

*Director of the Institute of Horticulture and Landscape Architecture, Head of the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,*  
e-mail: [s.makarov@rgau-msha.ru](mailto:s.makarov@rgau-msha.ru)

**Chudetsky Anton Igorevich**, Ph.D. agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,  
e-mail: [chudetski@rgau-msha.ru](mailto:chudetski@rgau-msha.ru)

**Nugmanov Albert Khamed-Kharisovich**, Doctor of Engineering. Sciences, Professor, Professor of the Department of Technologies for Storage and Processing of Fruits, Vegetables and Plant Growing Products, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,  
e-mail: [nugmanov@rgau-msha.ru](mailto:nugmanov@rgau-msha.ru)

Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Russia, Moscow, e-mail: [rector@rgau-msha.ru](mailto:rector@rgau-msha.ru)

**Abstract:** Nowadays, whiskey drinks, which were historically discovered in Scotland and then spread to the territories of Russia, America, India and a number of other countries, are very popular among people from different countries. The modern Russian whiskey production industry sets the task of purchasing new modern equipment that uses innovative technologies that increase the efficiency and intensity of production stages, while simultaneously maintaining and improving the quality and flavor and aroma characteristics of the created drinks. In the production of whiskey products, significant factors that form indicators of the quality of drinks are indicators of the initial properties of materials and responsibility for each individual technological production operation. The classical method of maturing alcoholic beverages has several disadvantages. Regardless of the type of wood, in the form of barrels, cubes, bars or chips, their pre-processing plays an important role in shaping the final taste and aromatic qualities and extracting target substances. The variety of extractor designs is due to the variety of materials that can be processed in these devices. Therefore, in the design differences of extraction apparatuses, there is a variety of driving force impulses that influence the extraction process.

**Key words:** whiskey, extraction, oak barrels, oak cubes, driving force impulse.

УДК 676.012.43

## **ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

**Бредихин Сергей Алексеевич**, д-р техн. наук, профессор кафедры Процессов и аппаратов перерабатывающих производств, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: [Sbredihin\\_kpia@rgau-msha.ru](mailto:Sbredihin_kpia@rgau-msha.ru)

**Андреев Владимир Николаевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры  
*Процессов и аппаратов перерабатывающих производств, ФГБОУ ВО  
«Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.  
Тимирязева», e-mail: [v.andreev@rgau-msha.ru](mailto:v.andreev@rgau-msha.ru)*

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.  
Тимирязева, Россия, Москва, e-mail: [rector@rgau-msha.ru](mailto:rector@rgau-msha.ru)

**Аннотация.** Технологическое оборудование занимает важное место в сохранении и формировании качества пищевых продуктов. Создание и эксплуатация технологического оборудования для пищевых производств должно проводиться на основе изучения закономерностей формирования и прогнозирования показателей качества сырья и готовых продуктов. Показано влияние на качество продукта надёжности, технологичности конструктивных элементов оборудования. Приведены сведения об изменении реологических и теплофизических свойств пищевого сырья при механической и тепловой обработке.

**Ключевые слова** технологическое оборудование, рабочие органы, надёжность, качество, пищевые продукты, реологические свойства, удельная теплоёмкость.

Для сохранения и обеспечения качественных показателей и показателей безопасности продуктов питания необходимо учитывать сырьё, правильное ведение процессов его переработки и конструкцию применяемого оборудования, автоматизированных систем, режимные параметры хранения на перерабатывающем предприятии и при реализации в торговых организациях. Кроме того, на качество пищевых продуктов влияют различные факторы, составляющие свойства, состав, вид сырья и ингредиентов рецептуры, а также верного выбора режимов технологической переработки.

Технологическое оборудование (рис. 1) предназначено для технической реализации технологических процессов переработки сырья. Требования к конструкции оборудования пищевой индустрии включают не только требования, свойственные изделиям машиностроения, но и учитывающие требования санитарии и безопасности обрабатываемого сырья. Это относится к используемым конструкционным материалам, деталям и узлам, контактирующим с продуктом и оказывающим на него деформационное и энергетическое воздействие. Такие требования определяются спецификой перерабатываемого сырья и условиями эксплуатации оборудования, влияющими на качественные показатели готового продукта.

На качество продукции влияет надёжность оборудования, Она определяется конструктивными и технологическими аспектами его изготовления и эксплуатации. Конструкция аппаратов должна исключать риск попадания в продуктовую зону посторонних предметов, смазочных масел, ржавчины или металлической пыли от износа деталей при различных режимах, в том числе и

неблагоприятных, эксплуатации. Неэффективная работа оборудования, его сбой приводит к нарушению работы всей технологической линии, нарушает процессы, что приводит к снижению качества продукта и материальным потерям.



