

УДК 663.853.52:664

А.Г. Иванов, С.М. Доценко, О.В. Гончарук,
Л.А. Ковалева, А.И. Гончарук

ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ И ПАРАМЕТРОВ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ
ПОЛУЧЕНИЯ БЕЛКОВО-ВИТАМИННЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОДУКТОВ

A.G. Ivanin, S.M. Dotsenko, O.V. Goncharuk,
L.A. Kovaleva, A.I. Goncharuk

REASONS FOR SCHEME AND PARAMETERS OF MULTIFUNCTIONAL DEVICE FOR OBTAINING
PROTEIN-VITAMIN INNOVATIVE PRODUCTS

Иванов А.Г. – командир батальона учебного процесса Дальневосточного высшего общеобразовательного командного училища, г. Благовещенск. E-mail: Ivanina_alina@mail.ru

Доценко С.М. – д-р техн. наук, проф. каф. автоматизации производственных процессов и электротехники Амурского государственного университета, г. Благовещенск. E-mail: amgu_appe@mail.ru

Гончарук О.В. – канд. техн. наук, доц. каф. финансов АПК Дальневосточного государственного аграрного университета, г. Благовещенск. E-mail: kgoncha-oksana@yandex.ru

Ковалева Л.А. – канд. техн. наук, доц. каф. дизайна Амурского государственного университета, г. Благовещенск. E-mail: kovalevsasha@yandex.ru

Гончарук А.И. – канд. техн. наук, доц. каф. эксплуатации и ремонта транспортно-технологических машин и комплексов Дальневосточного государственного аграрного университета, г. Благовещенск. E-mail: docent-dalgau@yandex.ru

Ivanin A.G. – Commander of a Battalion of Educational Process, Far East Higher General Command School, Blagoveshchensk. E-mail: Ivanina_alina@mail.ru

Dotsenko S.M. – Dr. Tech. Sci., Prof., Chair of Automation of Productions and Electrical Equipment, the Amur State University, Blagoveshchensk. E-mail: amgu_appe@mail.ru

Goncharuk O.V. – Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Finance of Agrarian and Industrial Complex, Far East State Agrarian University, Blagoveshchensk. E-mail: kgoncha-oksana@yandex.ru

Kovalyova L.A. – Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof. Chair of Design, the Amur State University, Blagoveshchensk. E-mail: kovalevsasha@yandex.ru

Goncharuk A.I. – Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Operation and Repair of Transport-technological Machines and Complexes, Far East State Agrarian University, Blagoveshchensk. E-mail: docent-dalgau@yandex.ru

В статье показана необходимость и целесообразность создания продуктов питания заданного состава и свойств на основе сырья Дальневосточного региона с установлением того факта, что технические решения для этого отсутствуют. В этой связи целью исследования являлось обоснование конструктивно-технологической схемы и параметров многофункционального устройства (МФУ) для получения инновационных белково-витаминных продуктов путем построения математических моделей и определения на их основе

оптимальных значений параметров МФУ. Исследование проводилось в условиях Амурской области с использованием корнеклубнеплодов, районированных в области, и семян сои селекции Всероссийского научно-исследовательского института сои. Результатом работы является рациональная конструктивно-технологическая схема МФУ, позволяющая получать белково-витаминный экстракт (БВЭ) и нерастворимый соево-морковный жомовый остаток (НСМЖО). По критериям «выход сухих веществ в экстрагент» и «энергоем-

кость» построены адекватные математические модели процессов и определены оптимальные параметры МФУ. Технологические и технические возможности МФУ реализованы в соответствии с разрабатываемыми принципиальной и аппаратурной схемами производства инновационных белково-витаминных продуктов функционального назначения. Рекомендуемые оптимальные значения параметров МФУ подтверждены в ходе производственной проверки и составляют: число оборотов винта – 70,14 об/мин, диаметр отверстия решетки – 2,0 мм, число ножей – 2 штуки. При данных значениях параметров МФУ выход сухих веществ составляет 12 %, а энергоёмкость – 15 Втч/кг.

Ключевые слова: многофункциональное устройство, инновационные белково-витаминные продукты, конструктивно-технологическая схема, математическая модель, оптимальные параметры, выход сухих веществ, экстрагент, энергоёмкость.

