

MONOGRAFIA
POKONFERENCYJNA

SCIENCE, RESEARCH, DEVELOPMENT
TECHNICS AND TECHNOLOGY. #2

London
27.02.2018

U.D.C. 004+62+54+66+082

B.B.C. 94

Z 40

Zbiór artykułów naukowych recenzowanych.

(1) Z 40 Zbiór artykułów naukowych z Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej (on-line) zorganizowanej dla pracowników naukowych uczelni, jednostek naukowo-badawczych oraz badawczych z państw obszaru byłego Związku Radzieckiego oraz byłej Jugosławii.

(27.02.2018) - Warszawa, 2018. - 48 str.

ISBN: 978-83-66030-11-4

Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour»

Adres wydawcy i redakcji: 00-728 Warszawa, ul. S. Kierbedzia, 4 lok.103

e-mail: info@conferenc.pl

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone. Powielanie i kopiowanie materiałów bez zgody autora jest zakazane. Wszelkie prawa do artykułów z konferencji należą do ich autorów.

W artykułach naukowych zachowano oryginalną pisownię.

Wszystkie artykuły naukowe są recenzowane przez dwóch członków Komitetu Naukowego.

Wszelkie prawa, w tym do rozpowszechniania i powielania materiałów opublikowanych w formie elektronicznej w monografii należą Sp. z o.o. «Diamond trading tour».

W przypadku cytowań obowiązkowe jest odniesienie się do monografii.

Nakład: 80 egz.

«Diamond trading tour» © Warszawa 2018

ISBN: 978-83-66030-11-4

Redaktor naukowy:

W. Okulicz-Kozaryn, dr. hab, MBA, Institute of Law, Administration and Economics of Pedagogical University of Cracow, Poland; The International Scientific Association of Economists and Jurists «Consilium», Switzerland.

KOMITET NAUKOWY:

W. Okulicz-Kozaryn (Przewodniczący), dr. hab, MBA, Institute of Law, Administration and Economics of Pedagogical University of Cracow, Poland; The International Scientific Association of Economists and Jurists «Consilium», Switzerland;

С. Беленцов, д.п.н., профессор, Юго-Западный государственный университет, Россия;

Z. Ćekerevac, Dr., full professor, «Union - Nikola Tesla» University Belgrade, Serbia;

Р. Латыпов, д.т.н., профессор, Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ), Россия;

И. Лемешевский, д.э.н., профессор, Белорусский государственный университет, Беларусь;

Е. Чекунова, д.п.н., профессор, Южно-Российский институт-филиал Российской академии народного хозяйства и государственной службы, Россия.

KOMITET ORGANIZACYJNY:

A. Murza (Przewodniczący), MBA, Ukraina;

A. Горохов, к.т.н., доцент, Юго-Западный государственный университет, Россия;

A. Kasprzyk, Dr, PWSZ im. prof. S. Tarnowskiego w Tarnobrzegu, Polska;

A. Malovychko, dr, EU Business University, Berlin – London – Paris - Poznań, EU;

S. Seregina, independent trainer and consultant, Netherlands;

M. Stych, dr, Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie, Polska;

A. Tsimayeu, PhD, associate Professor, Belarusian State Agricultural Academy, Belarus.

Recenzenci:

L. Nechaeva, PhD, Instytut PNPU im. K.D. Ushinskogo, Ukraina;

М. Ордынская, профессор, Южный федеральный университет, Россия.

WSPÓŁORGANIZATORZY:

The East European Scientific Group (Azerbaijan, Belarus, Poland, Serbia, Ukraine),
Virtual Training Centre «Pedagog of the 21st Century»,
Global Management Journal.

**СОБЛЮДЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ КАЧЕСТВЕННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА СНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

Бондаренко А. Г. 5

**OPTIMIZATION MODEL OF THE POWER GENERATING TECHNOLOGY
WITH ENERGY STORAGE SYSTEM**

Denisov V. 21

**МОРСЬКІ ВОДОРОСТІ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ
ВИРОБНИЦТВА МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО
ПРИЗНАЧЕННЯ**

Болгова Н.В. 24

**ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПІДТРИМКИ
НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ**

Шаров С.В., Еміратлі А.Р. 28

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОДОГРЕВА В КАМИНЕ
НАД КОНВЕРТЕРОМ ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕГО ДОННОГО ДУТЬЯ ДЛЯ
КОМБИНИРОВАННОЙ ПРОДУВКИ КОНВЕРТЕРНОЙ ВАННЫ**

Пантейков С. П., Семерунина Л. П., Пантейкова Е. С., Иогансон О. В. 32

**RESEARCH OF TRANSITION PROCESSES IN CIRCLES
WITH AN INDUCTION**

Bandurov S.O., Shaytanov M.S., Tykhonenko K. P. 36

**NANOPARTICLES OF ZIRCONIUM HYDROPHOSPHATE
INCORPORATED IN WEAKLY-ACIDIC CATION-EXCHANGE POLYMER**

Ponomarova L.N., Pshenychnyi R.M., Dzyazko Yu.S. 40

**ВПЛИВ МІКРООРГАНІЗМІВ НА ВИРОБНИЦТВО ТА ЯКІСТЬ
ВАРЕНО-КОПЧЕНОЇ КОВБАСИ**

Вовкогон А.Г., Качан А.Д., Надточій В.М. 42

СОБЛЮДЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА СНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

А. Г. Бондаренко

Кандидат технических наук, старший преподаватель Кафедра технологий международных перевозок и логистики Приазовский государственный технический университет

Аннотация

Предложена модель взаимодействия конструкции рельсового основания, люковых закрытий под воздействием вибрации при перевозках. Теоретическая модель взаимодействия позволила обосновать предложения по реконструкции, лучшие режимы эксплуатации транспортной техники и сооружений. Изучение условий поведения объектов способствует расширению средств диагностики, энергосбережения, способов измерения вибрации, ее преобразования, сбалансировано компоновать транспортные устройства, усиливать слабые сигналы, анализировать всплески, адаптировать транспорт к мехатронному управлению

Ключевые слова: слабые сигналы; диагностика вибрации; схемы усилий в рельсах, для люковых закрытий; энергосбережение

Keywords: weak signals, vibration diagnostics, schemes of forces in rails, closing hatches, energy saving

Известно, что при транспортировке грузы утрачивают свои свойства и могут

просыпаться, выдуться, портится. На железной дороге это происходит через двери, на автомобильной дороге видим россыпи угля, зерна, трубопроводный иногда выбрасывает газ через уплотнения соединений. На водном транспорте, в судно возможно проникновение бортовой воды, это пагубно для зерновых. Однако следует указать, что такое случается редко, но отнюдь не снижает актуальности для получателей и отправителей.

Внесение разъяснений по источникам вибрации, предотвращение существенного воздействия от вибрации, измерение вибрации позволит больше упорядочить исследования, систематизировать.

Современные тенденции развития указывают на бережное расходование энергоресурсов. Этому способствует использование технологий из других отраслей, фундаментальный подход в изучении транспортных процессов. К рассмотрению предлагается исследовать вибрацию для сокращения потерь грузов и ее компенсации своевременной установкой менее жестких прокладок.

Исследования актуальны при моделировании состояния наименее надежных

устройств, агрегатов, материалов. При выходе из строя от широко распространенной в технике вибрации происходит поломка узлов, агрегатов, машин, технических средств. Это вызывает сбои производства, потери в организации работы предприятия, задержки поставок продукции, рекламации на товар.

В исследованиях вагонов [1] построена математическая модель объемной взаимосвязи между узлами трения при использовании метода конечных элементов для поглощения колебаний. Для экипажей выполнен анализ смещений при асимметричной нагрузке модели жесткой прямоугольной пластины [2].

При изучении вибрации судов [3] показаны октавные и третьоктавные спектры в характеристиках периодов колебаний для их контроля на водном транспорте. Указаны источники колебаний при движении по воде для установления принудительных торсионных колебаний [4].

Определены скорости колебаний рельса кранов [5] на собственных частотах. Представлена комплексная нелинейная модель колебания крана с грузом в контейнере [6] на основе параметрических данных испытаний удара об тупиковый поглотитель.

Выполнен расчет верхнего строения пути и параметры полиуретановых вкладок с помощью Autodesk Robot [7], учтены статические и динамические нагрузки. На основе неравномерности пути даны рекомендации в установлении зависимости между временными частотными характеристиками пути и динамикой управления поездом [8].

В настоящее время ценность агрономических культур для украинских экспортеров возрастает [9], потери снижают авторитет перевозчиков. Поэтому закрепление на рынке требует дополнительных услуг. Так в порту Мариуполь проводят окраску зерна в целях верификации поставщиков. Это в большей мере делает необходимым сохранять зерновые – пшеницу, рожь, подсолнечник, модернизировать элеватор.

Изучение вибрации судна при повышенной скорости [10], поведения судна на волне, средств уплотнения [11] свидетельствуют об актуальности рассматриваемой проблемы. Работа [12] предусматривает укрепление конструкций от воздействия вибрации с увеличением срока службы. Для динамических нагрузок проанализированы спектры изменений [13] и выделен как наиболее значимый в нагрузке спектр низких частот.

В работе [14] предусмотрены двухполюсные, поглощающие энергию вибрации, устройства для использования в измерениях. Для высокоскоростных судов проанализированы [15] вертикальные ускорения с целью обеспечения безопасности. Модельные эксперименты выполнены для наполовину погруженного судна на отклонение от курса [16].

Выполнено моделирование поведения груза на судне при колебаниях [17]. Ги-

дродинамические исследования проведены на устойчивость для судна на подводных крыльях [18], в которых учтены колебания судна.

Опыт изучения вибрации подвижного состава «Азовмаштест», наряду с исследованиями по диагностике транспорта предлагается реализовать на морских судах Skifshipping. Традиционно морские суда, приписанные к мариупольскому порту, перевозят зерновые грузы. Кроме того, участвуют турецкие, мальтийские, греческие суда, которые выполняют мелкий ремонт, доковый ремонт в основном по корпусу для восстановления ходкости.

Целесообразность рассмотрения проблем потерь зерна при перевозках подтверждается стойким интересом к освоению грузопотока множеством компаний. Однако из-за многочисленности факторов воздействия на перевозку теряются основные причины возможного активного влияния на сохранность груза. Целью исследования есть прояснение причины утраты груза в ходе доставки потребителям независимо от места поставки.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: моделирование перемещения элементов транспортного средства на основе уравнения движения, создание схемы воздействия сил на рассматриваемую конструкцию, построение модели колебаний по параметрам вибрации конструкционного элемента.

При исследованиях принимались во внимание перевозки из основного порта Азовского бассейна – Мариупольского государственного морского торгового порта. Поставки в порт брали по основному производителю Harveast holding для всей цепи доставки всеми видами транспорта.

Из организационно-технических показателей транспортной работы был выделен один – вибрация, для детального анализа на всех этапах доставки. Для оценки такого воздействия составлено уравнение сил для конструкций, контактирующих с грузовым потоком.

Предложены схемы влияния диссипативных и ригидных связей в конструкции транспорта. Выделена для исследования в уравнении движении вертикальная составляющая, которая наиболее значима в изменении доступа внешних воздействий к грузу.

В ходе выполнения работ постоянно требуют замены прокладки для люковых закрытий. Однако типовых материалов не находят и в каждом случае подбирают решения замены из подручных материалов, что снижает доверие судовладельцев и качество ремонта. Это в дальнейшем снижает через пару месяцев герметичность, и команда самостоятельно восстанавливает дефект.

Для устранения проблемы возможно изготовление прокладок различного рода из отходов автомобильных шин. Использование изношенных шин пока что актуально и активно решается предпринимателями Мариуполя. Имеется 3D принтер для изготовления несложных форм, которые представляют собой такие

прокладки. На начальном этапе изготовление возможно после вырезки формы из пенопласта строительными фирмами, передача для изготовления прокладок в литейный цех судоремонтного завода.

