

### Литература

1. *Надыкто В.Т.* Кошійна та мостова системи землеробства. Монографія / Надыкто В.Т., Улексін В.О. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2008.-270 с.
2. *Ксеневич И.П.* Технологические основы и техническая концепция трактора второго поколения / Кутьков Г.М. // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1982. №12.
3. *Скуратович А.* Не давите мужики! Не давите!.../ Обзор: Как выращивать растения и не утаптывать почву. – Сайт [METHODOLOG.RU](http://www.METHODOLOG.RU). – Размещено на сайте 07.02.2008 <http://www.triz-profi.com>.
4. *Дринча В.М.* Стратегические вопросы развития аграрной инженерии / Дринча В.М. // Тракторы и сельскохозяйственные машины.-2002.-№1.-С.12-17.
5. *Блиоков О.Н.* Проблемы повышения эффективности научно-технического прогресса в сельском хозяйстве / Блиоков О.Н., Косачев Г.Г. // Механизация и электрификация сельского хозяйства.-1986.- №6.-С.17-20.
6. *Улексин В.А.* Мостовое земледелие. Монография / Улексин В.А. – Днепропетровск: Пороги, 2008.-224 с.
7. Подборка о машинах для мостового земледелия по страницам иностранных журналов // Тракторы и сельскохозяйственные машины.-1990.-№2.-С.51-54.

## JUSTIFICATION POWER SATURATION IS AGRICULTURAL SELF-PROPELLED OVERHEAD TRAVELING MEANS

V. Kuvachov

### Summary

*The paper presents a method of determining the power saturation of agricultural self-propelled overhead traveling means.*

**С. В. Кюрчев**, кандидат технических наук,

**И. Н. Змеева**, инженер

Таврический государственный агротехнологический университет,  
г. Мелитополь, Украина, e-mail: nusuona78@mail.ru

## **ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ПИЩЕВОЙ ЖИДКОСТИ НА ОСНОВЕ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS**

*Аннотация: В статье проанализировано гидродинамическое поведение пищевой жидкости, проведено численное моделирование процесса протекания жидкости по каналу, который образован манжетой, и направляющей с помощью FLOTRAN CFD анализу программного комплекса ANSYS.*

*Ключевые слова: фасование пищевой жидкости, дозатор, численное моделирование, нестационарный анализ, распределение поля скоростей, распределение поля объемной фракции, программный комплекс ANSYS.*

**Постановка проблемы и её связь с важнейшими научными и практическими заданиями.** В период рыночной экономики перед пищевым машиностроением стоит задача разработки и выпуска универсального высокопроизводительного оборудования для разлива пищевых продуктов и автоматизированных технологических линий, которые были бы конкурентоспособными на мировом рынке. Усовершенствование оборудования должно быть направлено на улучшение технического уровня и качества, в том числе на повышение производительности, улучшения технологических характеристик без существенного увеличения расходов на изготовление и эксплуатацию оборудования.

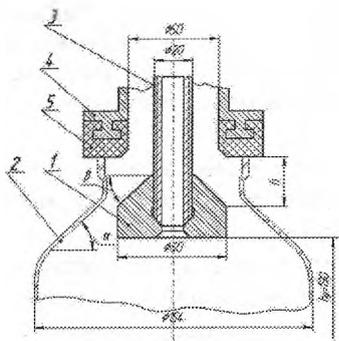
Повышение производительности разливного (фасовочного) оборудования простым увеличением количества разливных механизмов не позволяет получить максимальную эффективность, поскольку в этом случае увеличивается масса машины и ее энергопотребление. Поэтому в увеличении производительности интенсивным методом, без увеличения количества разливных механизмов, кроются возможности значительного повышения эффективности производства.

Для создания высокопроизводительного разливного оборудования необходимо дальнейшее как теоретическое, так и экспериментальное исследование гидравлических характеристик разливного оборудования и процесса разлива в целом [1, 2]. В основу совре-

менных методов расчета процесса фасования и фасовочных машин легли результаты исследований, которые проводились Н.Ф. Харитоновым, П. Н. Галасовим, С.И. Цитовским, К.П. Гетмановым, I.A. Степановым, Д.А. Ярмолинским, В.Г. Студилиным, Ц.Р. Зайчиком, Х. Брандоном, К. Кларком. Чаще всего исследовались процессы фасования вин, как наиболее сложные, что связано с физико – механическими свойствами продукта и требованиями, которые выдвигаются к его фасованию [3, 4, 5].

**Целью статьи является анализ гидродинамического поведения пищевой жидкости на основе численного моделирования процесса разливания пищевой жидкости в тару на основе программного комплекса ANSYS.**

**Изложение основного материала исследований.** При заполнении жидкостью банки 2 (рисунок 1) образуется пена, количество которой зависит от гидравлических характеристик дозатора, формы и размеров тары, свойств жидкости. Пенообразование приводит к отклонению от дозы, потери жидкости, которая разливается, и необходимости дополнительного времени для успокоения пены. Уменьшение турбулизации жидкости в канале дозатора 4 и уменьшение пенообразования зависит от конструктивных параметров дозатора.



