

Работа 1.7. Гомогенизатор А1-ОГМ

Технологическая задача: механическое дробление жировых шариков с целью стабилизации жировой эмульсии.

Цель работы: Оценить технический уровень (состояние) гомогенизатора «А1-ОГМ» и дать предложения по развитию его конструкции для повышения эффективности процесса гомогенизации.

Задачи работы:

1. Изучить устройство и принцип работы гомогенизатора «А1-ОГМ».
2. Рассмотреть особенности процесса гомогенизации.
3. Определить теоретическую и экспериментальную производительности, а также мощности привода гомогенизатора «А1-ОГМ» при различном давлении гомогенизации и обработать результаты испытаний.
4. Дать предложения по техническому обслуживанию гомогенизатора «А1-ОГМ».
5. Усвоить правила безопасной эксплуатации и наладки гомогенизатора «А1-ОГМ».

Оборудование, инструменты и инвентарь: виртуальные имитационные модели: гомогенизатор «А1-ОГМ», весы технические, секундомер, амперметр, ведро, линейка, манометр.

Продукты: молоко.

Изучение устройства и принципа работы. Гомогенизатор А1-ОГМ предназначен для дробления и равномерного распределения жировых шариков в молоке и жидких молочных продуктах.

Гомогенизатор А1-ОГМ (см. «Машины и аппараты пищевых производств». В 3 кн. Учеб. для вузов/ С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др.; Под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова.– М.: КолосС, 2009.– 2008 с).

Порядок выполнения работы.

На рис. 1 показан внешний вид пользовательского интерфейса виртуальной лабораторной работы:

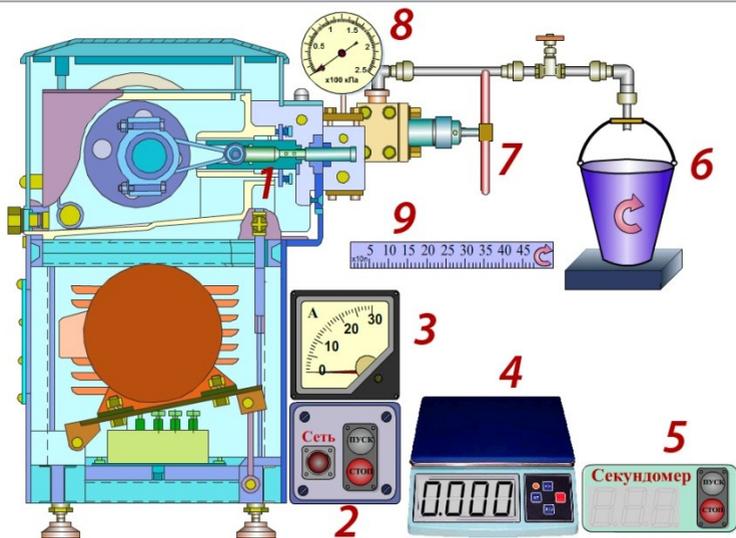


Рис. 1 – пользовательский интерфейс виртуальной лабораторной работы.

1. Нажмите кнопку Пуск на панели управления 2 гомогенизатора. После этого загорается сигнальная лампа и начинает перемещаться плунжер в гомогенизирующей головке 1.

2. Взвесьте пустое ведро 6 на весах 4, показания занесите в протокол испытаний.

3. Установите заданное преподавателем давление гомогенизации. Величину давления можно изменять, вращая рукоятку 7. Для этого нужно кликать мышью по верхней или нижней части рукоятки 7. Значение давления контролируйте по показаниям манометра 8.

4. Установите ведро 6 на подставку под выходной патрубок гомогенизатора, включите секундомер 5 и дождитесь заполнения емкости примерно на 50 %.

5. Выключите секундомер и остановите установку.

6. Перенесите ведро на весы, показания весов и секундомера занесите в протокол измерений.

7. Верните ведро на подставку и вновь запустите установку.

8. Внесите в протокол измерения показания амперметра.

9. Измените давление гомогенизации (см. п. 2) и повторите измерения силы тока.

10. Повторите пункты 7 и 8 несколько раз.

Расчетная часть

Производительность гомогенизатора G , м³/ч зависит от производительности насоса, который нагнетает молоко в гомогенизирующую головку. Чаще всего, гомогенизаторы оснащены плунжерными насосами, производительность которых вычисляют по формуле

$$G = 60 f S n z \eta, \quad (1.1)$$

где f – площадь сечения плунжера, м²; S – ход плунжера, м; n – частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹ ($n = 190$ мин⁻¹); z – количество плунжеров, шт. ($z = 3$ шт.); η – объемный КПД насоса ($\eta = 0,8 \dots 0,9$).

Фактическая производительность гомогенизатора в каждом опыте определяется по формуле

$$G_{\phi i} = 3600 \frac{(m_i - m_e)}{\tau_i}, \quad (1.2)$$

где m_i – показания весов в i -ом опыте, кг; m_e – масса пустой емкости (ведра), кг; τ_i – время наполнения емкости в i -ом опыте.

Фактическая производительность гомогенизатора

$$G_{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^k G_{\phi i}}{k}, \quad (1.3)$$

где k – количество опытов.