В настоящее время при устранении течи практикуют видоизменение формы прилегания крышки на комингс. Это выполняют нанесением сварочных швов – трудоемкая операция, заменой металла полук – материально емкая операция, наклейкой покрытий – недолговечно покрытие. Крышки McGregor закрытие обеспечивают зажимами. Покрытие брезентом зерновых в трюме, как и автомобилей в пути несколько ограничивает доступ влаги.

Множество решений проблемы указывает на сложность. Одной из причин воздействия на сохранность груза есть вибрация, которая наряду с коррозией, несмотря на принимаемые меры, нарушает герметичность и приводит к порче зерна. Исследования воздействий, которые вызывают такую вибрацию, выполняют исследователи для ответственных конструкций, которые обеспечивают устойчивость, плавучесть судна [19].

Нагрузки рассчитывают корпуса судов при проектировании, Прежде всего это установленные воздействия по бассейнам от влияния естественных причин – ветра, волн. Из технических причин можно указать на изменение воздействий от преобразования формы, динамические нагрузки от вала, двигателя, колебания мачты. Это дает уверенность в обоснованности принятия решений в расчетах нагрузок для установления ослабления закрытия. Характер нагрузок – затухающие колебания.

Для отражения нагрузок используем python, формируем class Figure для определения произведения синусоидальной и экспоненциальной функции. В дальнейшем при успешной реализации предложений база данных на python и java оперативно позволит регистрировать дефект механику судна, агенту компании выполнять заказ с поставкой к месту дислокации.

Для иных условий плавания возможны и применяют радикальные решения по покрытию полимерной пленкой корпуса судна при его доковом ремонте. Однако ледовые условия Азовского моря не позволяют долго и конкурентно использовать такое решение, отнюдь не способствует этому и мелкие глубины, что добавляет трение песка о киль судна.

Разделение физической природы вибрации представляет задачу установления двойственной природы вещества – волновой и корпускулярной, при определенных условиях, которые могли быть не учтены в силу их малого влияния на рассматриваемые объекты.

Будто бы вибрация стремится отразить выпуклости тех объектов, с которыми происходит взаимодействие через шероховатости, впадинки контактов. Сферическая поверхность тел и сил, исходящих от тел проецируется на рабочую поверхность. Случайность попадания проекции объекта на сетку, градуирован-

ную наибольшим размером объекта, составит соотношение $2/\pi$ по задаче Бюффона.

Можно интерпретировать вибрацию как отражение сил от других объектов внутренней структурой тела, что дает излучение. Тело содрогается от воздействий, а его структура незначительно видоизменяется на момент воздействия, и возвращается к более устойчивой начальной форме. При этом тело нагревается, излучает волны, деформируется, эродировать.

Поверхность эрозии, по-видимому, напоминает пальму, корень которой в своем источнике зарождается от нарастания плотности тела или первого столкновения с твердой частицей размерами своего колебания большими или сравнимыми с длиной волны поля или тела соударения. Картины воздействий вибрации хорошо известны ортопедам, металловедам.

Отражение от структуры материала из сглаженной поверхности делает ее многогранной. А по теореме Эйлера $S - R + F = 2$. Можно предположить, что с какой бы стороны не выполняли воздействие, и куда бы оно не приходилось бы, через связующее звено распространение пойдет на другие частички тела и замкнется в начальной точке.

Цикличность движения на микро уровне характерно и для мега уровня. Предположительно новые образования курсируют вдоль, по, внутри старых образований и есть условием распространения жизнедеятельности, освоения пространства. Такую тенденцию можно отметить в технических системах: инфраструктура – дороги, каналы, порты модернизируются не так быстро как подвижной состав.

Рассматривая вибрацию на транспорте можно утверждать, что источником являются удары: о волны, о воздушные потоки, из-за турбулентности и столкновения слоев, о выбоины, на стыках рельс. Распространяется вибрация колебаниями транспортных средств, а для наземных и колебаниями пути. Распространение магнитных волн по пути следования движет поезда на магнитной подушке. Волны от вибрации концентрируются, уплотняют среду перед собой и вызывают смещение в структуре материалов контактной поверхности среды взаимодействия.

Соударения происходят в случайном порядке, можно построить, предсказать их возникновение по наличию неровностей пути на стыках, на стрелках, при формировании, расформировании составов. И если конструкции предусматривают плавные переходы, гасители колебаний, демпферы, то вибрация меньше, а именно амплитуда колебаний, а иногда и частота колебаний. Портовые схемы пути имеют меньше изменений направления движения в поворотах, поэтому нагрузки знакопеременные, которые вызывают наибольший износ, но по величине дефекты меньшие, чем на предприятиях, на внешней сети.

Изменение конструкция пути с рельсами большей длины способствует более

плавному ходу и снижает расходы на вынужденное торможение, дает возможность повысить безопасную скорость движения. Следует сразу сказать, что более сложная конструкция требует и более тщательного, а значит и дорогого обслуживания, а модернизация идет непрерывно.

Скорость служит критерием успешности транспортной конструкции при сравнимых затратах с предыдущим вариантом и наиболее прогрессивными брендами. Скорость, наряду со временем движения формирует амплитуду и главным образом частоту вынужденных колебаний – вибрацию. Рассмотрим скорость как функцию перемещения.

При установлении причин уровня вибрации используем 3d scanner, а результаты обрабатываем разложением функции превышений, неровностей в гладкости поверхности пути в ряд Фурье. Отражение методами подбора планиметрии позволяют нам представить вибрацию как результат движения по неровностям пути, пренебрегая факторами естественного характера (ветер, смена дня ночью), инварианту геометрии пути. Тогда незначительные амплитуды 0,2 мм [20] функционально подобны 10 кратным большим значениям несоответствиям по вертикали элементам пути на стыках, стрелках.

Широкий диапазон частот 80 Гц, скоростей 0,2–50 мм/с, ускорений 0,02–1 м/с² от вибраций основания пути при движении рельсового экипажа, допустимый вертикальный и боковой износ пути 5 – 11 мм отобразим преобразованиями геометрии Галилея [21]. Определяющим фактором износа есть вертикальные неровности формируемые нагрузками, скоростью при взаимодействии, динамическими колебаниями экипажа и дороги, малой площадью контакта колесо – рельс 1,5 см².

Динамические взаимодействия отметим на схеме распределения усилий конструкции транспортного средства на путь и смещений в уравнении движения. При эксплуатационных, испытательных режимах работы механизмов такие данные помогают сгладить существенные колебания для уменьшения вибрации до допустимых в условиях движения транспорта.

Схема действий нагрузок (рис. 1) выбрана для наиболее встречаемых поврежденных пути, из возможности перехода от динамических к статическим воздей-

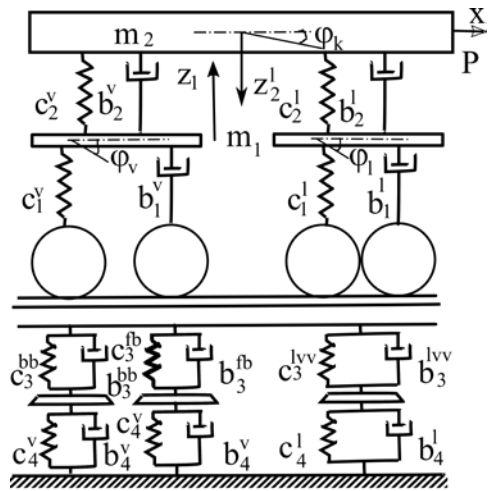


Рисунок 1. Схема воздействий на экипаж и путь

ствиям, по принципу Даламбера. А именно, рассматриваем вагон, как находящийся в равновесии, присоединяя к действующей силе тяги локомотива и массе брутто силу инерции, которая равна произведению нагрузки на ось (225 кН) на ускорение состава (m/c^2) с направлением противоположном движению [22].

При расчетах крепления грузов учитывают изменение ускорения от места движения и количество груза на вагоне. Такие редкие разносторонние воздействия формируют зарождение усталостных трещин на поверхности колес и рельс.

В соответствии со схемой и на положениях метода конечных элементов составим уравнение колебаний кузова, тележки при диссипативных связях на грунте с ригидной опорой [23]

$$m_1 \cdot \ddot{z}_1 + b_1^v \cdot (\dot{z}_1 - \dot{z}_2) + c_1^v \cdot z_1 + c_2^v \cdot (z_1 - z_2) = b_1^v \cdot \dot{\eta} + c_1^v \cdot \eta,$$

$m_2 \cdot \ddot{z}_2 + b_2^v \cdot (\dot{z}_2 - \dot{z}_1) + c_2 \cdot (z_2 - z_1) = 0$. В них m_1 – обрессоренная масса тележки; m_2 – масса кузова вагона, локомотива, приведенная к этой тележке; c_1 , b_1 ; c_2 , b_2 – жесткость, демпфирование у первого, второго яруса подвески; $\eta(t)$ – возмущения третьего и четвертого яруса от рельсового основания пути; z_i , \dot{z}_i , \ddot{z}_i , $\varphi_{k,v,l}$ – обобщенные координаты и их производные по времени. От метода Рунге-Кутты для явных решений переходим к численным методам Дормана-Принса, адаптивному с функцией $Rkadapt$ в среде MathCAD, MatLab. Анализ решений указывает на прямую зависимость амплитуды от скорости движения. Изменения конструкции подвески транспорта, для пассажирских транспортных средств применение пневматических цилиндров, уменьшение числа стыков, замена для трамваев шпальной решетки на бетонное основание позволяют повысить скорость без нарушения безопасности движения. Однако необходимость контроля возрастает, требуется оперативная передача, накопление, анализ базы данных. Прямое численное моделирование путем интегрирования дифференциальных уравнений движения позволяют оценивать внешние воздействия.

Из преобразований в ряд Фурье высоты неровностей, амплитуды колебаний подвижного состава из уравнений формы Коши, наряду с факторами воздействия обобщаем в единую базу. Распознавание геометрии рисунка повреждений выполняем, используя библиотеку OpenCV, проект Imago OCR по этапам растра, примитива, структуры.

На основе отображения дефекта делаем растровый отпечаток, его представляем в цифровом виде. По виду кривой на отпечатке подбираем по меткам из таблиц, подходящий по признакам в передней части. Это отметины с изгибами, с прямыми, с ромбами. Первые, обусловлены точечными дефектами колес, вторые структурой зерен металлической поверхности пути, третьи затухающими колебаниями, во многом обусловленных вибрацией.

Понимание выходной структуры многократно сокращает процесс поиска, отож-

дествления изображения и причин такого формирования на имеющуюся базу open source матрицу интенсивностей пикселей. Используем разреженные маски, медианные фильтры, исключаем размытость картинки, восстанавливаем контрастность. До получения изображения той же точки в последующих испытаниях храним отпечаток для сравнения. Таким совместным изображением в ретроспективе руководствуемся при анализе дефекта.

Используем для локальной освещенности RetinexPoissonEquation в Imago OCR. Порог laplacian threshold $T = 1, 2, 4, 8$ нормализует уровень освещенности по-пиксельной медианной фильтрацией.

Стек фильтров в Imago OCR RetinexPoissonEquation позволяет нормализовать локальные уровни освещенности в алгоритме: локальной пороговой фильтрации изображения (laplacian threshold) с порогом $T=1, 2, 4, 8$; обратном дискретном косинусном преобразовании полученного изображения; попиксельной медианной фильтрации высокочастотных характеристик и решении специального уравнения для низких и средних частот (Retinex Equation).

Бинаризацию выполняем пороговой фильтрацией (выбираем t как пороговое значение, все пиксели с интенсивностью больше t – фон, меньше – изображение). Зачастую для повышения адаптивности используют иные методы otsu threshold или adaptive gaussian threshold.

Отклонение в заданных порогах устраняем удалением слабых сегментов плотности меньше заданной $bwratio$. Набор аппроксимаций получаем выбором approxEps по толщине линии. При векторизации определяем класс объекта распознавания, задаем выраженное очертание, распознаем набор сегментов: фильтруем как thinning, разбиваем по сегментам – decorder, получаем набор аппроксимаций и отклонение от оригинала в зависимости выбора approxEps по толщине линии.

