

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Восточно-Сибирский государственный университет
технологий и управления»
(ВСГУТУ)

Материалы Национальной научно-практической конференции
«Образование и наука»,
посвященной 100-летию Республики Бурятия

Серия: Технологии и технические средства в АПК.
Биомедицинская техника

Выпуск 17

Улан-Удэ
Издательство ВСГУТУ
2023

УДК 6

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления.

Научный редактор: *С.С. Ямпиров*, д-р техн. наук, проф.

Технический редактор: *С.Ж. Гылыкова*

Сборник научных трудов. Серия: Технологии и технические средства в АПК. Биомедицинская техника. Вып. 17. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2023. – 88 с.

ISBN 978-5-907599-86-4

Сборник научных трудов содержит работы по специальности «Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса», а также статьи по специальности «Приборы, системы и изделия медицинского назначения».

Статьи публикуются в авторской редакции.

ISBN 978-5-907599-86-4

© ВСГУТУ, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА В АПК

Ц.Б. Дугаров, С.В. Цыренов, М.К. Абдулхаев, Н.Б. Будаев. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АТМОСФЕРНОЙ СУБЛИМАЦИИ.....	4
Т.И. Котова, А.Г. Хантургаев, А.В. Поздеев, Т.В. Ткачева, И.А. Филиппова, С.А. Ширеторов, А.А. Юстуров. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ.....	9
С.С. Ямпилов, В.Б. Балданов, Ж.Б. Цыбенков, А.О. Жигжитов, Б.Н. Шарапов. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА НА ГРАВИТАЦИОННОМ СЕПАРАТОРЕ С ДВУМЯ КАНАЛАМИ И РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫМ РЕШЕТОМ.....	17
В.Б. Балданов, Г.Ж. Хандакова, А.О. Жигжитов. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ФОТОСЕПАРАТОРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЗЕРНА.....	23
И.С. Сомов, О.Р. Товаров, Г.И. Хараев. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ ГАЗОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА.....	26
А.Г. Хантургаев, Т.И. Котова, А.В. Гордеев, Э.Ю. Лубсанов, А.Л. Щекотов, И.А. Петровская. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ И СУШКИ ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ.....	31
А.Г. Хантургаев, Т.Ц. Бадмаева, Н.И. Смелая. ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ШОКОВОЙ ЗАМОРОЗКИ ЯГОД И ГРИБОВ.....	36
С.С. Ямпилов, В.Б. Балданов, Ж.Б. Цыбенков, А.О. Жигжитов, Г.Ж. Хандакова, С.Ж. Гылыкова, Б.Н. Шарапов. ОПИСАНИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО СЕПАРАТОРА С ДВУМЯ КАНАЛАМИ И РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫМ РЕШЕТОМ.....	42
Г.Ж. Хандакова, В.В. Балданов, Ж.Б. Цыбенков, Н.В. Пашинова, А.О. Жигжитов, С.Ж. Гылыкова. СОВРЕМЕННЫЕ СЕПАРАТОРЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЗЕРНА.....	46
А.А. Абидуев, Г.Д. Аюшеев, Ч.Г. Дондуков, П.В. Ермошкин, Н.Ю. Ермошкина. ОЧИСТКА СЕМЯН ЯЧМЕНЯ ОТ ТРУДНООТДЕЛИМЫХ ПРИМЕСЕЙ.....	52

БИОМЕДИЦИНСКАЯ ТЕХНИКА

В.И. Ярулина, С.В. Фомина, В.Б. Балданов, Д.П. Клеткина. АНАЛИЗ ПЕРОКСИДНО-ПЛАЗМЕННОГО СТЕРИЛИЗАТОРА.....	58
В.В. Бороноев, В.Б. Балданов, А.Ю. Цыбенкова, С.Д. Лубсанова. АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ДЛЯ СНЯТИЯ РИТМА ПУЛЬСА.....	62
Ю.И. Хантаева, А.А. Базарова, А.В. Жигжитцыренов, Ж.Б. Цыбенков, С.С. Ямпилов. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ОРГАНОВ ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ.....	66
В.В. Бороноев, Г.Ж. Хандакова, Д.В. Чимитов, А.П. Санжихаев, В.А. Мосорова. СОВРЕМЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ ПУЛЬСОДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ.....	71
И.Е. Хабдаев, В.Б. Балданов, С.Ж-Ж. Аюрова. РАЗРАБОТКА АППАРАТА МАГНИТОТЕРАПИИ.....	77
С.С. Ямпилов, Д.Э. Мункуева, С.Б. Жамбалов, А.В. Жамбалов, Б.М. Эрдынеев, А.Г.Спиридонов, В.А. Басова. РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗАТОРА ДИАГНОСТИКИ РАКА МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗ.....	80
С.С. Ямпилов, А.О. Жигжитов, С.А. Плеханов. АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ СТЕРИЛИЗАЦИИ.....	85

УДК 637.026

Ц.Б. Дугаров, к.т.н., доцент, **С.В. Цыренов**, магистрант ЗМ 282,
М.К. Абдулхаев, магистрант ЗМ 282, **Н.Б. Будаев**, магистрант ЗМ 282
Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
670013, Россия, г. Улан-Удэ, Ключевская, 40в, +7(3012)431415
e-mail: siden@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АТМОСФЕРНОЙ СУБЛИМАЦИИ

Все большим спросом среди населения пользуются натуральные продукты, обладающие рядом специфических свойств. Для групп людей, последовательно претворяющих в жизнь «здоровый образ жизни» все чаще используются продукты, исключающие появление жира. При этом, для разнообразия рациона функционального питания используются продукты сублимационной сушки. Целью настоящего исследования является разработка устройства для сублимационной сушки пищевых продуктов при атмосферном давлении и определение параметров процесса сушки. Установлена продолжительность сушки замороженных гранул молока 12 часов, замороженного слоя гранул грибов – 24 часа. Досушка в обоих случаях продолжалась 30 мин до остаточной влажности продукта менее 5%. В процессе проведения исследований, нами предложена конструкция специальной тележки для сушки гранулированных продуктов при атмосферном давлении, позволяющая использовать обычный, боковой поток воздуха, служащий сушильным агентом.

Ключевые слова: сублимационная сушка, гранулы, сушильный агент, тележка.

Ts.B. Dugarov, Ph.D., Associate Professor,
S.V. Tsyrenov, Master's student ZM 282,
M.K. Abdulkhaev, Master's student ZM 282,
N.B. Budaev, Master's student ZM 282
East Siberian State University technology and management
670013, Russia, Ulan-Ude, Klyuchevskaya, 40v, +7(3012)431415
e-mail: siden@mail.ru

PROCESS STUDY AND EQUIPMENT SIMULATION FOR ATMOSPHERIC SUBLIMATION

Natural products with a number of specific properties are in increasing demand among the population. For groups of people who consistently implement a

"healthy lifestyle", products that exclude the appearance of fat are increasingly used. At the same time, freeze-dried products are used for a variety of functional food rations. The purpose of this research is to develop a device for freeze-drying food products at atmospheric pressure and determine the parameters of the drying process. The duration of drying of frozen milk granules is 12 hours, and the frozen layer of mushroom granules is 24 hours. Drying in both cases lasted 30 minutes until the residual moisture content of the product is less than 5%. In the course of research, we have proposed the design of a special trolley for drying granulated products at atmospheric pressure, allowing the use of a normal, lateral air flow, which serves as a drying agent.

Key words: *freeze drying, granules, drying agent, trolley.*

В настоящее время в производстве продуктов функционального питания сформировалось новое направление – продукты здорового образа жизни, призванное обеспечить специальное питание для людей, ведущих активный образ жизни. Такое питание призвано обеспечить нормальное функционирование организма при условии отказа от компонентов продуктов, провоцирующих отложение жира в организме [1]. Рационы спортивного питания все более обогащаются блюдами сублимационной сушки, что позволяет его сделать более разнообразным.

Сублимационная сушка продукта является одним из самых современных методов обратимого консервирования микроорганизмов и биопрепаратов. Однако в мировой практике используется только вакуумная сублимационная сушка для консервирования продуктов методом сублимации. Нами разработана технология и техника сублимационного обезвоживания при атмосферном давлении [2]. Это позволяет организовать производство сублимированных продуктов при меньших капитальных затратах. В данной статье, представлено оборудование, призванное преодолеть следующее препятствие на пути к промышленному производству продуктов атмосферной сублимационной сушки. Разработка аппарата для промышленного использования.

В течение ряда лет в РФ разрабатывается методика интенсификации сублимации при атмосферном давлении, получены удовлетворительные результаты, позволяющие обеспечить высокую скорость сушки, но только в лабораторных условиях. Таким образом, в настоящее время стоит задача разработки промышленных образцов атмосферных сублимационных сушилок, позволяющие превзойти показатели вакуумных.

Традиционные сушильные установки, использующие тепловые насосы для обработки воздуха [3], включают сушильную камеру с тележками для высушиваемого продукта (рис.1).

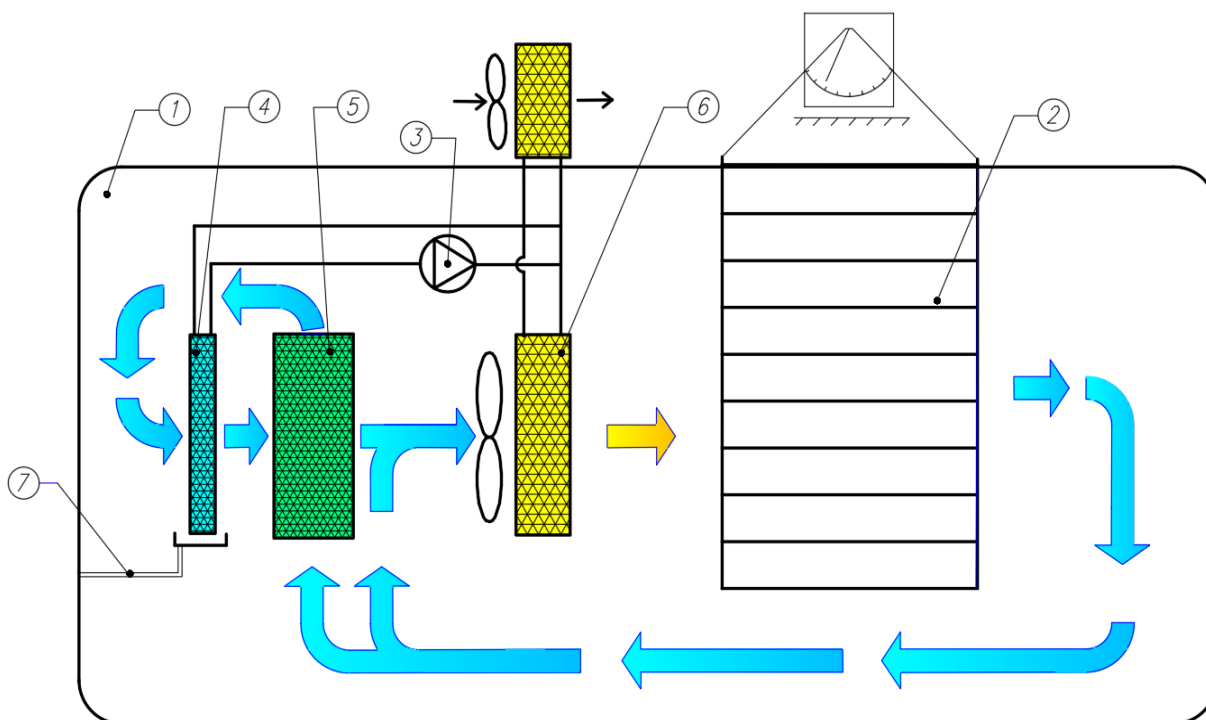


Рисунок 1 – Схема сушильной камеры с тепловым насосом:
 1 – сушильная камера; 2 – тележка; 3 – компрессор; 4 – испаритель;
 5 – рекуперативный теплообменник; 6 – конденсатор,
 7 – поддон для сбора конденсата

Необходимо отметить, что в данном случае, сушка на тележке продукта заключается в продувании материала, расположенного на противне, боковым потоком воздуха. Такой способ обработки материала, сушильным агентом – воздухом, недостаточно эффективен. Процесс сушки проходит медленно и неравномерно. Вначале поверхностные слои материала сохнут достаточно быстро в условиях принудительного движения воздуха, а затем – внутренние слои материала сохнут в условиях естественной циркуляции воздуха за счет разности парциальных давлений. Продолжительность сублимационной сушки в таких условиях доходит до нескольких суток.

Исследования, проведенные в [4] показали, что измеренные в плотно упакованных слоях числа Нуссельта существенно больше, чем для одиночных частиц, при той же скорости обтекания. Таким образом, скорость обтекания частицы в плотноупакованном слое, при одинаковой скорости сушильного агента под ситом, в 1,3...1,6 раз больше, чем в ожиженном слое.

Нами проведены эксперименты по сушке слоя молока толщиной 20 мм и грибного порошка, также толщиной слоя 20 мм (определяющий размер гранул составлял порядка 3 мм) [5]. Массовая загрузка на 1 м² при этом примерно одинакова. Продолжительность сушки замороженных гранул молока составила 12 часов, замороженного слоя гранул грибов – 24 часа. Досушка в обоих случаях продолжалась 30 мин до остаточной влажности продукта $\leq 5\%$.

На рисунке 2 представлен процесс сушки плотноупакованных частиц методом продувания.

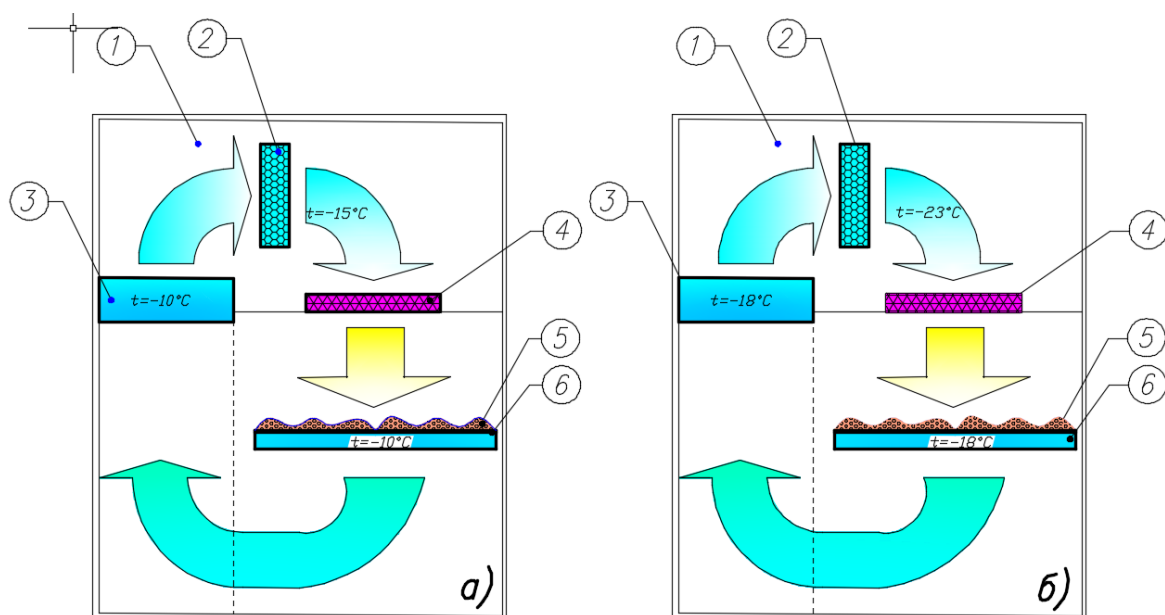


Рисунок 2 – Аппарат для сушки плотноупакованных частиц методом продувания:

а) параметры сушки слоя замороженных гранул молока;

б) параметры сушки слоя замороженных гранул белых грибов:

- 1 – сушильный аппарат; 2 – коллектор раздачи сушильного агента-воздуха;
3 – охладитель (испаритель); 4 – калорифер; 5 – плотноупакованные частицы;
6 – перфорированный противень

Скорость сушки методом продувания плотноупакованного слоя гранул оказался сопоставим с сублимационной сушкой в вакууме. Так по данным фирмы «Кемоло» (КНР) [6] время сушки слоя молока толщиной 10 мм на противнях и ломтиков грибов, толщиной менее 10 мм составляет 15 и 19,5 часов, включая процесс замораживания.

Для предотвращения уноса гранул биоматериала продукт размещался между двумя сетками с определяющим размером ячейки меньше размера гранул (2мм). Дополнительная сетка является гидравлическим сопротивлением, на которой происходят потери напора воздуха, и как следствие, увеличивается расход потребления электроэнергии вентиляторами. Также система один вентилятор – один сетчатый противень, с сеткой сверху не дает возможности реализовать сушку в промышленных условиях.

Библиография

1. Тихомирова Н.А. Продукты функционального питания // Молочная промышленность. – 2013. – № 6. – С. 46–49.
2. Антипов А.В., Пранцуз О.С., Хелло М., Дугаров Ц.Б., Цыбиков Б.Д. Разработка устройства для обезвоживания биоматериалов // Вестник ВСГУТУ. 2020. № 3 (78). С. 45-50.
3. Тепляшин, Л.И. Ченцова, В.Н. Невзоров. Технологии и оборудование для сушки растительного сырья. – Красноярск, 2019. - 177 с.

4. Камовников Б.П., Антипов А.В., Семенов Г.В., Бабаев И.А. Атмосферная сублимационная сушка пищевых продуктов – М.: Колос, 1994. - 295 с.

5. Битуева. Э.Б., Дугаров Ц.Б., Антипов А.В., Резервы увеличения производства мясопродуктов // Мясные технологии. № 3. 2016. С.18-22.

6. Kemolo Co., Limited Tel:+86-571-88531718 Fax:+86-571-88531719
[Http://www.kemolo.com](http://www.kemolo.com) sales@kemolo.com

Bibliography

1. Tikhomirova N.A. Functional food products // Dairy industry. - 2013. - № 6. - P. 46–49.

2. Antipov A.V., Prantsuz O.S., Hello M., Dugarov Ts.B., Tsybikov B.D. Development of a device for dehydration of biomaterials. Bulletin of the ESGUTU, 2020. No. 3 (78). P. 45-50.

3. Teplyashin, L.I. Chentsova, V.N. Nevzorov. Technologies and equipment for drying plant materials. - Krasnoyarsk, 2019. - 177 p.

4. Kamovnikov B.P., Antipov A.V., Semenov G.V., Babaev I.A. Atmospheric freeze drying of food products - Moscow: Kolos, 1994. – 295 p.

5. Bitueva E.B., Dugarov Ts.B., Antipov A.V. Increase reserves production of meat products // Meat technologies. - № 3. - 2016. - P.18-22.

6. Kemolo Co., Limited Tel:+86-571-88531718 Fax:+86-571-88531719
[Http://www.kemolo.com](http://www.kemolo.com) sales@kemolo.com

Т.И. Котова, к.т.н., доцент, **А.Г. Хантургаев**, д.т.н., доцент,
А.В. Поздеев, магистрант ЗМ 282, **Т.В. Ткачева**, магистрант ЗМ 282,
И.А. Филиппова, магистрант ЗМ 282, **С.А. Ширеторов**, магистрант ЗМ 282,
А. А. Юстуров, магистрант ЗМ 282

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
670013, Россия, г. Улан-Удэ, Ключевская, 40в, +7(3012)431415
e-mail: tatianakotova74@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

В статье рассматривается структура элементов математических моделей оптимизации. Проанализированы методологические основы оптимизации технических решений. Акцентировано внимание на роли технических решений в инженерной практике. Рассмотрен пример оптимизации технических решений при проектировании одного из основных элементов оборудования для переработки растительного сырья – гидроцилиндр.

Ключевые слова: оптимизация, технические решения, растительное сырье, техника, инженерная практика, гидроцилиндр.

T.I. Kotova, Ph.D., Associate Professor, **A.G. Khanturgaev**, Ph.D.,
Associate Professor, **Pozdeev A.V.**, Master's student, **Tkacheva T.V** Master's
student, **Filippova I.A.**, Master's student, **Shiretorov S.A.**, Master's student,
Justurov A. A., Master's student

East Siberian State University technology and management
670013, Russia, Ulan-Ude, Klyuchevskaya, 40v, +7(3012)431415
e-mail: tatianakotova74@mail.ru

RESEARCH OF OPTIMIZATION METHODS TECHNICAL SOLUTIONS OF EQUIPMENT FOR PROCESSING VEGETABLE RAW MATERIALS

The article discusses the structure of elements of mathematical optimization models . The methodological foundations of optimization of technical solutions are analyzed. Attention is focused on the role of technical solutions in engineering practice. An example of optimization of technical solutions in the design of one of the main elements of equipment for processing plant raw materials – hydrocylind is considered.

Keywords: *optimization, technical solutions, plant raw materials, machinery, engineering practice, hydraulic cylinder.*

Известно, что разработка конструкции машины или любого вида оборудования – весьма трудоемкий и ответственный процесс. На разработку конструкции требуется значительно больше затрат, чем на прикладные исследования. Для нахождения одного удачного технического решения необходимо проработать более полусотни технических идей. Время, затраченное на разработку конструкторской документации, соизмеримо со временем, затрачиваемым на изготовление машины. Сокращение времени и трудозатрат на проектирование машины (оборудования), а также повышение качественных показателей обеспечиваются, в частности, применением методов прогнозирования и оптимизации технических решений.

Машины и оборудование составляют основу техники, поэтому развитие техники может происходить только на основе совершенствования существующих и создания новых видов машин и оборудования. Заметим, что машиной называется подвижная механическая система, предназначенная для преобразования энергии или работы. Характерный признак машины – наличие двигателя и рабочего орудия с передаточными устройствами между ними. Оборудование – это совокупность машин, устройств, приборов, приспособлений, необходимых для производства.

С развитием техники повышается технический уровень машин, усложняются выполняемые ими функции и совершенствуются принципы их конструирования. Создание новых образцов машин предопределяется необходимостью повышения производительности труда, реализации новых технологических процессов и практических воплощений научных открытий. Между машинами, используемыми в производстве, и технологиями производства существует теснейшая связь. Развитие технологии производства вызывает необходимость создания новых машин и оборудования, энергетические, массовые и потребительские характеристики которых должны соответствовать современным требованиям.

Особый интерес вызывает оборудование для переработки растительного сырья, при получении продукции из которого наряду с общеинженерными и конструкторскими задачами стоит вопрос сохранности нативных свойств биологически ценного сырья. В связи с чем целью наших исследований явилось изучение методов оптимизации технических решений оборудования для переработки растительного сырья.

Для достижения поставленной цели решался ряд задач:

1. Проанализировать структуру элементов математических моделей оптимизации
2. Рассмотреть методологические основы оптимизации технических решений.

Оптимальное техническое решение – это лучшее из всех возможных решений. Оптимизация – это процесс, в котором максимизируется

количественная характеристика желательного свойства объекта или минимизируется количественная характеристика нежелательного свойства. Теория оптимизации – это раздел математики, посвященный изучению экстремальных значений функций, а также их количественному определению. Отличие оптимизационного решения от многовариантного при проектировании оборудования заключается в следующем. При вариантных расчетах значение целевой функции является следствием заданных значений величин. При оптимизационном расчете значения искомых величин удовлетворяют всем ограничениям и граничным условиям и являются наилучшими из возможных при эксплуатации оборудования.

Для решения задач оптимизации используются различные математические модели, которые классифицируются по следующим элементам: исходным данным, искомым переменным, зависимостям, описывающим целевую функцию и ограничения. Структура элементов модели представлена на рисунке 1.

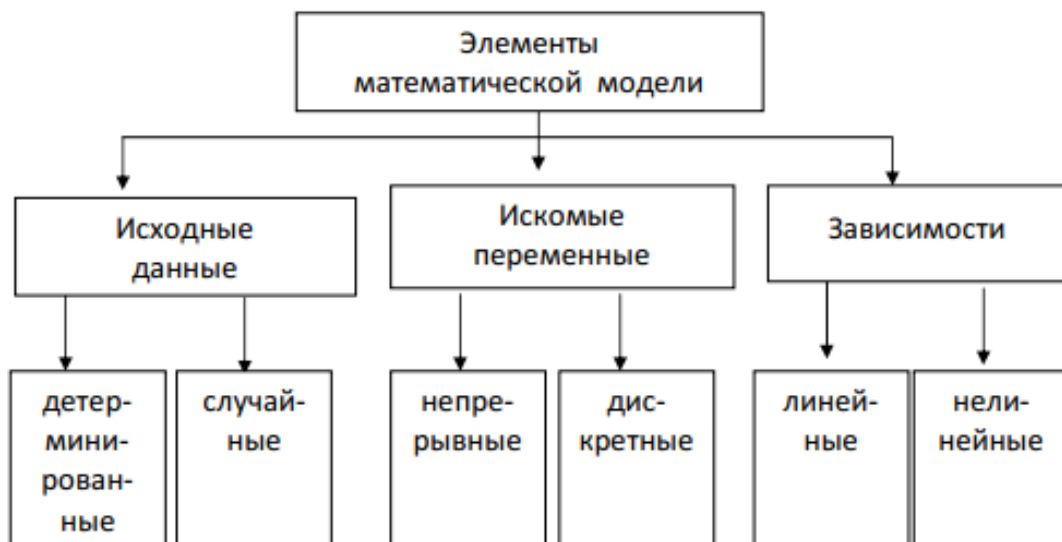


Рисунок 1 – Структура элементов математических моделей оптимизации

Сочетание различных элементов модели требует различных методов решения оптимизационных задач. Задачи оптимизации подразделяются также по форме, по наличию ограничений, по виду переменных и по другим признакам (рис. 2).

