

УДК 664.857.53.09

05.00.00 Технические науки

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОЦЕНКИ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО
ОСНАЩЕНИЯ СИСТЕМЫ CO₂-
ЭКСТРАКЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Силинская Светлана Михайловна
к.т.н.

РИНЦ SPIN-код: 9594-5726

*Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации, Краснодарский филиал,
Россия, 350051, Краснодар, Шоссе Нефтяников ул.
/им. Федора Лузана ул., 32/34
silinskaya1@mail.ru*

Нарыжная Наталья Юрьевна
к.т.н.

РИНЦ SPIN-код: 2238-9501

*Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации, Краснодарский филиал,
Россия, 350051, Краснодар, Шоссе Нефтяников ул.
/им. Федора Лузана ул., 32/34
NYUNaryzhnaya@fa.ru*

Ткаченко Василий Владимирович
к.э.н., доцент

РИНЦ SPIN-код: 6878-2800

*Кубанский государственный аграрный
университет им. И.Т. Трубилина,
Россия, 350044, Краснодар, Калинина ул., 13
tkachenkovasso@yandex.ru*

Современные экстракционные системы характеризуются изменением параметров производственного цикла под действием ряда причин, вызываемых структурной динамикой систем. Информационные системы могут успешно функционировать благодаря решению задач сбора, обработки, анализа и распределения информации, выполняемой в режиме реального времени, что предполагает применение современных методов информационных технологий. При повышении требований к объему, скорости и качеству информации о ходе экстракционных процессов, требуется модернизация информационных систем, позволяющих принимать обоснованные решения структурами управления. В статье рассмотрены закономерности массопереноса n-компонентов в диоксиде углерода системы твердое тело-жидкость. Обнаружен эффект самопроизвольной межфазной конвекции при массопереносе индивидуальных компонентов в условиях воздействия электромагнитного поля низкой частоты. Совместный массоперенос экстрактивных веществ при самопроизвольной межфазной конвекции приводит к увеличению коэффициента массопередачи эвгенола по сравнению с его диффузионным массопереносом.

UDC 664.857.53.09

Technical science

**METHODS AND MEANS OF ESTIMATION
EFFICIENCY TECHNICAL EQUIPMENT OF
THE CO₂-EXTRACTION SYSTEM
VEGETABLE RAW MATERIAL**

Silinskaya Svetlana Mihailovna
Cand.Tech.Sci., assistant professor

*Financial University under the Government of the
Russian Federation, Krasnodar's filial
Russia, 350051, Krasnodar, Shosse Neftianikov
str./nam. Fedora Luzana str.,32/34
silinskaya1@mail.ru*

Narizhnaya Natalia Yurevna
Cand.Tech.Sci., assistant professor

*Financial University under the Government of the
Russian Federation, Krasnodar's filial
Russia, 350051, Krasnodar, Shosse Neftianikov
str./nam. Fedora Luzana str.,32/34
NYUNaryzhnaya@fa.ru*

Tkachenko Vasily Vladimirovich
Cand.Econ.Sci., assistant professor

*Kuban State Agrarian University named after I.T.
Trubilina,
Russia, 350044, Krasnodar, Kalinina str., 13
tkachenkovasso@yandex.ru*

Modern extraction systems are characterized by a change in the parameters of the production cycle under the influence of a number of causes caused by the structural dynamics of systems. Information systems can successfully function by solving the tasks of collecting, processing, analyzing and distributing real-time information, which involves the use of modern information technology methods. With increasing requirements to the volume, speed and quality of information on the progress of extraction processes, modernization of information systems is required, allowing to make informed decisions by management structures. In the article the regularities of mass transfer of n-components in carbon dioxide of the solid-liquid system are considered. The effect of spontaneous interfacial convection in the mass transfer of individual components under the influence of an electromagnetic field of low frequency is detected. The joint mass transfer of extractive substances during spontaneous interfacial convection leads to an increase in the mass transfer coefficient of eugenol compared to its diffusion mass transfer.