Сепарация выполняется так: по таблице метрик выбираем наиболее схожий объект, в противном прибегаем к статистическому анализу – определяем среднюю длину, кривизну, толщину линий, иные критерии как hu moments.

Наибольший спектр вибраций испытывает судно. Это происходит на причале при удержании у кнехта, на якорной стоянке, в рейсе у мачты. Дополнительно биение задают двигатель, генератор, лебедки. Рабочие, жилые помещения по условиям охраны труда должны соответствовать нормам по шуму и вибрации. Топливные, водные отсеки отделяют коффердамами, грузы защищают крышки, покрытия с уплотнениями, что снижает уровень вибрации.

Для погашения колебаний используют прокладки. Это используют на двигателях, генераторах, валопроводе, люковых закрытиях. Для закрепления узлов применяют задрайки, клин, винты, прижимы. Но части изнашиваются и это приводит к выходу из строя. Поэтому как своевременная замена наиболее дешевых материалов – прокладок, предпочтительнее ремонта.

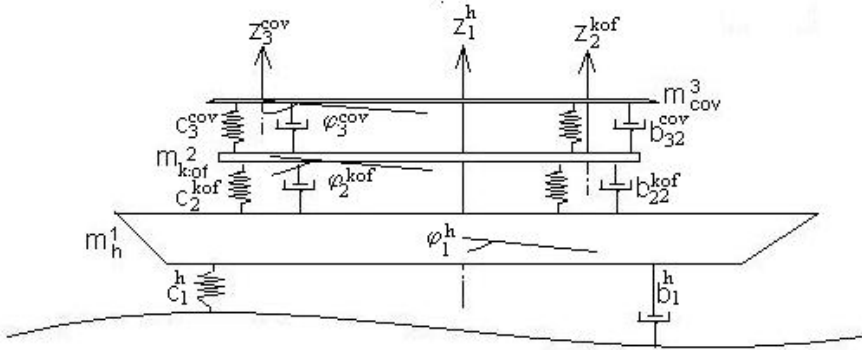


Рисунок. 2 Схема судовых нагрузок

В установлении целостности частей конструкции, прокладок служит диагностика вибрации узлов, меры ее снижения. Так, при появлении паровых котлов на пароходах заметили, что при определенных частотах двигателей судно испытывает содрогание корпуса, а изменение на более чем 5 % от такого вращения устраняет опасный резонанс. Но и более мелкие, но множественные колебания, сдерживаемые демпферами – прокладками, существенны для устранения течей люков, износа вала, поршней двигателя.

Рассмотрим колебания, как движение в силовом поле, что характерно для мелких частей относительно вызываемых их перемещения больших, массивных агрегатов. Так как вертикальное движение вызывает наибольшие отклонения от нормативных то выберем к анализу направление смещений по оси z . Пусть точка (рис. 2) сосредоточения масс, корпуса судна, переборки коффердама, люкового закрытия – крышки люка отдельно рассчитываемые. Ниже уровень рассмотрен для крышки, которая может двигаться вдоль оси z . Сила воздействия на такую точку в месте z равна $F = F(z)$.

Отнюдь не эта сила определяет выход из строя прокладок под крышками, случайные удары, пережимы более существенны для окончания срока службы, но именно вибрация является долговременным фактором. Учет этого воздействия позволяет диагностировать [11, 13] и предотвращать потери груза. И, безусловно осаживание структуры, ее уплотнение вызывает ломкость и выход из строя, этому противостоит обработка микроволнами.

Функция $z(t)$ отображает положение частицы в момент t , $v(t) = z'(t)$ и $a(t) = z''(t) = v'(t)$ показывают ускорение, скорость вертикальной качки. Из физики $mz'' =$

$F(z)$ или $mz''(t) = F(z(t))$. Используя делителем m и $f(z) = \frac{F(z)}{m}$ имеем $z'' = f(z(t))$, также $z'' = f(z) = a(t)$ – вторая производная функции $z(t)$ по $\frac{d^2 z(t)}{dt^2}$. Вертикальные

усилия образуют силовое поле в каждой точке равное $F(z)$ с вектор – функцией $\vec{F}(z)$ вместо скалярной $z(t)$ и трехмерной функции из которой к рассмотрению ниже берем направление z для функции $\vec{F}(\vec{z})$.

Крышка массой m со v , m наибольшие перемещения испытывает в направлении z и в соприкосновении с комингсом приобретает равновесное положение на половине толщины прокладки, что примем за начало координат. При износе прокладки более половины их меняют, крышка опускается до $b < 0$, $F(z) = bz$. При подпрыгивании возникает сила вдоль оси z равная $F(z) = bz$, направленная вверх, где коэффициент $b > 0$ – жесткость, гибкость прокладок.

При рассматриваемом положении прокладки изношены, тогда $z'' = -\frac{b}{m}z$ или

$z'' = -\omega^2 z$ при $\omega = \sqrt{\frac{b}{m}}$. Так как энергия сохраняется $v'(t) = f(z(t))$, умножаем на

$v(t) = z'(t)$ и получим $v(t)v'(t) = f(z(t))z'(t)$. Запишем первую часть уравнения че-

рез производную $v(t)v'(t) = \left(\frac{1}{2}v^2(t)\right)'$. Другую часть уравнения преобразуем

так, обозначим $g(z) = \int f(z)dz$, тогда $g'(z) = f(z)$, при $U(z) = -g(z)$, $f(z(t))z'(t) =$

$(g(z(t)))' = -(U(z(t)))'$ из дифференцирования сложной функции. Тогда

$\left(\frac{v^2(t)}{2}\right)' = -(U(z(t)))'$, поэтому $\frac{v^2(t)}{2} = -U(z(t)) + E$, E – постоянная. Выразим E

уравнением $\frac{v^2(t)}{2} + U(z(t)) = E$. $U(z)$ потенциальную энергию запишем так

$$U(z) = -\int_{z_0}^z f(z)dz.$$

При унификации крышек, прокладок считаем $m = 1$, достигаем изменением единиц измерений массы. Тогда $U(z)$ – работа, которая совершается перемещением крышки. Если перемещение очень мало – крышку заклинило, в неровностях металла будет течь. Если перемещение велико – зазор расширился, течь увеличивается. Диапазон 1 – 3 мм – приемлемо. Если 2 – фиксированная точка z_0 величина $U(z)$ постоянна и регулируема, например снижением массы, усилением до большей жесткости покрытия.

По закону сохранения энергии $U(z) = \frac{b}{m} \cdot \frac{z^2}{2} = \frac{\omega^2 z^2}{2}$, где $\omega = \sqrt{\frac{b}{m}}$, тогда

$\frac{(z'(t))^2}{2} + \frac{\omega^2 z^2(t)}{2} = E$. Если $E = 0$, то $z(t) = 0$, состояние, когда крышка висит по-

лностью опираясь на прокладку. Пусть $E > 0$, крышка приподнята жесткостью прокладки. Тогда решая относительно $z'(t)$, получаем $\frac{z'(t)}{\pm\sqrt{2E - \omega^2 z^2(t)}} = 1$. Находим первообразную от функции $h(z) = \frac{1}{\pm\sqrt{2E - \omega^2 z^2}}$, которую запишем в виде

$$h(z) = \frac{\pm 1}{\sqrt{2E - \omega^2 z^2}} = \pm \frac{1}{\sqrt{2E}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\omega^2}{2E} z^2}} = \pm \frac{1}{\sqrt{2E}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{\omega z}{\sqrt{2E}}\right)^2}}.$$

Из закона сохранения энергии понятно, что $\frac{\omega^2 z^2(t)}{2} \leq E$, тогда $|z(t)| \leq \frac{\sqrt{2E}}{\omega}$.

Примем амплитуда A иногда достигает значений из $|z(t)|$ колебания, что содержится конструкцией крышки, креплением к судну. Для $\frac{1}{\sqrt{2E}} = \frac{1}{\omega A}$ рассчитаем

первообразную для функции $h(z) = \pm \frac{1}{\omega A} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{z}{A}\right)^2}}$. Во-первых вычислим производную от функции $y = \arcsin z$, обратной $z = \sin(y)$ для $y \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]$. Имеем от

дифференцирования обратной функции

$$(\arcsin z)' = \frac{1}{(\sin y)'} \Big|_{y=\arcsin z} = \frac{1}{\cos \arcsin z} = \frac{1}{\cos \alpha}, \text{ где } \alpha = \arcsin z - \text{такой угол, что}$$

$\sin \alpha = z$ и $-\frac{\pi}{2} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}$. Тогда $\cos \alpha \geq 0$ и $\cos \alpha = \sqrt{1 - z^2}$. Следовательно,

$$(\arcsin z)' = \frac{1}{\sqrt{1 - z^2}}.$$

$$\left(\arcsin \frac{z}{A}\right)' = \frac{1}{A} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{z}{A}\right)^2}},$$

Дифференцируем сложную функцию

бразная $h(z)$ представлена как $\pm \frac{1}{\omega} \arcsin \frac{z}{A}$, при этом $\pm \frac{1}{\omega} \arcsin \frac{z}{A} = t - t_0$, где

t_0 – случайная, выборочная, произвольная постоянная. Перемножим части уравнения на $\pm \omega$, найдем для них \sin и перемножим на A . Имеем $z = A \sin(\pm \omega(t - t_0)) = \pm A \sin(\omega t + \varphi)$, где φ – произвольный постоянный сдвиг фазы. Так как выбирая $\varphi = \varphi_1 + \pi$, имеем $\sin(\omega t + \varphi) = -\sin(\omega t + \varphi_1)$, теперь выбор φ меняет знак

перед A , и можно убрать знак \pm , то $z(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$. ω – круговая частота колебаний, период колебаний $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

Вибрация крышки сдерживается трением о комингс, и сила трения пропорциональна скорости. Следовательно, к силе упругости прокладки добавляется сила

трения $F_{fr} = -bz'$, тогда $mz'' = -kz - bz'$, т.е. $z'' + \gamma z' + \omega_0^2 z = 0$, где $\gamma = \frac{b}{m}$, $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$.

Для решения уравнения введем функцию $y(t) = e^{\alpha t} z(t)$ и подставим $z(t) = e^{-\alpha t} y(t)$, тогда производная $z'(t) = e^{-\alpha t} y'(t) - \alpha e^{-\alpha t} y(t)$, вторая производная равна $z''(t) = e^{-\alpha t} y''(t) - 2\alpha e^{-\alpha t} y'(t) + \alpha^2 e^{-\alpha t} y(t)$.

При сложении сил имеем $e^{-\alpha t} (y''(t) + (\gamma - 2\alpha)y'(t) + (\alpha^2 - \gamma\alpha + \omega_0^2)y(t)) = 0$. При-

нимаем $\alpha = \frac{\gamma}{2}$ и избавимся от $y'(t)$, сокращаем $e^{-\alpha t}$, тогда $y''(t) + \omega_1^2 y(t) = 0$, где $\omega_1 = \sqrt{\omega_0^2 - \frac{\gamma^2}{4}}$. Если принять, что трение не велико, т.е. возможны утечки, то для

$\omega_1 y(t) = A_1 \sin(\omega_1 t + \varphi)$ и $z(t) = A_1 e^{-\frac{\gamma t}{2}} \sin(\omega_1 t + \varphi)$, для $z(0) = z_0$, $z'(0) = v_0$ могут

быть определены как постоянные A_1 и φ .

Выведенная формула $z(t)$ описывает затухающие колебания с амплитудой, убывающей по закону $A_1 e^{-\frac{\gamma t}{2}}$ (рис. 3). Зависимость принята для статистическо-

го эксперимента. Если не учитывать трения, то переходим к ранее рассмотренным соотношениям. Трение снижает частоту колебаний $\omega_1 < \omega_0$.