Задачи можно классифицировать в соответствии с видом целевой функции и ограничений. Задачи без ограничений, в которых исходный параметр x представляет собой одномерный вектор, называются задачами с одной переменной и составляют простейший, но вместе с тем весьма важный подкласс оптимизационных задач.

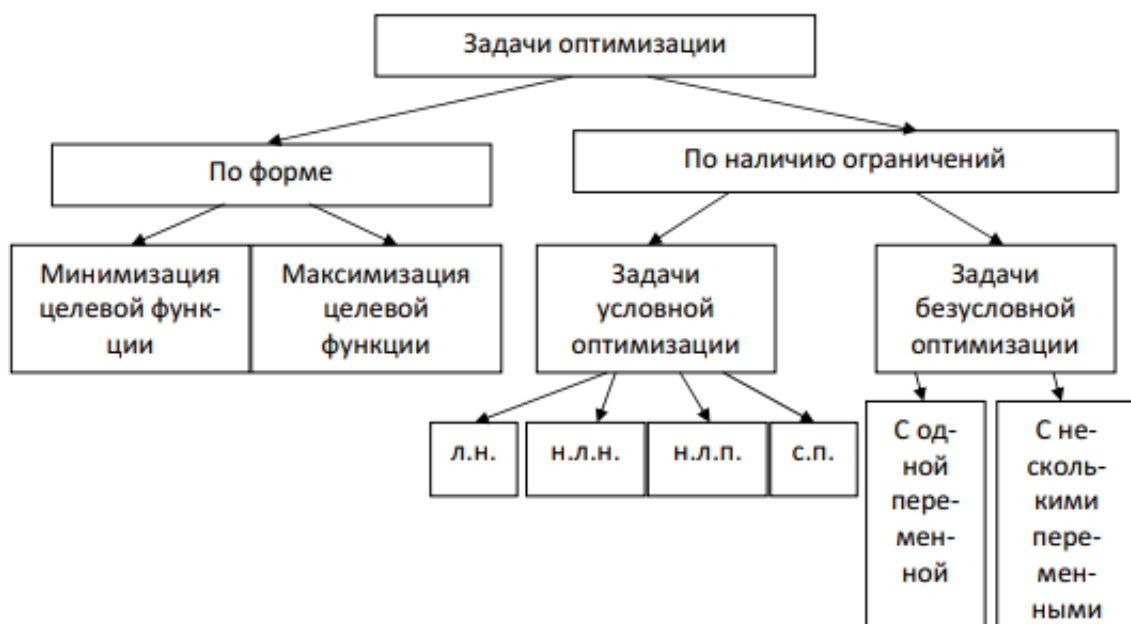


Рисунок 2 – Классификация задач оптимизации

Задачи с ограничениями, которые содержат только линейные функции вектора непрерывных переменных x , называются задачами линейного программирования; в задачах целочисленного программирования компоненты вектора x должны принимать только целые значения.

Задачи с нелинейной целевой функцией называются задачами нелинейного программирования. Эти задачи можно классифицировать на основе структурных особенностей нелинейных целевых функций. Если $f(x)$ – квадратическая функция, то присутствует задача квадратического программирования; если $f(x)$ – отношение линейных функций, то имеется задача дробно-линейного программирования и т.д.

При рассмотрении методологических основ первым и наиболее важным этапом оптимизации технических решений является постановка задачи оптимизации. Корректная постановка задачи служит ключом к успеху оптимизационного исследования и ассоциируется в большей степени с искусством, нежели с точной наукой. Искусство постановки задачи постигается в практической деятельности на примерах успешно реализованных разработок и основывается на четком представлении преимуществ, недостатков и специфических особенностей различных методов оптимизации. Считается, что на постановку задачи оптимизации специалист затрачивает 60 % времени, а на решение задачи только 40 %. Следует также заметить, что далеко не все решения задач оптимизируются.

Последовательность процесса постановки задачи инженерной оптимизации:

- 1) установление границ подлежащей оптимизации инженерной системы;
- 2) определение количественного критерия, на основе которого можно провести анализ вариантов с целью выявления наилучшего;

- 3) выбор внутрисистемных переменных для определения характеристик и идентификации вариантов;
- 4) определение ограничений (зависимостей между переменными);
- 5) определение граничных условий, показывающих предельно допустимые значения искоемых переменных;
- 6) построение оптимизационной модели, отражающей взаимосвязи между переменными и представляющей собой некоторый набор уравнений и неравенств.

Эта последовательность действий и составляет содержание процесса постановки задачи инженерной оптимизации.

Рассмотрим пример постановки различных задач оптимизации, касающихся вопросов проектирования и разработки технологических процессов при переработке растительного сырья на примере проектирования гидравлического цилиндра по методу последовательной частной оптимизации.

Пример: Проектирования гидравлического цилиндра с минимальным наружным диаметром d_H , обеспечивающим силу на штоке F , превышающую некоторое минимальное значение F_{min} при следующих ограничениях (рис. 3):

- толщина стенки δ должна быть из технологических соображений больше некоторой минимально возможной величины δ_{min} ;
- давление жидкости должно быть меньше, чем максимально возможное давление p_{min} ;
- напряжение в стенках цилиндра σ должно быть меньше допустимого напряжения $[\sigma]$.

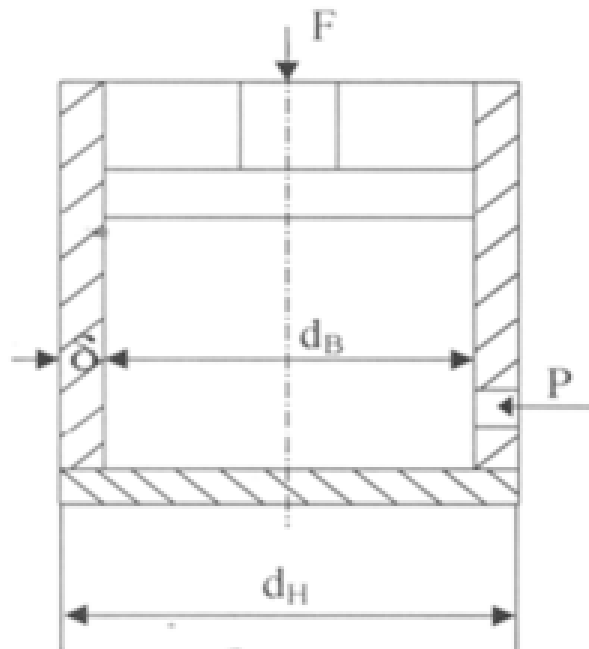


Рисунок 3 – Гидроцилиндр

Оптимизационная модель $d_H \rightarrow \min$ при ограничениях:

$$F \geq F_{min}; \quad \delta \geq \delta_{min}; \quad p \leq p_{max}; \quad \sigma = \frac{p d_B}{2 \delta} \leq [\sigma].$$

Независимыми переменными являются внутренний диаметр d_B , толщина стенки δ и напряжение σ .

Развиваемая цилиндром сила F , давление p и внутренний диаметр d_B связаны соотношением:

$$F = p \frac{\pi d_B^2}{4}.$$

Для исследования монотонности исследуем функцию ограничений, полученную из представленной выше зависимости:

$$\varphi_1 = p \frac{\pi d_B^2}{4F} = 1.$$

Функция ограничений φ_1 монотонно возрастает с увеличением p и d_B и уменьшается с увеличением F . Зависимость между напряжением σ , давлением p и внутренним диаметром d_B определяется формулой функции ограничений:

$$\varphi_2 = \frac{2\delta\sigma}{pd_B} = 1.$$

Функция φ_2 монотонно возрастает с увеличением δ и σ уменьшается с увеличением p и d_B .

Все функции монотонны. Между диаметрами наружным и внутренним имеется зависимость $d_H = d_B + 2\delta$.

Тогда получаем:

$$d_B = \sqrt{\frac{4F}{\pi p}}; \quad 2\delta = \frac{pd_B}{\sigma}.$$

Целевая функция представляется в виде:

$$d_H = \sqrt{\frac{4F}{\pi p}} + \frac{pd_B}{\sigma} \rightarrow \min.$$

Переменные F и σ встречаются в целевой функции каждая только в одном слагаемом. Причем функция F ограничена снизу, а функция σ – сверху. С увеличением F наружный диаметр d_H монотонно возрастает. Следовательно, минимальное значение d_H при $F = F_{\min}$. С увеличением σ диаметр d_H монотонно уменьшается. Следовательно, для минимизации d_H необходимо взять $\sigma = \sigma_{\max}$. Тогда d_H остается только функцией:

$$d_H = \sqrt{\frac{4F}{\pi p}} + \frac{pd_B}{[\sigma]} \rightarrow \min$$

или

$$d_H = A_1 p^{-\frac{1}{2}} + A_2 p \rightarrow \min,$$

где

$$A_1 = \sqrt{\frac{4}{\pi} F_{\min}}; \quad A_2 = \frac{d_B}{[\sigma]}.$$

Иначе задача сводится к безусловной оптимизации. Взяв производную и приравняв ее к нулю, найдем значение p , при котором d_H будет минимальным:

$$\frac{dd_H}{dp} = -\frac{1}{2} A_1 p^{-\frac{3}{2}} + A_2 = 0,$$

откуда

$$p = \sqrt[3]{\left(\frac{A_1}{2A_2}\right)^2}.$$

В заключение отметим, что оптимизация – ключевое направление системного анализа при принятии технических решений. По математическому аппарату оптимизации, методам линейного программирования имеются обширные исследования и публикации, в которых можно при необходимости найти теорию и практические рекомендации по решению конкретных технических задач посредством оптимизации.

Библиография

1. Крайнев А.Ф. Идеология конструирования. – М.: Машиностроение, 2003. – 384 с.
2. Санников А.А., Куцубина Н.В. Теория и конструкция машин и оборудования отрасли: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2009. – 118 с.
3. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В. Математическая теория оптимальных процессов. – М.: Наука, 1969. – 384 с.
4. Уалйд Д. Оптимальное проектирование. – М.: Мир, 1981. – 272 с.
5. Дегтярев Ю.Н. Системный анализ и исследование операций: учебник. – М.: Высш. шк., 1996. – 335 с.
6. Санников А.А., Куцубина Н.В. Системный анализ при принятии решений: учебное пособие. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. – 137 с.

Bibliography

1. Krainev A.F. The ideology of design. – M.: About mechanical engineering, 2003. - 384 p.

2. Sannikov A.A., Kutsubina N.V. Theory and design of machinery equipment industry: textbook. - Yekaterinburg. Ural. gos. lesotechn. un-ta, 2009. – P.118.
3. L. Pontryagin I.S., Boltyansky V.G., Gamkrelidze R.V. Mathematical theory of optimal processes. – M.: Nauka, 1969. – P.384.
4. Wade D. Optimal design. – M.: Mir, 1981. - P .272.
5. Degtyareva Yu.N. System analysis and operations research: textbook. – M.: Higher School, 1996. - P .335.
6. Sannikov A.A., Kutsubina N.V. System analysis in decision-making: textbook. - Yekaterinburg: Gosotekhn Str. un-ta, 2015. - P .137.

С.С. Ямпиров , д.т.н., профессор, **В.Б. Балданов**, к.т.н., доцент,
Ж.Б. Цыбенков, к.т.н., доцент, **А.О. Жигжитов**, к.т.н., ст.преп.,
Б.Н. Шарапов, асп.

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
670013, Россия, г. Улан-Удэ, Ключевская, 40в, +7(3012)431415
E-mail: yampilovss@mail.ru

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА НА ГРАВИТАЦИОННОМ СЕПАРАТОРЕ С ДВУМЯ КАНАЛАМИ И РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫМ РЕШЕТОМ

Разработана математическая модель процесса просеивания частиц зернового материала на гравитационном сепараторе с двумя каналами и разделительным решето. Отличается данное устройство от всех существующих тем, исходный зерновой материал разделяется на две фракции за счет разделительного решета, а затем каждую фракцию отдельно обрабатывают в левом канале гравитационного сепаратора от мелких примесей, а в правом канале сепаратора от крупных примесей за счет сил гравитации. Как показывают исследования математическая модель адекватно описывает данный процесс.

Ключевые слова: гравитационный сепаратор, каналы, гребенки, силы гравитации, зерно, примесь.

S.S. Yampilov, Doctor of Technical Sciences, Prof.,
V.B. Baldanov, Ph.D, Associate Professor,
Zh.B. Tsybenov, Ph.D., Associate Professor,
A.O. Zhigzhitov, Ph.D, Senior Lecturer **B.N. Sharapov**, graduate student
East Siberian State University technology and management
670013, Russia, Ulan-Ude, Klyuchevskaya, 40v, +7(3012)431415
E-mail: yampilovss@mail.ru

MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF SEPARATING PARTICLES OF GRAIN MATERIAL ON A GRAVITATIONAL SEPARATOR WITH TWO CHANNELS AND A SEPARATING SIEVE

A mathematical model of the process of screening particles of grain material on a gravity separator with two channels and a separating sieve has been developed. This device differs from all existing topics, the original grain material is divided into two fractions by a separating sieve, and then each fraction is separately processed in the left channel of the gravity separator from small impurities, and in the right channel of the separator from large impurities due to gravity forces. Studies show that the mathematical model adequately describes this process.

Key words: *gravity separator, channels, combs, gravitational forces, grain, impurity.*

В ВСГУТУ разработано сепарирующее устройство, которое отличается от всех существующих тем, что предварительно исходный зерновой материал разделен на две фракции:

- основное зерно и крупная примесь;
- основное зерно и мелкая примесь.

И отдельно, каждую фракцию очищает на двух каналах гравитационного сепаратора. Так в правом канале гравитационного сепаратора очищается основное зерно от крупных примесей. А в левом канале гравитационного сепаратора очищается основное зерно от мелких примесей.

Предварительное разделение исходного зернового материала на две фракции позволяет:

- снизить почти в два раза нагрузку на гребенки гравитационного сепаратора, за счет этого уменьшить количества гребенок в каналах;
- удалить те частицы, которые могут забить отверстия гребенок, за счет установки в конце разделительного решета листового металла выше слоя зернового материала.

Разделительное решето совершает возвратно- поступательное движение за счёт эксцентрикового механизма с частотой 400 кол/мин, амплитуда колебаний 7,5 мм и угол наклона решета к горизонту 7°. Причем угол направления колебания разделительного решета вдоль плоскости решета. Эти колебания позволяют исходный зерновой материал расслоить. То есть мелкие частицы зернового материала опускаются в нижние слои и проходят в отверстие решета Ø 3,2 мм. Кроме того, мелкие частицы основного зерна размеров (шириной) меньше 3.2 мм тоже проходят в отверстие разделительного решета и попадают в левый канал гравитационного сепаратора.

А частицы основного зерна шириной более 3.2 мм и крупные примеси идут сходом и попадают в правый канал гравитационного сепаратора. Разделительное решето снабжено механизмом для очистки решета.

В правом канале гравитационного сепаратора используются гребенки длиной 45 мм и расстояние между стержнями – 4 мм. Фракция основное зерно с крупными примесями попадает на сплошной накопитель первой гребенки правого канала гравитационного сепаратора. Частицы основного зерна, перемещаясь по сплошному накопителю поступают на первую гребенку правого канала. Часть основного зерна проходит в отверстие гребенки и попадет на скатную доску, скатываясь по нему попадает в приемник основного зерна. А оставшаяся часть основного зерна поступает на скатную доску второй гребенки, меняя направление движения при котором падает скорость движения фракции основного зерна с крупными примесями. Часть частиц основного зерна проходит в отверстие гребенки правого канала и поступают на скатную доску попадая приемник основного зерна и так далее.

Те частиц крупной примеси, которые не прошли в отверстия нижней гребенки попадают в приемник крупной примеси.

А вторая фракция основного зерна с мелкими примесями, которая прошла в отверстия разделительного решета попадает на сплошной накопитель первой гребенки левого канала гравитационного сепаратора. Основное зерно с мелкими примесями перемещаясь по сплошному накопителю попадает на первую гребенку левого канала, при этом часть мелкой примеси проходит в отверстие первой гребенки левого канала, скатываясь по скатной доске попадает в приемник мелкой примеси. А сход с гребенки основного зерна с мелкими примесями поступают на сплошной накопитель второй гребенки левого канала при этом меняет направление движения и поступают на вторую гребенку. Вторая гребенка имеет наклон в другую сторону. Частицы основного зерна с мелкими примесями перемещаясь по скатной доске второй гребенки поступает в отверстие второй гребенки, поступает на скатную доску, далее поступая в приемник мелкой примеси, который расположен слева канала и так далее. Те частицы основного зерна, которые не прошли в отверстия гребенок левого канала поступают в приемник основного левого канала.

Для математического описания процесса разделения частиц зернового материала в устройстве примем ряд допущений:

- процесс разделения частиц зернового материала осуществляется в однородных условиях;
- частицы мелкой примеси имеют одинаковые размеры и физико-механические свойства. Также частицы крупной примеси имеют одинаковые размеры и физико-механические свойства;
- частицы основного зерна имеют одинаковые размеры и физико-механические свойства;
- рабочие сепарирующие органы (гребенки) изготовлены из металлических прутков диаметром 2 мм и сварены на двух поперечных прутках, которые расположены поперек основным пруткам.

Исходный зерновой материал, состоящий из основного зерна (пшеницы) и примесей (мелкой, крупной) из бункера- питателя поступает самотеком на разделительное решето, которое совершает возвратно-поступательное движение.

Исходный зерновой материал при совершении вибрации разделительного решета разделяется на две фракции:

- основное зерно с крупными примесями;
- основное зерно с мелкими примесями.

Часть основного зерна с мелкими примесями проходят в отверстия разделительного решета и поступает в левый канал гравитационного сепаратора. А не прошедшие частицы основного зерна с крупными примесями идут сходом с решета и поступают в правый канал гравитационного сепаратора.

Опишем процесс просеивания частиц основного зерна и частиц крупной примесив правом канале.

Так, полнота просеивания частиц основного зерна в правом канале ε_{1n}^0 через отверстия первой гребенки определяется по формуле:

$$\varepsilon_{1n}^0 = Q_n^0 (1 - e^{-\mu_0 l_{1n}}), \quad (1)$$

где Q_n^0 – количество основного зерна поступившее на первую гребенку правого канала;

μ_0 – интенсивность просеивания частиц основного зерна в отверстия гребенки правого канала (расстояние между прутками составляет 4,0 мм в правом канале), дм^{-1} ;

Интенсивность просеивания частиц основного зерна зависит от различных факторов:

- геометрических размеров гребенки (угол наклона гребенки к горизонту, длины гребенки, расстояние между прутками, качество поверхности гребенки и др.);

- физико-механических свойств основного зерна;

- равномерностью распределения зернового материала на гребенке, толщины слоя зернового материала, скоростью движения слоя зернового материала на гребенке.

l_{1n} – длины гребенки в дм;

Часть частиц основного зерна пройдя в отверстия первой гребенки попадают на скатной доске в правый приемник правого канала. А не просеявшиеся частицы основного зерна с крупными примесями поступают на сплошной накопитель, который расположен спереди второй гребенки. При этом этот материал ударившись о сплошной накопитель, меняет направление движения в обратную сторону и затем поступает на вторую гребенку.

Полнота просеивания частиц основного зерна на второй гребенке определяется по следующей формуле:

$$\varepsilon_{2n}^0 = \varepsilon_{1n}^0 (1 - e^{-\mu_0 l_{2n}}), \quad (2)$$

где l_{2n} – длина второй гребенки правого канала, дм.

Частицы основного зерна пройдя в отверстия второй гребенки правого канала скатываясь по скатной доске поступают в левый приемник правого канала. А те частицы основного зерна с крупными примесями, не пройдя в отверстия второй гребенки идут сходом и попадают на накопитель третьей гребенки. Накопитель позволяет образовать некоторый слой основного зерна с примесями и подать на третью гребенку.

Полнота просеивания частиц основного зерна через третью гребенку определяется выражением:

$$\varepsilon_{3n}^0 = [\varepsilon_{1n}^0 (1 - e^{-\mu_0 l_{2n}})] \cdot (1 - e^{-\mu_0 l_{3n}}), \quad (3)$$

где l_{3n} – длина третьей гребенки, дм.

На n -м гребенке полнота просеивания частиц основного зерна находится следующим выражением:

$$\varepsilon_{nn}^0 = \{[\varepsilon_1^0 \cdot (1 - e^{-\mu_0 l_{2n}})] \cdot (1 - e^{-\mu_0 l_{3n}}) \cdot \dots \cdot (1 - e^{-\mu_0 l_{n-1n}})\} \cdot (1 - e^{-\mu_0 l_{nn}}), \quad (4)$$

где l_{n-1n} – длина $n-1$ гребенки правого канала, дм,

l_{nn} – длина n -ой гребенки правого канала, дм.

Аналогично, можно определить полноту просеивания частиц крупной примеси на n -ой гребенке правого канала по формуле:

$$\varepsilon_{nn}^k = \{[\varepsilon_{1n}^k \cdot (1 - e^{-\mu_k l_{nn}})] \cdot (1 - e^{-\mu_k l_{3n}}) \cdot \dots \cdot (1 - e^{-\mu_k l_{n-1n}})\} \cdot (1 - e^{-\mu_k l_{nn}}), \quad (5)$$

где μ_k – интенсивность просеивания частиц крупной примеси в отверстия гребенки правого канала, дм;

где l_{n-1n} – длина $n-1$ гребенки правого канала, дм;

ε_{nn} – длина n -ой гребенки правого канала, дм.

Фракция основное зерно с мелкими примесями пройдя в отверстие разделительного решета поступает по скатной доске в левый канал гравитационного сепаратора.

Опишем процесс просеивания частиц основного зерна и частиц мелкой примеси в левом канале.

Так, полнота просеивания частиц мелкой примеси в левом канале ε_{1l}^M через отверстия первой гребенки левого канала определяется по формуле:

$$\varepsilon_{1l}^M = Q_{1l}^M \cdot (1 - e^{-\mu_m l_{1l}}), \quad (6)$$

где Q_{1l}^M – количество частиц мелкой примеси поступившие на первую гребенку левого канала;

μ_m – интенсивность просеивания частиц мелкой примеси в отверстия гребенки левого канала (расстояние между прутками составляет 2,0 мм в левом канале) дм⁻¹;

Интенсивность просеивания частиц мелкой примеси зависит от параметров гребенки, физико-механических свойств мелкой примеси, слоя зернового материала на гребенке и др.

l_{1l} – длина первой гребенки в дм.

Часть частиц мелкой примеси пройдя в отверстия первой гребенки левого канала попадают на скатную доску и скатываясь по ней попадают в приемник мелкой примеси, расположенной слева от канала. А не просеявшиеся частицы мелкой примеси с частицами основного зерна сходом по гребенке попадают на накопитель, который установлен впереди второй гребенки. При этом слоем определенной толщины частицы мелкой примеси и основного зерна поступают на вторую гребенку.

Полнота просеивания частиц мелкой примеси через вторую гребенку определяется по следующей формуле:

$$\varepsilon_{2l}^M = \varepsilon_{1l}^M \cdot (1 - e^{-\mu_m l_{2l}}), \quad (7)$$

где l_{2l} – длина второй гребенки левого канала, дм.

Частицы мелкой примеси пройдя в отверстия второй гребенки левого скатываясь по скатной доске попадают в приемник мелкой примеси, расположенной справа левого канала. А те частицы мелкой примеси, которые не прошли в отверстия второй гребенки левого канала они идут сходом и попадают на сплошной накопитель третьей гребенки, далее на третью гребенку левого канала. Полнота просеивания частиц мелкой примеси через третью гребенку определяется выражением:

$$\varepsilon_{3l}^M = [\varepsilon_{1l}^M \cdot (1 - e^{-\mu_m l_{2l}})] \cdot (1 - e^{-\mu_m l_{3l}}), \quad (8)$$

где $l_{3л}$ – длина третьей гребенки левого канала, дм.

На n -ом гребенке полнота просеивания частиц мелкой примеси находится следующим выражением:

$$\varepsilon_{nl}^M = \{[\varepsilon_{1л}^M \cdot (1 - e^{-\mu_m l_{2л}})] \cdot (1 - e^{-\mu_m l_{3л}}) \cdot \dots \cdot (1 - e^{-\mu_m l_{n-1л}})\} \cdot (1 - e^{-\mu_m l_{nl}}), \quad (9)$$

где $l_{n-1л}$ – длина $n - 1$ гребенки левого канала, дм;

ε_{nl} – длина n -ой гребенки левого канала, дм.

Аналогично, можно определить полноту просеивания частиц основного зерна на n -ой гребенке левого канала по формуле:

$$\varepsilon_{nl}^0 = \{[\varepsilon_{1л}^0 \cdot (1 - e^{-\mu_0 l_{2л}})] \cdot (1 - e^{-\mu_0 l_{3л}}) \cdot \dots \cdot (1 - e^{-\mu_0 l_{n-1л}})\} \cdot (1 - e^{-\mu_0 l_{nl}}), \quad (10)$$

где μ_0 – интенсивность просеивания частиц основного зерна в отверстия гребенки левого канала, дм⁻¹;

$l_{n-1л}$ – длина $n - 1$ гребенки левого канала, дм;

l_{nl} – длина n -ой гребенки левого канала, дм.

Общая полнота просеивания мелкой примеси ε_{nl}^M , общая полнота просеивания крупной примеси ε_{nl}^K , а общая полнота просеивания основного зерна составляет

$$\varepsilon_{общ}^0 = \varepsilon_{nl}^0 + \varepsilon_{nl}^K. \quad (11)$$

Эффективность очистки зернового материала на устройстве состоящем из разделительного решета и двух гравитационных каналов определяется по формуле Н.В и Г.В. Ньютонов.

$$E_M = \varepsilon_{nl}^M - \varepsilon_{nl}^0. \quad (12)$$

Эффективность очистки крупной примеси:

$$E_K = \varepsilon_{общ}^0 - \varepsilon_{nl}^K. \quad (13)$$

Заключение

Разработана математическая модель процесса просеивания частиц зернового материала гравитационным сепаратором состоящим из двух каналов и разделительного решета (4,5, 9, 10, 11).