Рисунок 1 – Схемы переработки пищевого сырья

Материалы рабочих органов оборудования, которые контактируют с сырьём во время его обработки, не должны выделять примесей, способных загрязнить пищевую продукцию и снизить её качество. Цвет конструкционных материалов в продуктовой зоне не должен влиять на оценку качества пищевой продукции и усложнять обнаружение загрязнений. Материалы, используемые для производства рабочих органов, деталей и узлов, контактирующих с продуктом, должны иметь разрешение на взаимодействие с пищевыми продуктами. Конструкционные материалы, из которых изготовлены основные узлы и детали, контактирующие с продуктом, должны быть устойчивыми при санитарной обработке моющими и дезинфицирующими растворами.

Надежность оборудования при эксплуатации обеспечивают использованием покрытий, рабочих поверхностей. Покрытия для технологического оборудования должны обладать необходимыми эксплуатационными характеристиками, быть нетоксичными и устойчивыми к микроорганизмам, а также обеспечивать не прилипание продукта к поверхности контакта

В продуктовой зоне оборудования должны отсутствовать непромываемые места, глухие карманы, щели, перегородки, ступеньки, кромки, резкие сужения поперечного сечения, которые не обусловлены требованиями технологического процесса. Ёмкости, резервуары для хранения и детали, контактирующие с продуктом, должны иметь гладкую, легкоочищаемую поверхность без щелей, зазоров и выступов, затрудняющих их чистку и санитарную обработку.

В продуктовой зоне оборудования должны отсутствовать заклепки, болты, точечная сварка, соединения внахлест. В качестве смазочного материала в этой зоне разрешено применять только пищевые масла.

Все поверхности продуктовой зоны должны быть доступны для санитарной обработки и контроля. Оборудование должно быть спроектировано так, чтобы разборка для санитарной обработки была удобной и при последующей сборке не приводила к нарушению обеспечивала точность при последующей сборке. Это позволяет осуществлять санитарную обработку без разборки оборудования и полностью удалять моющие растворы.

Рабочие органы оборудования воздействуя на сырьё, должны сохранять или изменять его свойства для достижения заданных технологических целей. Износ рабочих органов во время эксплуатации неизбежно влияет на качество получаемого продукта.

В технологическом оборудовании для которого применяют безразборную мойку, необходимо иметь возможность его разборки для ручной очистки и визуального контроля. Съёмные и разборные Детали оборудования для разбора должны иметь легкоразборные соединения.

На качество продукта влияют конструктивные и кинематические параметры оборудования, его надёжность и технология изготовления рабочих органов. Качество продукта, полученного после обработки в соответствующем оборудовании, характеризуется совершенством конструкции его рабочих органов и является важным критерием для сравнения разных типов оборудования.

При оценке качества продукта следует учитывать не только его органолептические, но и другие свойства, которые свидетельствуют о сохранении пищевой и биологической ценности, влияющей на усвоение продуктом организма человека. Кроме того, для учёта возможных и допустимых изменений в технологической обработке следует подбирать машины и аппараты, имеющие определённые особенности конструкции рабочих органов. Это необходимо для выработки качественных и биологически полноценных продуктов питания. Так, например, выбор конструкции перемешивающего устройства зависит от вязкостных свойств продукта (табл. 1)

Таблица 1

Выбор конструкции перемешивающего устройства в зависимости от вязкостных свойств продукта

№ п.п.	Вязкость среды, Па·с	Конструкция мешалки
1	$10^{-3}$ ..... 10	пропеллерная
2	$10^{-3}$ ..... 50	турбинная
3	$10^{-1}$ ..... 50	лопастная
4	$10^{-1}$ ..... $10^2$	якорная
5	5 $5 \cdot 10^2$	шнековая

Рациональная работа технологического оборудования учитывает функционально-технологические свойства сырья и пищевых продуктов. Качественные показатели пищевых продуктов зависят структурно-механических, теплофизических свойств сырья и режимных параметров

технологических процессов обработки.