In this article the necessity and expediency of creating food products of a given composition and properties on the basis of raw materials of the Far East region are shown. In addition it was found out that the technical solutions for the creation were missing. In this regard the purpose of researches was the justification of constructive-technological scheme and parameters of multi-function devices (MFD). Besides it was necessary to get innovative protein and vitamin products by constructing mathematical models and definitions optimal values for the MFP.

The researches were conducted in the Amur regional conditions. Roottuberscrops, growing on the territory of Amur region, and soy bean seeds selection of All-Russian research institute of soy was used. The result of the work was the rational constructive-technological scheme of the MFD, which allowed producing protein-vitamin extract (PVE) and insoluble soy-carrot bagasse residue (ISCBR). Optimal parameters PVE are determined by criteria "yield dry solids in the extractant" and "energy intensity." Technological and technical capabilities of the PVE are implemented in accordance with the developed schematic and equipment diagrams of innovative protein-vitamin product functionality.

production. The recommended optimal parameters of PVE confirmed during production testing and comprise the number of revolutions of the screw was 70.14 rpm, the diameter of the openings was 2.0 mm, number of knives was 2 pieces. According to PVE parameters, the output of dry solids and energy consumption was characterized by 12 % and 15 WH/kg respectively.

Keywords: multi-functional device, innovative protein-vitamin, constructive-technological scheme, a mathematical model, optimal parameters, yield dry solids, extractant, energy intensity.

Введение. Решению вопросов создания продуктов питания заданного состава и свойств с функциональной направленностью посвящены исследования многих ученых [1–4], в результате которых получены ценные для науки и практики результаты.

Однако данные исследования не дают комплексного решения проблемы создания продуктов питания заданного состава и свойств с точки зрения использования в них биологически активного сырья Дальневосточного региона, в частности соевого, корнеклубнеплодного и др.

На сегодняшний день не разработаны эффективные технические решения по созданию таких продуктов питания, в результате чего отсутствует научная база данных, необходимая для проектирования и конструирования пищевых продуктов заданного состава и свойств.

В этой связи, исследования, направленные на разработку научных основ технологии и технических средств получения продуктов питания заданного состава и свойств с использованием соевого, корнеклубнеплодного и другого видов сырья, содержащих природные биологически активные вещества и функциональные пищевые ингредиенты, являются актуальными и имеющими важное народно-хозяйственное значение.

Цель исследования: обоснование конструктивно-технологической схемы и параметров многофункционального устройства для получения инновационных белково-витаминных продуктов.

Задачи исследования: обосновать конструктивно-технологическую схему многофункционального устройства (МФУ) для получения

инновационных белково-витаминных продуктов; получить математические модели процесса и на их основе определить оптимальные значения конструктивно-режимных параметров МФУ.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования является технологический процесс получения белково-витаминных продуктов с помощью МФУ, имеющего оптимальные конструктивно-режимные параметры. Общим методологическим подходом к проведению исследований является системный подход [5].

Физико-механические показатели исходного сырья определялись в соответствии с существующими ГОСТами.

Результаты исследования. На основании проведенного анализа литературных и патент-

ных источников, а также практического опыта, было установлено, что существующие конструкции устройств для измельчения и экстракции белковых веществ из семян сои имеют узкие технологические возможности, так как не позволяют перерабатывать исходное сырье в виде соево-овощных композиций в продукты жидкой и влажной консистенции (экстракт и жомовая фракция).

С учетом данного обстоятельства, авторами разработана конструктивно-технологическая схема МФУ (рис. 1, 2), основным аппаратом которого является измельчающе-экстракционный аппарат (элементы 7–12).

