

обеспечения АПК: материалы Международной научно-практической конференции (Минск, 3-4 июня 2021 года) / редкол.: Н. Н. Романюк [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2021. – С. 472–476.

7. Пинчук, А. А. Анализ существующих методов защиты от шума и современные направления их совершенствования / А. А. Пинчук, Г. И. Белохвостов, Л.Т. Ткачёва, М.В. Бренч //Техника и технология пищевых производств: материалы XIV Международной научно-техн. конференции (Могилев 21-22 апреля 2022 года. Часть 1) / редкол.: А. В. Акулич [и др.]. – Могилев, БГУТ, 2022. – С. 324–325.

8. Груданов, В. Я. Оптимизация конструкции утилизатора теплоты / В. Я. Груданов, С.В. Акуленко //Техника и технология пищевых производств: материалы IV Международной научно-техн. конференции (Могилев 26–28 марта 2003 года. Часть 1) / редкол.: Т.С. Хасаншин [и др.]. – Могилев, МГУП, 2003. – С. 270–271.

УДК 636.085.64

Н.Н. Романюк, канд. техн. наук, доцент,

К.В. Сашко, канд. техн. наук, доцент,

П.Н. Логвинович, канд. техн. наук, доцент,

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАШИНЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СОКА ИЗ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО И ОВОЩНОГО СЫРЬЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ НАДЕЖНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Ключевые слова: плодово-ягодные и овощные соки, технологии переработки, шнековый пресс, повышение производительности, оптимизация параметров, математическое моделирование.

Key words: fruit and vegetable juices, processing technologies, screw press, productivity increase, parameter optimization, mathematical modeling

Аннотация. Предложено усовершенствованное устройство для выжимания жидкости из влагосодержащих материалов. Устройство обладает повышенной надежностью и производительностью. Описан принцип работы устройства. Рассмотрена математическая модель процесса движения продукта в рабочем органе устройства – шнековом прессе.

Abstract. An improved device for squeezing liquid from moisture-containing materials is proposed. The device has increased reliability and performance. The principle of operation of the device is described. A

mathematical model of the process of product movement in the working body of the device – a screw press is considered.

Соки, нектары, сокосодержащие напитки наряду с пищевой ценностью и вкусовыми качествами физиологически воздействуют на организм человека, которое проявляется в поддержании нормального уровня холестерина, сохранении здоровых костей и зубов, обеспечении организма энергией, снижении риска заболеваний некоторыми формами рака.

Это продукты наиболее доступные для широких слоев населения, их роль в структуре питания постоянно растет и это не случайно. Все большее внимание врачей стала привлекать возможность использования плодового, ягодного и овощного сырья, лекарственных и пряно-ароматических растений в целях профилактики и лечения различных заболеваний, разработки методов диетотерапии и создания продуктов с заданными профилактическими свойствами.

Обширные и глубокие исследования, проводившиеся в течение многих лет научными учреждениями мира, убедительно доказали, что фрукты, ягоды и овощи сами по себе являются важнейшими и весьма высокоценными продуктами питания, а соки, получаемые из них, содержат почти все компоненты свежих плодов, представляющие ценность для питания - легко усвояемые углеводы, минеральные вещества, витамины и т.д. [1]. В настоящее время производство соков превратилось в одну из главных отраслей плодоперерабатывающей промышленности во всех странах мира, объемы производства соков и их ассортимент постоянно расширяются, а спрос на них все увеличивается. Высокая технологичность процессов получения соков обеспечивает возможность быстрого и эффективного внедрения достижений науки и техники в производство.

Научная пропаганда здорового рационального питания делает свое благородное дело, интерес к потреблению соковой продукции растет изо дня в день, это коснулось и нашей страны. Ассортимент производимых соков постоянно расширяется и совершенствуется, потребительская фаворитка соков сегодня весьма разнообразна и способна удовлетворить самый взыскательный вкус. Сегодня соки (осветленные, с мякотью) стали продуктами ежедневного обязательного потребления, что связано с их питательными свойствами, хорошими вкусовыми качествами, усвояемостью и положительным воздействием на организм человека.

Пищевая ценность и вкусовые свойства соков обусловлены прежде всего довольно высоким содержанием сахаров (глюкозы, фруктозы и сахарозы). Органические кислоты – яблочная, лимонная, винная, в незначительных количествах янтарная, салициловая и др. придают сокам и нектарам освежающий, а в сочетании с сахарами гармонично

сбалансированный кисло-сладкий вкус. Присутствие во многих фруктовых и овощных соках пектина обуславливает их радионуклеидозащитное и антиоксическое действие в связи со способностью пектина связывать и выводить из организма человека радиоактивные элементы, тяжелые металлы и токсины. Наибольшую ценность в этом отношении представляют собой соки с мякотью и нектары, в которых сохраняется почти весь пектин свежих фруктов и овощей. Физиологическую ценность сокам и нектарам придают минеральные вещества, которые играют большую роль в поддержании кислотно-щелочного равновесия плазмы крови.