Мощность N (кВт), необходимую для работы гомогенизатора, определяют по формуле для расчета мощности насосов

$$N = \frac{Gp}{3600\eta}, \quad (1.4)$$

где p – давление, развиваемое плунжерами гомогенизатора (давление перед клапаном), Па; η – механический к.п.д. гомогенизатора ($\eta = 0,75 \dots 0,85$).

Потребляемая установкой электрическая мощность N_{ϕ} (Вт) определяется как произведение значения тока I (А) на напряжение питающей сети U (В):

$$N_{\phi} = I \cdot U. \quad (1.5)$$

Установка питается от промышленной трёхфазной сети напряжением 380 В, таким образом принимаем $U = 380$ В.

В результате затрат большого количества механической энергии, которая превращается в теплоту, при клапанной гомогенизации заметно нагревается продукт. Повышение температуры продукта Δt ($^{\circ}\text{C}$) в гомогенизаторе можно рассчитать по формуле

$$\Delta t = \frac{P}{\rho c}, \quad (1.6)$$

где p – давление гомогенизации, Па; ρ – плотность продукта, $\text{кг}/\text{м}^3$ ($\rho = 1033 \text{ кг}/\text{м}^3$); c – массовая теплоемкость продукта, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ($c = 3880 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$).

Толщина тарелки клапана $h_{\text{кл}}$, м

$$h_{\text{кл}} = 0,43 d_{\text{кл}} \sqrt{p / [\sigma]} \quad (1.7)$$

где $[\sigma]$ – допускаемое напряжение для материала клапана, Па ($[\sigma] = 24 \cdot 10^7$ Па); $d_{\text{кл}}$ – диаметр клапана, м.

$$d_{\text{кл}} = \sqrt{1,27(\Delta F + G / 6v_{\text{д}} z)}, \quad (1.8)$$

где $v_{\text{д}}$ – допускаемая скорость жидкости в седле, м/с (для всасывающего клапана 2 м/с, а для нагнетательного 5...8 м/с); ΔF – площадь сечения хвостовика, м^2

$$\Delta F = \pi r_{\text{к}}^2, \quad (1.9)$$

где $r_{\text{к}}$ – радиус хвостовика, м ($r_{\text{к}} = (4...5) \cdot 10^{-3}$ м).

Пружину нагнетательного клапана рассчитывают, исходя из необходимого усилия $P_{\text{пр}}$ при закрытом клапане

$$P_{\text{пр}} = \frac{G \omega M (1 + \lambda)}{14 d_{\text{кл}}^2 z}, \quad (1.10)$$

где ω – угловая скорость вращения коленчатого вала, с^{-1} ($\omega = 2\pi n / 60 \text{ мин}^{-1}$); M – масса клапана, кг ($M = 0,4$ кг); λ – отношение радиуса кривошипа к длине шатуна ($\lambda = 0,15...0,20$).

Сила сжатия пружины при рабочей деформации $P_{\text{д}}$, Н

$$P_o = 1,5 P_{np}. \quad (1.11)$$

Жесткость пружины \mathcal{J} , Н/м

$$\mathcal{J} = (P_o - P_{np}) / h, \quad (1.12)$$

где h – высота пружины, м ($h = 0,10 \dots 0,14$ м).

Средний диаметр жировых шариков, м, в диапазоне изменения давления от 2,0 до 20,0 МПа определяется по формуле Н.В. Барановского

$$d_{cp} = 3,8 \cdot 10^6 / \sqrt{p}. \quad (1.13)$$

Расчет предохранительных клапанов можно свести к определению проходного сечения седла клапана с учетом вязкости обрабатываемой жидкости. Для маловязких жидкостей (молоко, соки) диаметр, м, проходного сечения седла определяется по формуле

$$D_c = \frac{\sqrt{G}}{\sqrt[4]{(p - p_e) / \delta_e}}, \quad (1.14)$$

где p_e – давление всасывания, МПа ($p_e = 0,2 \cdot 10^{-6}$ МПа); δ_e – отношение массы перекачиваемой жидкости к массе воды (для молока $\delta_e = 1,03$).

Анализ результатов исследования

Сравните расчетную и фактическую производительности гомогенизатора и при несоответствии объясните причину. Сравните расчетную и фактическую мощности на привод гомогенизатора и при несоответствии объясните причину.

Постройте график зависимости $\Delta t = f(p)$. Проанализируйте рост температуры в зависимости от давления. Постройте график зависимости $N = f(p)$. Проанализируйте работу машины и сделайте вывод, обеспечивает ли она необходимое давление и стабильность процесса.

Выполните рабочий чертеж одного из наиболее изнашиваемых узлов гомогенизатора (кулачок, поршень, клапан, плунжер) и сделайте к нему спецификацию в соответствии с требованиями ЕСКД.

Проверь себя

1. Что называется гомогенизацией?
2. Назовите классификацию гомогенизаторов.
3. Какие виды гомогенизирующих головок используются в гомогенизаторах?
4. Как устроен и работает гомогенизатор?
5. Какие типы гомогенизаторов используются в промышленности?
6. От каких факторов зависит степень гомогенизации?
7. Как регулируется производительность гомогенизатора?