Ключевые слова: ЭКСТРАКЦИЯ, МЕЖФАЗНАЯ КОНВЕКЦИЯ, МАССО- И ВЛАГОПЕРЕНОС, КОЭФФИЦИЕНТ МАССОПЕРЕДАЧИ, ДИОКСИД УГЛЕРОДА, ИНТЕНСИВНОСТЬ МАССОПЕРЕДАЧИ, РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ

Key words: EXTRACTION, INTERPHASE CONVECTION, MASSO- AND WATER-TRANSFER, COEFFICIENT OF MASS TRANSFER, CARBON DIOXIDE, INTENSITY OF MASS TRANSFER, VEGETABLE RAW MATERIALS

Задача интенсификации процесса извлечения ценных компонентов на основе широкого внедрения современного оборудования и инновационных технических приемов состоит в осуществлении мер по подготовке сырья к экстракции, разработке или подбору по заданным параметрам унифицированных блочных модулей и устройств для гибких легкостраиваемых систем и средств автоматизации. Эти мероприятия подразумевают переход к технике нового поколения на базе унифицированных модулей, для выполнения относительно самостоятельных функций в экстракционных системах.

Многолетний опыт работы ученых и специалистов Кубанского государственного технологического университета и Краснодарского НИИ хранения и переработки сельскохозяйственной продукции позволил сформулировать основные проблемы экстракционных предприятий, использующих в качестве растворителей сжиженные и сжатые газы. Главным условием процесса CO_2 -экстракции является выращивание и сбор эфиромасличного и лекарственного сырья, инспекция и низкотемпературная сушка выбранных частей растений. Дальнейшей стадией будет определение способа извлечения целевых компонентов из сырья. Более предпочтительным считается способ докритической CO_2 -экстракции, проводимый в условиях низких положительных температур от 10 до 25 °С и давлении паров растворителя до 6,5 МПа. При таких режимах полностью сохраняются термолабильные вещества сырья. На рисунке 1 приведена диаграмма фазового состояния диоксида углерода в широком диапазоне температур и давлений.

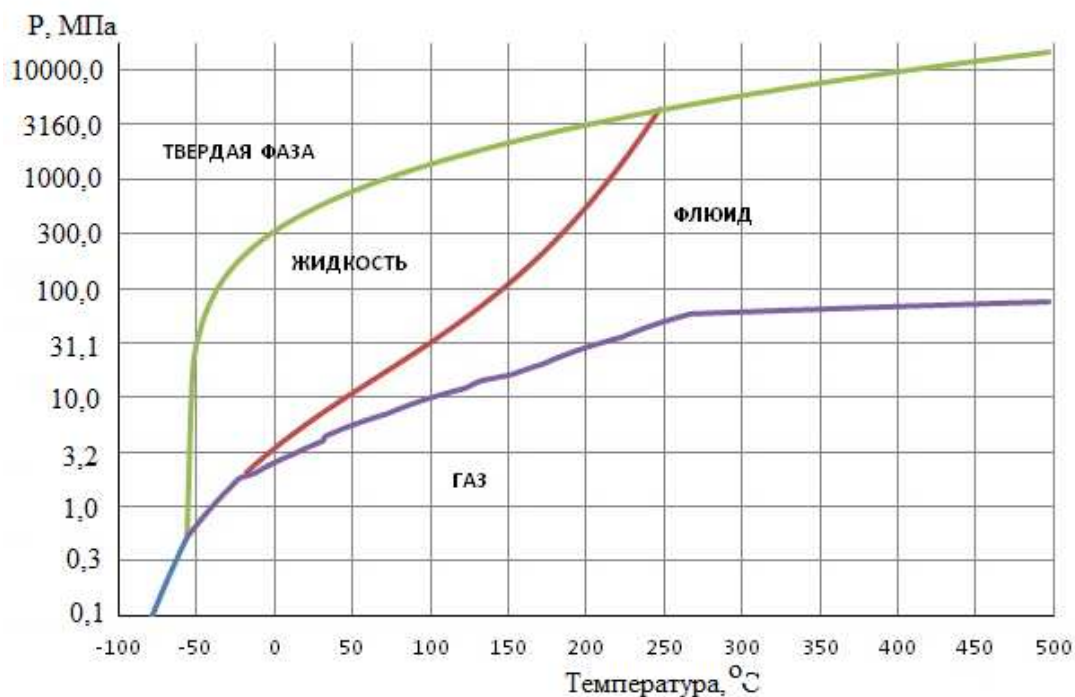
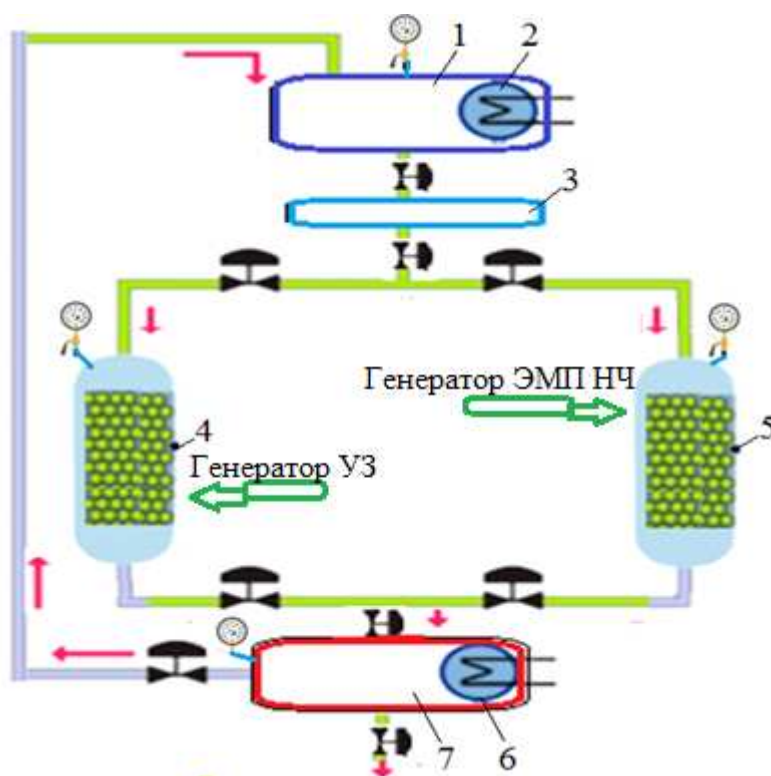