Библиография

1. Ямпиллов С.С., Буянтуева Н.Д., Гылыкова С.Ж., Дармаев А.Ж. Анализ теоретических исследований очистки зерна на устройствах, работающих без использования электроэнергии // НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: СОХРАНЯЯ ПРОШЛОЕ, СОЗДАЁМ БУДУЩЕЕ: сб. ст. XXIX Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2020. - С.40-43.

Bibliography

1. Yampilov S.S., Buyantueva N.D., Gylykova S. Zh., Darmaev A. Zh. Analysis of theoretical studies of grain cleaning on devices operating without the use of electricity // SCIENCE AND EDUCATION: KEEPING THE PAST, WE CREATE THE FUTURE: collection of articles of the XXIX International Scientific and Practical Conference. - Penza: ICNS "Science and Education", 2020. - P.40-43..

В.Б. Балданов, к.т.н., доцент, **Г.Ж. Хандакова**, к.т.н., доцент,
А.О. Жигжитов, к.т.н., ст.преп.

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
670013, Россия, г. Улан-Удэ, Ключевская 40в, +73012(431415)
e-mail: cakirslava@gmail.com, e-mail: dondokovag@mail.ru

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ФОТОСЕПАРАТОРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЗЕРНА

В течение последних лет применение фотосепараторов на предприятиях агропромышленного комплекса нашей страны становится все более актуальным. Данные устройства позволяют достичь высокого уровня чистоты зерна, при этом их эффективность в подготовке семян и сепарации пищевых продуктов уже была неоднократно доказана. В статье рассмотрена классификация, конструкция и принцип работы современных фотосепараторов.

Ключевые слова: Лотковые и ленточные сепараторы, сенсорные системы, видеокамера, вибропривод.

V.B. Baldanov, Candidate of Technical Sciences, associate Professor
G.Zh. Khandakova, Candidate of Technical Sciences, associate Professor
A.O. Zhigzhitov, Ph.D, Senior Lecturer
East Siberian State University of Technology and Management
670013, Russia, Ulan-Ude, Klyuchevskaya 40b, +773012(431415)
e-mail: cakirslava@gmail.com, e-mail: dondokovag@mail.ru

ANALYSIS OF MODERN PHOTOSEPARATORS FOR GRAIN CLEANING

In recent years, the use of photo separators at the enterprises of the agro-industrial complex of our country has become increasingly relevant. These devices make it possible to achieve a high level of grain purity, while their effectiveness in seed preparation and food separation has already been repeatedly proven. The article discusses the classification, design and principle of operation of modern photo separators.

Key words: Tray and belt separators, sensor systems, video camera, vibration drive.

Введение. Технология фотосепарации применима для любого процесса обработки сыпучих материалов во множестве отраслей промышленности – сельскохозяйственной, пищевой, в горном деле и рециклинге. Её уникальность в универсальности и в том, что с ее помощью возможно достичь более высокого качества и меньшей травмируемости сырья. В большинстве случаев

фотосепараторы дают новый толчок для роста и развития любой технологической цепочки или линии сортировки и модернизации производства в целом.

Классификация. Классифицируются как правило по конструкции аппарата и можно выделить два основных вида, это лотковые и ленточные фотосепараторы.

Лотковые фотосепараторы – применяется для выделения зерна и примесей фракцией до 30 мм. Отличительная особенность – высокая производительность и интеграция на линию производства не вызывает сложностей.

Ленточные фотосепараторы – применяется для выделения зерна и примесей фракцией до 50 мм, чаще всего используются для сортировки абразивного и влажного типа сырья. Отличительная особенность – отсутствие лотков, а ширина ленты влияет на производительность.

Принцип работы:

Зерновой материал для сепарации поступает в загрузочный бункер аппарата. С помощью регулировки в бункере устанавливается нужная нам производительность. Далее материал поступает в желоб аппарата. Желоб канал имеет узкую форму. Канал представляет собой зону активного воздействия, зона освещается люминесцентными лампами. Активная зона оборудована четырьмя лампами, которые работают по принципу лучей.

Затем лампы излучают свет, предоставляя информацию о продукте специальной сенсорной системе. При этом, сенсорная камера получает информацию о том, какой тип продукта она отделяет и какого он цвета. Основная функция фотосепаратора – различать материал по цвету и сортировать их соответствующим образом. Благодаря этому, бобовые можно разделить на горох, фасоль и чечевицу, каждая из которых входит в отдельную группу, исходя из разного цвета. В таком фотосепараторе как правило производят сортировку таких продуктов, как рис, пшеница, ячмень и другие.

Ниже показана блок-схема процесса сортировки зернового материала. (рис. 1). Культуры, подлежащие обработке оптическим сортировщиком, подаются в бункер 1 и затем на лоток горизонтального вибропитателя 2, установленный на электромагнитном виброприводе 3. Вибропитатель регулирует скорость и объем зерна на лоток. Максимальная нагрузка на лоток вибропитателя 12 кг.

С помощью вибропривода 3 горизонтальный лоток 2 совершает направленные колебательные движения и перемещает зерновой ворох на наклонный скатный лоток 4, который может быть гладким или в виде канавок. За счет изменения режима работы вибропитателя регулируют производительность фотосепаратора. Она может быть изменена как электронным способом с панели оператора, так и механическим — при помощи поднятия или опускания шиберной заслонки. Вибропитатель регулирует скорость и количество подачи зерна на скатной лоток 4 [3].

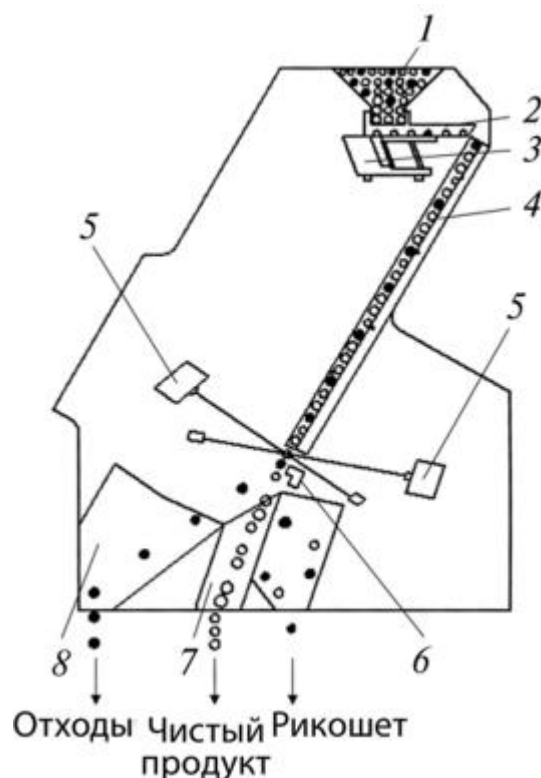


Рисунок 1 – Технологическая схема фотосепаратора:

1 – бункер загрузочный; 2 – лоток горизонтальный;
3 – вибропривод электромагнитный; 4 – лоток скатный; 5 – видеокамеры;
6 – клапан соленоидный; 7 – отсек очищенного зерна; 8 – отсек для отходов

Библиография

1. <https://csort.ru/photoseparator/>
2. <https://fsapsan.ru/tehnologii/>
3. https://studref.com/612507/agropromyshlennost/spetsialnye_mashiny
3. Ямпиров С.С., Цыбенков Ж.Б., Цыдыпов Ц.Ц. Компьютерный сепаратор для очистки зерна // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 3. – С. 12-14.

Bibliography

1. <https://csort.ru/photoseparator/>
2. <https://fsapsan.ru/tehnologii/>
3. https://studref.com/612507/agropromyshlennost/spetsialnye_mashiny
3. Yampilov S.S., Tsybenov Zh.B., Tsydypov Ts.Ts. Computer separator for grain cleaning // Tractors and agricultural machines. - 2010. - No. 3. - P. 12-14.

И.С. Сомов, студент, **О.Р. Товаров**, студент, **Г.И. Хараев**, д.т.н.
Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
670013, Россия, г. Улан-Удэ, Ключевская, 40в, +7(3012)431415
E-mail: somoff@yandex.ru, tovolk99@gmail.com, kharaev.g@yandex.ru

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТОПЛИВОПОДАЧИ ГАЗОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

В статье приведены результаты выполненного литературного обзора, а также анализ особенностей конструкции и функционирования системы топливоподачи газодизельного топлива. Полученные сведения позволяют лучше понять место и условия применения этих систем и, правильно использовать их свойства в процессе практической эксплуатации.

Ключевые слова: *дизельный двигатель внутреннего сгорания, степень сжатия, газообразное топливо, смесительное устройство, подогреватель-испаритель, холостой ход, смешанный процесс.*

I.S. Somov, student, **O.R. Tovarov**, student,
G.I. Kharaev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
East Siberian State University technology and management
670013, Russia, Ulan-Ude, Klyuchevskaya, 40v, +7(3012)431415
E-mail: somoff@yandex.ru, tovolk99@gmail.com, kharaev.g@yandex.ru

FEATURES OF THE DESIGN AND FUNCTIONING OF THE GAS-DIESEL FUEL SUPPLY SYSTEM

The article presents the results of the performed literature review, as well as an analysis of the design and functioning of the gas-diesel fuel supply system. The information obtained makes it possible to better understand the place and conditions of application of these systems and correctly use their properties in the process of practical operation.

Keywords: *diesel internal combustion engine, compression ratio, gaseous fuel, mixing device, heater-evaporator, idling, mixed process.*

Введение. Становлению агропромышленного комплекса на качественно новый уровень развития во многом способствуют новые технические средства и оборудование [1-5]. Значительная часть производственных процессов в аграрном секторе обеспечивается с помощью автотракторной техники. Поэтому разработки в этой сфере имеют важное значение [6-9]. Ключевым источником энергии автомобилей и тракторов в настоящее время являются поршневые двигатели внутреннего сгорания. В качестве горючего наряду с традиционными видами топлива все больше и больше используется газообразное топливо.

Цель исследований. Определение особенностей функционирования системы топливо подачи газодизельного топлива.

Материалы и методы. Обзор литературных источников. Сравнительный анализ принципов функционирования систем питания газодизельного силового агрегата.

Результаты исследования. Дизельные поршневые двигатели внутреннего сгорания переоборудуются на питание газообразным топливом с помощью впуска газа в цилиндры мотора как в жидком, так и в газообразном виде. Газ в сжиженном виде впрыскивается непосредственно в камеру сгорания посредством обычного топливного насоса, а также форсунок. Для того, чтобы не допустить испарение жидкости, в том числе формирования паровых пробок применяют как охлаждающий агент малое количество этого же самого сжиженного газа. После испарения некоторой части жидкости, а также охлаждения по причине этого основной массы, газообразного топлива пары засасываются в рабочие цилиндры мотора вместе с воздухом, а охлажденная жидкость нагнетается под давлением насосом в камеры сгорания, как и в обычном силовом агрегате с воспламенением от сжатия [10].

Самое большое применение имеет способ, при котором функцию источника зажигания газозвушной смеси выполняет факел жидкого топлива, самовоспламеняющегося от сжатия. При переводе мотора на газообразное топливо с помощью этого метода степень сжатия, обычно, остается стабильной. Цилиндры силового агрегата в процессе впуска насыщаются газозвушной смесью обедненного состава. Для этого на впускном трубопроводе мотора (или же воздушного нагнетателя) монтируют смесительное устройство, осуществляющее перемешивание газа с воздухом, варьирование качество, а также количество газозвушной смеси, поступающей в поршневой двигатель внутреннего сгорания. На рисунке 1 проиллюстрирована схема оборудования для дизеля, функционирующего по газожидкостному циклу, а именно со всасыванием, а также сжатием газозвушной смеси, в том числе воспламенением ее струей самовоспламенившегося жидкого топлива. Газ в сжатом виде из баллона 17 или в сжиженном из баллона 20 нагнетается через специальные вентили к подогревателю-испарителю 16. Подогрев выполняется посредством тепла отработавших газов. От подогревателя-испарителя газ поступает посредством магистрального вентилля 15, а также газового фильтра 12 в специальный двухступенчатый редуктор 11, который значение давления газа уменьшает до величины, близкому к атмосферному. Газ низкого давления подается к смесителю газа 5, затем после осуществления смешивания с воздухом засасывается в рабочие цилиндры силового агрегата.

Жидкое топливо, подаваемого из бака 9, с помощью подкачивающего насоса 7 к топливному 6 насосу высокого давления, впрыскивается с распылом посредством форсунки в камеры сгорания, чуть не доходя поршнем верхней «мертвой» точки. При применении струи самовоспламенившегося жидкого горючего в качестве источника воспламенения газозвушной смеси

регулирование силового агрегата может быть количественным, в том числе качественным или же смешанным. Поскольку последнее более оптимально, то сконструирована специальная система для управления устройствами дозирования жидкого, а также топлива газообразного вида.

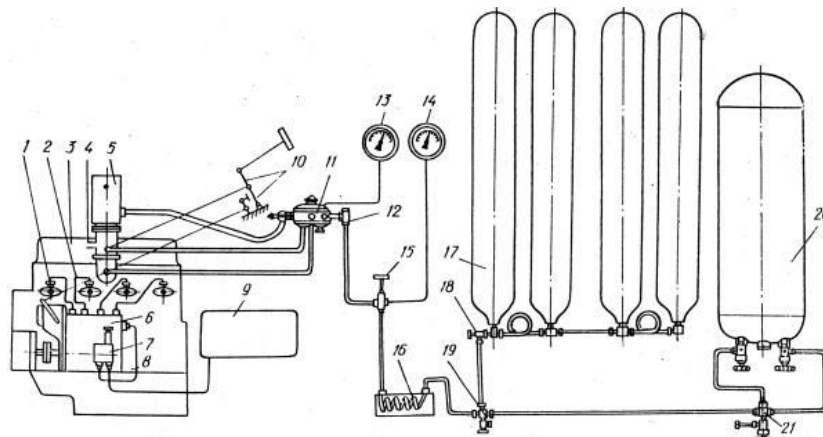


Рисунок 1 – Схема питания поршневого дизельного двигателя внутреннего сгорания, функционирующего по газожидкостному циклу:

- 1 – форсунка; 2 – топливопровод к форсунке; 3 – четырехтактный дизельный мотор;
- 4 – отверстие для добавочного ввода воздуха;
- 5 – смеситель для смешивания газа; 6 – топливный насос высокого давления;
- 7 – подкачивающий насос низкого давления; 8 – топливопровод к топливному насосу;
- 9 – емкость для жидкого топлива;
- 10 – система управления топливной рейкой насоса высокого давления, а также дроссельной заслонкой горючей (газовоздушной) смеси;
- 11 – специальный газовый редуктор; 12 – фильтр для очистки газа;
- 13 – универсальный манометр газового редуктора; 14 – манометр для баллонов;
- 15 – основной магистральный вентиль; 16 – подогреватель-испаритель; 17 – баллон для сжатого газа; 18 – расходный-регулирующий вентиль баллонов для сжатого газа;
- 19 – наполнительный вентиль для баллонов хранения сжатого газа;
- 20 – баллон для хранения сжиженного газа;
- 21 – наполнительный вентиль для баллона сжиженного газа

При применении смешанной системы регулирования, дополнительно к стандартному регулированию количества газовоздушной смеси, используется добавочный ввод воздуха для увеличения значения коэффициента избытка воздуха при функционировании мотора на холостом ходу, а также малых нагрузках, в том числе автоматическое включение добавочной подачи горючего для увеличения величины мощности силового агрегата при полностью открытой дроссельной заслонке газовоздушной смеси. На холостом ходу мотор функционирует главным образом на жидком горючем, впрыскиваемом с распылом топливным насосом высокого давления 6; воздух подается сквозь отверстие 4 для добавочного ввода воздуха, а также через пространство между дроссельной заслонкой, а также стенками устройства газового смесителя. В процессе перехода к нагрузочным фазам функционирования мотора повышается поступление газовоздушной смеси со стабильным составом. Количество воздуха, подаваемого сквозь канал 4,

снижается потому, что разрежение во впускном трубопроводе уменьшается. В момент, когда дроссельная заслонка целиком открыта, в то же время требуется дальнейшее повышение величины мощности силового агрегата, посредством перемещения педали подачи горючего осуществляют перемещение рейки топливного насоса высокого давления и тем самым повышают подачу жидкого горючего. Это метод увеличения значения мощности мотора используется в вариантах, когда избыточное обогащение газовой смеси вредно из-за повышенной жесткости осуществления процесса сгорания. Использование газодизельного функционирования дает возможность снизить расход топлива, в том числе уровень внешнего, а также внутреннего шумов, заметно уменьшить вредные выбросы с выхлопными газами твердых частиц (в 1,85 раза). Однако газодизельное функционирование повышает выброс углеводородов, в том числе оксида углерода при несущественном снижении выброса оксидов азота. Повышенное содержание количества углеводородов имеет место быть по причине недостаточно полного сгорания метана. Метан не представляется токсичным. Причина повышенных выбросов оксида углерода кроется в том, что газодизельный силовой агрегат с воспламенением от запальной дозы жидкого горючего, а также приготовлением газовой смеси в пространстве впускного тракта принимает промежуточное положение между поршневым двигателем внутреннего сгорания с внутренним смесеобразованием, а также мотором с внешним смесеобразованием, а последний из-за меньших значений коэффициентов избытка воздуха значительно хуже в этом по сравнению с дизельным мотором.

Вывод. Улучшения экономических, в том числе экологических показателей функционирования газодизельных моторов можно достичь посредством использования систем смешанного (а именно, качественно-количественного) варьирования газовой смеси, применения электронного управления системой питания со смешанным процессом регулирования. Перспективны, кроме того, системы непосредственного впрыска газа в рабочие цилиндры поршневого дизельного двигателя.

Библиография

1. Арданов Ч.С.Е. и др. Модернизация сухого способа очистки корнеклубнеплодов // Тракторы и сельхозмашины. - 2014. - № 6. - С. 13-14.
2. Поляков Г.Н. и др. Оптимизация режимов обмолота хлебной массы на стационаре // Тракторы и сельхозмашины. - 2014. - № 11. - С. 40-42.
3. Поляков Г.Н. и др. Состав и изменение структуры сельскохозяйственных машин для почвообработки в Иркутской области // Известия Международной академии аграрного образования. - 2019. - № 47. - С. 28-32.
4. Хараев Г.И. и др. Модернизация технического средства для разделения зерносоломистого вороха // Тракторы и сельхозмашины. - 2020. - № 5. - С. 33-36.

5. Сухаева А.Р. и др. Модернизация фуражира в составе экспериментальной технологии уборки зерновых культур Приангарья // Известия Международной академии аграрного образования. - 2022. - № 59. - С. 50-55.
6. Алтухов С.В. и др. Анализ гидродинамических характеристик распылителей форсунок ДВС // Тракторы и сельхозмашины. - 2018. - № 3. - С. 3-6.
7. Болоев П.А. и др. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в условиях Восточной Сибири // Аграрный научный журнал. - 2015. - № 10. - С. 31-34.
8. Шуханов С.Н. и др. Обзор и анализ исследований по износу в процессе пуска и прогрева двигателя // Известия Международной академии аграрного образования. - 2021. - № 57. - С. 77-79.
9. Хараев Г.И. Диагностика пар трения в технических средствах // Агротехника и энергообеспечение. - 2022. - № 2 (35). - С. 49-53.
10. Капустин А.А., Пенкин А.Л. Система питания двигателя внутреннего сгорания природным газом // АвтоГазоЗаправочный комплекс + Альтернативное топливо. - 2011. - № 1 (55). - С. 16-19.

Bibliography

1. Ardanov Ch.S.E. and others. Modernization of the dry method of cleaning root crops // Tractors and agricultural machines. - 2014. - № 6. - P. 13-14.
2. Polyakov G.N. et al. Optimization of grain mass threshing regimes at the hospital // Tractors and agricultural machines. - 2014. - № 11. - P. 40-42.
3. Polyakov G.N. Composition and change in the structure of agricultural machines for tillage in the Irkutsk region // Proceedings of the International Academy of Agrarian Education. - 2019. - № 47. - P. 28-32.
4. Kharaev G.I. et al. Modernization of a technical tool for separating a grain-straw heap // Tractors and agricultural machines. - 2020. - № 5. - P. 33-36.
5. Sukhaeva A.R. et al. Modernization of fodder as part of an experimental technology for harvesting grain crops in the Angara region // Proceedings of the International Academy of Agrarian Education. - 2022. - № 59. - P. 50-55.
6. Altukhov S.V. et al. Analysis of the hydrodynamic characteristics of ICE injector sprayers // Tractors and agricultural machines. - 2018. - № 3. - P. 3-6.
7. Boloev P.A. and other Resource-saving technologies of cultivation of grain crops in Eastern Siberia // Agrarian scientific journal. - 2015. - № 10. - P. 31-34.
8. Shukhanov S.N. et al. Review and analysis of research on wear during engine start-up and warm-up. Proceedings of the International Academy of Agrarian Education. - 2021. - № 57. - P. 77-79.
9. Kharaev G.I. Diagnostics of friction pairs in technical facilities // Agricultural engineering and energy supply. - 2022. - № 2 (35). - P. 49-53.
10. Kapustin A.A., Penkin A.L. Natural gas supply system for an internal combustion engine // AvtoGazozapravochny complex + Alternative fuel. - 2011. - № 1 (55). - P. 16-19.

УДК 532.5

А.Г. Хантургаев, д.т.н., доцент, **Т.И. Котова**, к.т.н., доцент,
А.В. Гордеев, магистрант 3М282, **Э.Ю. Лубсанов**, аспирант,
А.Л. Щекотов, магистрант 3М282, **И.А. Петровская**, магистрант 3М282
Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
670013, Россия, г. Улан-Удэ, Ключевская, 40в, +7(3012)431415
e-mail: lubsanov.eduard@bk.ru

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ И СУШКИ ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ

Проведен обзор существующих технологий интенсификации процессов концентрирования и сушки пищевого сырья. Установлено, что классические способы сушки (конвективный, кондуктивный), применяемые для получения сушеной продукции из облепихового сырья, ведут к значительным потерям биологически активных веществ и ухудшению качественных показателей готовой продукции, отличаются неравномерностью и продолжительностью. В связи с этим необходимо использовать такой способ сушки, при котором максимально сохраняются свойства и биологическая ценность исходного облепихового сырья. При этом выбор конкретного метода интенсификации процессов концентрирования и сушки сырья должен основываться на технико-экономических показателях и на требованиях к качеству конечного продукта.

Ключевые слова: облепиха, интенсификация процессов сушки, пищевое сырье, сушка облепихи.

A.G. Khanturgaev, Ph.D., Associate Professor, **T.I. Kotova**, Ph.D., Associate Professor, **A.V. Gordeev**, Master's student, **E.U. Lubsanov**, Graduate students, **A.L. Chekotov**, Master's student, **I.A. Petrovscay**, Master's student,
East Siberian State University technology and management
670013, Russia, Ulan-Ude, Klyuchevskaya, 40v, +7(3012)431415
e-mail: lubsanov.eduard@bk.ru

INTENSIFICATION OF PROCESSES CONCENTRATION AND DRYING FOOD RAW MATERIALS

The review of the existing technologies of intensification of the processes of concentration and drying of food raw materials is carried out. It is established that the classical drying methods (convective, conductive) used to obtain dried products from sea buckthorn raw materials lead to significant losses of biologically active substances and deterioration of the quality indicators of finished products, differ in unevenness and duration. In this regard, it is necessary to use a drying method in which the properties and biological value of the original sea buckthorn raw materials are preserved as much as possible. At the same time, the choice of a

specific method for intensifying the processes of concentration and drying of raw materials should be based on technical and economic indicators and on the requirements for the quality of the final product.

Keywords: *sea buckthorn, intensification of drying processes, food raw materials, sea buckthorn drying.*

Одной из важных проблем пищевого производства является получение продукции высокого качества, повышение биологической ценности продуктов функционального питания. При этом проблемы функционального питания можно решить путем применения биопродуктов с добавками растительного происхождения. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) рекомендует ежедневное потребление не менее 400г овощей, фруктов и ягод, что предположительно может сохранить до 2,7 млн жизней ежегодно вследствие предотвращения некоторых видов раковых и сердечно-сосудистых заболеваний, предотвращения ожирения и диабета.

В этом плане особое место занимает облепиха, которая является ценным источником ряда важнейших биологически активных веществ (БАВ). Облепиха используется в промышленности как природный источник биологически активных веществ для производства лекарственных, пищевых и витаминных препаратов.

Сейчас возникает вопрос о более эффективной переработке облепихи с максимальным извлечением БАВ для создания на их основе продуктов для функционального питания. Одним из таких направлений является интенсификацию процессов концентрирования и сушки пищевого сырья. В связи с этим, целью работы является обзор существующих технологических процессов, направленных на интенсификацию процессов концентрирования и сушки пищевого сырья.

Целью сушки растительного сырья является уменьшение массы, что позволяет снижать затраты на транспортировку; увеличение срока хранения и повышение качества сырья; подготовка к дальнейшей переработке, а именно получение порошков.

В настоящее время в пищевой промышленности применяют следующие методы сушки растительного сырья:

- конвективная сушка;
- кондуктивная сушка;
- сушка под воздействием энергетических полей (сушка инфракрасными лучами; сушка в электромагнитных полях);
- сублимационный метод сушки.