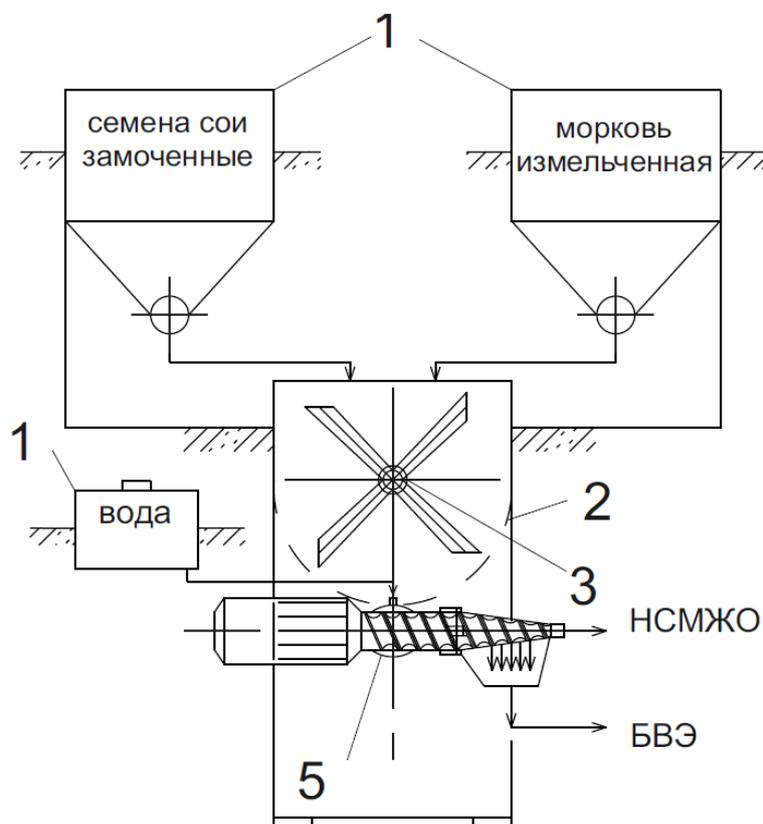


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема МФУ (вид спереди)

МФУ включает дозаторы 1 (см. рис. 1, 2), связанные с емкостью смесителя 2. В емкости смесителя 2 размещена мешалка 3 (на рис. 2 условно снята). В нижней части емкости смесителя установлен винт 4, размещенный в корпусе 5. В торцевой части корпуса 5 установлена решетка 6, взаимодействующая с ножом 7, поса-

женным на конец вала 8 винта 4, которые образуют в совокупности измельчающее устройство. Со стороны решетки 6 к торцевой части корпуса 5 прикреплен экстрактор 9, выполненный в виде двустенного полого цилиндра, размещенного горизонтально между измельчающим устройством и разделителем 10.

При этом внутренняя стенка 11 полового цилиндра перфорированная, а наружная стенка снабжена патрубком 12 для подвода экстрагента (воды и т. д.). Разделитель 10 представляет собой винтовой пресс с перфорированной конической насадкой 13 и формирующим патрубком 14.

Работает МФУ следующим образом. Из емкостей-дозаторов 1 компоненты в принятом соотношении поступают в корпус 2 смесителя. С помощью мешалки 3 компоненты смешиваются, и винтом 4 по полости корпуса 5 подаются в измельчающее устройство решетчато-ножевого типа. Ножом 7 частицы соево-морковной композиции измельчаются и продавливаются через

отверстия решетки 6. Измельченная масса поступает в полость экстрактора 9 в разрыхленном состоянии. В эту же полость через патрубок 12 и отверстия во внутренней стенке 11 подается экстрагент (вода и т. д.), в который за счет диффузии переходят питательные вещества из частиц предварительно измельченной композиции. Поток воды, взаимодействуя с продуктом и свободно омывая частицы, уносит с собой питательные вещества и частицы продукта. С помощью разделителя 10 частицы уплотняются в его конической части, и белково-витаминный экстракт отделяется от жома. Экстракт проходит через перфорацию конического корпуса 13, а жомовая фракция выходит через патрубок 14.