Рисунок 1 – Параметры фазового состояния CO₂

На рисунке 2 приведена схема докритической CO₂-экстракции.

Доказанные на практике преимущества докритической CO₂-экстракции predeterminedили ее широкое внедрение в различных отраслях промышленного производства. В настоящее время докритические установки являются главным объектом автоматизации и механизации процесса переработки эфиромасличного и лекарственного растительного сырья. Цель работы направлена на повышение эффективности методов и средств оценки эффективности технического оснащения системы CO₂-экстракции в условиях действующего экстракционного завода.



где 1-конденсатор; 2,6-теплообменники; 3-сборник жидкого CO₂; 4,5-экстракторы; 7-испаритель

Рисунок 2 – Схема докритической CO₂-экстракции компонентов из сырья

Достижение поставленной цели стало возможным благодаря решению следующих задач:

1. Системный анализ входящих и выходящих информационных потоков экстракционного предприятия.
2. Разработка методики оценки технического состояния экстракционного модуля.
3. Расчет параметров работы экстрактора с помощью комплекса информационных моделей.
4. Методика рационального использования растительного сырья с помощью комплекса информационных моделей.
5. Внедрение программно-аппаратного комплекса обработки сырья электромагнитным полем низкой частоты.

К объектам исследования относится информационная система и управление организационными системами экстракционного завода, специализирующегося на выпуске CO₂-экстрактов и CO₂-шротов.

Вопросы связанные с развитием управления организационными системами с использованием информационных потоков представлены в работах Атрощенко В.А., Багриновского К.А., Буркова В.Н., Видовского Л.А., Ключко В.И., Кучер В.А., Лойко В.И., Макарова В.Ф., Моисеева Н.Н., Симанкова В.С., Arrow K., Groves T., Gibbard A., Hart O., Radner R. и другие.

К предмету исследования относится применение автоматизированных систем управления процессом экстракции для обеспечения более высокого выхода, при условии максимальной сохранности ценных компонентов. В последние годы развитию теоретических и прикладных исследований системных структур с анализом информационных потоков активно занимались ученые специализированных кафедр КубГТУ и КубГАУ [2,10].