Принцип действия конвективной сушки основан на передаче энергии к продукту путем омывания его сушильным агентом, в качестве которого выступает нагретый воздух или парогазовая смесь. Влага, испаряющаяся с поверхности продукта, уносится сушильным агентом в окружающую среду. Обезвоживаемый продукт при этом может находиться в неподвижном состоянии, во взвешенном слое либо в распыленном состоянии, если это

жидкий продукт. В последнем случае сырье диспергируется и обезвоживается в потоке газообразного теплоносителя. При этом продукт находится в контакте с теплоносителем относительно короткое время за счет большой степени диспергирования и достаточно высокой температуры теплоносителя. В распылительных сушилках возможно также смешивание двух и более продуктов в процессе сушки. Таким способом возможно обезвоживать соки для получения фруктовых и ягодных порошков.

Кондуктивная сушка осуществляется за счет передачи энергии высушиваемому продукту путем непосредственного соприкосновения его с нагретой поверхностью. Данный вид обезвоживания эффективен для сушки пастообразных материалов и вязких жидкостей, для цельного растительного сырья этот способ малоэффективен.

Сушка инфракрасными лучами является одним из современных и перспективных способов обезвоживания. В основу данного метода положена способность молекул воды поглощать инфракрасное излучение определенного спектра. При этом ткани обезвоживаемого продукта не поглощают излучение в данном диапазоне, поэтому сушка может осуществляться при относительно невысоких температурах – порядка 40-60°C. В качестве источника излучения выступают керамические или металлические поверхности, либо инфракрасные лампы. Инфракрасная сушка является энергетически эффективной, поскольку около 80% энергии, подводимой к лампам, переходит в энергию ИК-излучения и практически без потерь передается влаге высушиваемого продукта. Для обеспечения направленности потока ИК-излучения инфракрасные лампы снабжаются параболическими рефлекторами. Главное достоинство данного вида сушки состоит в относительно высокой скорости удаления влаги из сырья. Это обусловлено тем, что инфракрасное излучение, попадая в капилляры высушиваемого продукта, многократно отражается от стенок и практически полностью поглощается влагой. Кроме того, при инфракрасной сушке коэффициент теплообмена больше, чем при кондуктивном или конвективном способе сушки. Сохранность витаминов при данном виде обезвоживания составляет порядка 60-70%, что на 10-20% выше, чем при конвективной сушке. Таким образом, инфракрасная сушка является эффективным методом для обезвоживания фруктов и ягод.

Способ сушки в электромагнитных полях основан на действии высоких и сверхвысоких частот на влагу обезвоживаемого продукта. При данном способе сушки происходит равномерное прогревание продукта по всему объему, глубина проникновения электромагнитных волн составляет 10 см. Области продукта с более высоким влагосодержанием получают больше энергии СВЧ-излучения, в результате чего влажность продукта выравнивается на протяжении процесса сушки. Одной из отличительных черт обезвоживания электромагнитными волнами является тот факт, что в процессе сушки продукта скорость удаления влаги не снижается, поскольку теплопроводность в данном случае не играет ключевой роли. Сушка электромагнитным излучением проходит при относительно низких температурах – порядка 30-

60°C, в высушенном продукте сохраняются витамины (особенно витамины С, В1, В2 и В3), минеральные вещества, эфирные масла и другие биологически активные вещества. Так же как и инфракрасная сушка, обезвоживание в СВЧ-поле является экологически безопасным, поскольку источником энергопотребления электромагнитных генераторов является только электроэнергия. При этом также отсутствуют потери тепла, так как источником тепла является сам высушиваемый продукт.

Сублимационная сушка является одним из самых прогрессивных и эффективных методов сушки в пищевой промышленности и позволяет получить готовую продукцию, максимально приближенную по качественным показателям к натуральному растительному сырью. Сущность данного способа сушки заключается в удалении влаги из продукта при давлении ниже тройной точки воды (менее 611,6 Па). В основу сублимационной сушки положен тот факт, что при таком давлении влага в продукте может присутствовать только в двух агрегатных состояниях – твердом и газообразном. Влага в продукте при этом переходит в кристаллическую фазу и сублимирует в окружающую среду. Одна из специфических особенностей сублимационной сушки заключается в том, что сублимация влаги не вызывает заметных изменений в структуре продукта, что благоприятно сказывается на его качественных показателях. Кроме того, поскольку большая часть влаги удаляется из сырья в замороженном состоянии, исключается негативное термическое воздействие на компоненты растительного сырья. Сублимационная сушка позволяет в максимальной степени сохранить не только химический состав растительного сырья, но и его реологические свойства. Количественные изменения в химическом составе лиофилизированных продуктов носят минимальный характер. Так, потери витамина С составляют 10÷20%. В основном потери биологически активных веществ при сублимационной сушке происходят при обезвоживании смесей из различных плодов и ягод вследствие инактивации ферментов и снижения уровня pH.

Таким образом, скорость удаления влаги при сушке зависит от ряда параметров: влажности материала, способа перемешивания в сушильной камере, метода сушки, температуры сушильного агента и многих других факторов. При этом выбор конкретного метода интенсификации процессов концентрирования и сушки сырья должен основываться на технико-экономических показателях и на требованиях к качеству конечного продукта. При этом необходимо стремиться к минимизации изменений химического состава исходного сырья в процессе сушки.

Классические способы сушки (конвективный, кондуктивный), применяемые для получения сушеной продукции из облепихового сырья, ведут к значительным потерям биологически активных веществ и ухудшению качественных показателей готовой продукции, отличаются неравномерностью и продолжительностью. В связи с этим необходимо использовать такой способ сушки, при котором максимально сохраняются свойства и биологическая

ценность исходного облепихового сырья. Наиболее перспективным является сушка в электромагнитном поле сверхвысоких частот (ЭМП СВЧ), называемая диэлектрической, или микроволновой, которая позволяет нагревать материал во всем объёме. Этот способ отличается высокой скоростью нагрева, малой продолжительностью и энергоёмкостью.

Библиография

1. Котова Т.И., Хараев Г.И., Хантургаева Г.И., Ширеторова В.Г. Оптимальные способы сушки облепихи обезвоженной // Пищевая промышленность. – №1. – 2008.

2. Первышина Г.Г., Никифоров Е.Г., Гоголева О.В. Комплексная переработка дикорастущей облепихи крушиновидной как средство сохранения биоразнообразия дикоросов в Красноярском крае // Региональная молодежная научно-практическая школа-конференция, посвященная Всемирному дню охраны окружающей среды, сборник материалов [Электронный ресурс]. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2008. Режим доступа: http://conf.sfu-kras.ru/conf/eco2008/report?memb_id=393, свободный.

3. Валитова И.М., Титова Т.В., Межуева Л.В. К вопросу о переработке облепихи в пищевой промышленности // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2014. <http://elib.osu.ru/handle/123456789/653>

4. Атаназевич, В.И. Сушка пищевых продуктов. – М.: Делц, 2000. – 296 с.

Bibliography

1. Kotova T.I., Kharaev G.I., Khanturgaeva G.I., Shiretorova V.G. Optimal drying conditions for dehydrated sea buckthorn // Food industry. – № 1. – 2008.

2. Pervyshina G.G., Nikiforov E.G., Gogoleva O.V. Complex processing of wild buckthorn buckthorn as a means of preserving the biodiversity of wild plants in the Krasnoyarsk Territory // Regional Youth Scientific and Practical school-conference dedicated to the World Day of Environmental Protection, collection of materials [Electronic resource]. — Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2008. — Access mode: http://conf.sfu-kras.ru/conf/eco2008/report?memb_id=393 , free.

3. Valitova I.M., Titova T.V., Mezhujeva L.V. On the issue of sea buckthorn processing in the food industry // The University complex as a regional center of education, science and culture. – Orenburg: Orenburg State University, 2014. <http://elib.osu.ru/handle/123456789/653>

4. Atanazevich V.I. Drying of food products. – M.: Delts, 2000. – 296 p.

УДК 664.8.039

А.Г.Хантургаев, д.т.н., доцент, **Т.Ц.Бадмаева**, магистрант ЗМ 282,
Н.И.Смелая, магистрант ЗМ 282

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
670013, Россия, г.Улан-Удэ, Ключевская, 40в +7(3012)431415
e-mail: nsmelaya@mail.ru

ИННОВАЦИОННЫЕ СПОСОБЫ ШОКОВОЙ ЗАМОРОЗКИ ЯГОД И ГРИБОВ

В статье рассматриваются известные способы шоковой заморозки пищевых продуктов. Представлены современные высокотехнологические, инновационные методы заморозки ягод и грибов с сохранением всех питательных веществ.

Ключевые слова: замораживание, продукт, кристалл льда, температура.

A.G.Khanturgaev, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
T.C.Badmaeva, undergraduate ZM 282, **N.I.Smelaya**, undergraduate ZM 282
East Siberian State University technology and management
670013, Russia, Ulan-Ude, Klyuchevskaya, 40v, +7(3012)431415
e-mail: nsmelaya@mail.ru

INNOVATIVE METHODS OF SHOCK FREEZING OF BERRIES AND MUSHROOMS

The article discusses the known methods of shock freezing of food products. Modern high-tech, innovative methods of freezing berries and mushrooms with preservation of all nutrients are presented.

Keywords: freezing, product, ice crystal, temperature.

Одним из наиболее эффективных способов снижения потерь при хранении является замораживание. Замораживание – самый экологичный метод консервации пищевых продуктов, при котором продукты подготавливаются для длительного хранения с сохранением всех витаминов и высококачественных питательных веществ пищевых продуктов до момента их приготовления.

Рынок замороженных продуктов – один из крупнейших секторов пищевой промышленности. Его постоянное развитие способствовало созданию множества методов замораживания продуктов, которые продолжают совершенствоваться, чтобы удовлетворить высокий спрос на качественный замороженный продукт с длительным сроком хранения [1].

В настоящее время современные методы заморозки подходят не для всех продуктов: так как в некоторых из них при замораживании происходят

физические и химические изменения состава, что отрицательно сказывается на качестве размораживаемого материала.

Для улучшения качества размораживаемых продуктов необходимо уменьшение размера микrokристаллов льда, образующихся в тканях продукта при замораживании, и ускорении самого процесса заморозки.

Некоторые инновационные процессы замораживания (соударение и гидрогидридизация) по сути являются усовершенствованиями существующих методов (воздушной струи и жидкостной заморозки). Эволюция этих методов направлена на ускорение теплопередачи на поверхности продукта. Узким местом таких систем является ограничение толщины замораживаемых продуктов, поскольку быстрому глубокому охлаждению начинает препятствовать низкая теплопроводность тканей самого продукта.

Другие методы (сдвиг давления, магнитный резонанс, электростатика, микроволновое излучение, ультразвук) являются дополнением к существующим системам замораживания и направлены на улучшение качества продукта путем контроля способа образования льда в продуктах во время замораживания.

Альтернативой внешнему воздействию является изменение свойств самого продукта для контроля процесса образования льда. К таким методам относятся, например, обезвоживание и использовании белков антифриза [2].

Замораживание соударением.

Использование технологии соударения для увеличения поверхностного теплообмена в системах замораживания воздухом стало одной из немногих инноваций, получивших коммерческую реализацию.

Ударные воздушные струи с очень высокой скоростью (20-30 м/с) разрушают статический поверхностный слой газа, окружающий пищевой продукт.

Получающаяся вокруг продукта среда становится более турбулентной, и теплообмен через эту зону становится намного более эффективным.

Испытания показали, что замораживание соударением наиболее эффективно для продуктов толщиной менее 20 миллиметров. Метод хорошо подходит для продуктов, требующих очень быстрого замораживания и охлаждения поверхности.

Замораживание гидрофлюидизацией.

Гидрофлюидизация является формой иммерсионного (погружного) замораживания. Её можно рассматривать как жидкостной аналог воздушно-ударной технологии.

Для этого типа заморозки используется циркуляционная система, которая перекачивает охлаждающую жидкость вверх через отверстия или форсунки в холодильной камере, создавая тем самым перемешивающие струи. Они образуют высокотурбулентный псевдооживленный слой, обеспечивающий чрезвычайно высокие коэффициенты теплопередачи на поверхности, и, как следствие, быстрое равномерное замерзание.

Заморозка при высоком давлении.

Замораживание под высоким давлением (от 200 до 400 МПа) и, в частности, замораживание со «сдвигом давления», в последние годы вызывает значительный научный интерес.

Когда вода замерзает при атмосферном давлении, ее объем увеличивается, что приводит к повреждению тканей в пищевых продуктах. Однако, теоретически, замерзание под высоким давлением приводит к образованию особого льда, имеющего большую плотность, чем вода. Такой лед не расширяется в объеме во время формирования и существует в «стекловидном» некристаллическом состоянии, что может уменьшить повреждение тканей.

При давлении 200 МПа точка замерзания падает примерно до 22 °С, что обеспечивает глубину стеклования около 200 мкм, благодаря чему объекты толщиной до 0,4-0,6 мм могут быть хорошо заморожены.

При этом виде замораживания продукт охлаждается под высоким давлением до минусовых температур, но не подвергается изменению фазы, а замерзает лишь в момент снятия давления.

Таким образом, зародышеобразование льда теоретически должно происходить мгновенно и однородно во всей клеточной структуре продукта.

Ультразвуковая заморозка.

Размораживание с помощью ультразвука практикуется уже достаточно давно, в то время как прецеденты его использование для содействия замораживанию появились относительно недавно.

В исследованиях в основном использовался «мощный ультразвук» низкой частотой (от 18-20 кГц до 100 кГц) и высокой интенсивности (как правило, выше 1 Вт/см²).

Теоретически, ультразвук создает кавитационные пузырьки по всему продукту, что способствует более равномерному зарождению льда и фрагментации крупных кристаллов в более мелкие. Это также может ускорить конвективный теплообмен в охлаждающей среде, тем самым ускоряя процесс замораживания.

Магнитно-резонансная заморозка.

Запатентованная в Японии система замораживания CAS (Cells Alive System), включающая в себя переменные магнитные поля, была разработана компанией ABI для улучшения замораживания и хранения замороженных продуктов. Технология CAS сохраняет текстуру и вкус пищи, улучшая переохлаждение продукта, что достигается путем воздействия на него магнитным полем низкой интенсивности перед.

Имеющиеся в свободном доступе результаты экспериментов показывают их неоднородность и зависимость от вида замораживаемой продукции.

Тем не менее, система CAS довольно широко известна за рубежом, но на отечественном рынке распространения не получила, ввиду высокой стоимости запатентованного оборудования.

Микроволновая заморозка.

Потенциал микроволн для содействия замораживанию был изучен несколькими исследователями. Предложенный принцип замораживания с помощью микроволн заключается в использовании вращения диполей воды, вызванного микроволнами, для разрушения льда во время замерзания. Оба исследования показали некоторый потенциал, но приложения были для криоконсервации небольших биоматериалов, а в одном из них использовался криопротектор (этиленгликоль).

Радиочастотная заморозка.

Недавно была опубликована работа о потенциале радиочастоты (РЧ) для содействия замораживанию пищи. Предложенный принцип замораживания в микроволновом и радиочастотном диапазонах аналогичен принципу замораживания в микроволновом режиме, т. е. используется вращение диполей воды, вызванное микроволнами, для разрушения образования льда во время замораживания.

Это может также снизить температуру замерзания, создавая больше мест зародышеобразования кристаллов льда. Результаты опубликованных исследований продемонстрировали, что криогенное замораживание жидким азотом мяса свинины с помощью низковольтных РЧ-импульсов приводило к гораздо меньшему количеству межклеточных пустот и меньшему разрушению клеток в микроструктуре мяса.

Замораживание с обезвоживанием.

Концепция дегидрозамерзания часто упоминается как новая, но фактически она зародилась ещё 50-х годах прошлого века. Обезвоживание является дополнением к замораживанию, при котором пища сначала обезвоживается до желаемой влажности, а затем замораживается.

Теория, лежащая в основе этого процесса, основана на том, что, поскольку свежие фрукты и овощи содержат больше воды, чем мясо, а их клеточная структура менее эластична, уменьшение содержания воды перед замораживанием сокращает время замерзания, начальную температуру замерзания и количество льда, образующегося в продукте. Это потенциально уменьшает ущерб и улучшает качество продукции.

Предварительное обезвоживание также снижает количество энергии, необходимой для замораживания, за счет снижения тепловой нагрузки. А уменьшение массы также может снизить затраты на сбыт.

В большинстве исследований удаляли воду из фруктов и овощей до замораживания путем осмотического обезвоживания в растворах сахара (для фруктов) или хлорида натрия (для овощей) или использовали воздушную сушку. Методы осмотической дегидратации обычно предпочтительнее, чем сушка на воздухе. Такой процесс может быть особенно подходящим для продуктов, предназначенных для использования в качестве ингредиентов в обработанных пищевых продуктах.

Протеины антифриза.

Ранний интерес к антифризным белкам был вызван наблюдением за выживанием рыб, обитающих в полярных и северных прибрежных водах, у которых точка замерзания ниже точки замерзания плазмы рыбы. С тех пор антифризные белки были обнаружены также у многих беспозвоночных, грибов, бактерий и растений.

Функция белков антифриза состоит в том, чтобы снизить температуру замерзания и подавить рост зародышей льда, тем самым подавляя образование льда, изменяя рост кристаллов льда и замедляя рекристаллизацию при хранении в замороженном состоянии. Использование антифризных белков будет зависеть от стоимости, безопасности и приемлемости для потребителей. Одно из применений антифризных белков, которое уже находит применение в пищевой промышленности, - это нежирное мороженое и замороженные йогурты.

Акустическая заморозка (AEF).

Акустическая Супер Заморозка (AEF) – инновационная технология мирового уровня, изобретенная в России. Оборудование AEF создает акустические волны, вызывающие формирование кристаллов льда нано – размера. Клеточная структура продукта при этом остается целой, а его вкус, текстура, цвет и биохимические свойства сравнимы со свежим продуктом. Преимущества технологии:

- вкус и текстура продуктов AEF эквивалентны свежим продуктам;
- увеличение срока хранения замороженных продуктов на 50-100 %;
- почти нулевые потери жидкости при оттаивании продуктов AEF;
- еда может готовиться в местах происхождения из местных свежих продуктов и после заморозки AEF перевозиться на любые расстояния и храниться длительное время без потерь в обычных морозильных складах при температуре 18°C и для большего срока хранения при 24°C

Инновационность технологии заключается в том, что для каждого типа продукции подбирается особый режим заморозки, ведь клетки свинины и клетки ягод абсолютно разные, а все существующие системы заморозки используют только один режим (включил/выключил). Аналоги в России отсутствуют, прямых аналогов за рубежом нет.

Японская система CAS, использующая постоянные магниты, стоит в 6-8 раз дороже и не имеет дифференциации по режимам для разных видов продуктов. Система AEF уже используется на предприятиях России и за рубежом для качественной заморозки рыбы, мяса, готовой еды. Технология AEF является дополнением к морозильному оборудованию, результатом применения этой технологии является принудительное формирование такой структуры льда внутри продуктов, которая не разрушает его клеточную структуру [2].

Выводы

Многие инновационные технологии, которые в настоящее время исследуются и разрабатываются, обещают улучшение качества замороженных продуктов. Некоторые из этих технологий находятся в стадии разработки, в то

время как для других самым большим препятствием являются высокие капитальные затраты.

Библиография

1. <https://msk-leader.ru/stati/tekhnologii-zamorozki-pishchevykh-produktov/sovremennye-metody-zamorozki-pishchevykh-produktov?ysclid=lga9yc895v544065983>
2. <https://msk-leader.ru/stati/tekhnologii-zamorozki-pishchevykh-produktov/sovremennye-metody-zamorozki-pishchevykh-produktov?ysclid=lg613uy1zf736115393>
3. description_aef-technology-v1.0-rus.pdf
4. <https://msk-leader.ru/stati/tekhnologii-zamorozki-pishchevykh-produktov/innovatsionnye-tekhnologii-promyshlennoj-zamorozki-produktov>

Bibliography

1. <https://msk-leader.ru/stati/tekhnologii-zamorozki-pishchevykh-produktov/sovremennye-metody-zamorozki-pishchevykh-produktov?ysclid=lga9yc895v544065983>
2. <https://msk-leader.ru/stati/tekhnologii-zamorozki-pishchevykh-produktov/sovremennye-metody-zamorozki-pishchevykh-produktov?ysclid=lg613uy1zf736115393>
3. description_aef-technology-v1.0-rus.pdf
- <https://msk-leader.ru/stati/tekhnologii-zamorozki-pishchevykh-produktov/innovatsionnye-tekhnologii-promyshlennoj-zamorozki-produktov>

УДК 631.362

С.С. Ямпиров, д.т.н., проф., **В.Б. Балданов**, к.т.н., доцент,
Ж.Б. Цыбенков, к.т.н., доцент, **А.О. Жигжитов**, к.т.н., ст.преп.,
Г.Ж. Хандакова, к.т.н., доцент, **С.Ж. Гылыкова**, преп.,
Б.Н. Шарапов, аспирант

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
670013, Россия, г. Улан-Удэ, Ключевская, 40в, +7(3012)431415
E-mail: yampilovss@mail.ru

ОПИСАНИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО СЕПАРАТОРА С ДВУМЯ КАНАЛАМИ И РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫМ РЕШЕТОМ

В статье обоснована конструкция и принцип работы гравитационного сепаратора для очистки зерна с двумя каналами и разделительным решето.

***Ключевые слова:** силы гравитации, канал, разделительное решето, гребенки, скатные доски.*

S.S. Yampilov, Doctor of Technical Sciences, Professor

V.B. Baldanov, Ph.D., Associate Professor

Zh.B. Tsybenov, Ph.D., Associate Professor

A.O. Zhigzhitov, Ph.D.,

G.Zh. Khandakova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

S.Zh. Gylykova, teachersenior lecturer, **B.N. Sharapov**, asp.

East Siberian State University technology and management

670013, Russia, Ulan-Ude, Klyuchevskaya, 40v, +7(3012)431415

E-mail: yampilovss@mail.ru

DESCRIPTION OF THE GRAVITY SEPARATOR WITH TWO CHANNELS AND A SEPARATOR SCREEN

The article substantiates the design and principle of operation of a gravity separator for grain cleaning with two channels and a separating sieve.

***Key words:** gravity forces, channel, separating sieve, combs, pitched boards.*

Введение

В настоящее время интенсивно разрабатываются энергосберегающие сепараторы для очистки зерна с использованием сил гравитации. Так выпускаются гравитационные сепараторы различной производительности (СЗГ-5; СЗГ-10 и др.) которые чаще используются на малых предприятиях и фермерских хозяйствах. Они практически мало используют электроэнергию, но, однако, требуется поднять исходный зерновой материал на определенную высоту. Поэтому при разработке гравитационных сепараторов стоит задача снижения высоты сепараторов, использующих силы гравитации частиц зернового материала.

Цель работы – обосновать конструкцию энергосберегающего сепаратора для очистки зернового материала, с использованием сил гравитации частиц зернового материала и принцип работы.

Методы и результаты исследований. ВСГУТУ разработало устройство, разделяющее исходный зерновой материал на две фракции на разделительном решете, а затем отдельно каждая фракция очищается в двух каналах гравитационного сепаратора. Разработанное сепарирующее устройство отличается от всех имеющихся тем, что изначально предварительное зерновое сырьё делится разделительным решетом на 2 фракции:

- основное зерно и мелкая примесь;
- основное зерно и крупная примесь.

И отдельно, каждую фракцию очищает на двух каналах гравитационного сепаратора. Так в правом гравитационном сепараторе очищаем основное зерно от крупных примесей. А в левом канале гравитационного сепаратора очищается основное зерно от мелких примесей.

Предварительное разделение исходного зернового материала на две фракции позволяет:

- снизить почти в два раза нагрузку на гребенки гравитационного сепаратора, за счет этого уменьшить количества гребенок в каналах;
- позволяет удалить те частицы, которые могут забить отверстия гребенок, за счет установки в конце разделительных решеток листового металла выше слоя зернового материала.

Разделительное решето совершает возвратно-поступательное движение за счёт эксцентрикового механизма с частотой четыреста кол/мин, диапазон колебаний 7,5 мм с углом наклона решета относительно горизонта 7° . Причем угол направления колебания разделительного решета вдоль плоскости решета. Эти колебания позволяют исходный зерновой материал расслоить. То есть мелкие частицы зернового материала опускаются в слой и проходят в отверстие решета $\varnothing 3,2$ мм. Кроме того, мелкие частицы основного зерна размеров (шириной) меньше 3,2 мм тоже проходят в отверстие разделительного решета и попадают в левый канал гравитационного сепаратора.

А частицы основного зерна шириной более 3,2 мм и крупные примеси идут сходом и попадают в правый канал гравитационного сепаратора. Разделительное решето снабжено механизмом для очистки решета.