Вибрация помогает обслуживать с наименьшими потерями грузопотоки в порту. Так в азовских портах экспортные потоки долгие годы преобладают над импортными, поэтому операции обслуживания коммерчески привлекательны. Имеются грузопотоки малой насыщенности – гранит, тыквенные семечки. Выполняют работы по одорированию малатионом, окраске части фуражного зерна UkrTransAgro пищевыми красителями во время погрузки в Марокко, Саудовскую Аравию, Тунис, Иорданию, Иран компанией Martlet.

Прогнозы для азовских портов были неутешительными – ожидалась ограниче-



Рисунок 3. Уровень вибрации крышки люкового закрытия

ния в ближайшее время после строительства моста через Керченско-Еникальский пролив, однако строительство в настоящее время приостановлено. Через Босфор строят третий мост, решения перетекают на аналогичные сооружения, можно надеяться на скорое возобновление и окончание сооружения моста.

Мариупольский порт расширил свою производственную, охранную зону, флот пополняется быстроходными кораблями. Поэтому исследования воздействий на портовые конструкции могут найти выгодное применение. Проверки исправности работы по регламенту по СНиП, правилам эксплуатации выполняют с учетом воздействия вибрации. Периодически строительные сооружения по СНиП проверяют на допустимые воздействия вибрации, подъемно-транспортные сооружения по правилам устройства и безопасной эксплуатации проверяют на устойчивость при работе с грузами, наземный транспорт контролируют для обеспечения безопасности движения согласно правилам технической эксплуатации.

Демпфирование в конструкции предлагается восстанавливать более быстрой заменой прокладок под рельсами, предлагая их при продажах подкладок и рельс ПАО «ММК Азовсталь». При организации ремонтов судов агенты могут предлагать замену прокладок в люковых закрытиях, под судовыми двигателями. Ремонтные службы порта могут своевременно менять предлагаемые прокладки под рельсами, редукторами, редукторами порталных кранов.

Восстановление взлетной полосы аэропорта Мариуполь предлагается выполнить с установкой прокладок между соседними железобетонными плитами для повышения стойкости соединения и долговечности покрытия в местах соединения. Средства спасения с поверхности судна дополняем закреплением каната и подачи его по воздуху.

Накопление сведений о поведении транспортных объектов позволяет гармонизировать воздействие транспорта на персонал, окружающую среду. Фактический контроль состояния позволяет минимальными средствами организовать

рециклинг, наладить производство мариупольских вагонов, нефтемусоросборщиков, катеров, яхт, порталных кранов, длинных рельс. Гарантированное сервисное обслуживание позволит привлечь клиентуру в производстве транспортного оборудования.

Длина рельс, волны, транспортного средства формируют параметры колебаний. Ригидными и диссипативными соединениями, заменой деталей, агрегатов, нагрузкой регулируем нежелательные последствия воздействий вибрации. Момент критического воздействия прогнозируем, опираясь на результаты исследований. Ориентировочно для 20 открытий это составит от полугода для *handy size*.

К достоинствам исследований относится возможность использования схем для большинства транспортных средств. К недостаткам относим ограничение предложения для производственной сферы. Применение исследований наиболее значимо при расширении высокоскоростного движения, когда вибрацию необходимо регулировать для обеспечения безопасности движения. Такие исследования ранее автором не проводились, а явились результатом предложений приносить в конструкции пути рельсы длиной более 100 метров.

Список использованной литературы

- [1] Паначев, О.И. Математическая модель трехслойного антифрикционного износостойкого поглотителя вибрации тележки грузового вагона [Текст] / О.И. Паначев // Экономика и менеджмент систем управления. – 2017. – № 2. – С.90 – 98.
- [2] Soukup, J., Skocilas, J., Skocilasova, B., Dizo, J. (2017). Vertical Vibration of Two Axle Railway Vehicle // *Procedia Engineering*, Vol.177, pp. 25 – 32.
- [3] Михайлик, В. Д. Физические основы вибрации, контроль вибрации на судах / В. Д. Михайлик, С. Н. Тригуб, В. А. Маслов // *Вісник Хмельницького національного університету*. – 2014. – № 4. – С. 159 – 162.
- [4] Trifkovic, D. R., Obradovic, A. M. (2010). Definisanje ekvivalentnog torzionooscilatornog sistema. Determination of the equivalent torsional vibration system // *Vojnotehnicki Glasnik*, № 3, pp. 105 – 124.
- [5] Бондаренко, В. А. Теоретическое исследование спектров вибрации и шума рельс при движении мостовых кранов / В. А. Бондаренко // *Интернет-журнал науковедение*. – 2016. – № 3. – С. 110.
- [6] Arena, A., Lacarbonara, W., Cassalotti, A. (2017). Payload oscillations control in harbor cranes via semi-active vibration absorbers: modeling, simulations and experimental results // *Procedia Engineering*, Vol.199, pp. 501 – 509.
- [7] Романовская, Н. В. Расчет верхнего строения трамвайного пути с установкой упругих элементов / Н. В. Романовская, В. В. Свитин // *Известия Петербургского университета путей сообщения*. – 2013. – № 2. – С. 162 – 168.
- [8] Lei Xu, Wanming Zhai, Zhaowei Chen (2018). On use of characteristic wavelengths of track irregularities to predict track portions with deteriorated wheel rail forces // *Mechanical Systems and Signal Processing*, Vol. 104, pp. 264 – 278.
- [9] Піменова, О. В. Аналіз розвитку та формування бізнес-моделей агропромислового підприємства в умовах Євроінтеграції [Текст] / О. В. Піменова, С. А. Піменов // *Теоретич-*

ні та прикладні питання економіки: зб. наук. праць / Київський національний університет. – К.: ТОВ “ЦП “КОМПРИНТ”, 2016. – Вип. 2 (33). – С. 146 – 158.

[10] Vukadinović, K., *Vibracije broda. Teorijska razmatranja i metode eksperimentalnih ispitivanja* [Text] / K. Vukadinović, Z. Hrle. – Beograd: Saobraćajni fakultet, 1992. – 99 s.

[11] Copley, S. M. Design, Manufacturing, and Testing of an Improved Watertight Door for Surface Ships / S. M. Copley, E. W. Reutzel, T. A. Merdes, D. B. Wess // *Naval Engineers Journal*, Volume 122, Issue 4, December 2010. – pp.93 – 100.

[12] Clarence, W. de Silva *Vibration Monitoring, Testing, and Instrumentation*. – University of British Columbia, Vancouver, Canada: CRC Press, 2007. – 696p.

[13] Milne, D. R. M. Properties of train load frequencies and their applications / D. R. M. Milne, L. M. Le Pen, D. J. Thompson, W. Powrie // *J. Sound Vib.*, Oxford, UK:Elsevier, 397 (2017), pp.123 – 140.

[14] Sajid Rafique *Piezoelectric Vibration Energy Harvesting. Modeling & Experiments*. – Luxembourg: Springer, 2018. – 172p.

[15] Toru Katayama, Ryosuke Amano *An Experimental Study on the Characteristics of Vertical Acceleration on Small High Speed Craft in Head Waves*. – STAB, Glasgow, Scotland, UK: 12nd International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles, 14 – 19 June 2015, pp.587 – 597.

[16] Jerzy Matusiak *Dynamics of a Rigid Ship*. – Helsinki, Finland: Aalto University publication series Science + Technology, № 11, 2013. – 150p.

[17] Akira Hosoyama *Study on Improvement of Vibration Test for Packaged Freight*. – Japan: Kobe University, 2015. – 71p.

[18] Patent US 3156209A DE 1267128B DE 1274908B *Autopilot for hydrofoil craft* / Henry R. Ask, USPTO United Aircraft Corp. – 10. 11. 1964.

[19] Крылов А. Н. *Вибрация судов*. – М. – Л.: ОНТИ – НКТП Редакция судостроительной литературы, 1936. – 442с.

[20] Дзюба А. В. Вплив динамічних навантажень від дії метрополітену на напружено-деформований стан висотних будівель / А. В. Дзюба, Т. Л. Миронець // *Вісник НАУ*. – К.: Національний авіаційний університет, 2010, № 4. – с. 143 – 146.

[21] Хачатурян А. В. *Геометрия Галилея*. – М.: Изд-во Московского центра непрерывного математического образования, 2005. – 32с.

[22] Стрелочные переводы железных дорог Украины / Э. И. Даниленко, С. Д. Тараненко, А. П. Кутах; под ред. д. т. н., профессора Э. И. Даниленко: Киевский институт железнодорожного транспорта. – К., 2001. – 296с.

[23] Рубан В. Г. Решение задач динамики железнодорожных экипажей в пакете MathCAD / В. Г. Рубан, А. М. Матва. – Ростов н / Д: Рост. гос. ун-т путей сообщения, 2009. – 99с.

References

[1] Panachev, O. I. *Matematicheskaya model trehsloynogo antifriktsionnogo iznosostoykogo polotitelya vibratsii telezhki gruzovogo vagona* [Tekst] / O. I. Panachev // *Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya*. – 2017. – № 2. – S.90 – 98.

[2] Soukup, J., Skocilas, J., Skocilasova, B., Dizo, J. (2017). *Vertical Vibration of Two Axle Railway Vehicle* // *Procedia Engineering*, Vol.177, pp. 25 – 32.

[3] Mihaylik, V. D. *Fizicheskie osnovy vibratsii, kontrol vibratsii na sudah* / V. D. Mihaylik, S. N. Trigub, V. A. Maslov // *Visnik Hmel'nitskogo natsionalnogo universitetu*. – 2014. – № 4. – S. 159 – 162.

[4] Trifkovic, D. R., Obradovic, A. M. (2010). *Definisanje ekvivalentnog torzionooscilatornog sistema. Determination of the equivalent torsional vibration system* // *Vojnotehnicki Glasnik*, № 3, pp. 105 – 124.