Особый интерес представляет широкое использование местного плодово-ягодного и овощного сырья. На фоне неблагоприятной экологической ситуации в нашей стране, связанной с аварией на Чернобыльской АЭС, большой интерес вызывает присутствие во многих видах местного сырья целого ряда биологически активных веществ, способных повышать иммунитет, сопротивляемость организма негативным внешним воздействиям, а также подавлять процессы перекисного окисления. Плодово-ягодное сырье - источник флавоноидов, которые как было доказано опытным путем, обладают ярко выраженными антиоксидантными свойствами, препятствуют развитию атеросклеротических повреждений стенок кровеносных сосудов, угнетают агрегацию тромбоцитов, защищают организм от различных факторов внешней среды [2]. Биофлавоноиды плодово-ягодного и овощного сырья отличаются не только количественным содержанием, но и биодоступностью, активно всасываясь и распределяясь в органах и тканях.

Наша страна обладает богатыми сырьевыми ресурсами для производства соковой продукции, способными удовлетворить самый взыскательный вкус. Сырье не только разнообразно, но имеет высокие вкусовые и качественные показатели.

Для извлечения соков применяют разные способы: прессование, центрифугирование, диффузию и др. [3]. Наиболее распространено прессование с помощью шнековых устройств. Высокая производительность, сравнительная простота конструкции, маневренность при переходе на новый материал или при изменении конечных параметров полуфабриката позволяют использовать шнековые устройства для получения высококачественных продуктов как в дискретных технологических схемах, так и в составе высокопроизводительных автоматических линий. Это требует большого выхода полуфабриката при низких расходах на эксплуатацию и техническое обслуживание.

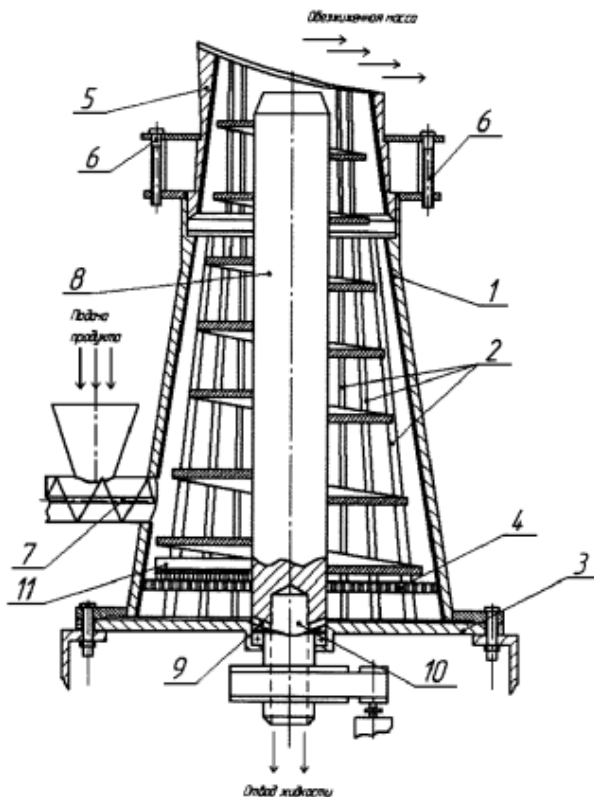


Рисунок 1. Схема устройства для выжимания жидкости из влагосодержащих материалов

В БГАТУ проведена модернизация известного устройства для выжимания жидкости из влагосодержащих материалов [4], которое может быть использовано в пищевой промышленности, виноделии при разделении твердой и жидкой фракций влагосодержащих материалов, в кормопроизводстве. Задача разработки – повышение надежности и производительности работы устройства для выжимания жидкости из влагосодержащих материалов. Поставленная задача достигается тем, что устройство для выжимания жидкости из влагосодержащих материалов, содержащее конусообразный корпус, на внутренней поверхности которого выполнены продольные ребра, дно, в нижней части конусообразного корпуса смонтирована перфорированная пластина, а в верхней части – коническая насадка с лоткообразным скосом, имеющая возможность осевого перемещения