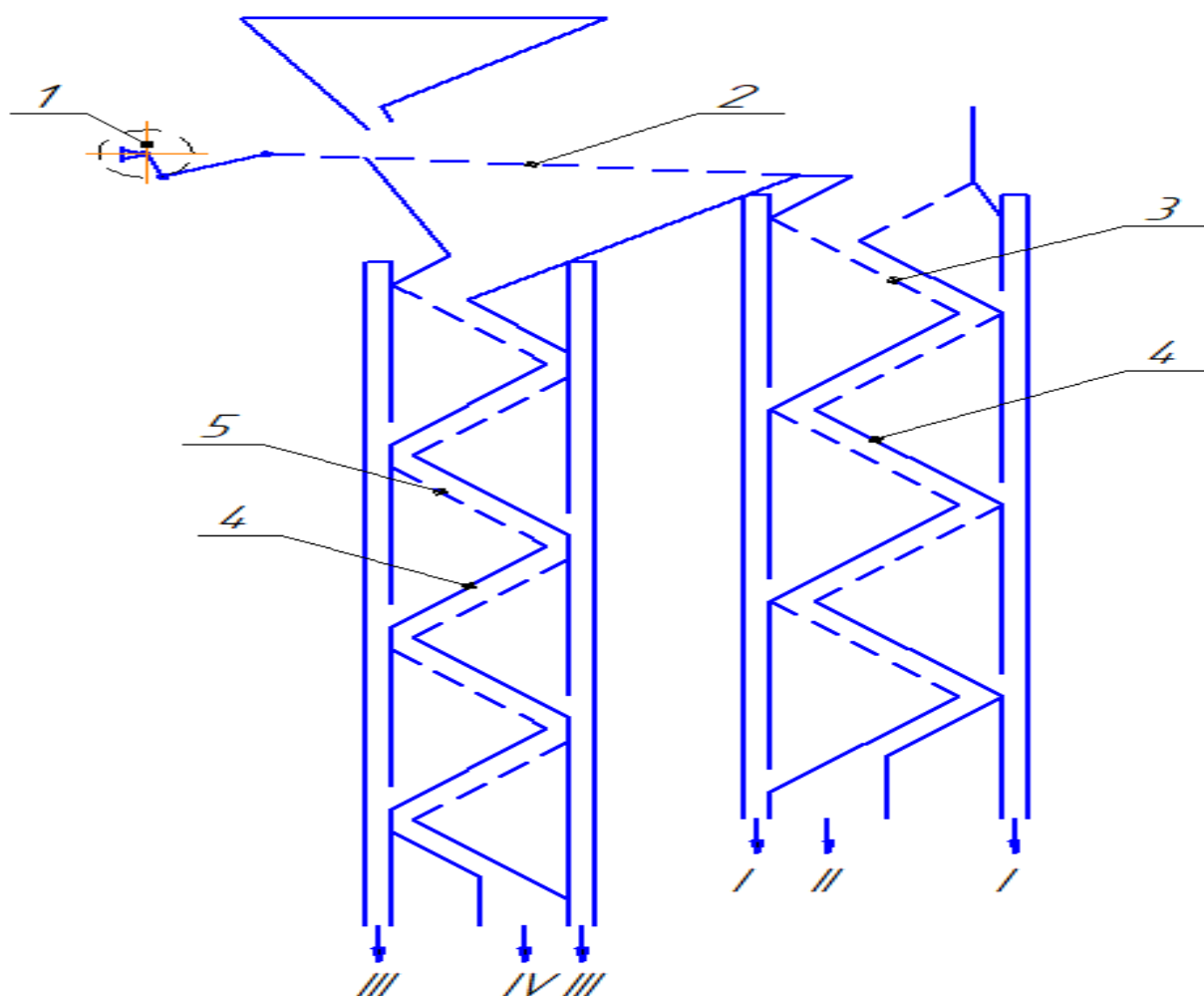


Рисунок 1 – Схема устройства для очистки зерна разделяющее исходный зерновой материал на две фракции за счет разделительного решета и двух каналов гравитационного сепаратора:

1 – привод решета; 2 – разделительное решето; 3 – гребенки для отделения крупных примесей; 4 – скатные доски; 5 – гребенки для отделения мелких примесей;
 I – основное зерно; II – крупная примесь; III – мелкая примесь; IV – основное зерно

В правом канале гравитационного сепаратора используются гребенки длиной 45 мм и расстояние между стержнями – 4 мм. Фракция основное зерно с крупными примесями падает на доску со скатами верхнего гребенка правого канала самого сепаратора. Частицы основного зерна перемещаясь по доске со скатами падают на верхнюю гребенку правого канала 3. Основная часть зерна попадает в отверстия гребенок и падает на скатную доску 4, скатываясь по нему попадает в I –приемник основного зерна. А оставшаяся часть основного зерна поступает на сплошной накопитель второй гребенки, меняет направление движения, при котором падает скорость движения некоторая часть основного зерна с крупными примесями. Какая-то часть частиц основного зерна проходит в отверстие гребенки правого канала 3 и падают на скатную доску попадая I-приемник основного зерна и так далее. Те частиц крупной примеси, которые не прошли в отверстия нижней гребенки падают в II-приемник крупной примеси.

А вторая часть основного зерна с не большими примесями, которая прошла в отверстия разделительного решета попадает на сплошной накопитель первой гребенки 5 левого канала гравитационного сепаратора. Основное зерно с мелкими примесями перемещаясь по сплошному накопителю попадает на первую гребенку 5 левого канала. При этом часть мелкой примеси проходит в отверстие первой гребенки левого канала 5, скатываясь по скатной доске попадает в приемник небольшой примеси III. А спуск с гребенки основного зерна с небольшими примесями падает на скатную доску второй гребенки левого канала при этом меняет направление движения и поступают на 2 гребенку левого канала 5. Вторая гребенка имеет наклон в другую сторону. Частицы основного зерна с мелкими примесями перемещаясь по скатной доске второй гребенки проходят в отверстие второй гребенки 5, поступает на скатную доску, далее поступая в приемник мелкой примеси III, который расположен слева канала и так далее. Те частицы основного зерна, которые не прошли в отверстия гребенок левого канала поступают в приемник основного левого канала I.

Заключение

В статье подробно обоснована конструкция гравитационного сепаратора с двумя каналами и разделительным решетом, позволяющего уменьшить высоту сепаратора.

Библиография

1. Ямпиллов С.С., Цыбенков Ж.Б., Жигжитов А.О., Шарапов Б.Н., Жамбалов А.В. Теоретическое описание процесса разделения частиц зернового материала // Вестник ВСГУТУ. – Вып. 4. – 2022. - С.40-44.

Bibliography

1. Yampilov S.S., Tsybenov Zh.B., Zhigzhitov A.O., Sharapov B.N., Zhambalov A.V. Theoretical description of the process of separating particles of grain material // Bulletin of the ESGUTU. – Vol. 4. – 2022. - P.40-44.

УДК 631.362.322

Г.Ж. Хандакова¹, к.т.н., доцент, **В.В. Балданов¹**, к.т.н., доцент,
Ж.Б. Цыбенков¹, к.т.н., доцент, **Н.В. Пашинова²**, к.т.н., доцент,
А.О. Жигжитов¹, к.т.н., ст.преп., **С.Ж. Гылыкова¹**, преп.

¹Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
670013, Россия, г. Улан-Удэ, Ключевская, 40в, +7(3012)431415

e-mail: dondokovag@mail.ru

²Бурятская государственная сельскохозяйственная академия
им. В.Р. Филиппова,

670024, Россия, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8, (301-2)44-26-11

e-mail: nadya233.84@mail.ru

СОВРЕМЕННЫЕ СЕПАРАТОРЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ЗЕРНА

В статье рассмотрены существующие воздушно-решетные сепараторы отечественного и зарубежного производства и их принцип работы. Экономически выгоднее использование универсального зернового сепаратора, который решает все технологические задачи, даже с относительно высокой стоимостью, так как затрат на строительство или реконструкцию значительно меньше.

Ключевые слова: воздушно-решетный сепаратор, очистка зерна, решета, универсальный сепаратор.

G.Zh. Khandakova, associate professor, **V.B. Baldanov**, associate professor

Zh.B. Tsybenov, associate professor, **N.V. Pashinova**, associate professor,

A.O. Zhigzhitov, Ph.D., Senior Lecturer, **S.Zh. Gylykova** teacher

East Siberia state university of technology and management

670013, Russia, Ulan-Ude, Kluchevskaya, 40v, +7(3012)417210

e-mail: dondokovag@mail.ru

Buryat State Academy of Agriculture named after V. R. Philippov, 670024, Russia,
Ulan-Ude, Pushkina, 8, (301-2)44-26-11

E-mail: nadya233.84@mail.ru

MODERN SEPARATORS FOR GRAIN CLEANING

The article discusses the existing air-sieve separators of domestic and foreign production and their principle of operation. It is more economically advantageous to use a universal grain separator that solves all technological problems, even with a relatively high cost, since the cost of construction or reconstruction is much less.

Key words: air-sieve separator, grain cleaning, sieves, universal separator.

С момента создания зерноочистительных машин в основу конструкции был заложен двух ярусный ситовой корпус, который состоит из двух сит,

расположенных один над другим: верхнее просевное сито, которое пропускает через крупные отверстия все зерно на нижнее сито (при этом крупная примесь сходит с верхнего сита), через нижнее (подсевное) проходит мелкая примесь, а зерно с некоторой долей оставшейся примеси с него сходит. Со временем изменялся принцип колебания сит, менялись устройства по очистке сит от застрявших в них зерен и примеси (ударяющие молоточки, скребки и щетки, шарики и т.д.), но принцип разделения зерновой смеси на крупную примесь, зерно и мелкую примесь при проходе зерновой массы через верхнее сито на нижнее не меняется (рис. 1).

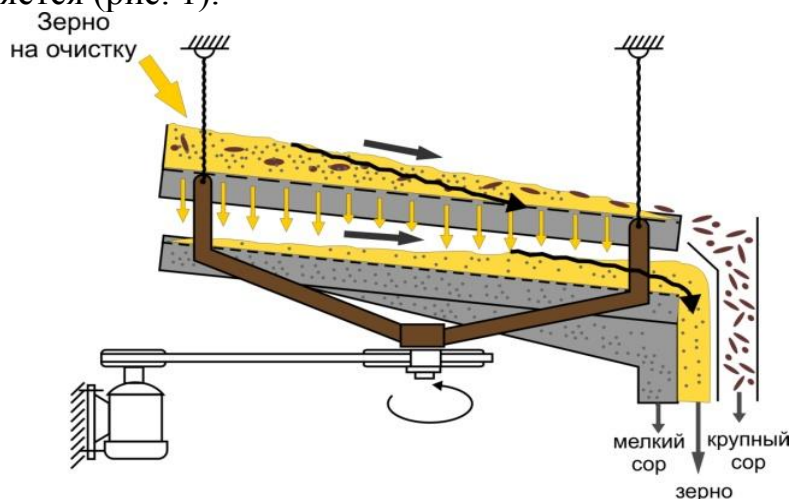


Рисунок 1 – Принцип разделения зернового материала на сите

Зерноочищающая машина «Shmidt-zeeger» имеет 6 решет, расположенных друг над другом с дисбалансирующим приводом круговых колебаний и очисткой шариками и является на данный момент самой большой зерноочистительной машиной в мире (рис. 2).

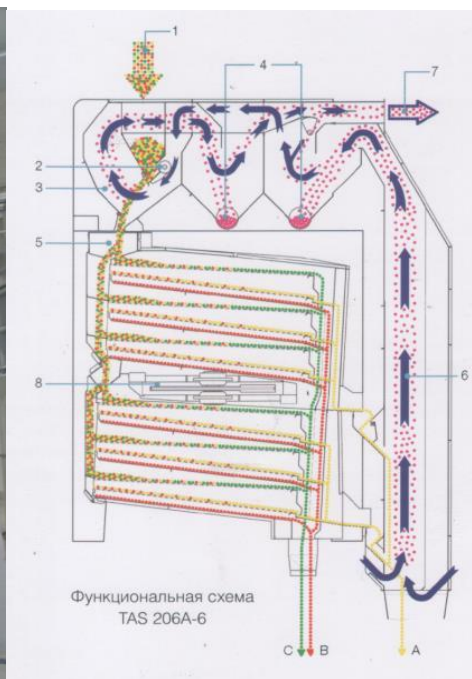


Рисунок 2 – Внешний вид и функциональная схема зерноочищающей машины серии Schmidt-Seeger TAS

На сегодняшний день выпускают воздушно-решетные сепараторы следующие фирмы: Воронежсельмаш, Cimbria (Дания), Petkus (Германия), Denis (Франция), Damas (Дания).

Фирма Cimbria (Дания) выпускает универсальный сепаратор DELTA 146 Combi (рис. 3).

Данный сепаратор проводит все технологические операции. Решета расположены в двух корпусах, имеют большую площадь, шариковую очистку и могут очищать от крупных и мелких примесей. Угол наклона решет регулируется. При высоком угле наклона увеличивается скорость движения зерна и повышается производительность. Однако при малых углах наклона решет, уменьшается скорость и производительность, но вероятность прохождения частиц увеличивается и соответственно эффективность выделения примесей тоже повышается.

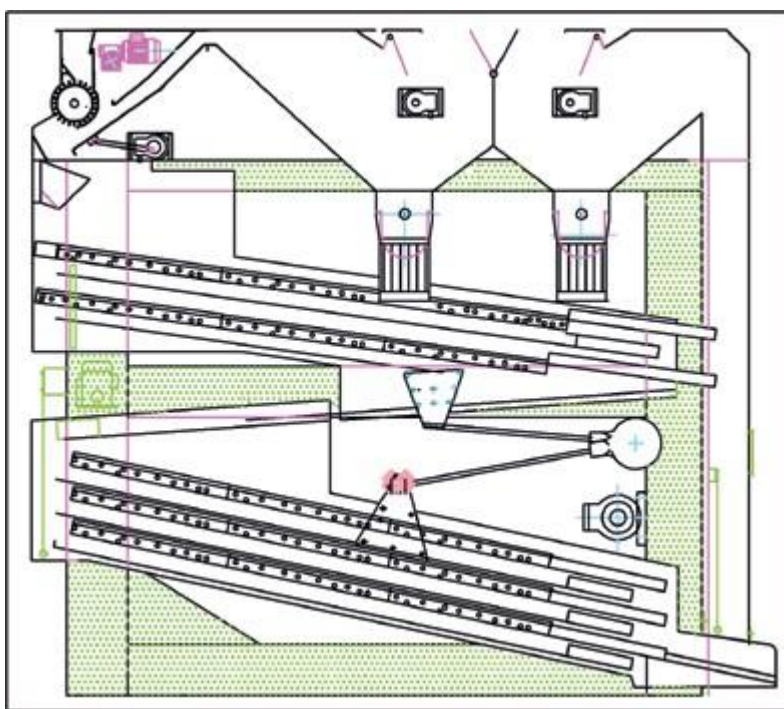


Рисунок 3 – Универсальный сепаратор DELTA 146 Combi

Отечественного производства универсальный сепаратор СВУ-60 выполняет все технологические операции по очистке зерна, но есть недостатки (рис. 4, 5, 6). СВУ-60 имеет 4 яруса решет, которые установлены параллельно. Каждый ярус имеет установленные последовательно три решета, при этом размеры отверстий увеличиваются по направлению движения зерна. Сперва на первом решете удаляется мелкая примесь, затем – зерновая примесь, и на третьем этапе чистое зерно проходит через решето, а крупные примеси выделяются в конце. В данном случае данная схема имеет недостатки, т.к. выделение мелкой примеси затрудняется тем, что на первое решето идет вся зерновая масса. В зарубежных сепараторах, например, Petkus, крупная фракция убирается в самом начале операции, что позволяет мелкой

примеси выделяться на нижних решетках. Также в зарубежных устройствах длина решет с одинаковым размером отверстий составляет минимум 3 метра, в отличие от СВУ-60, где длина решета не более метра. Т.о. у зарубежных аналогов наблюдается лучшие технические характеристики.



Рисунок 4 – Внешний вид сепаратора вороха универсального СВУ-60

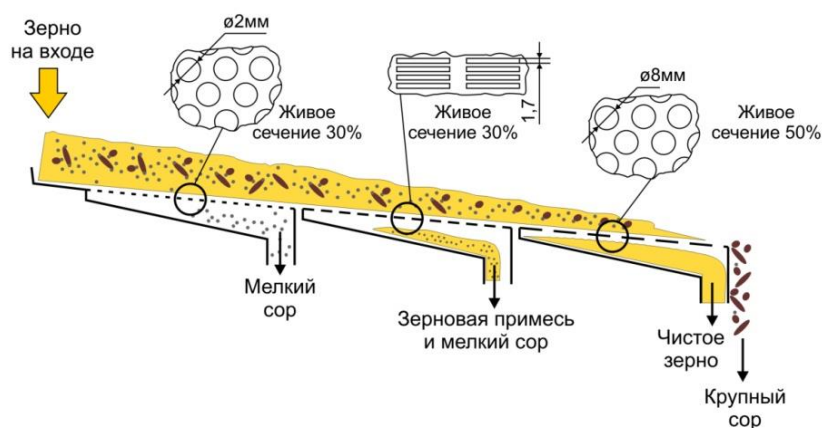


Рисунок 5 – Схема работы рассева сепаратора вороха универсального СВУ-60

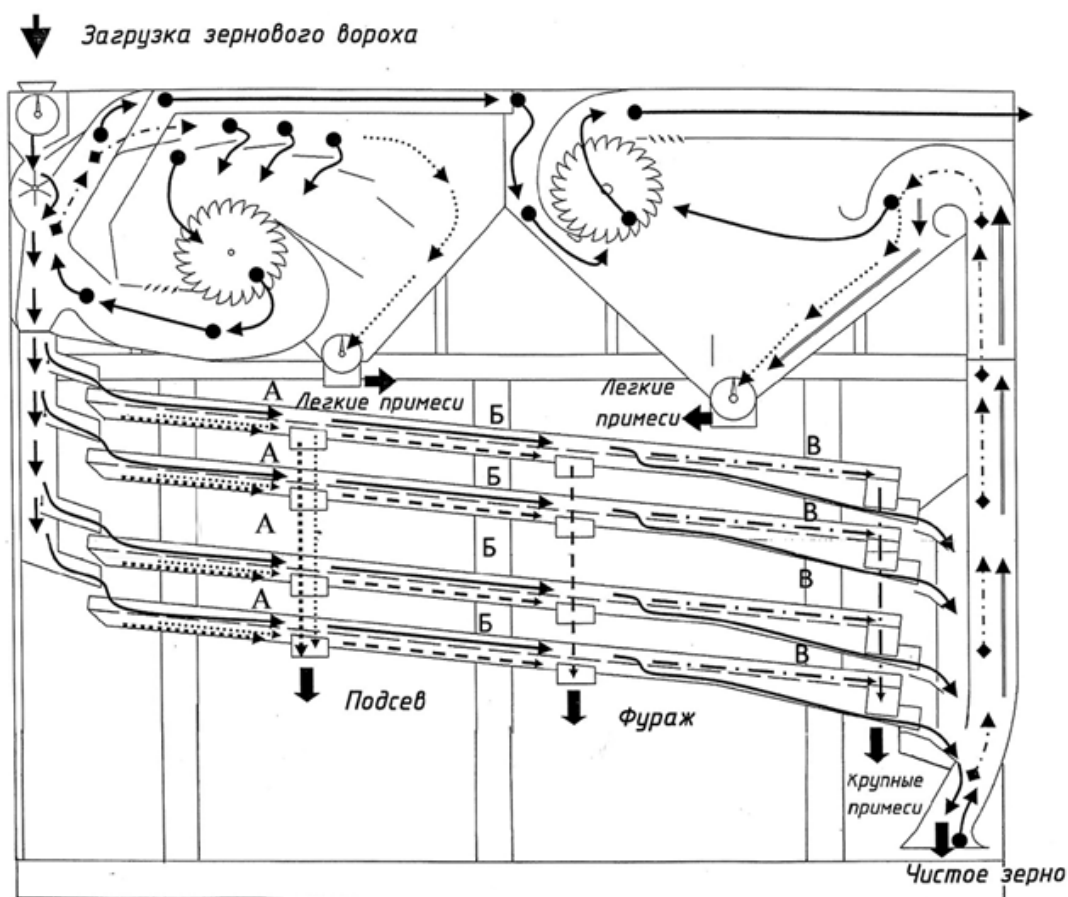


Рисунок 6 – Схема работы сепаратора универсального СВУ-60

Многолетний опыт специалистов «НПФ Воронежмельсервис» показал, что выгоднее покупать универсальную сепаратор, который за одну технологическую операцию решит все задачи по очистке зерна.

Строительство здания или его реконструкция требует больших затрат, а также дополнительное технологическое оборудование очень дорогостоящее. Т.о. их стоимость превышает стоимость самого сепаратора.

Из этого следует, что экономически выгоднее использование универсального зернового сепаратора, который решает все технологические задачи, даже с относительно высокой стоимостью, так как затрат на строительство или реконструкцию значительно меньше.

Библиография

1. Оптимизация комплекса машин для очистки зерновых культур / С.С. Ямпиров, Ж.Б. Цыбенков, Г.Ж. Хандакова, А.О. Жигжитов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2022. – № 4. – С. 304-308.
2. Алгоритм поиска технических решений процессов послеуборочной обработки зерна / С.С. Ямпиров, Г.Ж. Хандакова // Вестник ВСГУТУ. – 2014. – № 5(50). – С. 48-52.

Bibliography

1. Yampilov S.S., Tsybenov Zh.B., Khandakova G.Zh., Zhigzhitov A.O. Optimization of the complex of machines for cleaning grain crops // Technologies of the food and processing industry of the agro-industrial complex - healthy food products. - 2022. - No. 4. - P. 304-308.
2. Yampilov S.S., Khandakova G.Zh. Algorithm for searching for technical solutions for post-harvest processing of grain // Vestnik ESGUTU. - 2014. - № 5 (50). – S. 48-52.

УДК 631.362.34.0

А.А. Абидуев, канд. техн. наук, доцент, **Г.Д. Аюшеев**, магистрант,

Ч.Г. Дондуков, магистрант, **П.В. Ермошкин**, магистрант,

Н.Ю. Ермошкина, магистрант

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
670013, Россия, г. Улан-Удэ, Ключевская 40в, +73012(431415)

ОЧИСТКА СЕМЯН ЯЧМЕНЯ ОТ ТРУДНООТДЕЛИМЫХ ПРИМЕСЕЙ

Семенной материал ячменя в хозяйствах Республики Бурятия имеет неудовлетворительное качество в основном по содержанию семян таких культурных растений, как пшеницы и овса. Семена ячменя и пшеницы по длине имеют незначительное перекрытие, и зерновки пшеницы могут быть выделены из семенного зерна как короткие примеси в ячеистом сепараторе с ячейками 8,0-8,5 мм. Анализ вариационных кривых семян ячменя и овса по толщине и длине показывает, что мелкие зерновки овса, перекрывающиеся с семенами основной культуры по длине, могут быть выделены из обрабатываемого материала на подсевном решете, и оставшиеся зерновки овса – в ячеистом сепараторе как длинные примеси. Для исследования технологического процесса очистки семян по совокупности размеров недостаточно знаний. Разработаны методические положения исследования технологического процесса и обоснования технологии очистки семян от трудноотделимых примесей по совокупности признаков (размеров). Технология очистки семян ячменя включает обработку зерна на подсевных решетках с выделением мелких семян овса и в ячеистых сепараторах с размерами ячеек 8,5 и 11,2 мм.

Ключевые слова: семена, очистка по совокупности признаков, подсевное решето, ячеистый сепаратор.

A.A. Abiduev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

G.D. Ayusheev, Master's student,

Ch.G. Dondukov, Master's student, **P.V. Yermoshkin**, master's student,

N.Yu. Yermoshkina, Master's student

East Siberian State University of Technology and Management
670013, Russia, Ulan-Ude, Klyuchevskaya 40b, +73012(431415)

CLEANING OF BARLEY SEEDS FROM HARD-TO-SEPARATE IMPURITIES

The seed material of barley in the farms of the Republic of Buryatia has an unsatisfactory quality mainly in terms of the content of seeds of such cultivated plants as wheat and oats. Barley and wheat seeds have a slight overlap in length, and wheat grains can be isolated from the seed grain as short impurities in a cellular separator with cells of 8.0-8.5 mm. Analysis of the variation curves of

barley and oat seeds in thickness and length shows that small oat grains overlapping with the seeds of the main crop in length can be isolated from the processed material on a pre-sowing sieve, and the remaining oat grains are in a cellular separator as long impurities. There is not enough knowledge to study the technological process of cleaning seeds according to the totality of sizes. Methodological provisions for the study of the technological process and the justification of the technology of cleaning seeds from difficult-to-separate impurities according to the totality of signs (sizes) have been developed. The technology of barley seed purification includes grain processing on seed sieves with the release of small oat seeds and in cellular separators with cell sizes of 8.5 and 11.2 mm.

Keywords: seeds, cleaning according to a set of characteristics, seed sieve, cellular separator

Введение

Семенной материал в хозяйствах Республики Бурятия имеет неудовлетворительное качество в основном из-за высокого содержания семян таких культурных растений, как пшеница и овес. Отдельные партии семян содержат выше нормы семена ржи и овсюга. Известная технология очистки семян, включающая обработку зерна на воздушно-решетной машине и в триерных цилиндрах (ячеистых сепараторах) с размерами ячеек 6,3 и 11,2 мм [1], не обеспечивает получение высококачественных семян.

Наиболее трудноотделимой примесью семян является овес. Анализ вариационных кривых семян ячменя и овса показывает, что высококачественная очистка семян от данной примеси может быть осуществлена по совокупности размеров (толщине и длине). Так как изменчивость размеров семян подчиняется закону нормального распределения и коэффициент корреляции между толщиной и длиной семян достаточно высокий [2], то можно предположить, что мелкие семена овса с такой же длиной, как семена основной культуры, могут быть выделены из обрабатываемого материала на подсевном решете с продолговатыми отверстиями. Оставшиеся в семенном материале крупные семена овса могут быть выделены из него в ячеистом сепараторе как длинные примеси. Для определения возможности эффективной очистки семян от трудноотделимой примеси по совокупности размеров недостаточно знаний. Качество очистки семян от указанной примеси по совокупности размеров может быть определено путем совместного рассмотрения и анализа нормальных распределений компонентов зерна.