Механическая обработка включает воздействие на сырьё с целью его измельчения, разделения на фракции, повышения гомогенности и однородности компонентов, а также обработки давлением и нормализации соотношения массовой доли жира и сухих веществ в сырье и готовом продукте. Пищевое сырьё и продукты подвергаются интенсивному механическому воздействию рабочих органов оборудования, что вызывает деформации сжатия, растяжения и сдвига в обрабатываемых объектах. Преобладающие типы деформаций зависят от конструкции рабочих органов и траектории их движения. В результате в различных машинах одни и те же продукты могут приобретать различные реологические свойства, обусловленные процессами структурообразования. Это, в свою очередь, влияет на дальнейшую обработку и транспортирование продуктов.

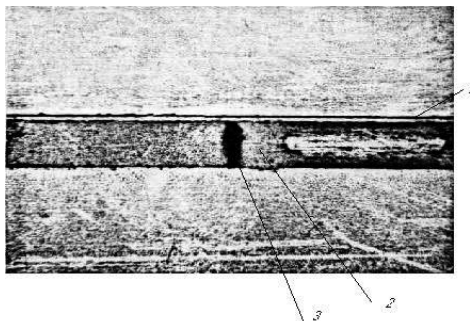


Рисунок 2 – Эпюра распределения скорости измельчённой трески по поперечному сечению потока цилиндрического канала диаметром канала 0,0515 м (размер частиц продукта 0,005 м; 1 - стенка цилиндрического канала, 2 - продукт. 3 - эпюра)

Авторами определены реологические свойства реологические свойства измельченного сырья животного происхождения и его поведение при транспортировании в цилиндрических каналах. Исследовано было измельчённое мясное, рыбное сырьё с размером частиц продукта 0,005-0,0015 м и куттерованное. На рис. 2 приведена зависимость напряжения сдвига от скорости течения для измельчённой трески при её движении в цилиндрических каналах.

Анализ полученных графиков показал, что измельчённое сырьё с различными размерами частиц ведёт себя одинаково. Движение рыбного сырья происходит без сдвиговых деформаций в объёме, то есть имеет поршневой режим движения. Построенные зависимости напряжения сдвига на стенке капилляра ( $\theta_{ст}$ ) от средней скорости потока продукта ( $\omega_{ср}$ ) для трески с разной степенью измельчения (0,005 м, 0,0015 м) и трески, обработанной в куттере, подтвердили вышеизложенное. Зависимости  $\theta_{ст} = f(\omega_{ср})$  при различных

значениях диаметра капилляра сходятся в одну линию (рис. 2).

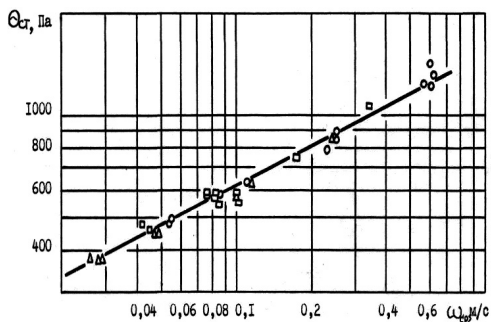


Рисунок 3 – Зависимость напряжения сдвига от средней скорости течения измельченной трески в цилиндрических каналах диаметром:  $\omega$  - 0,0515 м;  $\Delta$  - 0,0390 м;  $\theta$  - 0,0325 м., размер частиц продукта 0,0050 м

Определено, что тонкое измельчение мясного сырья приводит к появлению деформации в объёмных слоях, тогда как у тонко измельчённой трески этого не наблюдается. Поршневой режим движения измельчённой трески в цилиндрических каналах обусловлен высокой сдвиговой прочностью сырья.

В исследованных диапазонах движения измельчённого сырья выявлена характерная особенность его деформирования при постоянных напряжениях сдвига. Эта особенность заключается в том, что в определённых диапазонах деформирования наблюдается неравномерное движение продукта по каналу и пульсация давления. Данная характеристика также свойственна измельчённому мясному сырию.

Учет неравномерного движения измельчённого продукта необходим при его транспортировке по трубопроводам. Такая неравномерность может нарушить стабильную работу непрерывно-действующего технологического оборудования и снизить качество продукта.

Таблица 2 содержит характерные экспериментальные данные о расходно-напорных характеристиках измельчённой трески, полученной на волчке с диаметром отверстий решётки 0,003 м, при движении по цилиндрическим каналам разного диаметра.

Из таблицы видно, что при расходе менее  $10,3 \times 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с сырьё движется по каналу диаметром 0,0515 м стабильно. При увеличении расхода устойчивый режим сменяется неустойчивым, и при расходе более  $53,4 \times 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с измельчённый продукт снова движется стабильно. Полученные результаты необходимо учитывать при транспортировке измельченного сырья по трубопроводам.