- [5] Bondarenko, V. A. Teoreticheskoe issledovanie spektrov vibratsii i shuma rels pri dvizhenii mostovyih kranov / V. A. Bondarenko // Internet-zhurnal naukovedenie. – 2016. – № 3. – S. 110.
- [6] Arena, A., Lacarbonara, W., Cassalotti, A. (2017). Payload oscillations control in harbor cranes via semi-active vibration absorbers: modeling, simulations and experimental results // *Procedia Engineering*, Vol.199, pp. 501 – 509.
- [7] Romanovskaya, N. V. Raschet verhnego stroeniya tramvaynogo puti s ustanovkoy uprugih elementov / N. V. Romanovskaya, V. V. Svitin // *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobscheniya*. – 2013. – № 2. – S. 162 – 168.
- [8] Lei Xu, Wanming Zhai, Zhaowei Chen (2018). On use of characteristic wavelengths of track irregularities to predict track portions with deteriorated wheel rail forces // *Mechanical Systems and Signal Processing*, Vol. 104, pp. 264 – 278.
- [9] Pimenova O. V. Analiz rozvitku ta formuvannya biznes-modeley agropromislovogo pidpriemstva v umovah Evrointegratsiyi / O. V. Pimenova, S. A. Pimenov // *Teoretichni ta prikladni pitannya ekonomiki*. – K.: Kiyivskiy natsionalniy universitet, 2016. – Vip. 2(33). – s. 146 – 158.
- [10] Vukadinović K. Vibracije broda. Teorijska razmatranja i metode eksperimentalnih ispitivanja / K. Vukadinović, Z. Hrle. – Beograd: Saobraćajni fakultet, 1992. – 99s.
- [11] Copley S. M. Design, Manufacturing, and Testing of an Improved Watertight Door for Surface Ships / S. M. Copley, E. W. Reutzler, T. A. Merdes, D. B. Wess // *Naval Engineers Journal*, Volume 122, Issue 4, December 2010. – 93 – 100p.
- [12] Clarence W. de Silva *Vibration Monitoring, Testing, and Instrumentation*. – University of British Columbia, Vancouver, Canada: CRC Press, 2007. – 696p.
- [13] Milne D. R. M., Le Pen L. M., Thompson D. J., Powrie W. Properties of train load frequencies and their applications. – J. Sound Vib., Oxford, UK: Elsevier, 397 (2017), pp. 123–140.
- [14] Sajid Rafique *Piezoelectric Vibration Energy Harvesting. Modeling & Experiments*. – Luxembourg: Springer, 2018. – 172p.
- [15] Toru Katayama, Ryosuke Amano *An Experimental Study on the Characteristics of Vertical Acceleration on Small High Speed Craft in Head Waves*. – STAB, Glasgow, Scotland, UK: 12nd International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles, 14 – 19 June 2015, pp. 587 – 597.
- [16] Jerzy Matusiak *Dynamics of a Rigid Ship*. – Helsinki, Finland: Aalto University publication series Science + Technology, № 11, 2013. – 150p.
- [17] Akira Hosoyama *Study on Improvement of Vibration Test for Packaged Freight*. – Japan: Kobe University, 2015. – 71p.
- [18] Patent US 3156209A DE 1267128B DE 1274908B *Autopilot for hydrofoil craft* / Henry R. Ask, USPTO United Aircraft Corp. – 10. 11. 1964.
- [19] Kryilov A. N. *Vibratsia sudov*. – M. – L.: ONTI – NKTP Redaktsiya sudostroitelnoy literatury, 1936. – 442s.
- [20] Dzyuba A.V. *Vpliv dinamichnih navantazhen vid diyi metropolitenu na napruzhenodeformovaniy stan visotnih budivel* / A. V. Dzyuba, T. L. Mironets // *Visnik NAU*. – K.: Natsionalniy aviatsiyniy iniversitet, 2010, №4. – s. 143 – 146.
- [21] Hachaturyan A. V. *Geometriya Galileya*. – M.: *Izd-vo Moskovskogo tsentra nepreryivnogo matematicheskogo obrazovaniya*, 2005. – 32s.
- [22] *Strelochnyye perevodyi zheleznyih dorog Ukrainyi* / E. I. Danilenko, S. D. Taranenko, A. P. Kutah; pod red. d. t. n., professora E. I. Danilenko: *Kievskiy institut zheleznodorozhnogo transporta*. – K., 2001. – 296s.
- [23] Ruban V. G. *Reshenie zadach dinamiki zheleznodorozhnyih ekipazhey v pakete MathCAD* / V. G. Ruban, A. M. Matva. – Rostov n / D: *Rost. gos. un-t putey soobscheniya*, 2009. – 99s.

OPTIMIZATION MODEL OF THE POWER GENERATING TECHNOLOGY WITH ENERGY STORAGE SYSTEM

Viktor Denisov

researcher, Institute of General Energy National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

Optimization model, in which power generating technology with energy storage system is an element of the hierarchical model of phased optimization of sustainable development of energy system and is represented as a set of several technologies, that reflect the functions of its components.

Keywords: energy storage system, step-by-step optimization mathematical model, energy system, sustainable development.

<https://orcid.org/0000-0002-3297-1114>

On the top-level of the hierarchical model of phased optimization of sustainable development of energy systems [1] use aggregated technologies. At the following levels of modeling are performed similar calculations for each of the aggregated technology, that is, the components of the scenarios for the corresponding vectors for each of the aggregated technologies are calculated.

Dis aggregated (detailed in the simulation) power generating technology k with energy storage system (PGTESS) is represented as a set of several technologies that reflect the functions of its components. The purpose of this collection is the reduction of the cost of maintaining the balance of the network peak loads and the risk of overload in current mode and emergency modes.

The set is equipped with the necessary control device, which monitors voltage and frequency in the network, converts AC to DC and Vice versa, store the energy received from the system in batteries and use it if necessary, correcting poor frequency, voltage and other support services with the aim of increasing energy efficiency. The operation is in automatic mode or at the command of the dispatcher, using:

- frequency controller (FC), which in real time changes the frequency of electricity in a given point of the network and issues commands to the charging or discharging of the battery;
- the system of energy conversion, which receives signals from the FC and calculates the necessary degree of charge or discharge of the battery and converts the direct current of batteries into alternating current network, and Vice versa;
- the battery management system, which in real time monitors the state of charge in the system, makes a decision and gives commands to the charge/discharge/holding and monitors the temperature of the batteries.

In the simulation PGTESS is submitted in the form of two power generating

technologies, one primary and one that models the energy from ESS at the stage when it is discharged. In addition to the PGTESS included the technology of consumption, which reflects energy consumption at the stage of charge of the ESS.

For each of these technologies are calculated:

target sequence of annual total volumes consumed and supplied energy;

the initial state of the volume of electricity.

To calculate the integral parameters differences vector $L_k(LACE_k - LCOE_k)$, $LCOS_{SS}$ – levelised cost of storage [2] is precomputed according to the formula:

$$LCOS_{SS} = \frac{\sum_{\tau} \frac{(C_{SS\tau}^{cap} + C_{SS\tau}^{co} + C_{SS\tau}^{vo})}{(1+i)^{\tau}}}{\sum_{\tau} \frac{E_{SS\tau}}{(1+i)^{\tau}}},$$

where: $E_{SS\tau}$ – stored energy in each year [kWh]; i – discounted rate (%);

$C_{SS\tau}^{cap}$ – investment, E/kW, $C_{SS\tau}^{co}$ – constant operating expenses, E/kW, $C_{SS\tau}^{vo}$ – variable operational costs, E/kWh.

As in [1] calculate functional of economic and technological influence $F[PPF(\tau), ET(k, \tau), FCF(k, \tau), EGR(\tau)]$, where PPF – regional purchasing power factor, ET – efficiency of technology, FCF – final cost factor, EGR – economy growth rate.

The set of the permissible states

$$\Phi_{\tau k}\{L_k(LACE_k - LCOE_k), F[PPF(\tau), ET(k, \tau), FCF(k, \tau), EGR(\tau)]\}$$

of the speed of the supply and consumption for all the technologies included in aggregated technology k at time τ .

The task of calculating the scenario of development of the supply vector

$$E_{S\tau}^k\{\Phi_{\tau k}\{L_k(LACE_k - LCOE_k), F[PPF(\tau), ET(k, \tau), FCF(k, \tau), EGR(\tau)]\}\},$$

such that minimizes the measure μ^k – the total inconsistency of the vectors of supplied and consumed energy for aggregated technology k is solved.

The objective function of minimizing the total inconsistency of supplied and consumed energy vectors during the forecast period with the observance of mandatory limits is as follows:

$$\text{where: } \mu^k = \sum_{\tau=1}^T (E_{S\tau}^k - E_{C\tau}^k) \forall u(\tau, k), \xi(\tau, k) \rightarrow \min;$$

$E_{C\tau}^k, E_{S\tau}^k$ – total volumes of supplied and consumed energy;

$u(\tau, k)$ – vector of control actions for aggregated technology k at the time τ ;

$\xi(\tau, k)$ – vector of random external actions for k at the time τ .

Optimal target trajectory for the development vector

$$E_{S\tau}^k \{ \Phi_{\tau k} \{ L_k(LACE_k - LCOE_k), F[PPF(\tau), ET(k, \tau), FCF(k, \tau), EGR(\tau)] \} \}$$

$$\tau = 1, 2, \dots, T,$$

is determined on the basis of data obtained at the top-level and are the initial data for calculations at the current level:

- the required balance of total power P_{τ}^k ;
- volumes of constant operating expenses, E/kW;
- amounts of variable operating costs, E/kWh.

Perhaps the use of the model in the opposite (bottom-up) direction as in [1].

1. Viktor Denisov. The step by optimization model of the sustainable development of energy systems SCIENCE, RESEARCH, DEVELOPMENT. Technics and technology. – Berlin – 2018. – p. 10-12.
2. E-storage: Shifting from cost to value. © World Energy Council 2016, p.27. URL: <http://www.worldenergy.org/publications/>.

МОРСЬКІ ВОДОРОСТІ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Болгова Н.В.

Доцент, кандидат сільськогосподарських наук,
Сумський національний аграрний університет

Ключові слова: ламінарія, морська капуста, водорості, йод, склад, молочні продукти.

Keywords: laminaria, sea cabbage, seaweed, iodine, composition, dairy products.

Харчування є одним з найважливіших факторів, що формують здоров'я людини. Результати масових обстежень свідчать про значні порушення в раціоні харчування населення України, в тому числі надмірному споживанні тваринних жирів, нестачі повноцінних білків, поліненасичених жирних кислот, харчових волокон, дефіциті вітамінів (групи В, А і С), мінеральних речовин, особливо кальцію, заліза, селену, йоду. Вирішити зазначені проблеми можливо шляхом розроблення технологій функціональних харчових продуктів, рецептурними компонентами яких служать натуральні харчові продукти, що містять від природи велику кількість функціональних інгредієнтів [2, 8].

Здоров'я людини тісно пов'язане з якістю і користю продуктів харчування та екологічними характеристиками середовища проживання. Взаємопов'язані проблеми, що стосуються харчування, екології та здоров'я людини, повинні вирішуватися комплексно, на основі новітніх наукових досягнень [9,12].

Враховуючи несприятливу екологічну обстановку, а також рівень загальної захворюваності, в середньому, 80% населення України, особливо дітей, не менше двох разів на рік повинні проходити курс бактеріотерапії або бактеріопротекції. Тому розробка біотехнологій збагачення традиційних і найбільш споживаних продуктів харчування еубіотиками, а також повсюдне їх виробництво, вважається найбільш перспективним напрямком, який забезпечує реальне оздоровлення людської популяції. На даний момент попит на пробіотичні продукти, із-за їх недовіди, поки перевищує пропозицію [13]. Гостру необхідність в них мають регіони, постраждалі від аварії на ЧАЕС, де мікроекологічний статус населення безпосередньо залежить від споживання пробіотичних продуктів [10, 14]

У зв'язку з цим виникає потреба у спеціалізованих продуктах харчування для досить великого контингенту.

В останні роки широке поширення отримує виробництво молочних про-

дуктів з використанням сировини не молочного походження [6, 10]. Це сприяє збільшенню та випуску продукції, поліпшенню її харчової і біологічної цінності, а також підвищенню ефективності виробництва.

Більшість жителів нашої країни, які проживають в 30 регіонах страждають дефіцитом йоду. Йододефіцитні захворювання включають патологічні стани, пов'язані з порушенням функції щитовидної залози, обумовленої зниженням споживання йоду з їжею і водою.

Продукти переробки морських водоростей можна розглядати як джерело харчових волокон і йоду. При розробці нових продуктів харчування, слід враховувати, що проста заміна в традиційній рецептурі одних інгредієнтів іншими, як правило, відображається на споживчих властивостях новостворюваних продуктів. Необхідний обґрунтований кількісний підбір компонентів сировини і добавок, що забезпечує задані органолептичні, технологічні та функціональні характеристики готового продукту.

Для профілактики йододефіциту необхідно споживати багаті йодом продукти, в яких йод накопичується природним шляхом [14].

Краще всього для профілактики йододефіциту підходять ті продукти, в яких йод спочатку закладений. Це такі продукти як: суха ламинарія містить від (26 -180 мг), морська капуста (200-220 мг) йоду; морепродукти і морська риба (300 – 3000 мг), квасоля (12 мг); часник (9 мг); буряк (7 мг); помідори (6 мг). Соя, виноград, редис і зелений

салат містять (8 мг) йоду, а моркву, картоплю і зелений горошок (5 мг). По 2 мг йоду міститься в яблуках, апельсинах, вишні і баклажанах, а груші, агрус, чорна смородина і абрикоси – в два рази менше. Найбагатшою йодом крупою є пшоняна. Вона містить 4,5 мг на 100 г крупи, за спаданням далі слід гречана крупа (3,3 мг), пшенична крупа (1,5 мг) і остання – рисова (1,3 мг) [4].

Для вирішення проблеми йододефіциту з'ясуємо що собою представляє ламинарія.