Материал и методы исследований

При изучении изменчивости размеров и скорости витания компонентов зерна использовался метод статистической обработки результатов исследований [3]. При исследовании процесса очистки семян по совокупности размеров использовался метод математического моделирования.

При разделении компонентов зерна по длине l_1 полнота выделения данной примеси из семян (в долях единицы), при разделении зерна по

совокупности признаков – толщине b_1 и длине l_1 полнота выделения примеси соответствует значимости

Полнота выделения данной примеси из семян при разделении зерна по длине l_1 .

Может быть определена по выражению:

$$E_1 = 1 - \Phi^* \left(\frac{l_1 - \bar{l}_{II}}{\sigma_{II}} \right), \quad (1)$$

где $\bar{l}_{II}, \sigma_{II}$ – соответственно среднее значение (математическое ожидание) и средне- квадратическое отклонение нормального распределения длины семян овса.

При этом выход семян может быть определен по выражению:

$$B_1 = \Phi^* \left(\frac{l_1 - \bar{l}_c}{\sigma_{lc}} \right), \quad (2)$$

где $\bar{l}_c, \sigma_{lc}$ – соответственно среднее значение и среднеквадратическое отклонение нормального распределения длины семян ячменя.

Размерные характеристики семян ячменя и указанного засорителя (овса) приведены в таблице.

Таблица 1 – размерные характеристики семян ячменя и овса

Семена	Толщина		Длина	
	Среднее значение, мм	Средне-квадратическое отклонение, мм	Среднее значение, мм	Среднее квадратическое отклонение, мм
Ячмень	2,72	0,26	8,42	0,68
Овес	2,28	0,24	10,44	0,84

Полнота выделения данной примеси и выход семян при разделении зерна, например, по длине $l_1=10$ мм, осуществляемой по данным наших исследований в ячеистом сепараторе с ячейками 11,2 мм [4], определенные по данным таблицы значений нормальной функции распределения [5], составляют, соответственно, 0,31 и 0,99. При снижении l_1 повышается полнота выделения примеси, однако при этом снижается выход семян. Так, при разделении зерна по длине 9,5 мм полнота выделения примеси и выход семян составляют, соответственно, 0,86 и 0,87, т.е. 13 % семян поступает в отходы, что недопустимо.

При разделении зерна по толщине b_1 и длине b_1 полнота выделения примеси может быть определена по выражению:

$$E_2 = \Phi^* \left(\frac{b_1 - \bar{b}_{II}}{\sigma_{bII}} \right) + 1 - \Phi^* \left(\frac{l_1 - \bar{l}_{II}}{\sigma_{II}} \right) \quad (3)$$

где $\bar{b}_{II}, \sigma_{bII}$ – соответственно среднее значение и среднеквадратическое отклонение нормального распределения толщины семян овса

При этом потери семян отходы может быть определено по выражению:

$$B_2 = 1 - \Phi^* \left(\frac{b_1 - \bar{b}_c}{\sigma_{bc}} \right) + \Phi^* \left(\frac{l_1 - \bar{l}_c}{\sigma_{lc}} \right), \quad (4)$$

где $\bar{l}_c, \sigma_{lc}$ – соответственно среднее значение и среднеквадратическое отклонение нормального распределения длины семян основной культуры;

При очистке зерна по толщине и длине содержание примеси в очищенном материале может быть определено по выражению:

$$a_3 = \frac{a_0(1 - E_2)}{B_2}, \quad (5)$$

где a_0 – содержание примеси в исходном зерне, шт/кг.

Задавая различные значения параметрам разделения зерна по толщине и длине при определенном содержании данного засорителя в исходном зерновом материале (шт/кг) и допустимом содержании данной примеси в семенном материале, можно обосновать параметры рабочих органов сепараторов.

Результаты исследований и их анализ

Вариационные кривые семян ячменя и их примесей по толщине и длине представлены на рисунке 1 и 2.

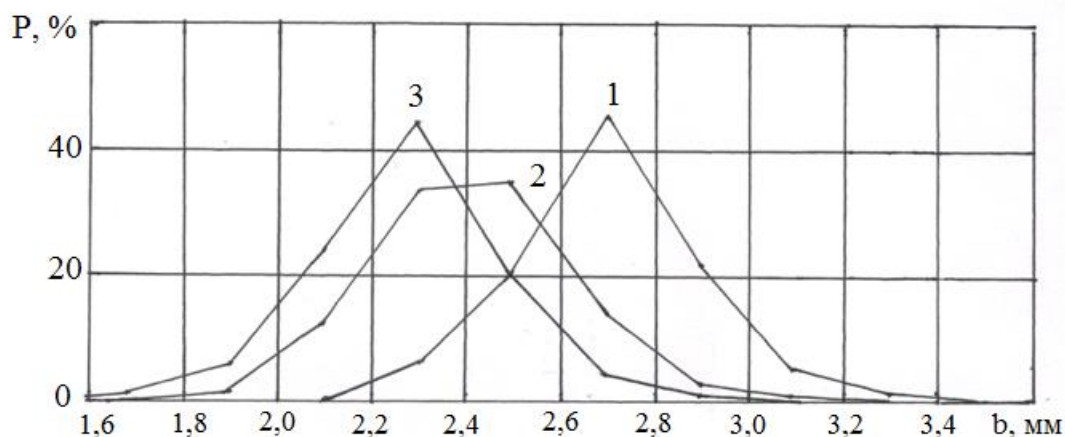


Рисунок 1 – Вариационные кривые семян ячменя и их примесей по толщине:
1 – ячмень; 2 – пшеница; 3 – овес

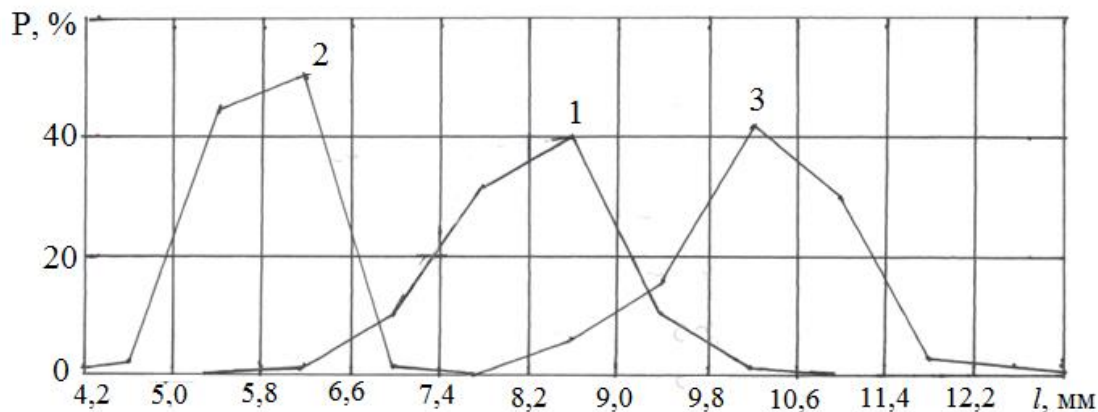


Рисунок 2 – Вариационные кривые семян ячменя и их примесей по длине:
1 – ячмень; 2 – пшеница; 3 – овес

Вариационные кривые семян ячменя и пшеницы имеют незначительное перекрытие (см. рис. 3), и исходя из этого данная примесь может быть выделена из семенного материала как короткая примесь при разделении зерна по максимальной длине семян основной культуры в ячеистом сепараторе. Максимальная длина семян пшеницы достигает 7,2-7,6 мм. Разделение зерна по указанной длине может быть осуществлено в ячеистом сепараторе с ячейками 8,0 или 8,5 мм. Мелкие семена овса могут быть выделены из семян по толщине на подсевном решете (см. рис. 2), а оставшиеся зерновки овса могут быть выделены как длинные примеси при разделении зерна, например, по длине 10 мм (см. рис. 3). в ячеистом сепараторе с ячейками 11,2 мм.

Вариационные кривые семян ячменя, пшеницы и овса по скорости витания перекрываются.

Экспериментальные исследования процесса очистки семян ячменя от овса по совокупности размеров (толщине и длине) проведены на малогабаритной семяочистительной машине СМ-0,15 и в ячеистом сепараторе с размером ячеек 11,2 мм, результаты которых представлены на рисунке 4.

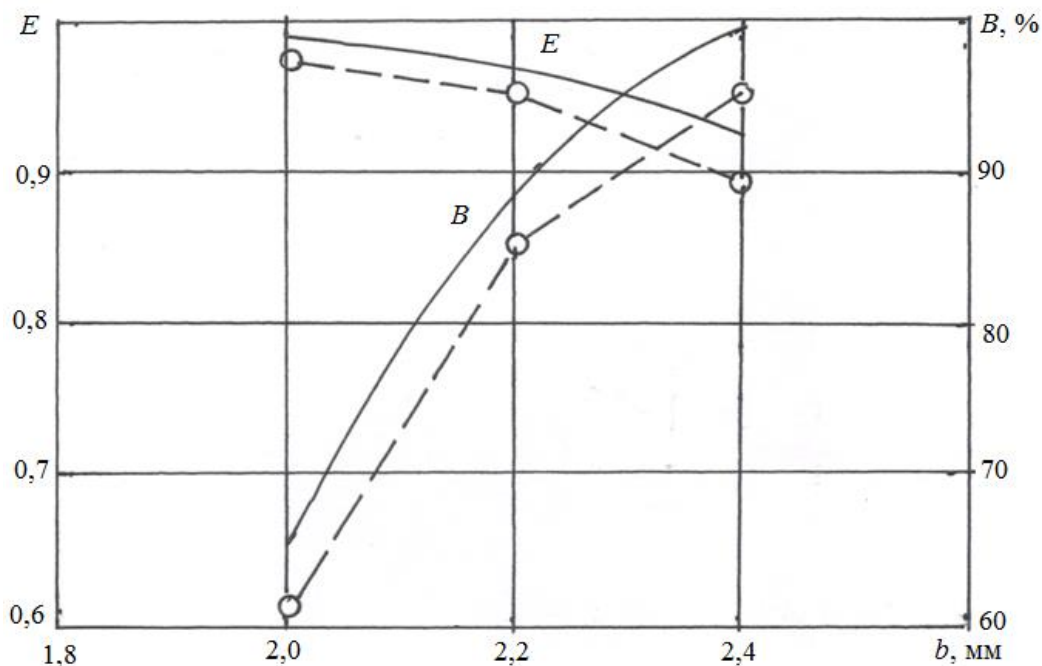


Рисунок 3 – Изменение качественных показателей процесса очистки семян при обработке зерна на подсевных решетках и ячеистом сепараторе:
 ——— - расчетные; - - - - - экспериментальные

Расхождение полноты выделения овса E (в долях единицы) и выхода семян B (в %) при очистке зерна по толщине и длине, полученные расчетным методом и путем эксперимента, не превышает 5 % (см. рис. 4). Эффективная очистка семян ячменя от пшеницы осуществляется в ячеистом сепараторе с ячейками 8,5 мм.

Выводы

1. Разработаны методические положения исследования технологического процесса и обоснования технологии очистки семян от трудноотделимых примесей по совокупности признаков (размеров).

2. Обоснована технология очистки семян ячменя от трудноотделимых примесей, включающая обработку зерна на подсевных решетках с выделением из обрабатываемого материала мелких зерновок овса, перекрывающихся с семенами основной культуры по длине, и в ячеистых сепараторах с размерами ячеек 8,5 и 11,2 мм.

Библиография

1. Воронов И.Г. Очистка и сортирование семян / И.Г. Воронов, И.Е. Кожуховский, П.П. Колышев, Г.Т. Павловский. – Изд. 2-е перер. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 324 с.

2. Ульрих Н.Н. Исследование корреляций между физико-механическими свойствами частиц в семенных смесях для правильного построения технологического процесса сепарирования / Н.Н. Ульрих // В кн.: Новое в области очистки и сортирования семян. - М.: Сельхозгиз, 1937.- Вып.8. - С. 5-20.

3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – Изд-во 5, дополн. и перер. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

4. Абидуев А.А. Выбор размера ячеек триерных цилиндров /А.А. Абидуев, Ал. А. Абидуев // Вестник ВСГУТУ. – 2013. - № 4 (43). – С. 53-57

5. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений / А.К. Митропольский // Изд. 2-е перер. и доп. –М.: Наука, 1971. – 576 с.

Bibliography

1. Voronov I.G. Cleaning and sorting of seeds / I.G. Voronov, I.E. Kozhukhovsky, P.P. Kolyshev, G.T. Pavlovsky. – Ed. 2nd edition - Moscow: Selkhozgiz. – 1959. – 324 p.

2. Ulrich N.N. Investigation of correlations between the physicomachanical properties of particles in seed mixtures for the correct construction of the separation process / N.N. Ulrich // In the book: New in the field of cleaning and sorting of seeds.- M.: Selkhozgiz, 1937.- Vol.8. - pp. 5-20.

3. Dospekhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). – Ed. 5, supplement. and repr. – M.: Agropromizdat, 1985. – 351 p.

4. Abiduev A.A. Choosing the cell size of trier cylinders / A.A. Abiduev, Al. A. Abiduev // Vestnik VSGUTU. – 2013. - № 4 (43). – Pp. 53-57

5. Mitropolsky A.K. Technique of statistical computing / A.K. Mitropolsky // Ed. 2nd edition. and additional –M.: Nauka, 1971. – 576 p.

УДК 537.523

В.И. Ярулина, магистр, **С.В. Фомина**, магистр,
В.Б. Балданов, к.т.н., доцент, **Д.П. Клеткина**, студент
Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
670013, Россия, г. Улан-Удэ, Ключевская 40в, +73012(431415)
e-mail: vika.yarulina.01@mail.ru, sfomina178@gmail.com,
cakirslava@gmail.com, dariakletkina@gmail.com

АНАЛИЗ ПЕРОКСИДНО-ПЛАЗМЕННОГО СТЕРИЛИЗАТОРА

В статье проанализирована конструкция и принцип работы пероксидно-плазменного стерилизатора. Плазменная стерилизация является эффективным и быстрым методом обработки инструментария и медицинских изделий и не вредит окружающей среде, поскольку перекись водорода после использования распадается на нетоксичные составляющие (кислород и воду).

Ключевые слова: пероксид водорода, стерилизатор, медицинские инструменты, тлеющий разряд, коронный разряд.

V.I. Yarullina, Master's student, **S.V. Fomina**, Master's student,
V.B. Baldanov, Candidate of Technical Sciences, associate Professor,
D.P. Kletkina, student
East Siberian State University of Technology and Management
670013, Russia, Ulan-Ude, Klyuchevskaya 40b , +73012(431415)
e-mail: vika.yarulina.01@mail.ru, sfomina178@gmail.com,
cakirslava@gmail.com, dariakletkina@gmail.com

ANALYSIS OF PEROXIDE PLASMA STERILIZER

The article analyzes the design and principle of operation of a peroxide-plasma sterilizer. Plasma sterilization is an effective and fast method of processing instruments and medical devices and does not harm the environment, since hydrogen peroxide breaks down into non-toxic components (oxygen and water) after use.

Keywords: hydrogen peroxide, sterilizer, medical instruments, glow discharge, corona discharge

Введение. Плазменная стерилизация – один из новейших методов низкотемпературной стерилизации. Система CISA, генерирующая плазму (ионизированный газ, образующийся при низком давлении), основана на технологии, которая благодаря своим инновационным свойствам позволяет достичь превосходных результатов стерилизации инструментов.

Этот метод предполагает введение стерилизующего агента на основе перекиси водорода в контакт с объектом, который необходимо стерилизовать, тем самым подавляя жизнедеятельность микроорганизмов. Он может уничтожить все типы микроорганизмов, включая условно-патогенные бактерии, которые могут вызывать нозокомиальные инфекции.

В настоящее время это единственный экономически эффективный метод стерилизации медицинского оборудования, изготовленного из чувствительных к теплу и влажности материалов, а также инструментов и приборов с узкими, трудно стерилизуемыми каналами, которые служат точками проникновения инфекций в больницы.

На рисунке 1 показан для каких медицинских изделий предусмотрена плазменная стерилизация.



Рисунок 1 – Плазменная стерилизация

Принцип работы. Низкотемпературные плазменные стерилизаторы представляют новое поколение стерилизационного оборудования.

Стерилизация в них проводится в сухой атмосфере при температуре 36°C. В качестве стерилизующего агента используются пары водного раствора пероксида водорода и низкотемпературная плазма.

На российском рынке представлены низкотемпературные плазменные стерилизаторы HMTS (производитель HumanMeditek, Республика Корея).

Принцип действия стерилизаторов HMTS состоит в следующем. Пары пероксида водорода, образовавшиеся в испарительной камере, поступают в вакуумированную стерилизационную камеру, где создают биоцидную среду и непосредственно воздействуют на микробную флору и споры, инактивируя их. Для того чтобы за 35-36 мин обеспечить снижение концентрации микроорганизмов на 5-6 порядков достаточно создать концентрацию стерилизующего агента на уровне 0,1 мл в куб. дм объема стерилизационной камеры. Максимальная концентрация пероксида в некоторых областях камеры достигается в течение первой минуты процесса, после чего начинает медленно

снижаться из-за конвекции, адсорбции поверхностями камеры и стерилизуемых изделий.

Процесс плазменной стерилизации (рис. 2):

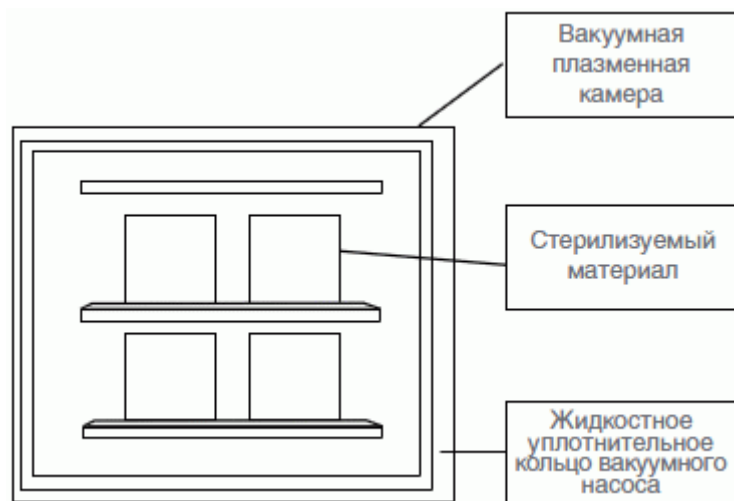


Рисунок 2 – Процесс плазменной стерилизации

Перед стерилизацией предметы заворачивают и кладут в камеру на стеллажи, при этом с помощью механического вакуумного насоса снижается давление. Плазма образуется в сильном электрическом поле (импульсный постоянный ток).

Сразу после этого определенное количество стерилизующего пара впрыскивается в камеру стерилизатора и равномерно распространяется, заполняя все внутренние полости.

В камере расположен стеллаж (для размещения стерилизуемых предметов), который также служит в качестве электрода в процессе образования плазмы. Этот стеллаж соединен электрической цепью с источником энергии, который генерирует импульсы и вызывает возбуждение плазмы. Комбинированного действия вакуума и стерилизующей смеси на предметы, помещенные в камеру, достаточно для достижения желаемого уровня стерилизации. Во время этапа очистки профильтрованный атмосферный воздух впрыскивается в камеру и быстро удаляется. Этот процесс повторяется не менее 2 раз. Давление постоянно снижается с помощью механического вакуумного насоса.

Плазма начинает образовываться при давлении 0,1 мбар, поддержание вакуума продолжается до достижения условий стерилизации (температура около 45-50°C), давление снижается до $5 \cdot 10^{-2}$ мбар. Дверь можно открыть после того, как профильтрованный атмосферный воздух снова поступает в камеру. Нагревание плазмы (до 45°C), достигаемое с помощью УФ-облучения, усиливает действие химического раствора, что гарантирует отсутствие токсических отходов на простерилизованных предметах. Возбуждение плазмы – это несложный процесс, который мало зависит от типа стерилизуемого материала (метал, керамическое стекло или пластмасса). Весь процесс очень

прост и требует малых затрат, что позволяет сократить производственные расходы.

Плазменные методы стерилизации позволяют стерилизовать практически все медицинские инструменты и изделия, включая хирургические, травматологические, офтальмологические, стоматологические (кроме бормашинок) и микрохирургические инструменты, волоконную оптику, лазеры, светоизлучающие объекты, электрические шнуры и кабели.

Физические принципы, лежащие в основе процесса стерилизации, позволяют масштабировать стерилизаторы и интегрировать их в различные промышленные и бытовые приложения (например, в сфере обслуживания, бытовой электроники, биотехнологии, микроэлектроники, пищевой промышленности, автомобилестроении).

Библиография

1. <http://www.altaide.ru/index.php?menu=steril&pid=1&page=2&ret=03>
2. Балданов Б.Б., Ранжуров Ц.В., Гомбоева С.В., Бубеева Д.М. Инактивация организмов в холодной аргонной плазме атмосферного давления. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2015. – № 21. – С. 28-31.

Bibliography

1. <http://www.altaide.ru/index.php?menu=steril&pid=1&page=2&ret=03>
2. Baldanov B.B., Ranzhurov Ts.V., Gomboeva S.V., Bubeeva D.M. Inactivation of organisms in cold argon plasma of atmospheric pressure // scientific and practical conference of employees of ESSUTU. - 2015. - № 21. - P. 28-31.

УДК 615.478

В.В. Бороноев, д.т.н., профессор,
Бурятский научный центр СО РАН
670047, Россия, Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8, Тел.: (3012) 43-32-63

В.Б. Балданов., к.т.н., доцент, **А.Ю. Цыбенова** магистр,
С.Д. Лубсанова студент
Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
670013, Россия, г. Улан-Удэ, Ключевская 40в, +73012(431415)

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ДЛЯ СНЯТИЯ РИТМА ПУЛЬСА

В статье приведен анализ конструкций измерителей снятия ритма пульса применяемых в аппаратах артериальной диагностики.

***Ключевые слова:** конструкция, измерители пульса, аппараты артериальной диагностики, кровоток в сосудах, пьезоэлемент.*

V.V. Boronoev, Doctor of Technical Sciences, Prof.,
Buryat Scientific Center SB RAS
670047, Russia, Buryatia, Ulan-Ude, Sakhyanova st., 8, Tel.: (3012) 43-32-63

V.B. Baldanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,

A.Yu. Tsybenova, master, **S.D. Lubsanova**, student
East Siberian State University of Technology and Management
670013, Russia, Ulan-Ude, Klyuchevskaya 40b, +773012(431415)

ANALYSIS OF DESIGNS OF SENSORS FOR RECORDING HEART RATES

The article provides an analysis of the designs of sensors for taking pulsograms used in pulse diagnostic devices.

***Key words:** design, pulse sensors, pulse diagnostic devices, blood flow in vessels, piezoelectric element.*

Анализ аппаратов для снятия пульсограмм ВедаПульс, Пересвет пульс, Пульстрим, Сфигмограф СГ2-01, VaSera VS-1500N, Полиграф, АПДК показал, что они оценивают функциональное состояние различных органов человека, определяет степень нарушения кровотока в сосудах, основные параметры дыхания, состояние сердечно-сосудистой системы и другие параметры.

Особый интерес представляет автоматизированный пульсдиагностический комплекс АПДК, который предназначен для диагностики одновременно двенадцати внутренних органов человека и позволяет провести интегральную оценку состояния организма человека [1].

Возникновение пульсового давления, связано с выбросом ударного количества крови в аорту, при этом увеличивается давления в лучевых артериях, развитие которого распознается как артериальный пульс. Вследствие протекания пульсового давления по артериям, артерия набухает и давит на измеритель в котором смонтирован пьезоматериал при механическом давлении на пластину пьезоэлемента на боковых гранях образуется малый электрический ток и дальше малый электрический ток усиливается каскадом усилителей фильтруется и подается на АЦП, где сигнал оцифровывается и отображается в виде пульсограммы. Далее пульсограммы обрабатывается по программам тибетских трактатов и выдает заключение какой орган болит.

Таким образом, от блока съёма диагностической информации зависит точность постановки диагноза. Для более точного извлечения пульсового давления методами современной электроники связано с большими затруднениями, сопряженными с разработкой и изготовлением не только сверхчувствительных измерителей пульса, имитирующих действия трех пальцев ламы, но и целого комплекса аналого-цифровой аппаратуры, предназначенного для регистрации пульсограмм с помощью шести датчиков пульса, фиксируемых на лучевой артерии запястья руки пациента с их дальнейшим анализом. Получается так, что лама работает как бы в диалоговом режиме: изменяя силу нажима и участок соприкосновения подушечек пальцев попеременно на левой и правой или одновременно на обеих руках пациента, он поочередно «опрашивает» двенадцать внутренних органов (сердце, тонкая кишка, легкие, толстая кишка, селезенка, желудок, левая почка, половые органы, печень, желчный пузырь, правая почка, мочевой пузырь); следствии «опроса» соотносит с «врожденным пульсом» пациента и с учетом сезонных и суточных особенностей пульса выносит заключение о состоянии его организма. При надобности он уточняет и проверяет свое предварительное заключение путем опроса и осмотра, и в случае их совпадения устанавливает окончательный диагноз. В случае же интерпретации ритма пульса, записанных техническими средствами, задача усложняется еще и тем, что необходимо формализовать знания по пульсодиагностике и выбрать или разработать оптимальные алгоритмы обработки пульсограмм.

В настоящее время, существуют различные конструкции измерителей, основанные на различных принципах: индуктивные, тензорезисторные, магнитоупругие, емкостные, пьезоэлектрические и др. Применение новых перспективных материалов, технологий минитюаризации, развитие элементной базы электронной техники позволяют создавать измерители с высокими эксплуатационными показателями. Так, используется измеритель для снятия пульсограмм на основе пьезоэлектрического материала – ЦТС-19. Причем используется механический метод прикрепления измерителя пульса. На рисунке 1 представлен механический способ закрепления, он состоит из: 1 – корпуса подвижного, 2 – оси крепления, 3 – каркаса, 4 – ремешка, 5 – винтов регулировки прижима, 6 – пелота, 7 – рука пациента.

