

Моделирование взаимодействия потоков пищевой смеси с элементами рабочей камеры аппарата

Башева Е.П., Алексеев Г.В.
gva2003@rambler.ru

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий,
механики и оптики
Институт холода и биотехнологий*

Одной из актуальных проблем обеспечения потребностей населения в полноценном, здоровом питании является обеспечение его широким ассортиментом напитков, содержащих необходимые для жизнедеятельности человека витамины, в частности витамин С. К таким напиткам традиционно относят напитки, изготовленные на основе цитрусовых, в частности лимонов. Представляется целесообразным производство газированных напитков такого типа содержащих измельченную мякоть плодов. Решение такого рода задач сопряжено с некоторыми технологическими проблемами.

Ключевые слова: ассортимент напитков, цитрусовые, измельчение мякоти

К числу одной из первоочередных проблем подлежащих решению при производстве цитрусовых напитков с мякотью можно, по-видимому, отнести вопросы связанные с периодической очисткой рабочей камеры от остатков продукта измельчения на внутренней поверхности рабочей камеры аппарата и на измельчительных органах: вала и лезвиях ножей.

Логично предположить, что такая очистка должна производиться подачей через форсунки некоторого ингредиента (например, газированной воды), впоследствии входящего в рецептуру напитка.

Такая схема построения технологического процесса предполагает проведение анализа силового воздействия смывающих струй с элементами рабочей камеры для определения режимов работы форсунок. Результаты такого анализа могут быть использованы также при конструировании устройства для укупоривания газированного напитка в тару.

В соответствии с известными положениями активное взаимодействие между струей и твердой преградой имеет место в том случае, когда струя, вытекающая из сопла, наталкивается на неподвижную или подвижную преграду, например, в виде выпуклой или вогнутой пластинки [1].

После удара о пластинку струя растекается по ее поверхности со скоростью c . В центре пластинки образуется вихревая зона.

При этом струя отклонится от своего первоначального направления на угол ϵ ,

вследствие чего пластинка будет испытывать силу давления X в направлении оси сопла $S-S$. Сила X является силой активного давления струи на неподвижную пластинку.

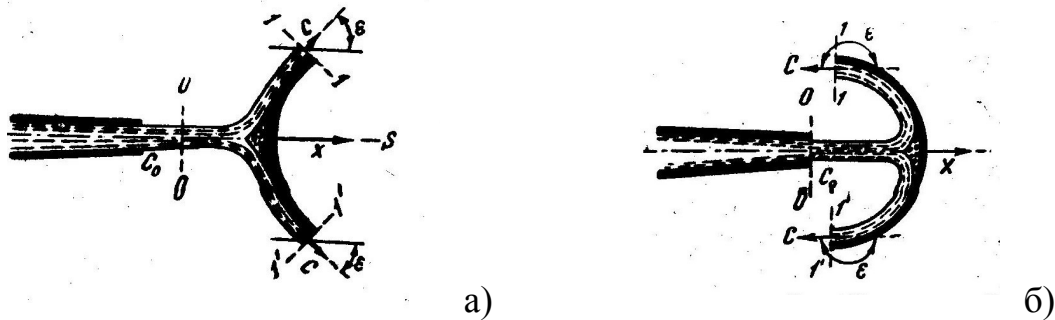


Рис.1 Взаимодействие струи с элементами рабочей камеры
а) рабочего вала; б) корпуса

Силу активного давления струи на преграду определяют, применив теорему об изменении количества движения к объему жидкости между сечениями $o-o$ и $1-1$. Примем за ось проекций ось сопла $S-S$. Составим проекцию на эту ось изменения количества движения за время Δt , которая должна быть равна проекции импульса силы за то же время:

$$mc_o \Delta t - (m/2)c \cos \epsilon \Delta t - (m/2)c \cos \epsilon \Delta t = X \Delta t,$$

где m - масса жидкости, вошедшей в отсек через сечение $O - O$ за время Δt .

Принимая $c_o = c$ (потерями энергии на участке потока между сечениями $O - O$ и $1 - 1$ можно пренебречь), имеем

$$X \Delta t = mc_o(1 - \cos \epsilon) \Delta t$$

Полагая $\Delta t = 1 \text{ сек}$ окончательно получим $X = \rho Q c_o (1 - \cos \epsilon)$,
где Q - расход сопла.

