти тарелкодержателя, м.

Действительный напор будет несколько меньше теоретического:

$$H_{\theta} = \frac{k \cdot \eta_z \cdot \omega^2 \cdot (R_2^2 - R_1^2)}{g} + \frac{k \cdot \eta_z \cdot \omega \cdot (ctg\beta_{л1} - ctg\beta_{л2})}{2 \cdot \pi \cdot g \cdot h_{л}} \cdot Q, \quad (7)$$

где k – коэффициент циркуляции;

η_z – гидравлический КПД.

Действительная мощность, необходимая для придания потоку молока движения по подводящим каналам лопастного тарелкодержателя с требуемой угловой скоростью, с учетом уравнения (5):

$$N_{\theta} = k \cdot \eta_z \cdot \omega^2 \cdot (R_2^2 - R_1^2) \cdot Q + \frac{k \cdot \eta_z \cdot \rho \cdot \omega \cdot (ctg\beta_{л1} - ctg\beta_{л2})}{2 \cdot \pi \cdot h_{л}} \cdot Q^2. \quad (8)$$

Уравнения (7) и (8) можно представить в следующем виде:

$$H_{\theta} = A_H + B_H \cdot Q; \quad (9)$$

$$N_{\theta} = A_N \cdot Q + B_N \cdot Q^2. \quad (10)$$

Уравнения (9) и (10) представлены в виде зависимостей $H_{\theta} = f(Q)$ и $N_{\theta} = f(Q)$ (рис. 2).

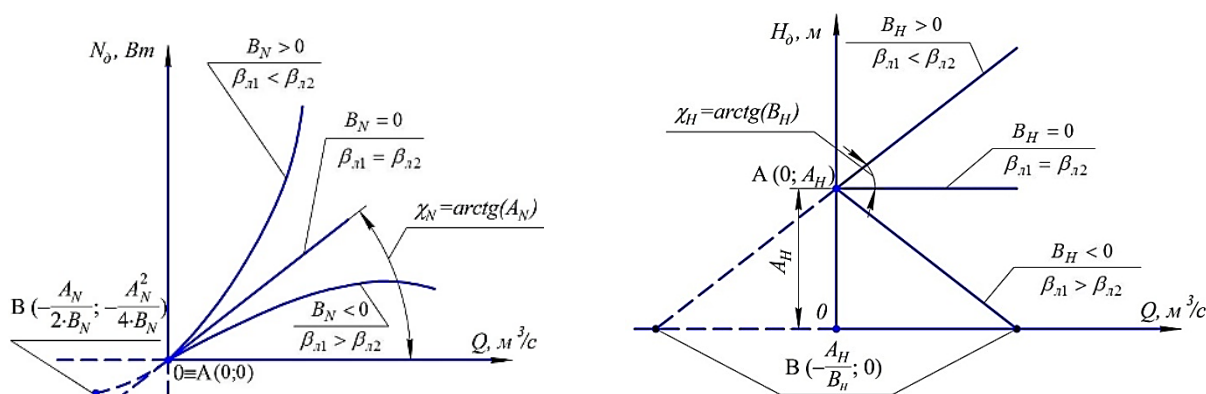


Рис. 2. Схемы к определению графиков зависимости $H_{\theta} = f(Q)$, $N_{\theta} = f(Q)$ при различных углах $\beta_{л1}$ и $\beta_{л2}$

Для снижения механического воздействия лопастей на поток молока необходимо (рис. 2), чтобы его абсолютная скорость была минимальной, что возможно при $\beta_{л1} > \beta_{л2}$, а угол и $\beta_{л2}$ должен быть минимальным, чтобы сход с лопасти был безударным. Это позволит понизить скоростной напор и повысить подачу молока при меньшей потребляемой мощности, что выполнимо при $50^{\circ} \geq \beta_{л1} \geq 10^{\circ}$, $\beta_{л2} \leq 20^{\circ}$. Таким образом, применимы лопасти, загнутые противоположно направлению вращения, а для обеспечения плавности потока

молока, – имеющие криволинейный профиль, описывающий его среднюю линию по одному радиусу, что обеспечивает постоянство кривизны и способствует плавному течению потока молока и меньшему воздействию на жировые шарики. Следовательно, углы $\beta_{л1}$ и $\beta_{л2}$ являются конструктивно определяющими [4, 7].