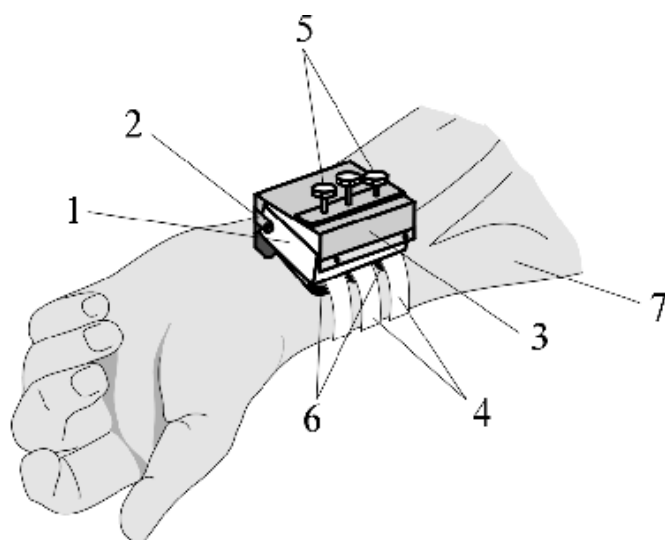


Рисунок 1 – Механический способ закрепления

Механическое регулирование прижима измерителей к лучевым артериям не обеспечивает оптимального давления на лучевую артерию пациента. Для каждого пациента сила давления измерителя строго индивидуально.

Недопустимость механического регулирования при создании воспроизводимых условий съема информации с биообъекта вызвана рядом негативных процессов, которые развиваются в организме в зоне съема информации (особенно в условиях дозированного воздействия - регулируемого прижима) и весьма критичны к временному фактору. В частном случае регистрации пульсового сигнала лучевой артерии в условиях регулируемого прижима возникает венозный застой в дистальной к зоне съема части конечности. Давление крови в проходящей рядом с лучевой артерией вене составляет порядка 100 мм. вод.ст. или примерно, 7 мм. рт.ст., в то время как диастолическое давление в артерии превышает 70 мм.рт.ст., что на порядок величины больше. Определенно, что отмеренный прижим измерителя в области съема может повлечь к пережиму вены и нарушению кровообращения в дистальной к зоне съема части кровеносной системы. Помимо венозного застоя и нарушения кровообращения в мягких тканях естественно в зоне съема, возникает «усталость» самой артерии, что отражается, в частности, в изменении ее эластотонических свойств. Перечисленные и прочие процессы, определенные дозированным воздействием на объект, изменяют реальную картину в организме человека, искажаются данные пульсограмм с каждой артерии. В результате может быть поставлен ошибочный диагноз.

Поэтому необходимо разработать такой блок съема диагностической информации с лучевых артерий, который позволил бы снять действительные пульсограммы и поставить точный диагноз заболеваний пациенту.

Библиография

1. Бороноев В.В. Омпоков В.Д. Исследование динамики фазовых портретов импульсных сигналов // Журнал радиоэлектроники. - 2022. - №7. С.31-36.

Bibliography

1. Boronoev V.V. Ompokov V.D. Investigation of the dynamics of phase portraits of pulse signals // Journal of Radio Electronics. - 2022. - № 7. - P. 31-36.

УДК 616-71

Ю.И. Хантаева, магистр, **А.А. Базарова**, магистр,
А.В. Жигжитцыренов, магистр, **Ж.Б. Цыбенков**, к.т.н., доцент,
С.С. Ямпиллов, д.т.н., профессор

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
670013, Россия, г. Улан-Удэ, Ключевская, 40в, +7(9148)409971

e-mail: tsibenov@mail.ru

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ОРГАНОВ ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ БОЛЬНЫХ

В статье рассматривается назначение электростимуляции и цель действия импульсного тока. Приведен механизм действия электростимуляции. Показания и противопоказания при электростимуляции. Разновидности электростимуляторов. Использование ЭМС. Преимущества процедуры электростимуляции.

Ключевые слова: электростимуляция, реабилитация, физиотерапия, импульсный ток, миостимуляция.

Yu.I. Khantaeva, master's student, **A.A. Bazarova**, master's student,

A.V. Zhigzhitsyrenov, master's student,

Zh.B. Tsybenov, ph.d., associate professor,

S.S. Yampilov, doctor of technical sciences, professor

East Siberian state university of technology and management

670013, Russia, Ulan-Ude, Kluchevskaya, 40v, +7(9148)409971

e-mail: tsibenov@mail.ru

DEVICE FOR ELECTRICAL STIMULATION OF ORGANS FOR REHABILITATION OF PATIENTS

The purpose of electrical stimulation. The purpose of the pulse current action. The mechanism of action of electrical stimulation is given. Indications and contraindications for electrical stimulation. Varieties of electrical stimulators. Using electrical stimulation. Advantages of the electrostimulation procedure.

Key words: electrical stimulation, rehabilitation, physiotherapy, pulse current, myostimulation.

Электростимуляция – терапевтическое действие электрических зарядов на органы и внешние ткани для восстановления нормальной деятельности. Электрический ток проходит через ткани и стимулирует возбуждение клеток нервно-мышечного аппарата, приводя к сокращению мышц.

Под влиянием тока улучшается кровоснабжение, лимфоток, ускоряются обменные процессы в тканях. Электростимуляция востребована во многих медицинских направлениях.

Задача прохождения электрического тока через ткани организма – восстановить и активизировать процессы, протекающие в клетках организма, увеличить скорость реагирования мышечных клеток на подаваемые сигналы центральной нервной системы.

Во время действия электрического тока на ткани организма образуется скопление заряженных частиц у мембран клеток с одинаковым зарядом. Данное явление приводит клетку в возбужденное состояние.

Таким образом, стимулируются мускульные части организма и приводит к хорошему воздействию на венозное гемодинамику, а также лимфоток. Возбуждение клеток побуждают к двигательным реакциям мышц, что увеличивает кровоснабжение органов и тканей.

Электростимуляция увеличивает биохимические процессы, протекающие в клетках, нормализует содержание инсулина, возрастает в клетках количество дезоксирибонуклеиновой кислоты и синтез нуклеиновых кислот.

Электростимуляция применяется для терапевтического воздействия на суставы, оказывает профилактическое действие при флеботромбозе, возобновляет функции травмированного двигательного нерва, а также прочих болезней.

Области применения электростимуляции:

1. Медицина:

- заболеваниях спинного и головного мозга;
- дисплазия суставов, сколиоз;
- невриты области шеи и лица;
- атония гладкой мускулатуры внутренних органов (желчный пузырь, мочевого пузыря, кишечник);
- после хирургических операций;
- атония сфинктеров мочевого пузыря;
- нарушения во время родовой деятельности, гинекологические патологии;
- простатит, потеря репродуктивной функции;
- состояния, сопровождающиеся длительной гипотонией мышц (после травм или операций), приводящей к их гипо- и атрофии;
- периферические парезы, потеря кожной чувствительности при невритах, плекситах (воспаление нервных сплетений);
- радикулитах;
- потеря кожной чувствительности при травмах;
- профилактика тромбообразования и нормализация сосудистого тонуса;

2. Косметология:

- избыточный вес, целлюлит;
- морщины, дряблость кожи;
- постепенное изменение формы лица и тела, отечность, лимфостаз;

3. Спорт:

- заживление после травм, ускорение восстановительных процедур;

- увеличение скоростно-силовых показателей;
- повышение координационных способностей;
- начальная мышечная активность;
- увеличение мышц и мышечной выносливости.

Противопоказания к электростимуляции относятся:

- онкология, в том числе образования доброкачественного характера;
- инфекционные заболевания - острый период;
- артериальная гипертензия, сердечная недостаточность выше 2 степени;
- эпилепсия;
- гипертиреоз;
- патологии крови;
- активная форма ревматизма наличие кардиостимуляторов, мерцательная аритмия;
- флебит, тромбофлебит;
- нарушения целостности кожного покрова (ссадины, раны, порезы) в месте наложения электродов;
- состояние после сшивании мышц, сухожилий, нервов (на протяжении 1 месяца), после переломов до полного восстановления целостности костных структур.

Разновидности электростимуляторов

Электромиостимулятор ЭМС 6/400-02 «Галатея» (рисунок 1) – это удобный для домашнего применения прибор, который предназначен для положительного воздействия низкочастотного электрического тока на мышцы и на организм человека с целью стимуляции, тонизации и восстановления работоспособности. Основное отличие модели заключается в том, что аппарат содержит ручку общего регулирования уровня выходных сигналов на всех каналах стимуляции одновременно.

Область применения очень широка: это развитие упругости и тонизации мышц, расщепление жира, придание эластичности коже, лечение целлюлита и устранение болевых ощущений.



Рисунок 1 – Электромиостимулятор ЭМС 6/400-02 «Галатея»

Электромиостимулятор ЭМС 6/400-02 «Галатея» оснащен шестью каналами стимуляции, поканальной индикацией, регулировкой уровня

воздействия тока.

Электромионейростимулятор ЭМНС 12 «Галатея» (рисунок 2).

Электромионейростимулятор с двенадцатью каналами, три режима работы, управление осуществляется процессором – ЭМНС12 «Галатея».

Осуществляет стимуляцию нервной системы и мышц пациента воздействуя на них импульсными токами низкой частоты для улучшения фигуры человека и работоспособности организма. Искусственное сокращение мышц вызваны кратковременными токами является физиологическим действием аппарата ЭМНС 12 «Галатея».



Рисунок 2 – Электромионейростимулятор ЭМНС 12 «Галатея»

Области применения:

- снижение болевых явлений;
- улучшение фигуры пациента;
- тренировка и повышение тонуса волокон мышц;
- наращивание мышечной массы;
- послеродовое восстановление;
- массаж импульсным электрическим током;
- уменьшение жировой массы;
- улучшение тонуса тканей;
- омоложение периферических тканей;
- предотвращение старения организма пациента.

Из вышеизложенного материала можно выделить ряд положительных сторон применения электростимуляторов:

- безопасность (при прохождении процедуры у пациентов не наблюдаются осложнения и ожоги на поверхности тела);
- безболезненность (при прохождении процедуры пациенты не испытывают болевые чувства);
- не требуются хирургические вмешательства во время прохождения процедур (кожный покров остается целым);
- высокая эффективность (при прохождении электростимуляции наблюдаются хорошие эстетические характеристики и улучшенный мышечный тонус);
- многофункциональность (воздействие токами на организм человека широко используется во многих областях медицины)

Можно сделать вывод, что электростимуляция является высокоэффективным терапевтическим методом восстановления организма человека и использовать для профилактики многих заболеваний.

Библиография

1. Бурская С., Белецкая О., Шумилова М. Электростимуляция как часть реабилитационного процесса // Врач. – 2018. - № 29 (10). - С. 84 – 87.
2. Калакутский, Л.И. Биотехнические системы электронейростимуляции. [Текст] // Лоцилов В.И., Калакутский Л.И. – М.: МГТУ, 1991. – 168 с.
3. Утямышев Р.И. Электронная аппаратура для стимуляции органов и тканей [Текст] // Под ред. Р.И. Утямышева и М. Враны – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 384 с.
4. Ясногородский В.Г. Электротерапия. – М.: Медицина, 1987.– 240 с.

Bibliography

1. Burskaya S., Beletskaya O., Shumilova M. Electromyostimulation as part of the rehabilitation process // Doctor. – 2018. – № 29 (10). – P. 84 – 87.
2. Kalakutsky, L.I. Biotechnical systems of electroneurostimulation. [Text] // Loshilov V.I., Kalakutsky L.I. – Moscow: MSTU, 1991. – 168 p.
3. Utyamyshev, R.I. Electronic equipment for stimulation of organs and tissues [Text] // Edited by R.I. Utyamyshev and M. Vrana – M.: Energoatomizdat, 2000. – 384 p.
4. Yasnogorodsky V.G. Electrotherapy. – M.: Medicine, 1987. – 240 p.

УДК 616.71

В.В. Бороноев, д.т.н., профессор, **Г.Ж. Хандакова**, к.т.н., доцент,
Д.В. Чимитов, магистр, **А.П. Санжихаев**, бакалавр,
В.А. Мосорова, бакалавр

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
670013, Россия, г. Улан-Удэ, Ключевская, 40в, +7(3012)431415
Бурятский научный центр СО РАН
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 8, +7(3012)433238
e-mail: dondokovag@mail.ru

СОВРЕМЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ ПУЛЬСОДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Рассматривается история и физическая сущность пульсовой диагностики и несколько видов приборов, работающих по принципу пульсовой диагностики.

Ключевые слова: *пульсовая диагностика, тибетская медицина, пульс, пульсодиагностические приборы.*

V.V. Boronoev, Phd technical science professor, **G.Zh. Khandakova**, associate professor, **D.V. Chimitov**, Master's student,
A.P. Sanzhikhaev, bachelor, **V.A. Mosorova**, bachelor
East Siberia state university of technology and management
670013, Russia, Ulan-Ude, Kluchevskaya, 40v, +7(3012)417210
BSC SB RAS
670047, Ulan-Ude, Sakhyanovoy str., 8
e-mail: dondokovag@mail.ru

MODERN DEVELOPMENTS OF PULSE DIAGNOSTIC COMPLEXES

The history and physical essence of pulse diagnostics and several types of devices operating on the principle of pulse diagnostics are considered.

Keywords: *pulse diagnostics, Tibetan medicine, pulse, pulse diagnostic devices.*

Для того, чтобы узнать, как в организме циркулирует энергия, подобрать правильное лечение, получен ли результат, может помочь исследование с помощью пульса.

Постановка верного диагноз предопределяет правильное лечение. В организме человека находится множество биологически активных точек и, зная на какие меридианы воздействовать различными методами, можно подобрать препараты, узнать об осложнениях или выздоровлении человека. В этом может помочь пульсовая диагностика, которая открывает большие возможности в постановке диагноза и в ведении лечения. То, что пульсовая

волна отражает информацию о функциональном состоянии организма, показал большой опыт восточной медицины.

Для ясного представления о характере процессов функционирования был разработан специальный преобразователь пульсовой волны, позволивший получить наглядную пульсограмму, отражающую функциональное состояние внутренних органов и систем через аналого-цифровой электронный датчик пульса без искажений. Его основное назначение - воспринимать и передавать в компьютер пульсовые волны человека.

ИСТОРИЯ ПУЛЬСОВОЙ ДИАГНОСТИКИ

Метод диагностики по пульсу возник за много веков до нашей эры. Среди дошедших до нас литературных источников, самыми древними являются труды древнекитайского и тибетского происхождения.

Первые сведения об использовании пульса для диагностики состояния организма найдены в руководствах китайской традиционной медицины и датируются VI в. до н. э. Считается, что первым метод диагностики заболеваний по пульсу использовал в своей практике врач Бянь Цяо (Цинь Юэ-жень, 扁鵲, Biǎn Què, 407-310 гг. до н.э.), описавший его в труде «Хуанди нэй цзин» (黃帝八十一難經, Huángdì Bāshíyī Nán Jīng) – «Трактат Желтого императора о внутреннем», который считается каноном китайской народной медицины (рис.1).

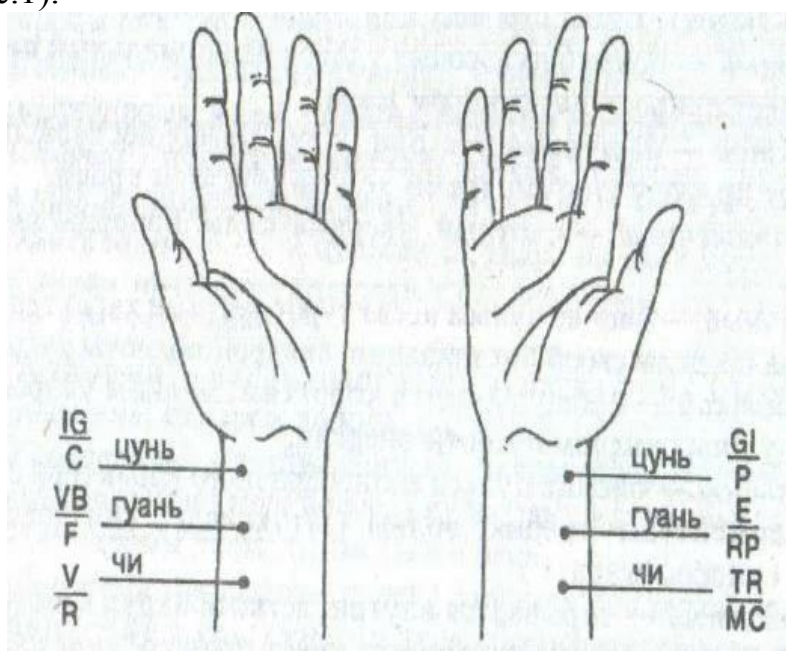


Рисунок 1 – Пульсовая диагностика

ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ПУЛЬСОВОЙ ДИАГНОСТИКИ

Пульсовая диагностика является важной составляющей частью «четырех методов диагностики», известных в традиционной китайской медицине.

Смысл диагностики по пульсу заключается в том, что нормальное и отличное от нормального состояния пульса позволяют составить картину о здоровье человека (рис. 2). Путем сравнения пульса больного человека с ровным пульсом здорового, можно получить представление о состоянии

больного, определить, какой орган и какой канал поражены, присутствует синдром холода или жара, является ли болезнь внешней или внутренней, связана с недостаточностью или избытком, сделать вывод о прогрессировании или регрессировании болезни и т.д.

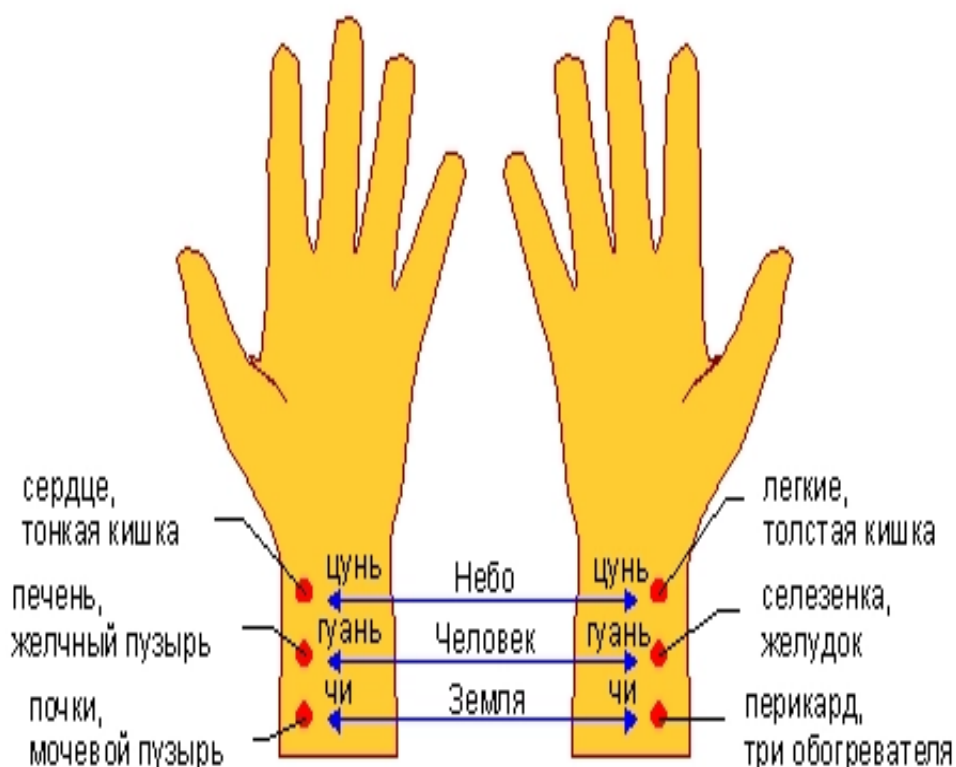


Рисунок 2 – Пульс здорового человека

Рассмотрим несколько видов приборов, работающих по принципу пульсовой диагностики.

Прибор ВедаПульс – это устройство ввода информации (УВИП) пульсовой диагностики, предназначенный для специалистов традиционной медицины, а также пациентов.

Прибор позволяет производить оценку функционального состояния человека методом пульсовой диагностики. С помощью данного прибора осуществляют регистрацию биоэлектрических потенциалов сердца для последующего анализа вариабельности ритма сердца в специальной программе на ПК (рис. 3).



Рисунок 3 – Прибор ВедаПульс

Также есть возможность осуществления дистанционного мониторинга изменений в состоянии пациентов и формирования индивидуальной программы реабилитации.

Аппаратный комплекс регистрирует биопотенциалы, генерируемые в сердце, и считывает ритмы органов и функциональных систем, меридианов, систем регуляции на основании вариабельности ритма сердца. С помощью сложных математических методов «VedaPulse» анализирует ритм сердца. В сердечном ритме отражается деятельность всех органов и систем. Клетки, расположенные в сердце, получают информацию от функциональных систем и регулирует электрический разряд, заставляющий сердце выбрасывать кровь. Именно этот процесс моделирует ритм сердца и тип пульсовой волны, в соответствие с отклонениями в функциональных системах.

Аппаратно-программный комплекс ТрадоПульс – это диагностическая система, позволяющая оценить функциональное состояние человека и подобрать для него лечение с учётом индивидуальной конституции и его возможных отклонений здоровья (рис. 4).



Рисунок 4 – Аппаратно-программный комплекс ТрадоПульс

Диагностика на приборе ТрадоПульс позволяет оценить:

– функциональное состояние внутренних органов и систем (бронхо-лёгочная система, толстый кишечник, желудок, селезёнка и поджелудочная

железа, сердце, тонкий кишечник, мочевой пузырь, почки, сосуды, эндокринная система, желчный пузырь, печень);

- текущее состояние конституции – вата, питта, капха (в аюрведической традиции), ветер, желчь, слизь (в традиции тибетской медицины) для индивидуального составления рекомендаций;

- индекс напряжения, который испытывает организм (уровень стресса);

- адаптационный потенциал – величину внутренних резервов (запас жизненных сил);

- вегетативный баланс – соотношение процессов мобилизации и восстановления сил;

- индекс морфо-функционального состояния – интегральный показатель функционального состояния организма.

Автоматизированный пульсодиагностический комплекс (АПДК) – диагностический инструмент, методологическую основу которого составляют методы диагностики заболеваний в тибетской медицине (осмотр, опрос, пальпация) и достижения фундаментальной науки в области физики, физиологии, медицины и информационных технологий (рис. 5,6).



Рисунок 5 – Автоматизированный пульсодиагностический комплекс (АПДК)

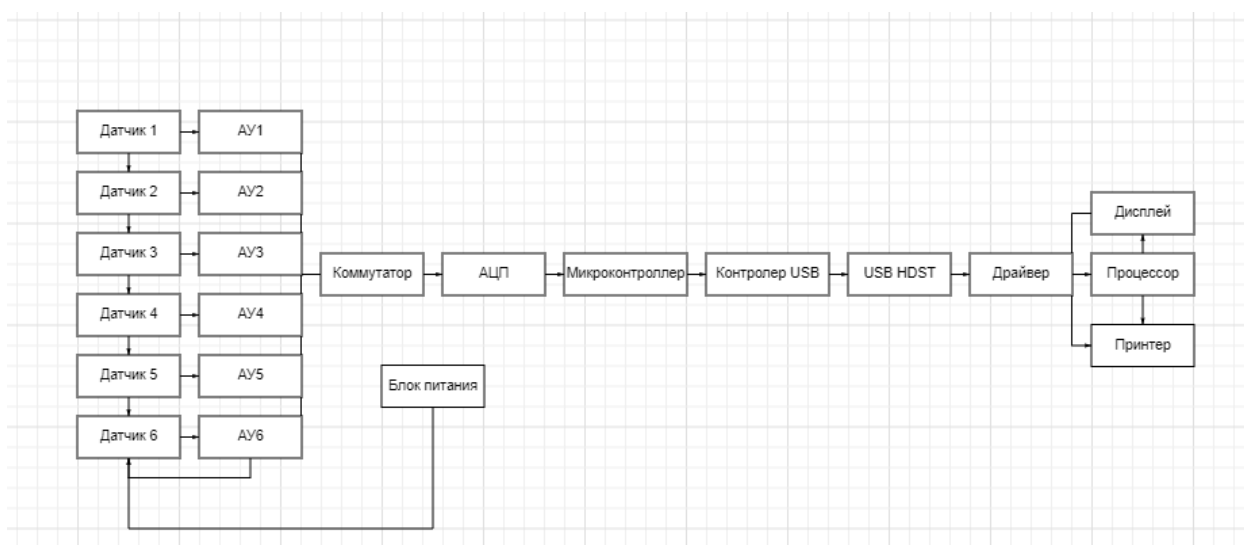


Рисунок 6 – Структурная схема автоматизированного пульсодиагностического комплекса (АПДК)

АПДК предназначен для:

- мониторинга при диспансеризации населения;
- оценки эффективности лечения;
- оценки состояния человека-оператора;
- обучения традиционным методам диагностики.