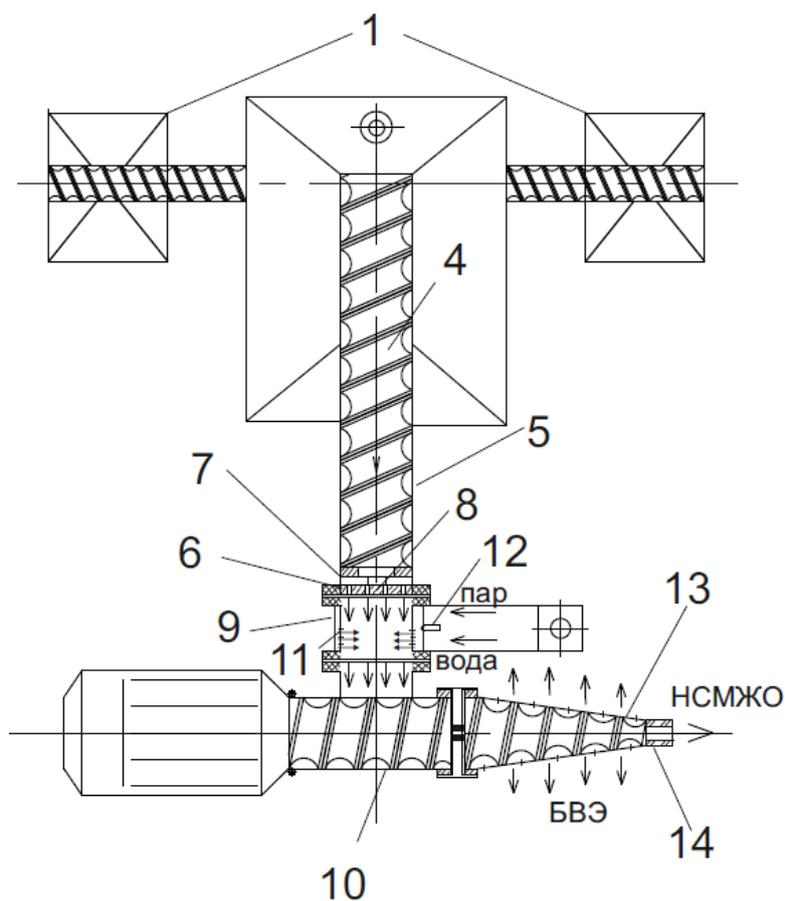


Рис. 2. Конструктивно-технологическая схема МФУ (вид сверху)

При этом, ввиду того, что пропускная способность разделителя вдвое больше, чем массовый расход измельчающего устройства, измельченные частицы в экстракторе 9 находятся в свободном разрыхленном состоянии, а потому обильно омываются водным потоком, эффективно отдавая питательные вещества экстрагенту. Именно такое взаимное располо-

жение и принятая совокупность узлов в конструкции агрегата позволяют расширить технологические и эксплуатационные возможности устройства, повысив надежность выполнения указанных процессов при переработке соево-корнеклубнеплодных, соево-овощных и других композиций, обладающих своими специфическими свойствами.

Технологические и технические возможности МФУ реализованы в соответствии со схемами, представленными на рисунках 3 и 4.

В результате предварительно проведенных экспериментальных исследований были получены математические модели работы МФУ, с помощью которых определены оптимальные значения параметров для процессов измельчения и экстракции БВЭ в кодированном виде:

$$Y_1 = 13,52 + 0,84X_1 + 0,90X_2 + 0,98X_3 - 1,1X_1^2 - 1,17X_2^2 - 1,43X_3^2 \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$Y_2 = 15,87 + 0,68X_1 + 0,71X_2 + 0,78X_3 + 0,45X_1X_3 + 0,77X_1^2 + 0,80X_2^2 + 0,54X_3^2 \rightarrow \min, \quad (2)$$

где Y_1 – кодированный критерий оптимизации (выход «сухих веществ» в экстрагент $K_{св}, \%$); Y_2 – кодированный критерий оптимизации (энергоёмкость процесса $N_э, \text{Вт/кг}$); X_1, X_2, X_3 – кодированные значения факторов процесса (частота вращения винта, мин^{-1} , диаметр отверстия решетки $d_0, \text{мм}$, и число ножей $K_n, \text{шт.}$ – соответственно).

Регрессионный анализ и его результаты приведены в таблицах 1 и 2.