На основании теоретических исследований разработан и изготовлен опытно-конструкторский образец сепаратора-сливкоотделителя с лопастным тарелкодержателем [1, 6] и определены оптимальные значения углов, образованных вектором относительной скорости и обратным направлением вектора переносной скорости для начала лопастей 50° и конца лопастей -1° , угловой скорости барабана – 1130 с^{-1} , температуры молока – 44°C при производительности сепаратора-сливкоотделителя с лопастным тарелкодержателем – $0,0000165 \text{ м}^3/\text{с}$.

Заключение. Обоснован криволинейный профиль лопастей тарелкодержателя, выполненный по дуге окружности противоположно направлению вращения барабана. Определены значения углов, образованных вектором относительной скорости и обратным направлением вектора переносной скорости для начала и конца наружной и внутренней лопастей, которые соответственно составили 50° и 1° в зависимости от анализа полученных уравнений напора, создаваемого лопастным тарелкодержателем и мощности, необходимой для придания потоку молока движения по подводным каналам. Установлена производительность каждого отдельного межтарелочного пространства, которая является величиной постоянной, что подтверждает равномерность заполнения межтарелочных пространств молоком.

Библиографический список

1. Пат. 2539759 Российская Федерация, МПК А01J 11/10, (2006.01). Сепаратор-сливкоотделитель / Яшин А. В., Щербатов С. И., Саввин А. В. [и др.]. – заявл. 26.02.2013 ; опубл. 27.01.2015, Бюл. №3. – 7 с.
2. Яшин, А. В. К вопросу определения потребной мощности маслоизготовителя / А. В. Яшин, В. С. Парфенов // Аграрный научный журнал. – 2007. – №6. – С. 70-72.
3. Яшин, А. В. Оптимизация устройства агрегации микрометрических тел с встречновращающимися лентами Мёбиуса / А. В. Яшин, В. С. Парфенов, В. Н. Стригин, И. Н. Сёмов. – Пенза : ПГУАС, 2014. – 164 с.
4. Яшин, А. В. Профилирование лопастей тарелкодержателя сепаратора-сливкоотделителя / А. В. Яшин, А. В. Саввин // Нива Поволжья. – 2014. – №3(32). – С. 84-88.
5. Яшин, А. В. Результаты экспериментальных исследований сепаратора-сливкоотделителя с лопастным тарелкодержателем / А. В. Яшин, А. В. Саввин // Образование, наука, практика: инновационный аспект : сб. Международной науч.-практ. конф., посвященной дню Российской науки. – Пенза : РИО ПГСХА, 2015. – Т. II. – С. 138-141.
6. Яшин, А. В. Сепаратор-сливкоотделитель для мелкотоварных хозяйств / А. В. Яшин, А. В. Саввин // Нива Поволжья. – 2014. – №3(32). – С. 88-92.
7. Яшин, А. В. Теоретическое обоснование конструктивных параметров лопастного тарелкодержателя сепаратора-сливкоотделителя / А. В. Яшин, А. В. Саввин // Образование, наука, практика: инновационный аспект : сб. Международной науч.-практ. конф., посвященной дню Российской науки. – Пенза : РИО ПГСХА, 2015. – Т. II. – С. 146-150.

DOI 10.12737/24510

УДК 62-522

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С МНОГОКОНТУРНЫМИ СИСТЕМАМИ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Симанин Николай Алексеевич, канд. техн. наук, проф. кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440039, Пенза, проезд Байдукова, ул. Гагарина, 1а/11.

E-mail: nsimanin@mail.ru

Коновалов Владимир Викторович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Технология машиностроения», ФГБОУ ВО Пензенский ГТУ.

440039, Пенза, проезд Байдукова, ул. Гагарина, 1а/11.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

Петрова Светлана Станиславовна, канд. техн. наук, доцент, инженер ООО «Премиум».

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, 101 а.

E-mail: ssaariz@mail.ru

Ключевые слова: точность, контроль, погрешность, обработка, преобразователь.

Цель исследования – повышение точности изготовления деталей резанием в машиностроении и ремонтном производстве. Одним из направлений повышения точности обработки на металлорежущих станках является их оснащение системами активного контроля и автоматического регулирования размеров деталей. Для создания таких систем необходима разработка и внедрение первичных измерительных преобразователей (датчиков),