Внимание исследователей и производителей обращено на развитие основ управления процессами извлечения ценных компонентов из растительного сырья [1]. Особенно много проблем с организацией информационных потоков встречается при эксплуатации высокотехнологичного оборудования по извлечению экстрактивных веществ из сырья сжиженными газами. Наиболее полно обеспечена математическими методами планирования эксперимента и отработана технологическими решениями экстракция жидким диоксидом углерода [3,8]. Зарегистрирована программа ЭВМ по усовершенствованию системы регулирования параметров процесса газожидкостной экстракции [7]. Наиболее результативные технические решения запатентованы, как имеющие мировую техническую новизну [4-6]. Ряд публикаций посвящены совершенствованию теоретических и прикладных исследований системных связей в конкретных отраслях промышленности: химической, хлебопекарной, экстракционной [2,8,9]. Рассмотр-

ренные авторами закономерности деятельности отраслевых предприятий, ориентированы на совершенствование управляемых процессов с помощью современных методов обработки и хранения информации.

Научная новизна:

1. Впервые разработана методика оценки технического состояния технологического экстракционного модуля (готовность к пуску, соблюдение нормативного режима) для участков завода по производству CO₂-экстрактов.

2. Спроектированы информационные вариации моделей расчета отклонений параметров процесса от норм заданного технологического режима.

3. Сформирована электронная база данных, позволяющая определять пути рационального (комплексного) использования растительного сырья в зависимости от величины энергозатрат.

Значимость исследований для практики:

Сконструирован и апробирован на практике задающий генератор для обработки сырья электромагнитным полем низкой частоты.

Подготовлены информационные модели процессов обработки данных (расчет отклонений значений параметров от норм технологического режима; определение возможности рационального использования сырья и энергоресурсов).

Разработана программа ЭВМ, позволяющая усовершенствовать систему регулирования параметров процесса газожидкостной экстракции, реализующее предложенную методику расчета отклонений параметров от норм технологического режима при различных стадиях работы экстракторов.

На экстракционном заводе ООО «Компания Караван» применялась авторская методика рациональной обработки сырья, в зависимости от расхода энергоресурсов.

Основные методы исследования.

Элементами системного анализа, связанного с абстрагированием, декомпозицией, классификацией, моделированием, иерархическим расписанием, формализацией, достигнуто функциональное моделирование информационных и материальных потоков.