1 – направляющая; 2 – банка; 3 – воздушная трубка; 4 – патрон; 5 – уплотняющая манжета.

Рисунок 1 – Гидравлическая схема устройства для разлива пищевых жидкостей по уровню

Процесс заполнения банки пищевой жидкостью являются настолько сложным, что детально описать его можно или с помощью феноменологической теории или используя численное моделирование. В работе рассматривались только маловязкие пищевые жидкости, которые с достаточной точностью можно считать ньютоновскими. В качестве базовый для исследования выбран гра-

витационный метод розлива, способ формирования струи – “шатром”. Этот процесс смоделирован с помощью FLOTRAN CFD (Computational Fluid Dynamics) анализа программного комплекса ANSYS [6 – 8].

Использован конечный элемент FLUID141 для моделирования нестационарного процесса, который описывает динамику объема текучей среды. Этот элемент имеет 4 узла и характеризуется такими степенями свободы в каждом узле – VX, VY, VZ (компоненты скорости в X, Y, Z – направлениях), PRES (относительное давление), TEMP (температура), ENKE (кинетическая энергия турбулентности), ENDS (коэффициент диссипации кинетической энергии турбулентности). Если материальный номер конечного элемента FLUID141 равняется единице, то этот элемент отвечает элементу, заполненному жидкостью, если больше единицы – незаполненному жидкостью элементу.

Для выполнения анализа объема текучей среды (VOF) используется алгоритм адвекции для объемной фракции (VFRC). Значение VFRC для каждого конечного элемента изменяется от нуля к единице, где нуль значит, что элемент пуст (не занят жидкостью), а единица означает полный (занят жидкостью) элемент. Значение между нулем и единицей значит, что соответствующие конечные элементы частично заполнены. Таким образом, свободная поверхность жидкости определяется распределением VFRC поля и описывается дифференциальным уравнением в производных частей.

Метод VOF позволяет отслеживать изменение площади свободной поверхности жидкости во времени, потому необходимо активизировать нестационарный анализ. При выполнении VOF анализа плотность жидкости считается постоянной, потому закон сохранения массы эквивалентен к закону сохранения общего объема (общей площади – в двумерном случае) жидкости. Для расчета использовали стандартную RNG – турбулентную модель, так как форма свободной поверхности не является чувствительной к виду турбулентной модели, которая применяется.

Важным параметром, который определяет производительность разливательного устройства, является время заполнения банки жидкостью до отмеченного уровня, который существенно зависит от абсолютной величины скорости истекания жидкости, площади живого сечения, а также зазора между направляющей и уплотня-

ющей манжетой, через которую жидкость попадает в банку. Геометрические параметры [1-3] конструктивных элементов, а также физико-химические свойства пищевой жидкости, которая разливается (вязкости, плотности, теплопроводности, теплоемкости) также влияют на производительность разливочного устройства. Варьируя угол наклона и геометрические размеры направляющей можно достичь максимальной производительности при фасовании определенного вида пищевой жидкости.

Большую роль в струйном течении играет гидродинамическая неустойчивость, которая присущая течению вблизи свободной линии тока. Известно, что колебание с произвольной длиной волны и бесконечно малой амплитудой, которые накладываются на свободную линию тока около ее начала, увеличиваются вниз по потоку по экспоненциальному закону. Показатель степени экспоненты, которая характеризует скорость роста амплитуды воз-

мущения, пропорционален величине  $\sqrt{\frac{\rho_E}{\rho_1}}$ . Где  $\rho_E$  — плотность окружающей жидкой среды,  $\rho_1$  — плотность жидкости в струе. Если  $\rho_1 \gg \rho_E$  (например, струя жидкости в газовой среде) — колебания развиваются сравнительно медленно и заметны лишь на большом расстоянии от источника струи. При этом на достаточном расстоянии наблюдается режим ламинарии течения струи.  $\rho_E/\rho_1 \sim 1$  (например, струя жидкости в жидкой среде или газовая струя в газовой среде) — пульсации будут развиваться на сравнительно небольшом расстоянии от источника струи, которая приведет к быстрому установлению турбулентного режима течения в затопленной струе. Г.Н. Абрамович в соответствии с результатами изучения затопленных турбулентных струй установил, что струя, которая вытекает в спокойную жидкость, постепенно расширяется и, в результате, рассеивается в массе спокойной окружающей жидкости. Расширение (рассеивание) струи объясняется тем, что энергия струи передается близким слоям жидкости, которые начинают двигаться вместе со струей. Наконец, когда  $\rho_E \gg \rho_1$  (например, газовая струя в жидкости), происходит практически мгновенный распад струи на отдельные фрагменты.