Одним из приоритетных направлений является использование

технологического оборудования, имеющего систему контроля свойств сырья.

Таблица 2

Расходно-напорные характеристики при движении измельчённой трески цилиндрических каналов

Диаметр канала, м	Рабочее давление, $P \cdot 10^{-5}$ , Па	Производительность, $V_c \cdot 10^{+5}$ , м <sup>3</sup> /с	Режим движения
0,0515	0-0,90	0-10,3	Устойчивый
	0,90-1,10	10,6-45,3	Неустойчивый
	1,10-1,23	45,3-53,4	Неустойчивый
0,0390	0,75	53,4-58,0	Устойчивый
	0-1,20	0-5,2	Устойчивый
	1,20-1,60	9,3-35,8	Неустойчивый
0,0325	1,60-2,33	35,8-50,4	Неустойчивый
	0,83	50,4-56,2	Устойчивый
	0-2,20	0-5,5	Устойчивый
0,0325	2,20-2,55	19,7-45,0	Неустойчивый
	2,55-3,25	45,0-52,0	Неустойчивый
	0,87	53,0-56,0	Устойчивый

Такое оборудование позволяет изменять режимы обработки, тем самым сохраняя нативные свойства сырья и вырабатывая качественные пищевые продукты. Кроме того, оборудование обеспечивает и нормативный выход продукта при механической обработке.

В рыбообработочном оборудовании использование таких систем имеет большое значение, поскольку это связано с геометрическим сходством сырья, обрабатываемого машиной. Известно, что рыбы одного вида, имеющие разные размеры, геометрически подобны: существуют линейные и другие зависимости между различными размерами рыбы, такими как масса и площадь тела. Для большинства видов рыбы линейные зависимости имеют вид:

$$f(L) = (l_1, l_2, l_{y.z.}, \dots, b, h),$$

где  $L$  – биологическая длина;  $l_1, l_2, l_{y.z.}$  - размеры от начала рыла до

характерных точек на теле рыбы;  $b, h$  – толщина и высота тела рыбы. Например, длина головы минтая  $l_2 = 0,19L + 13$ , наибольшая толщина тела сайры  $b = 0,775L - 3$ ; высота тела сайры  $h = 0,1287L + 0,1$ . Создать или подобрать машину, не изучив сырьё и его геометрическое сходство, практически невозможно.

Тепловая обработка сырья и продуктов приводит к сложным изменениям биохимических и физико-химических свойств, а также видоизменяет составные части. Цель тепловой обработки многообразна: снижение количества микроорганизмов и уничтожение патогенных форм, инаktivация ферментов для повышения стойкости при длительном хранении, обеспечение специфических вкуса, запаха, цвета и консистенции, создание благоприятных температурных условий для микробиологических процессов, выпаривания, хранения, механической обработки и других.

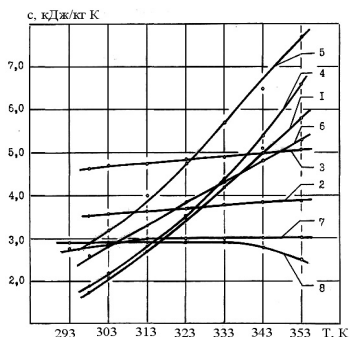


Рисунок 4 – Зависимость удельной теплоёмкости от температуры: 1 - измельченная треска; 2, 3 – мясо птицы после механической обвалки, соответственно кур и уток; консервы: 4 - "Пюре мясное детское"; 5 - "Мальш для детского питания"; 6 - Пудинг рыбный для детского питания; 7, 8 - измельчённая говядина, свинина, соответственно

Режимные параметры тепловой обработки сырья и продуктов зависят от их теплофизических свойств. Автором исследовано влияние температуры на теплофизические свойства сырья животного происхождения и измельчённых продуктов (рис. 4). Определено, что значения удельной теплоёмкости в исследованном диапазоне температуры для всех видов продуктов и 1,7 раза.

Создание, совершенствование и эксплуатация технологического оборудования для пищевых производств должны основываться на изучении закономерностей формирования и прогнозирования качества сырья и готовых продуктов. Показатели качества необходимо учитывать на стадии проектирования оборудования, а в процессе производства должна быть



предусмотрена система контроля и управления качеством.