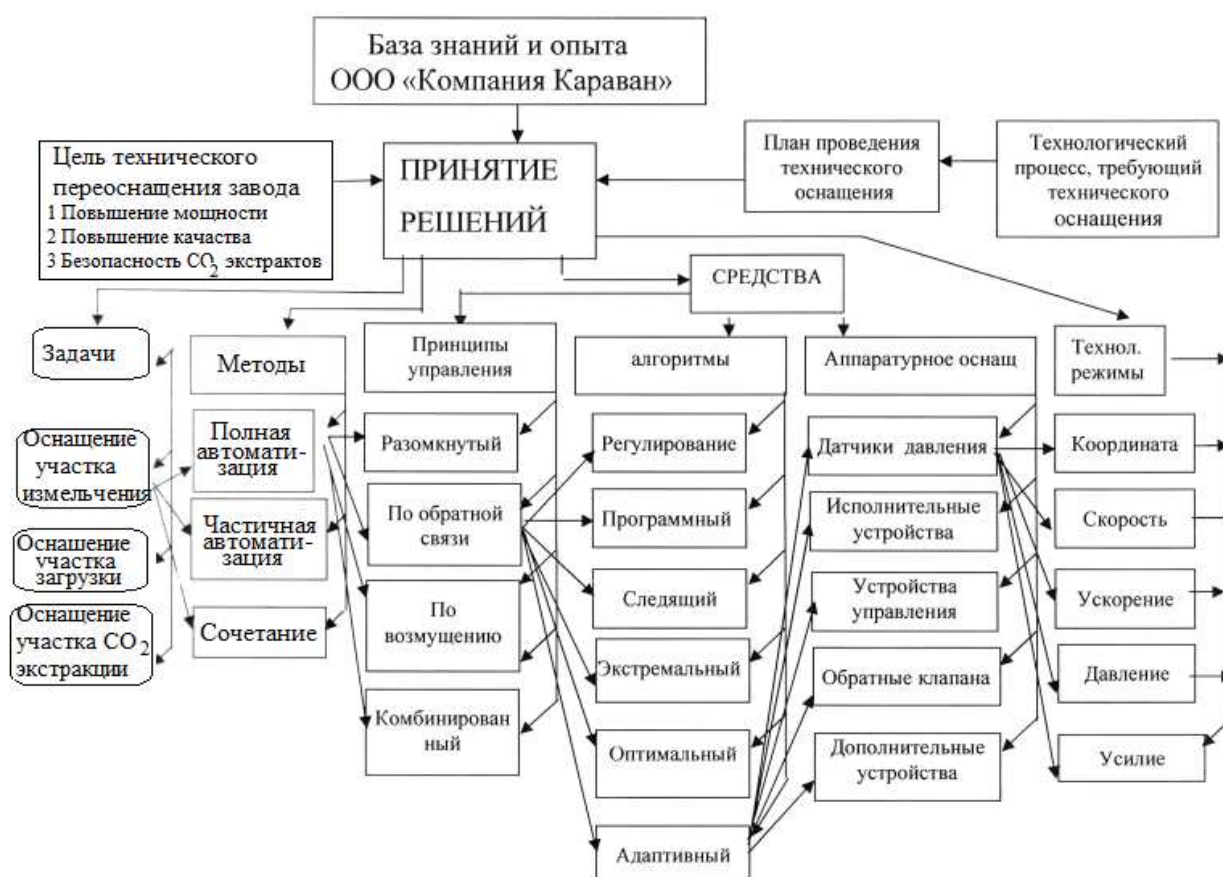


Рисунок 3 – Системный анализ завода по выпуску CO₂-экстрактов

Производство CO₂-экстрактов является важной подотраслью экстракционной промышленности. В настоящее время основным производителем CO₂-экстрактов является ООО «Компания Караван», которая выпускает более 100 видов CO₂-экстрактов.

Рациональная деятельность экстракционного завода нацелена на получение прибыли и снижении затрат. Конъюнктура рынка экстрактов в условиях жесткой конкуренции, заставляют производителей повышать рентабельность производства, совершенствовать процесс управления

и планирования. В послекризисный период рынок наводнили некачественные пищевые добавки и экстракты, с более низкой ценой из-за использования нестандартного сырья и органических растворителей, которые невозможно полностью удалить из продукта даже при высокой температуре отгонки.

Конкуренция на рынке натуральных пищевых добавок, которыми являются CO_2 -экстракты, приводит к необходимости постоянно совершенствовать технологию и снижать себестоимость готовой продукции. На рисунке 4 показана кинетика выхода экстрактивных веществ из семян винограда с помощью жидкого диоксида углерода. Кривая 4 демонстрирует процесс извлечения масла из семян в обычном режиме при $20\text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $6,4\text{ МПа}$, кривая 3 – при включенном пульсаторе, кривая 2 – при наложении ультразвуковых колебаний и кривая 1 – при обработке навески сырья электромагнитным полем низкой частоты.

Повысить эффективность производства традиционными способами затруднительно, так как необходимо одновременно контролировать большое число параметров основных и вспомогательных участков. Однако, существующие регламентные диапазоны параметров не приводят к экономному управлению ресурсами, поэтому, на первый план выдвигаются требования промышленной безопасности и минимизация ущерба окружающей среде.

Задачу повышения эффективности производства стало возможно решить с помощью методов системного анализа для управления производством CO_2 -экстрактов, а также оперативной обработки информации с использованием современных программно-аппаратных средств.