Рід ламинарія (*Laminaria*) нараховує близька 30 видів, причому тільки 3 з них зростають у південній півкулі: 2 види – біля берегів Бразилії на великій глибині (70–80 м), 1 вид – у південних берегів Африки. Решта видів поширена у північній півкулі; більше всього видів ламинарій у Тихому океані. Отруйних рослин серед них немає, проте більшість з них в їжу не вживається через незвичний смак та грубу консистенцію. Різні види ламинарії дещо відрізняються за складом, що обумовлено різноманітністю якісного складу та кількісного вмісту речовин морської води, її температури, а також різних умов освітленості [11]. На сьогодні на фармацевтичному ринку можна зустріти декілька різновидів ламинарії. У продаж для харчових і кормових цілей найчастіше надходять: ламинарії японська і цукриста.

За кількістю деяких хімічних елементів водорості значно переважають наземні рослини, а кількість йоду (0,15-0,54 %) в ламинарієвих у декілька тисяч разів більша, ніж в наземній

флорі. Більша частина йоду знаходиться у вигляді йодидів, йодатів, а також йодоорганічних сполук (монойодотирозину, дийодотирозину тощо) [5, 7].

Аналіз складу та властивостей морських водоростей (морської капусти) вказує на можливість і перспективність їх використання при виробництві м'яких сирів. Морська капуста містить велику кількість йоду, калію, заліза, натрію та інших мінеральних речовин [1, 5]. Харчова цінність морських водоростей визначається високим вмістом в них легко засвоюваних вуглеводів, вітамінів, мінеральних речовин, органічних кислот, капуста має лікувально-профілактичні властивості [3].

Враховуючи різноманітний склад ламінарії та морської капусти, вони на сьогодні залишаються перспективною сировиною для розробки та виробництва молочних продуктів. Тому розробка рецептури, удосконалення технології виробництва функціональних молочних продуктів представляє науковий і практичний інтерес та є актуальною темою на сьогоднішній день.

Література.

1. Азарашвили А.И. Биологически активные вещества и другие природные соединения морских водорослей / А.И. Азарашвили – Тбилиси, 1980. – 334 с.
2. Бурцева Е.И. Разработка технологии печеночно-растительной кулинарной продукции функционального назначения: дисс. канд. биол. наук: 05.18.15 / Бурцева Елена Игоревна. – Орел, 2014. – с.149.
3. Владимирова И.М. Ламінарії слані, обґрунтування вибору для фармакопейної стандартизації / І.М. Владимирова, В.А. Георгіянц, А.Г. Котов// Управління, економіка та забезпечення якості в фармації. – №4 (18). – 2011. – С. 24-29.
4. Дзахмишева И.Ш. Профилактика йододефицита функциональными продуктами питания / Дзахмишева И.Ш.// Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10 (часть 11) – С. 2418-2421.
5. Зузук Б. М. Ламинария сахаристая (син. Морская капуста) *Laminaria saccharina* (L.) Lamour (Аналитический обзор) / Б.М. Зузук // Провизор. – 2004. – № 8. – С. 26–30.
6. Йодказеин ликвидирует йодную недостаточность / Цыб А.Ф., Шахтарин В.В., Розиев Р.А., Черняев С.И. Томчани О.В. // Молочная промышленность. – №6. – 2000. – С. 45-48.
7. Корзун В.Н. Пути предупреждения патологии щитовидной железы при действии радиации и эндемии / В.Н. Корзун // Межд. журнал радиационной медицины. – 2001. – № 1–2. – С. 214.
8. Кочеткова А.А. Функциональные продукты в концепции здорового питания. // Пищевая промышленность. – 1999. – №3. – С. 4-5.
9. Кудряшева А.А. Человек на пороге XXI века // Пищевая промышленность. – №3. – 1999. – С.69-71.
10. Продукты с нетрадиционными БАД / Цыб А.Ф., Розиев Р.А., Бевз Н И., Черняев С И., Черняева М.Н. // Молочная промышленность. – №11. – 1999. – С. 11-13.
11. Состав йодосодержащих экстрактов из ламинарии японской /М.Н. Аминина, Т.И. Вишневская, Т.А. Саяпина, Л.Т. Ковековдова, А.В. Подкорытова// Известия вузов. Пищевая технология. – №1. – 2007. – С. 24-27.
12. Черняев С.И. Йод + молоко = здоровье / Черняев С.И., Томчани О.В., Зевакин И.И. // Молочная промышленность. – №10. – 2000. – С. 33-34.
13. Черняев С.И. Йоддефицитным состоянием населения объявляется война /

Черняев С.И., Зевакин И.И. // Вестник КТПП. Инф.-аналит. журн.. – №2. – 2000. – С. 32-33.

14. Черняева М.Н. Нормализация экологического состояния микрофлоры

организма при использовании микробной ассоциации и биологических добавок мягкого сыра «Аура»: дисс. канд. биол. Наук: 03.00.29 / Черняева Марина Николаевна. – Калуга, 2000. – с.143.

ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПІДТРИМКИ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

Шаров С.В.

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри інформатики і кібернетики Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького

Еміратлі А.Р.

студент 4 курсу Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького

У статті розглядається визначення та особливості експертних систем, повідомляється про напрямки їх використання у вищій школі. Зазначається, що головною особливістю програмних засобів такого типу є використання якісного досвіду експертів у комп'ютерних системах навчання, безперервній освіті, під вивчення нового навчального матеріалу, контролі знань та інших напрямках. Крім того, застосування експертних систем доречно для забезпечення індивідуалізованого освітнього процесу та керування навчальним закладом.

Ключові слова: експертні системи, інтелектуальні системи, вища школа, неформалізовані знання

Keywords: expert systems, intelligent systems, higher education, non-formalized knowledge

Сьогодні існує тенденція на зростання інтересу серед економістів, викладачів, лінгвістів, медиків, психологів до програмних розробок в області інтелектуальних систем. Застосування програмних комплексів з елементами штучного інтелекту істотним чином перетворює сучасну повсякденну реальність та формує особливий тип свідомості. Інтелектуальні системи значно впливають на напрямки досліджень (наукових і технологічних), пов'язаних з використанням інформаційно-комунікаційних технологій, а також надають можливість отримати вагомий практично-значущі результати.

Найбільш відомим і поширеним видом інтелектуальних систем, які часто застосовуються в різних областях науки та техніки, зокрема в освіті, вважаються експертні системи (ЕС).

Метою статті є огляд можливостей та напрямів використання експертних систем для підвищення якості навчального процесу вищої та середньої школи.

Зазвичай під експертними системами розуміються прикладні програмні комплекси на основі штучного інтелекту, які містять базу формалізованих знань експертів у певній вузькій предметній області [7, с. 95]. Знання фахівців, певним чином структуровані та

пов'язані між собою за допомогою різноманітних зв'язків, зберігаються у базі знань, яка є основою будь-якої ЕС. Крім того, в експертних системах смислова обробка інформації превалює над обробкою числових даних. Зважаючи на це, саме ступінь інтелектуалізації визначає експертні систем від звичайних програмних комплексів.

Особливості та переваги експертних систем полягають у наступному: за рахунок використання методів та технологій штучного інтелекту можна істотно збільшити коло практичних завдань, які вирішуються за допомогою комп'ютерної техніки; експертні системи можуть взяти на себе виконання окремих функції людини; інструментальні засоби штучного інтелекту можуть легко інтегруватися з іншими програмними засобами, системами управління базами даних тощо.

Інтелектуальні системи знайшли своє застосування у багатьох сферах діяльності: освіті, виробництві, кібербезпеці, розвагах і побуті у викладі мобільних, веб-орієнтованих або desktop-додатків. Елементи штучного інтелекту підвищують функціональність та конкурентоздатність більшості програмних засобів та сучасних електронних пристроїв. При цьому техніка, оснащена ознаками штучного інтелекту з метою підвищення рівня комфорту та безпеки людини, на сьогодні стала характерною рисою повсякденного побуту [5, с. 109].

Експертні системи дозволяють поєднати знання та навички досвідчених фахівців. Відомими прикладами є при-

йняття рішень в складних ситуаціях, аналіз візуальної інформації, складання рекомендацій з лікування хвороби на основі поставленого діагнозу, управління пультами охорони або тривожними кнопками тощо. Якщо можливості інтелектуальних систем поєднати із певним об'ємом навчальної інформації, то у такому випадку використання ЕС стає принципово новим напрямком підвищення ефективності навчального процесу за рахунок здійснення контролю та управління процесом освіти студентів на основі їх навчальних успіхів.

М. Чванова та інші науковці вважають, що сучасні дослідження в напрямку розробки експертних систем та їх застосування в освіті умовно можна поділити на три великих групи: дослідження, присвячені теоретико-педагогічним аспектам застосування інтелектуальних, зокрема експертних, систем в освіті; практична реалізація експертних систем, призначених для навчання спільно з викладачами на основі вже відомих технологій; дослідження нових підходів розробки ЕС для освітнього процесу [8, с. 40].

На думку Є. Мягкової, експертні системи можуть використовуватися у навчальному процесі у вигляді інтелектуальних навчальних систем, що мають масив знань з методики викладання та допомагають вчителям (викладачам) навчати, а учням (студентам) – вчитися. Автор вважає, що головна мета таких експертних систем полягає у навчанні студентів та оцінці їх поточного рівня знань щодо рівня

знань викладача. Аналіз та порівняння знань викладача та студентів із конкретної дисципліни дозволить виявити відмінності та внести відповідні корективи у процес навчання [3, с. 14]. Аналогічної думки дотримується С. Титенко, яка вважає, що системи штучного інтелекту можуть забезпечити підтримку навчального процесу на рівні передачі навчальної інформації та допомогти студентам опанувати навчальною дисципліною [6].

Слід зазначити, що ЕС можна використовувати не тільки для подання нового навчального матеріалу, а й для допомоги під час вирішення завдань та контролі знань на рівні репетитора. У цьому випадку експертна система може здійснювати покроковий контроль за правильністю ходу рішення задачі.

Н. Баранова зазначає, що експертні системи можна використовувати у бер-перервній освіті, оскільки вони здатні враховувати індивідуальні особливості студентів та їх професійні переваги. Це дозволяє підвищити результативність підготовки студентів, сприяє посиленню мотивації до усвідомленого вибору професії, розвиває пізнавальну активність тощо. Автор зазначає, що створена ними ЕС генерує різні варіанти індивідуального навчального плану, який у разі потреби може бути змінено з урахуванням методичного потенціалу, майстерності викладачів, результатів діагностики першокурсників та абітурієнтів [1, с. 27].

Використання експертних систем у якості засобу навчання має позитивну

динаміку під час підготовки фахівців з різних предметних областей. Так, І. Красильников зазначає, що методика навчання з використанням експертних систем доволі ефективна при навчанні фахівців інженерних спеціальностей. Вона надає змогу сформувати у студентів додаткові навички у набутті нових знань та застосування технології інженерії знань. На думку автора, отримання інформації з певної дисципліни за допомогою методів інженерії знань є більш ефективним, ніж стандартна організація навчального процесу. Використання запропонованої методики сформує у студентів навички самостійного навчання, при цьому комп'ютери в навчальному процесі використовуються не як контрольні-навчальні системи, а як інструмент пізнання [2, с. 114].

Системи, засновані на знаннях, можуть бути складовою частиною навчальних програмних комплексів (НПК). Наприклад, система отримує інформацію про навчальну діяльність студента та аналізує його поведінку. В залежності від результатів аналізу змінюється база знань, яка входить до складу НПК. Такий ітераційний процес відбувається до тих пір, поки дисципліна не буде опанована студентом.

На додаток, інтелектуальні системи використовуються не тільки для інтелектуального навчання студентів за рахунок здійснення окремих функцій викладача. Є більш загальні проекти, які надають змогу опанувати більш абстрактною інформацією. Наприклад, група авторів створила

онлайн систему з елементами штучного інтелекту, яка дозволяє порівнювати рамки кваліфікацій, забезпечуючи таким чином запровадження європейських стандартів та рамок кваліфікацій з урахуванням вимог ринку праці до компетентностей фахівців [4, с. 65].