Если пластинка вогнутая (рис. 1б), то угол ϵ больше 90° , а $\cos \epsilon$ имеет отрицательное значение. Поэтому согласно последней формуле активное давление на вогнутой пластине будет больше, чем на выпуклой. В частном случае, когда $\epsilon = 90^\circ$ и $\cos \epsilon = 0$ (пластинка прямая и перпендикулярная к направлению струи) имеем

$$X = \rho Q c_o = (\gamma/g) \rho Q c_o$$

Предположим, что площадь сечения сопла равна ω и сопло закрыто плоской пластиной. Тогда давление за эту пластину равно $P = \gamma \omega H$, где H - напор над центром тяжести сопла. С другой стороны, $c_o = (2gH)^{0.5}$ (если $\varphi \approx 1$) и $Q = \omega c_o$. В этом случае активное давление X может быть представлено такой зависимостью

$$X = (\gamma/g) Q c_o = (\gamma/g) \omega c_o^2 = 2 \gamma \omega H$$

Следовательно, активное давление потока на плоскую пластинку в два раза больше того гидростатического давления, которое действовало бы на перекрытое

сопло при напоре H , соответствующем скорости c_0 .

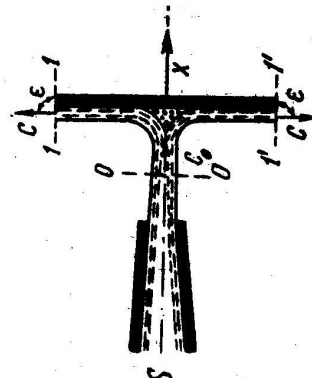


Рис.2 Взаимодействие струи с

укупорочным элементом

Приведенные выше соображения могут быть использованы и на последней стадии технологического процесса получения газонаполненного цитрусового напитка с мякотью – его укупорки в тару (рис.2). Источником струи в этом случае может быть сам напиток помещенный в тару под некоторым избыточным давлением. Рассмотрим взаимодействие струи и пластинки, движущейся со скоростью u . Обозначим через X активное давление струи на движущуюся пластинку. В этом случае жидкость будет двигаться вместе с пластинкой со скоростью u и одновременно передвигаться по пластинке с относительной скоростью w . Так как скорости c_0 и u имеют одно направление, то относительная скорость движения струи по пластинке будет равна $w = c_0 - u$, а активное давление X выразится зависимостью

$$X = (\gamma/g)Qw = (\gamma/g)Q(c_0 - u)$$

Мощность равна произведению силы на путь за 1 сек:

$$N = Xu = (\gamma/g)Q(c_0 - u)u = (\gamma/g)Quc_0 - (\gamma/g)Qu^2$$

Записанное уравнение представляет собой функцию $N = f(u)$ при $Q = \text{const}$ и $c_0 = \text{const}$. При $u = 0$ (пластинка неподвижна) активное давление будет максимальным, но мощность равна нулю. При $u = c_0$ активное давление X и мощность равны нулю. Найдем

максимум функции $N = f(u)$. Для этого ее первую производную приравняем нулю

$$(dN/du) = (\gamma/g)Qc_0 - 2(\gamma/g)Qu = (\gamma/g)Q(c_0 - 2u) = 0$$

откуда $u = c_0/2$.

Таким образом, максимальная мощность N_0 будет реализована при $u = u_0 = c_0/2$. Отсюда следует, что величина кинетической энергии струи, вытекающей из сопла со скоростью c_0 равна

$$(m c_0^2)/2 = (\gamma/2g)Q c_0^2$$

Этот результат свидетельствует о том, что энергия взаимодействия струи с пластинкой составит половину энергии, которой обладает струя вытекающая из сопла (тары наполненной газированным напитком).

Поскольку определяющими параметрами последнего соотношения являются плотность жидкости струи (γ) и расход жидкости (Q), то энергетические параметры воздействия потоков пищевой смеси с элементами рабочей камеры аппарата и элементов укупорки, как показывают исследования специалистов [2,3], существенно зависят от структурно-механических параметров самой пищевой смеси. Сложность фракционного и количественного состава газированных citrusовых напитков с мякотью требует для конкретизации числовых значений указанных параметров дополнительных исчерпывающих экспериментальных исследований.

Список литературы:

1. Угинчус А.А. Гидравлика и гидравлические машины. Харьков.-1970.-395 с.
2. Арет В.А., Алексеев Г.В. Возможности управления процессом измельчения путем изменения структурно-механических свойств пищевой смеси. Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий.2008.№4.С.54-58
3. Забодалова Л.А. Реологические показатели творожного продукта на основе сухих компонентов. Процессы и аппараты пищевых производств.2010.№2.С.113-121

Modeling of the interaction flow food mixture with element worker cameras of the device

Bascheva E.P., Alexeev G.V.
gva2003@rambler.ru

*Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics
Institute of Refrigeration and Biotechnologies*

One of the actual problems of the provision of need of the population in full-fledged, sound feeding is a provision his(its) broad assortment drink, containing required for vital activity of the person vitamins, in particular vitamin S. To such drink traditionally refer the drink, made on base citrus, in particular lemon. Introduces the expedient production of the fizzes of such type containing reduced pulp fruit. The Decision of such sort of the problems associate with some technological problem.

Keywords: assortment drink, citrus plants, pulverizing to pulps