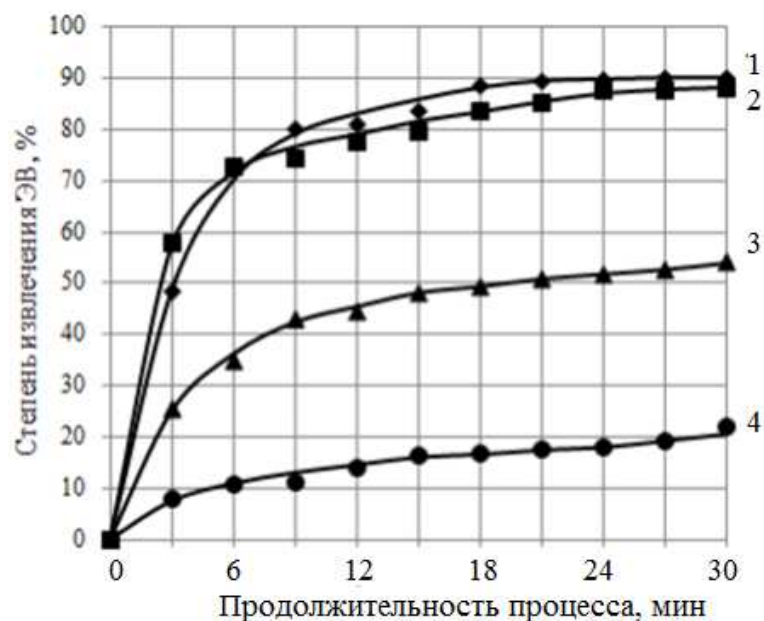


Рисунок 4 – Кинетика выхода экстрактивных веществ с помощью жидкого диоксида углерода