Отже, експертні системи як представники інтелектуальних систем знайшли своє використання у багатьох сферах діяльності, у тому числі освіті. Їх основне призначення полягає в оцінці параметрів та завдань, часто слабоформалізованих, формуванні на цій основі певних рішень, які відрізняються якістю та ефективністю. Застосування експертних систем в освіті дозволить підвищити якість процесу навчання та забезпечити індивідуальний підхід до студентів.

Література

1. Баранова Н.А. К вопросу о применении экспертных систем в непрерывном педагогическом образовании / Н.А. Баранова // Образование и наука. – 2008. – № 4 (52). – 24 – 28.
2. Красильников И. В. Методика применения разработки экспертных систем для обучения специалистов / И.В. Красильников // Сборник научных трудов Международного форума «Электронное образование: от настоящего к будущему» (Ижевск, 12-14 ноября 2013 года). – Ижевск, 2013. – С. 112 – 114.
3. Мягкова Е.В. Роль и возможность применения экспертных систем как информационных технологий в сфере высшего образования / Е.В. Мягкова // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2008. – № 1. – С. 13 – 15.
4. Осадчий В.В. Проективання інтелектуальної системи інформаційного та когнітивного супроводу функціонування Національної рамки кваліфікацій / В.В. Осадчий, К.П. Осадча, С.В. Шаров // Штучний інтелект, 2015, № 1-2. – С. 63 – 69.
5. Ревко П.С. Искусственные интеллектуальные системы в повседневной жизни человека / П.С. Ревко. – Известия Южного федерального университета. Технические науки. – Вып. № 9-2, 2006. – С. 109 – 110.
6. Титенко С.В. Проблема подання знань на основі природної мови у освітніх системах штучного інтелекту: [Електронний ресурс] / С.В. Титенко // Лабораторія СЕТ. Київ, 2006. – Режим доступу: http://www.setlab.net/?view=Philosophy_Knowledge.
7. Шаров С.В. Інтелектуальні інформаційні системи: навч. посіб. / С.В. Шаров, Д.В. Лубко, В.В. Осадчий. – Мелітополь: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2015. – 144 с.
8. Чванова М.С. Проблемы использования экспертных систем в образовании / М.С. Чванова, И.А. Киселева, А.А. Молчанов // Вестник ТГУ. – 2013. – Вып. 3 (119). – С. 39 – 47.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОДОГРЕВА В КАМИНЕ НАД КОНВЕРТЕРОМ ПЕРЕМЕШИВАЮЩЕГО ДОННОГО ДУТЬЯ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ПРОДУВКИ КОНВЕРТЕРНОЙ ВАННЫ



Пантейков Сергей Петрович

канд. техн. наук, инженер-металлург,
инженер-программист, юрист,
доцент Днепровского
государственного технического университета,
г. Каменское, Украина;



Семерунина Людмила Петровна

инженер-металлург,
аспирантка
Днепровского государственного технического университета,
г. Каменское, Украина;



Пантейкова Елена Сергеевна

магистр металлургии, юрист, юристконсульт
Территориального центра социального обслуживания населения
Днепровского района, г. Каменское,
Украина;



Иогансон Олеся Викторовна

студентка
магистратуры кафедры металлургии чёрных металлов
Днепровского государственного технического университета,
г. Каменское, Украина.

В работе рассмотрена разработанная авторами математическая модель предварительного подогрева в камине над конвертером нейтрального газа, подаваемого на донное перемешивание расплава в ходе его комбинированной продувки в конвертере.

Ключевые слова: математическая модель, предварительный подогрев, донное дутьё, перемешивание расплава, камин конвертера.

Keywords: mathematical model, preliminary heating, bottom blowing, melt stirring, converter fireplace.

В работах [1, 2] для условий комбинированной продувки ванны конвертеров кислородом сверху и нейтральным газом снизу была установлена целесообразность подогрева донного дутья и возможность осуществления нагрева газа до 280°C и 480-500°C соответственно.

Однако, как показали численные исследования [3-5] термонапряжённого состояния различных конструкций донных огнеупорных блоков для подачи нейтральных газов в расплав снизу, подогрев донного дутья должен быть значительно выше и примерно быть равным температуре расплава в конвертере.

Подогрев дутья до указанных температур позволит избежать значительных термических напряжений, возникающих в теле огнеупорных блоков донных дутьевых устройств, вызываемых более низкой температурой подаваемого донного дутья в сравнении с температурой продуваемого металла, в особенности в тех частях фурменных блоков, которые находятся в прямом соприкосновении с дутьём и металлической ванной (или в непосредственной близости к ней).

Кроме того, высокие температуры подогрева донного дутья позволят в процессе его подачи в расплав избежать образования настыва на торцах донных блоков. Это устранит структурные разрушения огнеупорного материала дутьевых устройств с отслаиванием значительных его частей на поверхности блоков, связанных с различной величиной коэффициента температурного расширения огнеупора и материала настыва [6].

Однако, для осуществления предварительного подогрева донного дутья до температур 1300...1650°C необходима разработка специальных подогревающих устройств, так как известные устройства для подогрева газа [7-10] не позволяют осуществлять подогрев и регулирование донного дутья до температур расплава в конвертере.

С целью осуществления высокотемпературного подогрева донного дутья предложены новые конструкции конвертеров, позволяющие подогревать до высоких температур газ, идущий на донное перемешивание расплава в конвертере, в камине над конвертером¹.

С целью определения рациональных параметров предложенных теплообменных устройств, представляющих собой огнеупорный камин, расположенный над конвертером, с установленным внутри огнеупорного материала каминного трубопроводом-змеевиком, проведено численное решение задачи предварительного подогрева подаваемого газа в камине над конвертером с помощью разработанной математической модели указанного подогрева.

Область расчёта температур в материалах каминного конвертера («огнеупорный материал каминного конвертера» + «кожух каминного») рассматривается в виде кругового прямого цилиндра с внутренней цилиндрической полостью

¹ Конструкции конвертеров с подогревом донного дутья в камине патентуются (заявки на изобретения Украины № а 2017 10142 и № а 2017 10162 от 20.10.2017г.).

вдоль его оси – газоходом. Витки трубопровода для подогрева донного дутья уложены в огнеупорном материале камина по его высоте в виде змеевика (спирали) в непосредственной близости к внутренней поверхности огнеупорного материала камина.

Таким образом, расчёт температурного поля подаваемого газа по длине змеевика, а также температурных полей в огнепоре и кожухе камина над конвертером произведён при совместном решении дифференциального уравнения теплопроводности Фурье [11] в цилиндрических координатах (трёхмерная постановка):

$$\frac{\partial t(r, \theta, z, \tau)}{\partial \tau} = a(t, r, \theta, z) \cdot \left(\frac{\partial^2 t(r, \theta, z, \tau)}{\partial r^2} + \frac{\partial t(r, \theta, z, \tau)}{r \cdot \partial r} + \frac{\partial^2 t(r, \theta, z, \tau)}{r^2 \cdot \partial \theta^2} + \frac{\partial^2 t(r, \theta, z, \tau)}{\partial z^2} \right), \quad (1)$$

и уравнения изменения энтальпии подаваемого газа (одномерная постановка) вследствие его конвективного теплообмена с внутренней полостью трубы теплообменника по закону Ньютона-Рихмана [12]:

$$\frac{dt_{\Gamma}(x, \tau)}{dx} = 4 \cdot St \cdot [t(r, \theta, z, \tau) - t_{\Gamma}(x, \tau)] \quad (2)$$

В уравнениях (1) и (2): $t(r, \theta, z, \tau)$ – температура, как функция текущих координат r (радиуса), θ (угла), z (высоты) и времени продувки τ , °С; $a(t, r, \theta, z)$ – коэффициент температуропроводности материала, m^2/c , как функция текущих температуры t и координат r, θ, z ; $t_{\Gamma}(x, \tau)$ – температура газа, как функция текущей координаты x (длины трубопровода) и времени продувки τ , °С; St – число Стантона.

Моделью принято, что внутренняя огнеупорная поверхность камина конвертера нагревается посредством конвективного теплообмена с потоком отходящего конвертерного газа из агрегата. Кроме того, указанная поверхность воспринимает теплоизлучение от поверхности жидкого шлака в конвертере, от нагретой футеровки конвертера, расположенной над конвертерной ванной, и от факела догорающего в камине над горловиной конвертера оксида углерода. Наружная поверхность (кожух) камина обменивается теплом с окружающей средой посредством излучения и свободной конвекции.

ВЫВОДЫ: Путём численного моделирования установлена возможность подогрева нейтрального газа, подаваемого на донное перемешивание расплава в конвертере при комбинированной продувке, до температур 1300-1650°С. Определены рациональные параметры теплообменного устройства, расположенного в камине над конвертером.

Литература

1. /Разработка устройств для комбинированной продувки в 160-т конвертере с подогревом подаваемых через днище газов / А.Г.Чернятевич, Е.В.Протопопов, С.В.Кукса и др. // Известия вузов. Чёрная металлургия. – 1985. – № 10. – С.28-32.
2. О подогреве перемешивающего газа для комбинированной продувки конвертерной

- ванны / А.Г.Чернятевич, Е.В.Протопопов, В.Р.Джувага и др. // Известия вузов. Чёрная металлургия.– 1987.– № 8.– С.17-21.
3. Пантейков С.П., Семерунина Л.П. О термических напряжениях, возникающих в огнеупорном материале блоков SA-фурм конвертеров комбинированного дутья // “Литье. Металлургия. 2016”: Материалы XII и V Международных научно-практических конференций (24-26 мая 2016 г., г.Запорожье) / Под общ. ред. д.т.н., проф. Пономаренко О.И. – Запорожье, ЗТПП, 2016.– С.395-397.
 4. Пантейков С.П., Семерунина Л.П. О снижении термонапряжений в конвертерном многоканальном донном фурменном блоке // Проблеми математичного моделювання: Матеріали Всеукраїнської науково-методичної конференції, 25-27 травня 2016р. м.Дніпродзержинськ.– Дніпропетровськ: Біла К.О., 2016.– С.53-57.
 5. Пантейков С.П., Семерунина Л.П. Пути снижения термических напряжений, возникающих в огнеупорных блоках одноканальных донных дутьевых устройств конвертеров комбинированного дутья // “Стратегия качества в промышленности и образовании”: Материалы XII Между-народной конференции (30 мая-1 июня 2016 г., г.Варна, Болгария).– Днепропетровск-Варна, 2016.– С.205-209.
 6. Пантейков С.П., Семерунина Л.П. Исследования процесса настывлеобразования на торце многоканальных донных фурм при комбинированной продувке расплава в конвертере // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej «Inżynieria i technologia. Współczesne problemy i perspektywę rozwoju» (Warszawa (PL), 30.01.2017-31.01.2017).– Warszawa: Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2017.– Str.28-30.
 7. А.с. 1074907 СССР, МКИ С 21 С 5/42. Конвертер / А.Г.Чернятевич, Р.С.Айзатулов, Л.М.Учитель и др.– № 3426203/22-02; Заявл. 19.04.82; Оpubл.23.02.84, Бюл. № 7.
 8. А.с. 1245599 СССР, МКИ С 21 С 5/42. Конвертер (его варианты) / А.Г.Чернятевич, В.И.Баптизманский, Б.А.Кустов и др.– № 3758654/22-02; Заявл. 25.06.84; Оpubл.23.07.86, Бюл. № 27.
 9. А.с. 1348375 СССР, МКИ С 21 С 5/42. Конвертер / А.Г.Чернятевич, Е.В.Протопопов, Р.С.Айзатулов и др.– № 4068510/31-02; Заявл. 05.03.86; Оpubл.30.10.87, Бюл. № 40.
 10. Предварительный подогрев нейтрального газа на конвертерах с комбинированной продувкой / А.Г.Чернятевич, Р.С.Айзатулов, Л.М.Учитель и др. // Бюллетень НТИ. Чёрная металлургия.– 1986.– № 11.– С.47-48.
 11. Беляев Н.М. Основы теплопередачи: Учебник.– К.: Выща шoola, 1989.– 343 с.
 12. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи.– М.: Энергия, 1977.– 344 с.