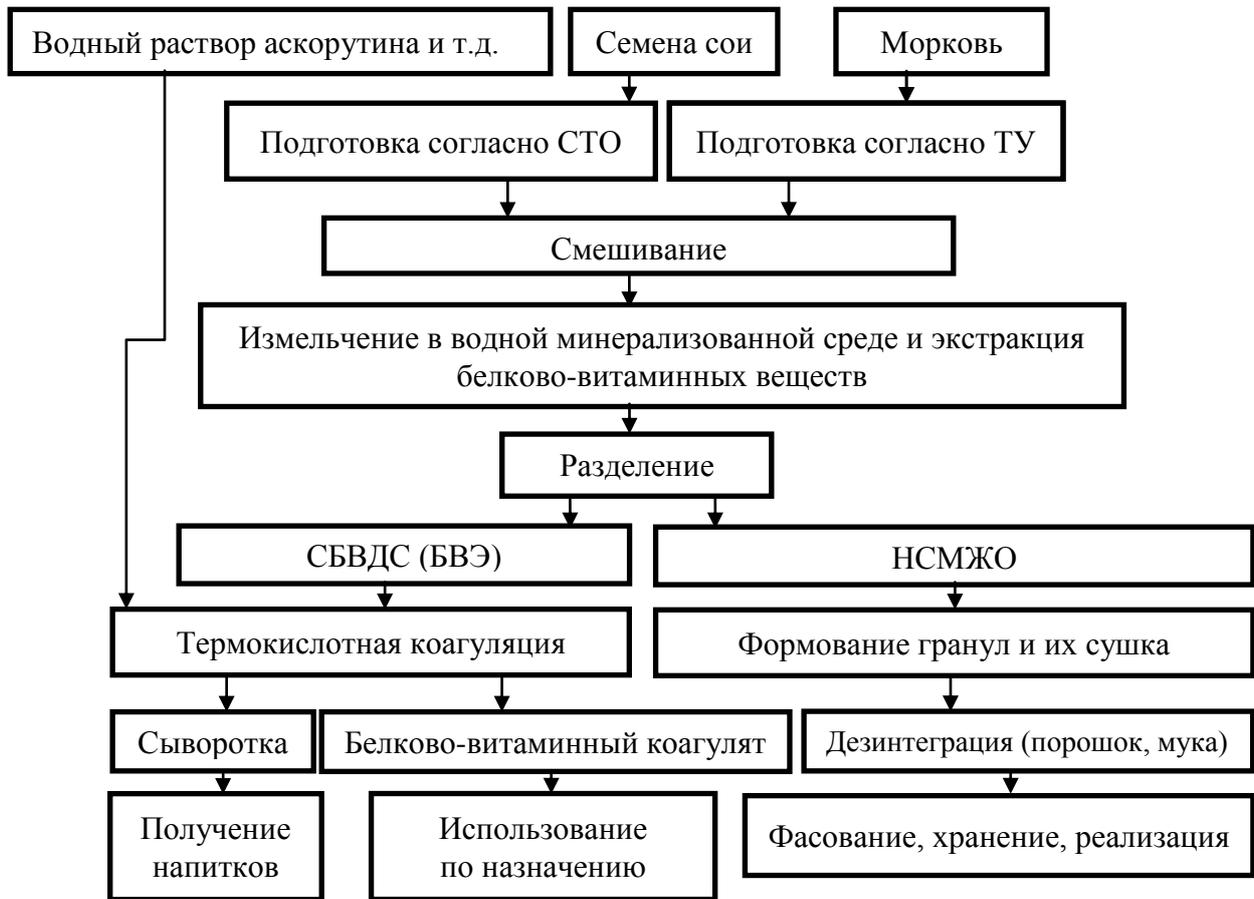


Рис. 3. Принципиальная схема получения соево-морковных инновационных продуктов

Таблица 1

Регрессионный анализ зависимостей $Y_1 = f(X_1, X_2, X_3) \rightarrow \max$,
 $Y_2 = f(X_1, X_2, X_3) \rightarrow \min$

Критерий	Стандартное отклонение	R-корреляция	Коэффициент детерминации R^2	F-критерий	Значимость F-критерия (p)
$Y_1 \rightarrow \max$	1,136	0,943	0,890	4,49	0,05
$Y_2 \rightarrow \min$	0,651	0,962	0,925	6,86	0,02