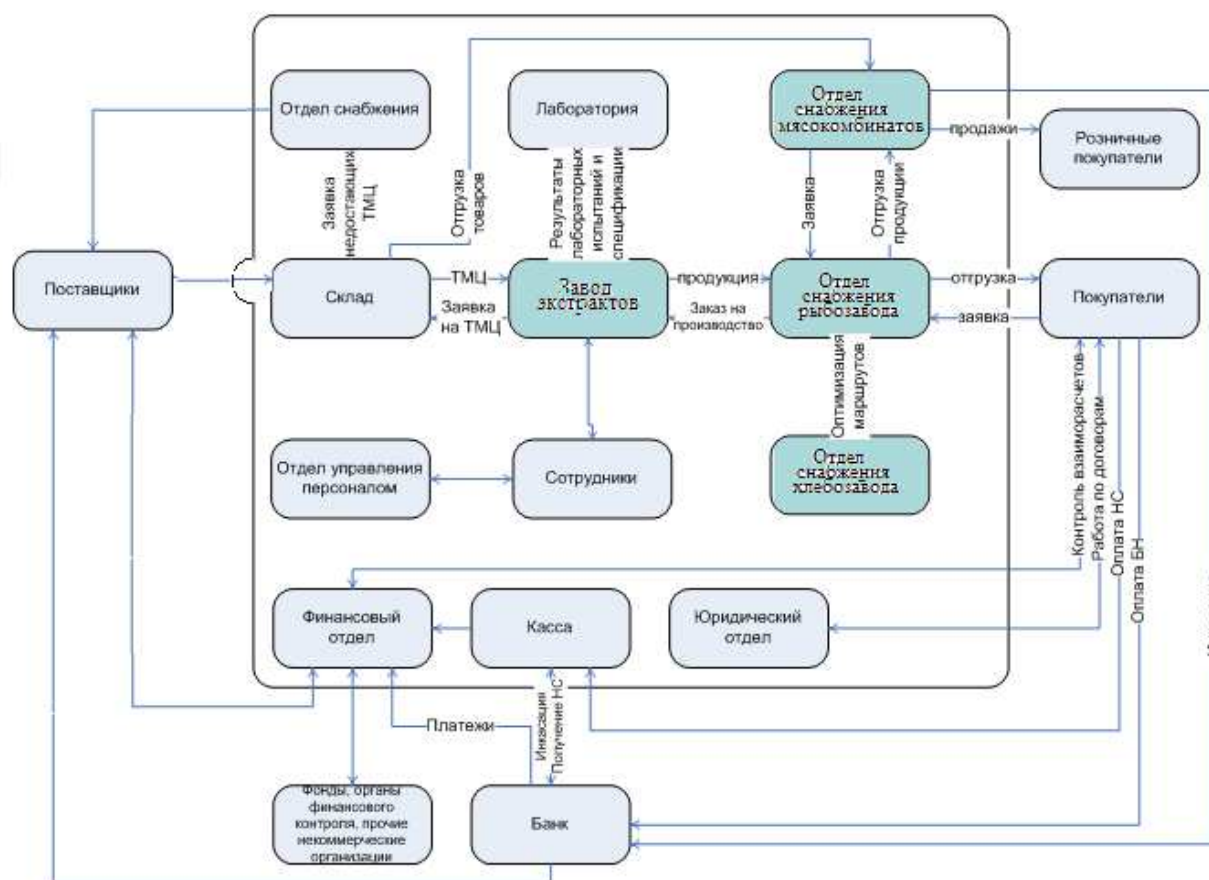


Рисунок 5 – Структурная схема информационных потоков экстракционного завода

До сравнительно недавнего времени большая часть информации, необходимая для управления производством CO₂-экстрактов, хранилась в рабочих журналах, а результаты обрабатывались вручную, из-за чего эффективность управления производством была низкой и на нее влиял, так называемый, человеческий фактор. Существующую ситуацию удалось улучшить за счет модернизации существующей информационной системы с использованием системного подхода и информационных технологий. Это обстоятельство определило актуальность и важность нового направления. На рисунке 5 приведена структурная схема информационных потоков экстракционного завода.

Как видно из данных рисунка 5 важнейшей составляющей успеха экстракционного предприятия является оперативный анализ информационных потоков, позволяющий получить достоверную информацию в доступной для основных служб экстракционного завода.

Заключение.

Выполненное исследование позволило разработать методы и средства выбора и оценки уровня технического оснащения экстракционных технологических процессов.

Благодаря применению способа системного анализа участков и узлов экстракционного завода ООО «Компания Караван», применены новые приемы управления и обработки информации по оценке качества и количества поступающего на переработку сырья, оптимизированы подготовительные операции подготовки сырья к экстракции (измерение влажности, засоренности, содержание экстрактивных веществ на лабораторной установке, измельчение, лепесткование). С использованием методов системного анализа экстракционных процессов, обработана входная и выходная информации, включая: анализ, моделирование, оптимизацию, совершенствование управления и принятие решений, с целью повышения эффективности процесса CO₂-экстракции. Освоение теоретических и приклад-

ных исследований в области системного анализа позволило выявить связи и закономерности экстракционных процессов, ориентированных на эффективность управления технологическими режимами методами компьютерной обработки информации. Разработка оригинальных методов и средств анализа обработки информации позволила подойти к структурному синтезу гибких технологических производств. Технологические условия и режимы можно вводить в программную часть графическим методом.

Литература

1. Абдурахманова М.И., Ямалетидинова М.Ф. Теоретические основы управления процессом экстракции растительного сырья при высоких давлениях //Современные материалы, техника и технологии, №1, 2017. – С. 16-20.
2. Атрощенко В.А., Тишковский Д.В. Математическое обеспечение информационной системы предприятий хлебопекарной промышленности региона //Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 5; URL: www.science-education.ru/105-7152 (дата обращения: 10.10.2017).
3. Мякинникова Совершенствование технологического оборудования для CO₂-экстракции //Известия вузов. Пищевая технология, № 4, 2011. – С. 94-97.
4. Патент РФ на полезную модель № 93294 Установка для газожидкостной экстракции сырья /Е.П. Франко, Г.И. Касьянов, В.С. Коробицын; заявл. 08. 02. 2010; опубл. 27.04.2010. Бюл. № 12.
5. Патент РФ на полезную модель № 93688 Ультразвуковая установка для газожидкостной экстракции растительного и животного сырья /Е.П. Франко, Г.И. Касьянов, В.С. Коробицын; заявл. 08. 02. 2010; опубл. 10.02.2010.
6. Патент РФ на полезную модель № 131985 Установка для газожидкостной экстракции растительного сырья / Г.И. Касьянов, В.С. Коробицын; С.В. Рохмань, заявл. 19. 02. 2013 ; опубл. 10.09.2013. Бюл. № 25.
7. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2012617126. «Усовершенствованная система регулирования параметров процесса газожидкостной экстракции» (TempContrOOS) /Коробицын В.С., Бородихин А.С., Запорожский А.А., Тагирова П.Р. Заявка № 2012615089. Заявлено 19.06.2012. Опубликовано 08.08.2012.
8. Тагирова П.Р. Получение CO₂-экстракта из виноградных семян /П.Р.Тагирова // В сб. трудов междун. научно-практич. конф. «Теоретическое и экспериментальное обоснование суб-и сверхкритической CO₂-обработки сельскохозяйственного сырья». – Краснодар, 15-16 октября 2010. – С. 130-132.
9. Добре Т., Маркано Дж. Химическая инженерия: моделирование и симуляция. Вайнхайм (Баден-Вюртенберг, Германия): Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2007. – 570 с.
10. Бурда А.Г. Обоснование комбинационных параметров сельскохозяйственных и перерабатывающих отраслей сельскохозяйственных предприятий методом исследования операций / А.Г. Бурда, О.Ю. Франциско, Т.П. Барановская, А.И. Трубилин, В.И. Лойко // Журнал прикладных экономических наук, 2016, № 6. – С. 1209-1224.