винтами, на наружной поверхности конусообразного корпуса размещен загрузочный вал со шнеком, а внутри конусообразного корпуса – рабочий вал со шнеком, в нижней части рабочего вала со шнеком имеются наклонные отверстия, соединяющиеся со сточным каналом, где на рабочем валу со шнеком над перфорированной пластиной установлена щетка, щетина которой соприкасается с перфорированной пластиной. Технический эффект достигается тем, что при вращении вала со шнеком щетина щетки скользит по перфорированной пластине и очищает закупоренные отверстия, чем обеспечивается беспрепятственное прохождение жидкости через отверстия и тем самым повышается надежность и производительность работы устройства. На рисунке изображено устройство для выжимания жидкости из влагосодержащих материалов. Устройство содержит конусообразный корпус 1, на внутренней поверхности которого выполнены продольные ребра 2, дно 3, в нижней части конусообразного корпуса 1 смонтирована перфорированная пластина 4, а в верхней части – коническая насадка 5 с лоткообразным скосом, имеющая возможность осевого перемещения винтами 6, на наружной поверхности конусообразного корпуса 1 размещен загрузочный вал со шнеком 7, а внутри конусообразного корпуса 1 – рабочий вал со шнеком 8, в нижней части рабочего вала со шнеком 8 имеются наклонные отверстия 9, соединяющиеся со сточным каналом 10.

На рабочем валу со шнеком 8 над перфорированной пластиной 4 установлена щетка 11, щетина которой соприкасается с перфорированной пластиной 4. Устройство работает следующим образом. Влагосодержащий материал вращающимся загрузочным валом со шнеком 7 подается в нижнюю часть конического корпуса 1, откуда вращающимся рабочим валом со шнеком 8 перемещается вдоль конического корпуса 1 в сторону конической насадки 5, постепенно уплотняясь. При этом под действием сжатия материала из последнего выжимается жидкость, стекающая по внутренней поверхности конического корпуса 1 вдоль продольных ребер 2. Обезжизненная масса выталкивается на лоткообразный скос конической насадки 5, по которому перемещается в нужном для сбора направлении. Жидкость, стекая через отверстия перфорированной пластины 4, удаляется из конического корпуса 1 через наклонные отверстия 9 и сточный канал 10 в нужном для сбора направлении. Щетка 11, вращающаяся совместно с рабочим валом со шнеком 8, щетина которой соприкасается с перфорированной пластиной 4, очищает закупоренные отверстия перфорированной пластины 4 частями отжимаемого материала, что повышает надежность и производительность работы устройства для выжимания жидкости из влагосодержащих материалов.

Процессы, протекающие в рабочих органах шнековых устройств, до настоящего времени не имеют достаточного теоретического и экспериментального обоснования. Разработка новых конструкций перерабатывающих машин в большинстве случаев основывается на практических

рекомендациях, а процесс переработки осуществляется на основе экспериментального подбора технологического регламента.

Теоретической основой исследования процессов движения в рабочих органах перерабатывающих машин являются основные законы механики деформируемых сред, общие уравнения которых выражаются тремя основными законами природы: сохранения массы, импульса и энергии.

Закон сохранения массы означает, что изменение массы продукта в любом объеме равно ее потоку через поверхность, охватывающую этот объем:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} = 0, \quad (1)$$

где v_x, v_y, v_z – проекции на оси декартовой системы координат скорости движения среды; ρ – плотность среды; t – время.

Закон сохранения импульса означает, что изменение количества движения продукта в малом фиксированном объеме равняется потоку количества движения через поверхность, охватывающую этот объем, сложенному с массовыми и поверхностными силами, приложенными к этому объему:

$$\rho \left(\frac{\partial v_k}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_k}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_k}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_k}{\partial z} \right) = \rho G_k - \frac{\partial p}{\partial k} + 2 \frac{\partial}{\partial k} \left(\mu \frac{\partial v_k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial l} \left[\mu \left(\frac{\partial v_l}{\partial k} + \frac{\partial v_k}{\partial l} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial m} \left[\mu \left(\frac{\partial v_m}{\partial k} + \frac{\partial v_k}{\partial m} \right) \right] - \frac{2}{3} \frac{\partial}{\partial k} \mu \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) \quad (2)$$

где $k, l, m = x, y, z$; G_k обозначает проекцию объемной силы на ось k ; μ – вязкость продукта.