Результаты регрессионного анализа

Критерий	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₁₃	a ₁₁	a ₂₂	a ₃₃	Заключение об адекватности	
									F _R	F ₁
Y ₁	13,52	0,84	0,90	0,98	-	-1,1	-1,17	-1,43	4,49	3,59
Y ₂	15,87	0,68	0,71	0,78	0,45	0,77	0,80	0,54	6,86	3,59

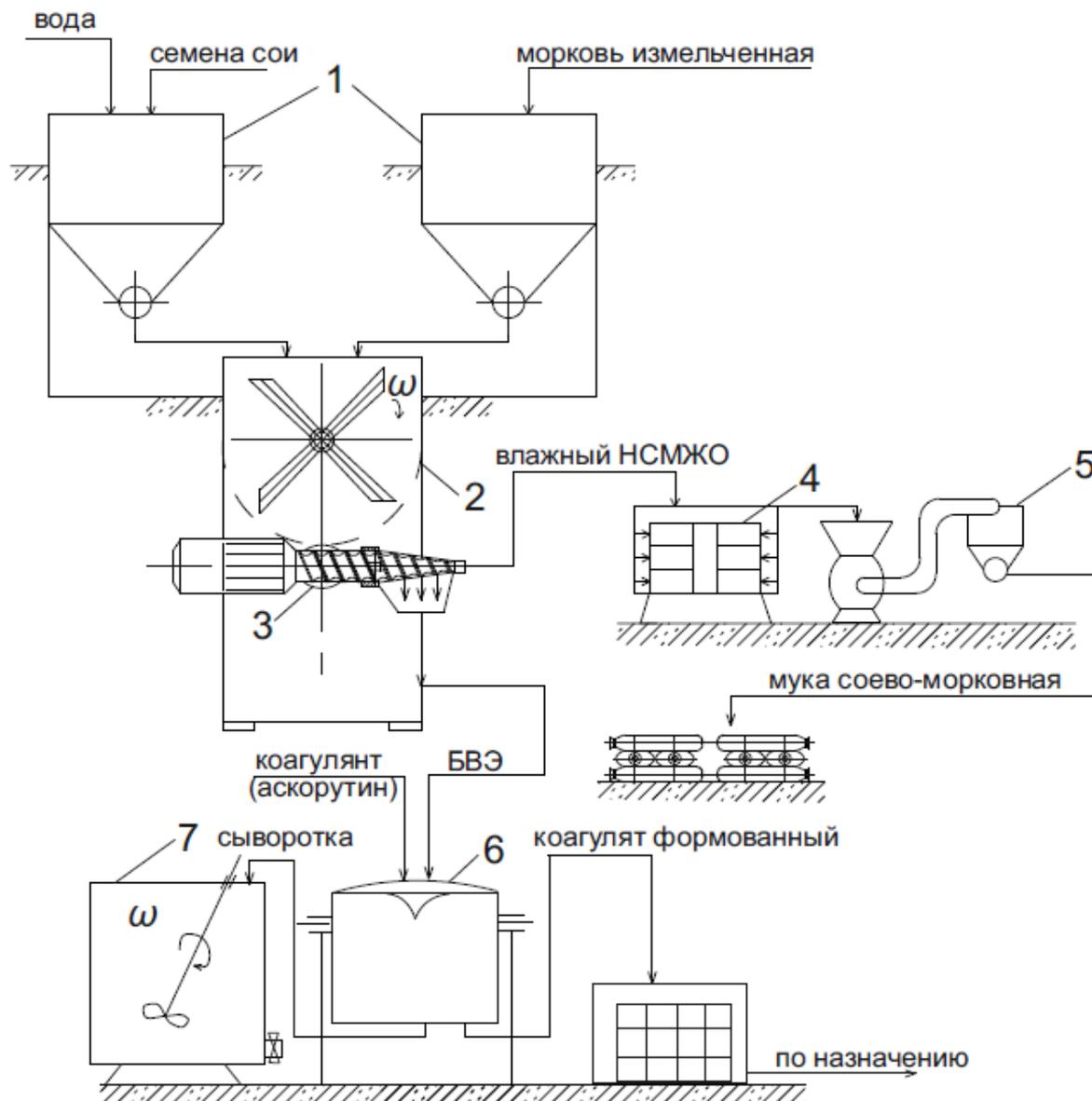


Рис. 4. Аппаратурная схема производства соево-морковных белково-витаминных продуктов с помощью МФУ: 1 – бункеры-дозаторы; 2 – смеситель; 3 – измельчитель-экстрактор; 4 – сушильный шкаф «Универсал ЭСПИС-4»; 5 – дробилка; 6 – коагулятор; 7 – танк для хранения сывортки