Reference

1. Abdurahmanova M.I., Yamaletidinova M.F. Teoreticheskie osnovi upravleniia processom ekstrakcii rastitelnogo sirya pri vysokih davleniiah // *Sovremennye materialy, tehnika I tehnologii*, №1, 2017. – P. 16-20.
2. Atroshenko V.A., Tishkovskii D.V. Matematicheskoe obespechenie informacionnoi sistemi predpriyatii hlebopekarnoi promishlennosti regiona // *Sovremennye problem nauki I obrazovaniya*. – 2012. – № 5; URL: www.science-education.ru/105-7152.
3. Miakinnikova Sovershenctvovanie tehnologicheskogo oborudovaniia dlya CO₂-ekstrakcii // *Izvestiya vuzov. Peshevaya tehnologiya*, № 4, 2011. – P. 94-97.
4. Patent RF na poleznuiy model № 93294 Ustanovka dlya gazoshidkostnoi ekstrakcii sirya / E.P. Franko, G.I. Kasianov, V.S. Korobicin; zayavlenie 08. 02. 2010; opublik. 27.04.2010. Bul. № 12.
5. Patent RF na poleznuiy model № 93688 Ultrazvukovaia ustanovka dlya gazoshidkostnoi ekstrakcii rastitelnogo I shivotnogo sirya / E.P. Franko, G.I. Kasianov, V.S. Korobicin; zayavlenie 08. 02. 2010; opublik. 10.02.2010.
6. Patent RF na poleznuiy model № 131985 Ustanovka dlya gazoshidkostnoi ekstrakcii rastitelnogo sirya / G.I. Kasianov, V.S. Korobicin; S.V. Rohman, zayavlenie 19. 02. 2013; opublik. 10.09.2013. Bul. № 25.
7. Svidetelstvo o Gos registracii programmi dlya EVM № 2012617126. «Usovershenstvovannaiya sistema regulirovaniya parametrov processa gazoshidkostnoi ekstrakcii» (TempContrOOS) / V.C. Korobicin, A.S. Borodihin, A.A. Zaporoshskii, P.R. Tagirova. Zayavka № 2012615089. Zayavleno 19.06.2012. Opublikovano 08.08.2012.
8. Tagirova P.R. Poluchenie CO₂-extracta iz vinogradnih semyan / P.R. Tagirova // *V sbornike trudov mezhdunarod. nauchno-practich konf. «Teoreticheskoe I experimentalnoe obosnovanie sub-I sverhkriticheskoi CO₂-obrabotki selskohoziastvennogo sirya»*. – Krasnodar, 15-16 October 2010. – P. 130-132.
9. Dobre T. G., Marcano J. G. S. *Chemical Engineering: Modelling, Simulation and Similitude*. Weinheim (Baden-Württemberg, Germany): Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2007. – 570 p.
10. Burda, A.G., Grounding of the combination parameters of the agricultural and processing branches of the agricultural enterprises by the operations research method /Burda, A.G., Frantsisko, O.Y., Baranovskaya, T.P., Trubilin, A.I., Loiko, V.I. // *Journal of Applied Economic Sciences*, 2016, № 6. – P. 1209-1224.