Определим глубину проникновения струи длиной  $l$  в толщу жидкости, которая находится на дне банки. В жидкости образуется каверна, по стенкам которой начинает растекаться струя. Обозна-

чим через  $v_1$  скорость головки струи, которая приняла форму гриба со шляпкой, а через  $v$  — скорость струи (рис. 2). В системе отсчета, которая движется со скоростью  $v_1$ , скорость струи равняется  $(v - v_1)$ , а скорость жидкости равняется  $-v_1$ . В вершине головки струи встречаются две струи, которые движутся справа и слева. Их давления должны совпадать. А так как давление пропорционально  $\rho v^2$ , то

$$\rho(v - v_1)^2 = \rho v_1^2. \quad (1)$$

Откуда

$$v_1 = \frac{v}{2}, \quad (2)$$

то есть скорость проникновения струи равняется половине скорости струи.

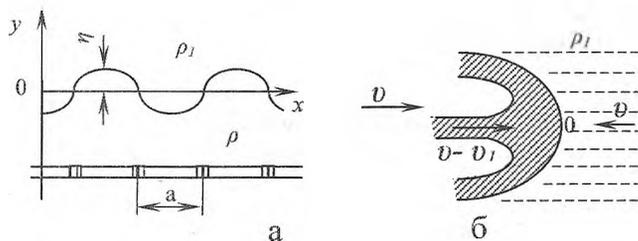


Рисунок 2 — Форма струи

Струя будет проникать в жидкость до тех пор, пока вся она не пройдет в точку  $O$ , то есть на протяжении времени

$$\tau = \frac{l}{v - v_1} = \frac{2l}{v}. \quad (3)$$

За это время струя пробьет слой жидкости толщиной

$$L = \frac{v}{2} \tau = \frac{lv}{2(v - v_1)} = l, \quad (4)$$

то есть струя пробьет слой жидкости, толщина которого равняется длине струи. После пробития слоя жидкости, толщина которого меньше длины струи, скорость струи будет равняться начальной. С этой скоростью струя падает на упругое дно банки, при этом будет справедливым рассмотрен выше процесс.

**Выводы.** В статье проанализировано гидродинамическое поведение пищевой жидкости, проведено численное моделирование процесса протекания жидкости по каналу дозатора с помощью FLOTTRAN CFD анализу программного комплекса ANSYS. Оптимальными параметрами для уменьшения турбулизации жидкости в канале дозатора и уменьшения пенообразования является высота подъема манжеты относительно направляющей и угол наклона направляющей.

**Перспективы дальнейших исследований в данном направлении.** Численное моделирование процесса заполнения тары пищевой жидкостью позволит обосновать влияние конструктивных, технологических факторов и физико-химических свойств пищевых жидкостей на критерии оптимизации - производительность и точность дозирования. Это позволит рассчитывать реальные элементы фасовочного оборудования.

#### Литература

1. Ярмолинский Д.А. Некоторые гидродинамические показатели новых разливочных автоматов // Д.А. Ярмолинский; "Виноделие и виноградарство СССР", 1967, №4, с. 46-50.
2. Ярмолинский Д.А. Причины нарушения точности дозирования вина при разливе // Д.А. Ярмолинский; "Виноделие и виноградарство СССР", 1973, №3, с. 48-51.
3. Ярмолинский Д.А. Элементы конструкций автоматов линий розлива вин (расчет и конструирование) / Д.А. Ярмолинский, Ц.Р. Зайчик; М.: "Машиностроение", 1974.
4. Степанов И.А. Автоматические линии розлива пищевых жидкостей // И.А. Степанов, П.Н. Галасов; М.: «Пищевая промышленность», 1971.
5. Харитонов Н.Ф. Автоматы и поточные линии вин // Н.Ф. Харитонов, Д.А. Ярмолинский; М.: "Машиностроение", 1967.
6. Madenci E., Guven I. The finite element method and applications in engineering using ANSYS. – Springer Science+Business Media, 2006. – 686p.
7. Лаврінченко Н.М. Кінцево-елементне моделювання в інженерних розрахунках // Н.М. Лаврінченко, В.О. Сукманов, А.О. Авраменко, А.І. Українець, Д.С. Афенченко, А.В. Шульга; Донецьк: Норд-Прес, 2008. – 668 с. – ISBN 978-966-380-268-8
8. Кюрчев С.В. Чисельне моделювання процесу наповнення скляної тари харчовою рідиною / С.В. Кюрчев, І.М. Змеєва // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України. – Одесса: 2012. – Вип. 41, том 1 – с. 182 – 187.

## **ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ПИЩЕВОЙ ЖИДКОСТИ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS**

Кюрчев С. В, Змеева И. Н.,

*Аннотация: В статье проанализировано гидродинамическое поведение пищевой жидкости, проведено численное моделирование процесса протекания жидкости по каналу, который образован манжетой, и направляющей с помощью FLOTRAN CFD анализу программного комплекса ANSYS.*

## **THE HYDRODYNAMIC BEHAVIOR OF PROCESS OF FLOWING OF LIQUID THE OF PROGRAMMATIC COMPLEX ANSYS.**

Kyurchev S., Zmeyeva I.

### *Summary*

*Hydrodynamic behavior of food liquid is analysed in the article, the numeral design of process of flowing of liquid is conducted on a channel which is formed by a cuff, and directing by means of FLOTRAN CFD to the analysis of programmatic complex ANSYS.*