Для сохранения нативности сырья и качества пищевого продукта применяют высокоинтенсивные процессы, соблюдая их щадящие режимы. Такие подходы способствуют поддержанию важных составляющих качества продуктов. В большинстве случаев наиболее тонкие различия в качестве выявляются только с помощью субъективных методов. Даже если данные объективной оценки подтверждают качество продукта (по составу, физико-химическим свойствам, показателям безопасности), их нужно дополнить результатами органолептической оценки.

Единичные показатели качества пищевых продуктов должны применяться при оценке технического уровня оборудования. Для этого необходимо установить аналитические и эмпирические зависимости, а также создать математические модели взаимосвязи качества получаемого продукта с конструктивными, кинематическими и технологическими параметрами машин. Такой подход позволит выбрать наиболее рациональные конструкции оборудования, сократить разнообразие машин, упростить их эксплуатацию и обеспечить производство высококачественных пищевых продуктов.

### Библиографический список

1. Bredihin S.A., Andreev V.N., Martekha A.N., Schenzle M.G., Korotkiy I.A. Erosion potential of ultrasonic food processing. *Foods and Raw Materials*. 2021. Т. 9. № 2. С. 335-344.
2. Антипов С.Т., Бредихин С.А., Овсянников В.Ю., Панфилов В.А. Индустриальные технологические комплексы продуктов питания: СПб.: Лань, 2020. – 440 с.
3. Бредихин С.А. Технологическое оборудование переработки молока 3-е изд., стер. СПб.: Лань, 2024. – 412 с.
4. Бредихин С.А., Бредихин А.С., Жуков В.Г., Космодемьянский Ю.В., Якушев А.О. Процессы и аппараты пищевой технологии 2-е изд., стер. СПб.; Лань, 2023. – 544 с.
5. Березовский Ю.М., Бредихин С.А., Андреев В.Н., Мартеха А.Н. Инженерная реология. Физико-механические свойства и методы обработки пищевого сырья: учебное пособие для вузов, 2-е изд., стер. СПб.: Лань, 2022. – 192 с.
6. Андреев В.Н., Березовский Ю.М. Моделирование процессов формирования структур пищевых полуфабрикатов и формования готовых изделий: монография. М.: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2019. - 168 с.

### IMPACT OF PROCESS EQUIPMENT DESIGN ON FOOD QUALITY

*Bredikhin Sergey Alekseevich, Doctor of Engineering. Sciences, Professor of the Department of Processes and Processing Equipment, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: [Sbredihin\\_kpia@rgau-msha.ru](mailto:Sbredihin_kpia@rgau-msha.ru)*

*Andreev Vladimir Nikolaevich, Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor of the Department of Processes and Processing Equipment, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, e-mail: [v.andreev@rgau-msha.ru](mailto:v.andreev@rgau-msha.ru)*

Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Russia, Moscow, e-mail: [rector@rgau-msha.ru](mailto:rector@rgau-msha.ru)

**Abstract:** Technological equipment occupies an important place in preserving and forming the quality of food products. Creation and operation of technological equipment for food production should be carried out on the basis of studying the regularities of formation and prediction of quality indicators of raw materials and finished products. The influence of reliability, manufacturability of constructive elements of the equipment on the product quality is shown. The data on change of rheological and thermophysical properties of food raw materials at mechanical and thermal processing are given.

**Key words:** technological equipment, working bodies, reliability, quality, food products, rheological properties, specific heat capacity.

УДК 664:658.513

## РАЗРАБОТКА ПРОЦЕДУРЫ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ НА БАЗЕ ПРОЦЕССНОГО ПОДХОДА

*Волошина Елена Сергеевна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры Управления качеством и товароведения продукции, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: [voloshina@rgau-msha.ru](mailto:voloshina@rgau-msha.ru)*

*Дунченко Нина Ивановна, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой Управления качеством и товароведения продукции, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», e-mail: [ndunchenko@rgau-msha.ru](mailto:ndunchenko@rgau-msha.ru)*

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», Россия, Москва, e-mail: [rector@rgau-msha.ru](mailto:rector@rgau-msha.ru)

**Аннотация:** в статье представлена разработанная авторами процедура управления рисками пищевого предприятия на базе процессного подхода. Процедура включает пять этапов: идентификацию и декомпозицию процессов с помощью нотации IDEF0; формирование реестров технологических рисков; выявление причинно-следственных связей источников рисков; анализ и определение статуса рисков. Авторами сформулированы принципы идентификации процессов пищевого предприятия. В рамках совокупной системы были выделены основные, вспомогательные и процессы менеджмента.