Закон сохранения энергии означает, что в фиксированном малом объеме продукта изменение полной энергии, складывающейся из кинетической и внутренней энергий, равно потоку кинетической и внутренней энергий через поверхность, охватывающую этот объем, и тепловому потоку через эту же поверхность, сложенному с работой напряжений над этим объемом:

$$\rho \left(\frac{\partial E}{\partial t} + v_x \frac{\partial E}{\partial x} + v_y \frac{\partial E}{\partial y} + v_z \frac{\partial E}{\partial z} \right) = \varepsilon - p \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) + \frac{1}{A} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) \right] + D \quad (3)$$

где E – внутренняя энергия единицы массы; λ – коэффициент теплопроводности продукта; T – температура частицы продукта; ε – приток тепла за единицу времени в единице объема вследствие причин, отличных от теплопроводности (например, лучеиспускания); A – термический эквива-

лент работы; D – диссипативная функция, представляющая собой механическую работу сил вязкости, выделившуюся необратимо в виде тепла в единице объема продукта за единицу времени:

$$D = \mu \left[2 \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial v_y}{\partial y} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial v_z}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_x}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_y}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial y} \right)^2 \right] - \frac{2}{3} \mu \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) \quad (4)$$

Таким образом, общая задача энергетического анализа обработки продуктов сводится к совместному решению уравнений (1) – (3). При этом искомое давление должно быть непрерывным, конечным и положительным, а искомые скорости также должны быть непрерывны и ограничены и на неподвижных стенках обращаться в нуль. На подвижных стенках эти скорости должны совпадать со скоростями точек стенок, а на свободных границах нормальная составляющая напряжений должна быть равна постоянному давлению, касательная же обращаться в нуль.

Вопрос о существовании решений системы дифференциальных уравнений (1) – (3) при заданных граничных условиях в общей форме до сих пор не разрешен. По этой причине при изучении отдельных вариантов движения продукта приходится идти двумя путями: 1) заранее задавать виды траекторий всех отдельных частиц жидкости и устанавливать отвечающие этим траекториям частные решения уравнений (1) – (3), 2) прибегать к приближенным методам, позволяющим упрощать уравнения (1) – (3) и приспособливать их к характеру отдельных типов конкретных задач.

В первом случае решения системы дифференциальных уравнений можно получить с помощью вычислительной техники. Решения дают возможность определения оптимальных показателей рассматриваемых процессов. Однако в связи со сложностью конструкций шнековых прессов при математическом описании процесса прессования не всегда удается определить пути теоретического исследования.

Что касается пути использования упрощений самих уравнений (1) – (3), то его возможности весьма широки. Чем больше используется допущений при моделировании, тем легче выполнять решения на практике. При этом правильное использование допущений помогает правильно выбрать решение.

Список использованной литературы

1. Шобингер, У. Фруктовые и овощные соки: научные основы и технологии / У. Шобингер – СПб.: Профессия, 2004. – 604 с.
2. Кедрова, М. Фруктовые и ягодные соки. Лечение, очищение, омоложение. / М. Кедрова – СПб.: Питер, 2006. – 67 с.
3. УП Институт «Плодоовощтехпроект». Справочник. Система машин и механизмов для хранения и переработки плодоовощного сырья на основе базовых технологий на 2006 – 2010 гг. – Минск, 2005. С. 330.

4. Шило, И. Н. Устройство для выжимания жидкости из влагосодержащих материалов / И.Н. Шило и др. // Патент РБ на полезную модель № 7992. Оpubл. 2012.02.28.

УДК 631.171

Е.С. Якубовская, *ст. преподаватель*, **Н.А. Пансевич**,
*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный
технический университет», г. Минск*

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОДГРЕБАТЕЛЕМ КОРМОВ НА ФЕРМЕ КРС КАК СПОСОБ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Ключевые слова: кормление, подгребатель корма, автоматизированная система управления, энергосбережение

Key words: feeding, feed raker, automated control system, energy saving

Аннотацию. В статье раскрыты условия эффективного использования подгребателя кормов на ферме крупного рогатого скота. Достичь энергосбережения также позволяет использование регулируемого привода юбкой подгребателя.

Abstract. The article reveals the conditions for the effective use of a feed raker on a cattle farm. Energy saving can also be achieved by using an adjustable raker skirt drive.

Продуктивность животных в первую очередь определяется качеством кормления. На фермах КРС принято использовать нормированное и ненормированное кормление. Чаще всего применяют групповое нормирование грубых и сочных кормов и индивидуальное нормирование концентрированных кормов [1, с. 304]. Грубые корма раздают на кормовой стол - часть кормового проезда с одной или двумя полосами для раздачи кормов, которые отделяются ограждением от места расположения коров [2]. На полосах для раздачи кормов формируются вал корма, но при поедании часть корма животные расталкивают. Это приводит к тому что. часть корма оказывается вне зоны доступа животных и уменьшается процент поедаемости кормов. Поэтому следует постоянно подталкивать корм во время кормления на кормовом столе. Выполнение данной операции вручную характеризуется низкой производительностью и высокими трудозатратами. Использование трактора с невесными орудиями создает повышенный уровень шума. Эффективнее всего использование робота-подгребателя, требующего правда, значительных капитальных затрат, но не пугающего животных. Для полного