Адекватность полученных моделей по результатам регрессионного анализа, с вероятностью $P = 0,95$, с коэффициентами корреляции

$R_1 = 0,943$ и $R_2 = 0,962$, подтверждается неравенством $F_R > F_1$ (см. табл. 2). Достоверность полученных моделей оценивали по уровню зна-

чимости критерия Фишера, который не должен превышать 0,05. Имеем $p_1 = 0,05$ и $p_2 = 0,02$, а это означает, что полученные модели значимы.

В раскодированной форме модели имеют следующий вид:

$$K_{CB} = -27,98 + 0,57n + 0,57d_0K_H - 1,17Xd_0^2 - 1,4K_H^2 \rightarrow \max; \quad (3)$$

$$N_{ЭК} = 45,45 - 0,45n + 3,85d_0 - 4,11K_H + 0,02nK_H + 0,08d_0^2 + 0,54K_H^2 \rightarrow \min(4)$$

Оптимальные значения параметров измельчителя-экстрактора МФУ находятся в пределах $n = 70,14 \text{ мин}^{-1}$, $d_0 = 2,0 \text{ мм}$ и $K_H = 2 \text{ шт.}$ При этом выход сухих веществ составляет 12 %, а энергоёмкость – 15 (Вт·ч)/кг.

Заключение. С целью практической реализации обоснована конструктивно-технологическая схема МФУ с привязкой ее к линии производства продуктов жидкой и сухой формы.

Полученные экспериментально математические модели процесса в виде адекватных уравнений регрессии позволили определить оптимальные значения конструктивно-режимных параметров МФУ.

Литература

1. Палагина М.В., Приходько Ю.В. Использование дальневосточных дикоросов и гидробион-

тов в продуктах функционального назначения. – Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2009. – 216 с.

2. Тутельян В.А. Оптимальное питание как новая медицинская технология продления и повышения качества жизни // Вопросы питания. – 2003. – № 1. – С. 14–16.
3. Петибская В.С., Баранов В.Ф., Кочегура А.В. и др. Соя: качество, использование, производство. – М.: Аграрная наука, 2001.
4. Химический состав российских пищевых продуктов: справочник / под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. – М.: ДеЛипринт, 2002.
5. Липатов Н.Н. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Экономика, 1987. – 272 с.

Literatura

1. Palagina M.V., Prihod'ko Ju.V. Ispol'zovanie dal'nevostochnyh dikorosov i gidrobiontov v produktah funkcional'nogo naznachenija. – Vladivostok: Izd-vo TGJeU, 2009. – 216 s.
2. Tutel'jan V.A. Optimal'noe pitanie kak novaja medicinskaja tehnolo-gija prodlenija i povyshenija kachestva zhizni // Voprosy pitanija. – 2003. – № 1. – S. 14–16.
3. Petibskaja V.S., Baranov V.F., Kochegura A.V. i dr. Soja: kachestvo, ispol'zovanie, proizvodstvo. – M.: Agrarnaja nauka, 2001.
4. Himicheskij sostav rossijskih pishhevyh produktov: spravochnik / pod red. I.M. Skurihina, V.A. Tutel'jana. – M.: DeLiprint, 2002.
5. Lipatov N.N. Processy i apparaty pishhevyh proizvodstv. – M.: Jekonomika, 1987. – 272 s.

УДК 629.114.2

В.Н. Запрудский, Ю.Н. Макеева

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ НА ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ

V.N. Zaprudsky, Y.N. Makeeva

EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF WHEELED TRACTORS POWER TO THE BASIC SOIL CULTIVATION

Запрудский В.Н. – канд. техн. наук, доц. каф. тракторов и автомобилей Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: zaprudskii@list.ru

Zaprudsky V.N. – Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Tractors and Cars, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: zaprudskii@list.ru