АПДК имеет возможность проведения интегральной оценки функционального состояния организма в целом, а также экспресс-диагностику 12 внутренних органов одновременно, включая дыхательную, сердечно-сосудистую, желудочно-кишечную и мочеполовую системы организма человека. Это достигается за счет математических методов анализа пульсовых сигналов, синхронно снятых высокочувствительными датчиками с шести канонических точек лучевых артерий обеих рук пациента согласно канонам пульсовой диагностики тибетской медицины. Анализ осуществляется с помощью специально разработанных математических алгоритмов, гарантирующих высокую точность и эффективность диагностических оценок

Тестирование организма по пульсу позволяет на самых ранних стадиях обнаружить какие-либо нарушения равновесия в работе организма, определить отклонения или нарушения в отдельных органах и системах, которые могут привести к проблеме здоровья. Такие нарушения проявляются в пульсе на самых ранних стадиях. Выявив эти нарушения, можно скорректировать состояние и тем самым предотвратить болезнь. Проведение различных исследований способствует развитию технических средств пульсовой диагностики, что не означает вытеснения квалифицированных специалистов тибетской пульсовой диагностики. Прибор пульсовой диагностики может стать дополнительным диагностическим инструментом экспресс-диагностики для врачей при диспансеризации населения.

Библиография

1. Козин В.А. О преимуществах пульсовой диагностики на Автоматизированном пульсодиагностическом комплексе тибетской медицины / В.А. Козин, В.В. Бороноев, Н.Г. Гонтова // Развитие традиционной медицины в России, Улан-Удэ, 11–12 сентября 2014 года. – Улан-Удэ: Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования, 2014. – С. 294-297.

Bibliography

1. Kozin V.A. On the advantages of pulse diagnostics at the Automated Pulse Diagnostic Complex of Tibetan Medicine / V. A. Kozin, V. V. Boronoev, N. G. Gontova // Development of traditional medicine in Russia, Ulan-Ude, 11–September 12, 2014. - Ulan-Ude: Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, 2014. - P. 294-297.

УДК 537.523

И.Е. Хабдаев, магистр, **В.Б. Балданов**, к.т.н., доцент,

С.Ж-Ж. Аюрова, студент

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления

670013, Россия, г. Улан-Удэ, Ключевская 40в, +73012(431415)

e-mail: ixabdaev@gmail.com, e-mail: cakirslava@gmail.com

РАЗРАБОТКА АППАРАТА МАГНИТОТЕРАПИИ

Разрабатываемый аппарат создается преимущественно для лечения радикулита пояснично-крестцового отдела позвоночника. Его конструкция позволит проводить процедуру в больничных и амбулаторно-поликлинических условиях, санаторно-курортных учреждениях, а также самостоятельно в домашних условиях.

Ключевые слова: магнитотерапия, медицинские аппараты, физиотерапия, импульсное магнитное поле, радикулит.

I.E. Khabdaev, Master's student,

V.B. Baldanov, Candidate of Technical Sciences, associate Professor,

S.Zh-Zh. Ayurova, student

DEVELOPMENT OF A MAGNETOTHERAPY APPARATUS

The developed device is created mainly for the treatment of sciatica of the lumbosacral spine. Its design will allow to carry out the procedure in hospital and outpatient polyclinic conditions, sanatorium-resort institutions, as well as independently at home.

Key words: magnetotherapy, medical devices, physiotherapy, pulsed magnetic field, sciatica.

Введение. В настоящее время проблемы болезней спины широко распространены. Сидячий образ жизни, неудобная обувь, стрессы, травмы и переутомляемость значительно увеличивают нагрузку на позвоночник, что ведет к такому болезненному состоянию как радикулит. Самая частой причиной радикулита является остеохондроз позвоночника. По мнению специалистов главной причиной в большинстве случаев становится неправильно распределенная нагрузка на позвоночник.

Лечение радикулита осуществляется комплексным применением медикаментозного лечения и применения физиотерапевтических методов. Популярным методом в этом случае является магнитотерапия. Главным достоинством данного метода является возможность проведения лечения в домашних условиях.

Принцип работы на примере Almag01. Принцип действия основан на применении бегущего импульсного магнитного поля (БИМП). Все магнитные

поля могут оказывать терапевтическое воздействие на организм человека, усиливая межклеточный и внутри клеточный обмен веществ.

Однако у БИМП есть важная особенность-их импульсы лежат в диапазоне 4-16 Гц. Согласно исследованиям американского биолога У.Р. Адди, это диапазон биологически активных частот, характерных для нашего организма.

Устройство оказывает ритмичное воздействие на больные органы и ткани. В результате:

- восстанавливаются электромагнитные характеристики клеток, изменившиеся в результате заболевания;
- улучшается взаимодействие между химическими элементами, принимающими участие в окислительно-восстановительных процессах, а это, в свою очередь, тоже ведет к восстановлению нарушенных функций организма.

Катушки аппарата сконструированы таким образом, что перемещающееся импульсное магнитное поле проникает в ткани на глубину до 8см. Это позволяет лечить заболевания в органах, расположенных глубоко под кожей.

Важно отметить и то, что аппарат улучшает текучесть крови в месте воздействия. Это значит, что:

- снижается вязкость крови и, соответственно, уменьшается риск возникновения тромбов;
- увеличивается просвет сосудов, раскрываются дополнительные капилляры, они становятся более проницаемыми.

Структура этого устройства чрезвычайно проста. Его основными элементами являются электронный блок, обеспечивающий генерацию импульсов тока, блок воздействия, состоящий из четырех взаимосвязанных катушек индуктивности, кабель и электронный шнур. Все соединения являются гибкими и постоянными.

Целью работы является расчет оптимальных параметров и конструирование аппарата для лечения радикулита.

Расчеты параметров технической базы будут проводиться на основе изучения статей о проведенных исследованиях, а также самостоятельно проведенных экспериментах с участием добровольцев, страдающих радикулитом.

Конструирование аппарата будет создаваться с учетом анатомических особенностей строения пояснично-крестцового отдела позвоночника.

Библиография

1. Марков М. Магнитотерапия XXI века // 2015 Сентябрь; 34(3):190-6.
2. Дудченко М.А., Весельский И.Ш., Штомпель В.Ю. Влияние комбинированного лечения с применением магнитотерапии на системную гемодинамику больных ишемической болезнью сердца и остеохондрозом позвоночника. 1992, Май; (5):40-3.

3. Чуваев И.В., Соколова О.А. Анализ использования низкочастотной импульсной магнитотерапии при лечении межпозвонкового остеохондроза у собак (клиническое исследование) // Актуальные вопросы ветеринарной биологии. 2009. № 3 (3). С. 22.

4. Нагиев Ю.К., Стрельцова Е.Н. Допплерографическое наблюдение за церебральной гемодинамикой при пелоидотерапии остеохондроза позвоночника у больных ишемической болезнью сердца. / 1992 Июль – Август; (4):58-61.

5. https://366.ru/articles/pribor-almag-01-instrukcija-po-primeneniju/?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com.

Bibliography

1. Markov M. Magnetotherapy of the XXI century / 2015 September; 34(3):190-6.

2. Dudchenko M.A., Veselsky I.Sh., Shtompel V.Yu. The effect of combined treatment with the use of magnetotherapy on systemic hemodynamics in patients with coronary heart disease and osteochondrosis of the spine. 1992, May; (5):40-3.

3. Chuvaev I.V., Sokolova O.A. Analysis of the use of low-frequency pulsed magnetic therapy in the treatment of intervertebral osteochondrosis in dogs (clinical study) // Topical issues of veterinary biology. 2009, 3 (3). P. 22.

4. Nagiev Yu.K., Streltsova E.N. Dopplerographic monitoring of cerebral hemodynamics during pelotherapy of spinal osteochondrosis in patients with coronary heart disease. / 1992 July - August; (4):58-61.

5. https://366.ru/articles/pribor-almag-01-instrukcija-po-primeneniju/?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com.

УДК 615.47

С.С. Ямпиров, д.т.н., проф., **Д.Э. Мункуева**, маг., **С.Б. Жамбалов**, маг.,
А.В. Жамбалов, студ., **Б.М. Эрдынеев**, маг., **А.Г. Спиридонов**, маг.,
В.А. Басова, маг.

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
670013, Россия, г. Улан-Удэ, Ключевская 40в, +73012(431415)

E-mail: yampilovss@mail.ru

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОДНОГО БЛОКА ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗАТОРА ДИАГНОСТИКИ РАКА МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗ

В ВСГУТУ разработан электродный блок экспресс-анализатора диагностики рака молочных желез, который отличается от всех существующих тем, что он позволяет двигать электроды по радиусу к центру в зависимости от размера женских грудей, а также разработан блок коммутации который позволяет переключать электроды и снимать данные импеданса с разных квадрантов.

Ключевые слова: экспресс-анализатор, рак молочных желез, электродный блок, импеданс.

S.S. Yampilov, Doctor of Technical Sciences, Prof., **D.E. Munkueva**, Master's student, **S.B. Zhambalov**, Master's student, **A.V. Zhambalov**, student, **B.M. Erdyneev**, Master's student, **A.G. Spiridonov**, Master's student, **V.A. Basova**, Master's student

East Siberian State University of Technology and Management
670013, Russia, Ulan-Ude, Klyuchevskaya 40b , +73012(431415)

E-mail: yampilovss@mail.ru

DEVELOPMENT OF THE ELECTRODE UNIT FOR THE RAPID ANALYZER FOR THE DIAGNOSIS OF BREAST CANCER

ESSUTM has developed an electrode unit for express analyzer for diagnosing breast cancer, which differs from all existing ones in that it allows you to move the electrodes along the radius to the center depending on the size of the female breasts, and also developed a switching unit that allows you to switch electrodes and take impedance data from different quadrants.

Key words: express analyzer, breast cancer, electrode block, impedance.

Введение

За последние 30 лет, число заболевших женщин раком молочных желез в России увеличилось в вдвое с 22,6 случая на 100 тыс. населения до 45, 24. За последние три года заболевших женщин раком молочных желез в Республике Бурятия составило в среднем 340. А в нашем регионе Иркутской области,

Республике Бурятия и Забайкальском крае более 2000 женщин, заболевших раком молочных желез.

В настоящее время, женщина у которой обнаружилось уплотнение в женской груди, идет к врачу онкологу. А тот отправляет пациентку на обследование сначала на импедансный маммограф который стоит разовое обследование 900 руб., затем на аппарат УЗИ который стоит разовое обследование 950 руб. После данных обследований пациентку направляют на магнитно-резонансный томограф, который стоит разовое обследование 4000 руб., а после этого на биопсию который стоит 1200 руб. Конечно часть обследований возмещает медицинское страхование. Однако, когда подтвердился диагноз, врач направляет на операцию или на лечение – химиотерапию, лучевую терапию и др. После принятия лечебных процедур (химиотерапии, лучевой терапии и др.) больная заболевшая раком молочных желез хочет знать раковая опухоль растет или не растет. Опять надо идти на обследование высокотехнологичные комплексы, которые имеют лучевую нагрузку, и опять надо платить деньги за обследование. В тоже время, для наблюдения за больными, необходим постоянный контроль за изменениями, происходящими в биотканях женской груди, соблюдая при этом требование безвредности, неинвазивности и простоты измерительных процедур. И поэтому в настоящее время существует проблема создания малогабаритного, простого в обслуживании, недорогого экспресс –анализатора по диагностике рака молочных желез [1].

В настоящее время используют следующие медицинские приборы и системы для диагностики онкологических заболеваний – аппараты УЗИ которые используют ультразвук малой дозы, которые проникают на глубину 5-6 см, а применение высокой дозы ультразвука ведет к изменению клеточных микроструктур, подавляют активность живой клетки. Поэтому аппараты УЗИ имеют границы использования. А применение принципа действия магнитно-резонансного томографа, рентгеновской маммографии, радионуклеидной диагностики для малогабаритного экспресс – анализатора рака молочных желез слишком дорого и сложно, а главное они имеют лучевую нагрузку. Указанным требованиям в значительной мере отвечает аппарат электроимпедансной спектрометрии, основанный на измерении и анализе электрического импеданса (электрического сопротивления) живой ткани при изменении ее физиологического состояния, при образовании раковой опухоли, которая позволяет использовать в домашних условиях

Как показал анализ аппаратов биоимпедансной спектрометрии, который использует электрический ток малой силы и малого напряжения, проникающего в глубь живой ткани и улавливание его другим электродом определяющий электрическое сопротивление живой ткани, является наиболее перспективным методом, для создания экспресс анализатора онкологических заболеваний.

Методы и результаты исследований.

В ВСГУТУ разработан аппарат биоимпедансной спектрометрии для диагностики рака молочных желез. Он состоит из следующих основных блоков: блок питания, стабилизатор, генератор, микропроцессор, детектор, ЖК-дисплей, фильтр, электродный блок.

Нами разработано устройство для проведения биоимпедансной спектрометрии, который состоит из следующих блоков - блока питания, стабилизатора, генератора, микроконтроллера, детектора, фильтра, электродов и ЖК-дисплея, который отличается от всех существующих тем, что позволяет одновременно получить данные импеданса при трех разных частотах зондирующего тока.

Блок питания выносной, обеспечивает питание схемы постоянным нестабилизированным напряжением 12 В. Мощность блока 6 Вт. Питающее напряжение поступает на стабилизатора, собранный на двух аналоговых микросхем LM3175 и LM7805. Первая представляет собой регулируемый стабилизатор, построенный на выходном напряжении 10 В. Вторая – это нерегулируемый стабилизатор с выходным напряжением 5 В. Стабилизированное напряжение 10 В. питает повторитель генератора, а все остальные блоки используют напряжение 5В.

Генератор состоит из задающего генератора, функции которого выполняет микроконтроллер и усилители, собранного на микросхеме 4011. Объединив входы элемента получим инвертор, усиливающий входной меандр до уровня 10В. Выходное напряжение генератора поступает на активный электрод и на измерительную схему (D2, R5, C11), преобразует импульсное напряжение в постоянное и позволяет микроконтроллеру оценивать уровень выдаваемого на электроды сигнала.

Электроды прикладывают к биологическому объекту, через него протекает электрический ток и на измерительном электроде появляется потенциал.

Напряжение измерительного электрода поступает на схему измерения сдвига фаз и детектор (D1, R4, C10). Детектор вместе с фильтром преобразуют импульсное напряжение в постоянное для оценки его микроконтроллером.

Схема измерения сдвига фаз выполнена на микросхеме 4070, который, выдает импульсы шириной равной величине сдвига фаз. Далее импульсы преобразуются в постоянное напряжение (R6, C12).

Микроконтроллер выполняет несколько функций. Во – первых, генерирует последовательности импульсов частотой 50, 100 и 200 кГц со скважностью 50%. Во – вторых, используя встроенный аналого-цифровой преобразователь, оцифровывает значения напряжения на активном, измерительном электроде и со схем измерения сдвига фаз. В – третьих, на основе полученных данных вычисляет значение импеданса в условных единицах и выводит на ЖК-дисплей.

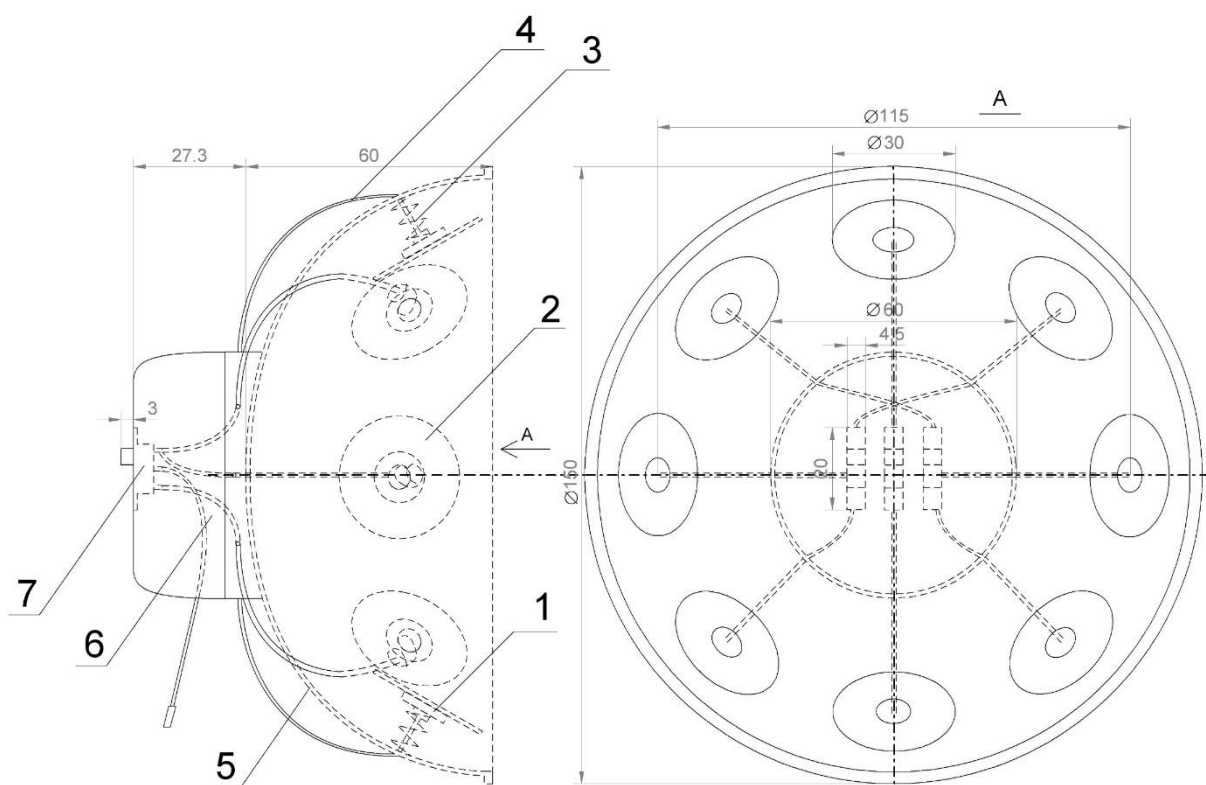


Рисунок 1 – Схема электродного блока:

- 1 – Штекер; 2 – Одноразовый хлорсеребряный электрод;
 3 – Пружина из нагартованной стали; 4 – Провод;
 5 – Диэлектрическое основание; 6 – Блок отведений; 7 – Переключатель

Для проверки работоспособности аппарата биоимпедансной спектрометрии были проведены опыты. Так с пациента с диагнозом «Рак правой молочной железы», возраст 51 год, вес 83 кг, рост 170 см. по данным обследования обнаружен узел, размером 3,0х2,5 см, который расположен в верхне-наружном квадранте правой молочной железы.

Анализ данных снятых с аппарата биоимпедансной спектрометрии показал, что электрическое сопротивление по диагонали 4 правой груди меньше значений электрического сопротивления здоровой части молочной железы. Это указывает на новообразование в данной части молочной железы.

Заключение

Разработанный электродный блок, позволяет определить размеры новообразований в молочной железе и снять импеданс с различных по размеру женских грудей.

Библиография

1. Ямпиллов С.С., Балданов В.Б., Чимитов А.Б., Мункуев С.Г., Хандуев З.В. Современные устройства биоимпедансной спектрометрии для диагностики онкологических заболеваний. Материалы Национальной научно-

практической конференции «Образование и наука». Серия: Технологии и технические средства в АПК. Биомедицинская техника. Вып. 15. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГУТУ, 2021. – С.61-65.

Bibliography

1. Yampilov S.S., Baldanov V.B., Chimitov A.B., Munkuev S.G., Khanduev Z.V. Modern devices of bioimpedance spectrometry for the diagnosis of oncological diseases. Materials of the National Scientific and Practical Conference "Education and Science". Series: Technologies and technical means in the agro-industrial complex. Biomedical technology. Issue. 15. - Ulan-Ude: Publishing house of ESGUTU, 2021. P.61-65.

АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ СТЕРИЛИЗАЦИИ

С.С. Ямпиров, д.т.н., профессор, **А.О. Жигжитов**, к.т.н., ст.преп.,
С.А. Плеханов, магистр

Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления
670013, Россия, г. Улан-Удэ, Ключевская 40в, +73012(431415)

E-mail: yampilovss@mail.ru

В статье приведен анализ современных методов обеззараживания медицинских инструментов. Проведена сравнительная оценка различных методов стерилизации медицинских инструментов и их изъяны.

Ключевые слова: Методы обеззараживания, медицинские инструменты, аппараты, микроорганизмы, безопасность, эффективность, микробы.

ANALYSIS OF DIFFERENT STERILIZATION METHODS

S.S. Yampilov, Doctor of Technical Sciences, Prof.,
A.O. Zhigzhitov, Ph.D., Senior Lecturer, **S.A. Plekhanov**, master,
V.I. Yarulina, master, **S.V. Fomina** master

East Siberian State University of Technology and Management
670013, Russia, Ulan-Ude, Klyuchevskaya 40b , +73012(431415)

E-mail: yampilovss@mail.ru

The article provides an analysis of modern methods of disinfection of medical instruments. A comparative assessment of various methods of sterilization of medical instruments and their flaws was carried out.

Keywords: Disinfection methods, medical instruments, devices, microorganisms, safety, efficiency, microbes.

От главных факторов, среди которых процент уничтожение микробов, бактерий и лямблии и устойчивость к дезинфицирующим веществам зависит выбор способа обеззараживания.

Существуют различные способы стерилизации медицинских инструментов: автоклавирование, стерилизация сухим жаром, гамма – излучений, пероксидная плазма водорода, использование сверхкритического диоксида углерода и др.

Автоклавирование осуществляется в автоклавах при температуре 121 град., давлении 2 атм., в течении 15-20 мин. Данный метод нельзя применять к чувствительным материалам к высоким температурам и влаге. Стерилизация в сухожаровом шкафу медицинских инструментов ведет к преждевременной коррозии металла, так как инструменты покрываются

оксидным сплавом. Применение установок с гамма-излучением приводит к необратимой трансформации полимеров и образованию нежелательных химических связей. При использовании пероксидной плазмы водорода необходимо провести длительную аэрацию и промывку для удаления остаточного токсичного агента. Сверхкритический диоксид углерода – безвреден, безопасен, однако используется при высоких температурах и давлении.

Анализ различных способов дезинфекции и обеззараживания, показал, что газодинамическая обработка CO₂ по сравнению с другими способами например с плазмой пероксида водорода или аргоновой плазмой не разрушает механические характеристики и прочность обеззараживаемых медицинских инструментов.

Как показал опыт использования аппаратов с гамма-облучением необходимо соблюдать высокие требования безопасности. А при использовании аппаратов ультрафиолетового излучения как показала практика – нет четкого обеззараживания внутренних поверхностей медицинских инструментов. В таблице 1 представлены критерии эффективности обеззараживания различными существующими способами дезинфекции инструментов используемых в медицине.

Таблица 1

Способ	Автоклав	Аргоновая плазма	Гамма-излучение	Облучение ультрафиолетом	Диоксид углерода
Полости внутри инструментов	+	+	+	-	+
Обеззараживание внешней плоскости	-	-	-	-	+
Понижение биосовместимости	+	+	-	-	-
Разрушение материалов	+	+	-	-	-

В таблице 2 представлены основные изъяны основных способов обеззараживания медицинских инструментов: обеззараживание теплом, плазмой, окись этилена, перекись водорода и перекись водорода и озона

Таблица 2

Метод стерилизации	Достоинства	Изъяны
Обеззараживание теплом	Неядовит; Минимальное время; Быстрый эффект; проникает в медицинскую упаковку.	Не подходит для термочувствительных инструментов; Наблюдается разрушение; Опасность ожога.
Плазма	Не оставляет ядовитых веществ; Время обработки ≥ 28 мин, используется для чувствительных инструментов к температуре (при $t < 50^\circ\text{C}$); нетоксичен	Бумажные изделия и жидкости не обрабатывают; Не обеззараживают внутренние поверхности; Требуется специальная упаковка;

Окись этилена	Проникает в все упаковки Способ прост совместимость с медицинскими инструментами	Требуется обдувание; Токсичен; Канцерогенен; Огнеопасен
Перекись водорода	Нетоксичен; не оставляет ядовитых веществ; время обработки 55 мин; используется для чувствительных инструментов к температуре	Не обеззараживают внутренние поверхности; Не обрабатывает жидкости, порошки и бумагу; Требуется специальная упаковка; Имеются ограничения о микробицидной эффективности
Перекись водорода и озона	Нетоксичен; Не требует обдувания; Совместимость с медицинскими инструментами; Время обработки 46 мин.	Не обеззараживают внутренние поверхности; Требуется специальная упаковка; Имеются ограничения о микробицидной эффективности

При наличии различных микробов, лямблий, пневмококков, бактерий необходимо разработать меры по профилактики заразы, по борьбе с пандемией. Необходимо найти возбудителя.

Однако даже и в этом случае могут возникнуть трудности из-за неравномерного распределения определяемого микроба в исследуемом объекте, небольшой его численности и т.д., что определяет наличие санитарно-значимых микробов как факт возможного присутствия патогенных форм в результате загрязнения объекта биологическим материалом и, соответственно, риска развития инфекций.

Библиография

1. Абрамова И.М. Новые разработки в области стерилизации изделий медицинского назначения. Дезинфекционное дело. – М., 2022. – С. 144-146.
2. Портнягин А.В. и др. Опыт применения технологий стерилизации изделий медицинского назначения. Организация стоматологической службы. – М., 2021. – С. 34-37.

Bibliography

1. Abramova I.M. New developments in the field of sterilization of medical devices. Disinfection business. – М., 2022. – P. 144-146.
2. Portnyagin A.V. et al. Experience in the use of sterilization technologies for medical devices. Organization of dental service. – М., 2021. – P. 34-37.

Подписано в печать 25.05.2023. Формат 60×84 1/8.
Объем 3,10 МБ. Усл.п.л. 10,23. Электронное издание. Заказ № 55.
Издательство ВСГУТУ.
670013, г.Улан-Удэ, ул.Ключевская, д. 40В, строение 1

ISBN 978-5-907599-86-4



9 785907 599864 >