RESEARCH OF TRANSITION PROCESSES IN CIRCLES WITH AN INDUCTION

Bandurov S.O.

Berdyansk State Pedagogical University Master's degree student

Shaytanov M.S.

Berdyansk State Pedagogical University Master's degree student

Tykhonenko K. P.

Berdyansk State Pedagogical University Master's degree student

In electrical circuits that contain reactive load during the change of current or voltage, and also as a result of changes in one or more of the parameters of transient processes occur. The study of such processes is essential for designing of electrical devices that operate in the circles of constant and alternating currents. Typically, these devices contain inductive resistance. With the closure of such electric circuits, there are additional currents which is called over current.

Cause and he nature of the change of over currents in the electric circle of direct current that contains induction was sufficiently described in the scientific works: I. T. Gorbachuk, S. M. Starikov, S. I. Kozerenko, and others. But the methodology of experimental research of regularities of change of voltage and current, finding the time of their increase and decrease have not been given enough attention in the framework of the educational experiment in physics.

In this work considers the transition process which proceeds in the RL circuit, The electrical circuit is shown in Figure 1.

The main scientific objective of this work was to experimentally investigate using the computer complex on the basis of analog-to-digital converter the nature of the fast electromagnetic processes in the electric circuit (Fig.1) DC resistance and induction at the moments of opening and closure of the electric circuit.

During connection of the circuit to the DC voltage source and closing the key S1, the transition process is described by the differential equation, composed according to the second law of Kirchoff:

$$R \cdot i + L \cdot \frac{di}{dt} = U \tag{1}$$

This differential equation corresponds to the algebraic:

$$R + Lp = 0,$$

where $p = -\frac{R}{L}$ is the root of the characteristic equation.

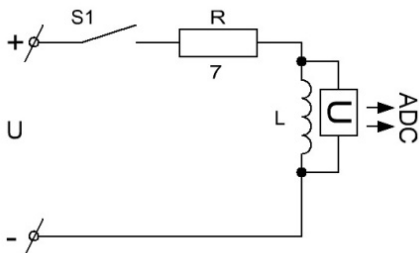


Fig. 1. The schematic circuit diagram

Then free current component of the transient process has the form:

$$i''(t) = Ae^{pt} = Ae^{-\frac{R}{L}t} \quad (2)$$

Since the circle is connected to the DC voltage source, the forced component of the current in the transition mode is equal to its steady-state value:

$$i = \frac{U}{R}.$$

Thus, the current transition process is equal to

$$i(t) = i'(t) + i''(t) = \frac{U}{R} + Ae^{-\frac{R}{L}t}$$

The final expression for the current transition process looks like:

$$i(t) = i'(t) + i''(t) = \frac{U}{R} - \frac{U}{R}e^{-\frac{R}{L}t} = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right) = \frac{U}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right), \quad (3)$$

where $\tau = \frac{L}{R}$ – is the time constant of an electric circuit, equal to the time interval

after which the free component of the current changes in e times relative to its original value.

Hence the EMF source $\varepsilon = iR$.

In the equation (3) it can be seen that the current in the chain increases according to the exponential law when the source is switched on. This is due to Lenz's law, according to which the additional currents resulting from self-induction aimed to counteract the changing primary current in the circuit. The current rate of change in the circuit is determined by the parameters R, L, ε .

The voltage on the induction of the transition process is determined from the equation:

$$U_L = L \cdot \frac{di}{dt} = L \cdot \frac{d\left[\frac{U}{R}\left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)\right]}{dt} = L \cdot \frac{U}{R\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} = Ue^{-\frac{t}{\tau}} \quad (4)$$

During the transition process the current in the circuit increases from zero, asymptotically approaching its steady-state value $\frac{U}{R}$ and the voltage across the induction which is equal to U when $t = 0$ decreases asymptotically approaching to zero. The time constant can be defined as the length of the podothic which is drawn at any point to the curve, which corresponds to an exponential function of time that is considered.

If RL circle that is connected to the DC voltage source is shorted, in the circuit will arise the transition process, due to the energy stored in the magnetic field of the induction L . It will be characterized by only the free component of the current, a necessary component is missing ($t' = 0$). In this case, the equation of the transition process is:

$$i(t) = i''(t) = \frac{U}{R} e^{-\frac{R}{L}t} = \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

From the time dependence of the current in the transition process it follows that after you turn off the source of EMF, the current in the circuit decreases exponentially from the value $\frac{U}{R}$ at the time of a short circuit to zero. From the formula for τ follows that the more $\frac{U}{R}$ induction L and less resistance R , the more constant τ and slower decreases the current in the circuit.

Identically changes the voltage across the induction in this circuit

$$U_L = L \cdot \frac{di}{dt} = L \cdot \frac{d\left[\frac{U}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}\right]}{dt} = -L \cdot \frac{U}{R\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} = -U e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (5)$$

To determine the nature of the change of the voltage and the timing of the increase and decrease in circuit with the induction coil, we collected circuit diagram which is shown in Fig.1. Experimental research was carried out in 3 stages of measuring the dynamics of growth and voltage drop at the moment of opening and closing of the electric circuit with the key S1. When performing each of the stages of measurement coil parameters were varied to find the dependence between inductance coils and the time of passage of voltage through it. Indications taken from the coil were recorded on the PC monitor by means of the specially-designed measuring complex based on the ADC [1].

In the first stage of the experiment we measured the coil inductance with the following parameters: $L = 11\text{H}$, quality- $Q = 4.5$ and obtained the graphical dependence (Fig. 2) of the rise time from the voltage that passes through the induction coil.

From the chart (Fig. 2) it can be seen that the rise time of the current τ_1 to voltage $U = 3.7\text{ V}$ is $54 \cdot 10^{-3}\text{ s}$; time of decrease of the current τ_2 is $114 \cdot 10^{-3}\text{ s}$.

In the second phase of the experiment, we established the following coil parameters: $L = 3.5\text{ H}$, quality- $Q = 7.5$. We defined the rise time of the current to τ_1 voltage $U = 3.7\text{ V}$ (Fig. 3), which is $36 \cdot 10^{-3}\text{ s}$; a time of decreasing current τ_2 is $30 \cdot 10^{-3}\text{ s}$.

In the third stage of the experiment, by changing settings of the induction coil: $L = 0.88\text{H}$, quality- $Q = 4$. During the measurements it was determined that the rise time of the current to voltage $U = 3.7\text{ V}$ (Fig. 4), and fall time of the voltage τ_2 are the same: $\tau_1 = \tau_2 = 9 \cdot 10^{-3}\text{ s}$.

The obtained experimental data of the nature of the increase and decrease of voltage in a circuit with the induction fully meet the requirements of equation (4) and (5). One of the main parameters, which allows to verify the validity of theoretical hypotheses – is the rise time and current τ_1 and current fall time τ_2 . In the course of the experimental research, it was determined that when the induction of the coil decreases, the time of falling and increasing the voltage becomes smaller.

Our proposed research methodology of over voltage by means of a PC allows to visualize the process occurring in circuits containing induction and to identify their patterns.

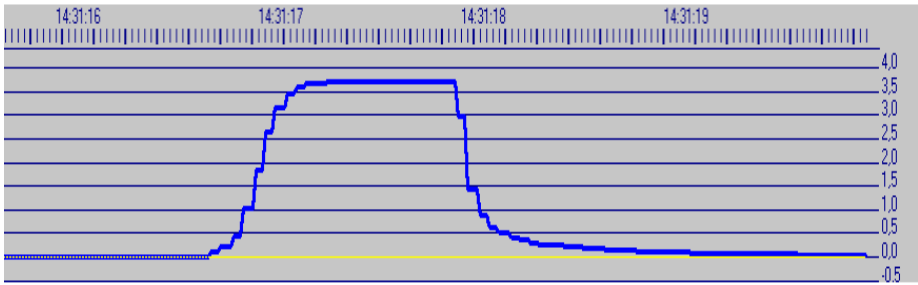


Fig. 2. The chart of change of voltage in an electrical circuit

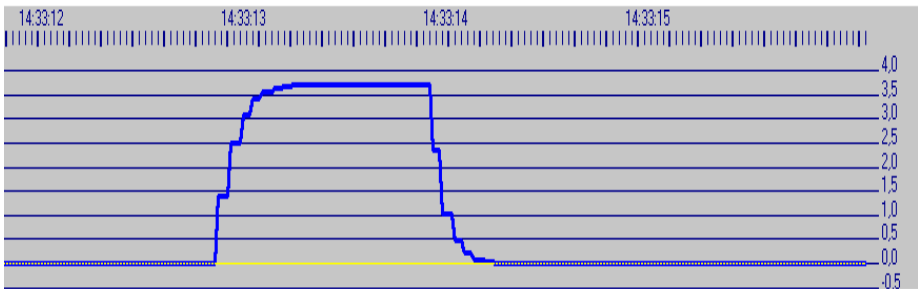


Fig. 3. The chart of change of voltage in an electrical circuit

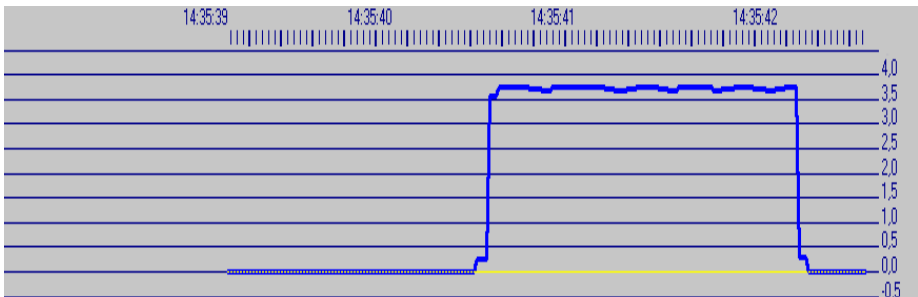


Fig. 4. The chart of change of voltage in an electrical circuit

REFERENCES

1. Bandurov S. O., Shyshkin G. A. Analog-to-digital converters in the educational physics experiment // The priorities of the world science: experiments and scientific debate Proceedings of the V International scientific conference – North Charleston, SC, USA, 2014. –134 p.

NANOPARTICLES OF ZIRCONIUM HYDROPHOSPHATE INCORPORATED IN WEAKLY-ACIDIC CATION-EXCHANGE POLYMER

Ponomarova L.N.,

PhD in Chemistry Sciences, Assist. Prof., Sumy National Agrarian University

Pshenychnyi R.M.,

PhD in Chemistry Sciences, Senior Lecture, Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko

Dzyazko Yu.S.

Doctor of Science, Head of the Laboratory Vernadsky Institute of General and Inorganic Chemistry of the Ukrainian National Academy of Sciences

Weakly acidic cation exchange resin was modified with nanoparticles of zirconium hydrophosphate. The materials were investigated with methods of standard contact porosimetry and transmission electron microscopy. Both non-aggregated nanoparticles (4-15 nm) and their aggregates (from 250 nm to several microns) have been found. These composites provide stronger interaction of molecules of Brilliant Green with the surface in comparison with the pristine polymer. The modifier also facilitates regeneration of the weakly acidic ion-exchanger.

Keywords: zirconium phosphate, organic-inorganic sorbent, cationic dye, nanoparticles, standard contact porosimetry, ion exchange, dye adsorption.

Sorbents that content constituents of different nature are in a focus of attention. The combination of organic and inorganic ion exchangers gives a possibility to obtain sorbents with wide spectra of functional properties. As a rule, organic-inorganic materials are characterized by considerable exchange capacity and high rate of ion exchange. Their selectivity is more expressed than that for organic components. In comparison with inorganic sorbents, some composites show better granulometric properties that makes them suitable for the application in column under dynamic conditions [1]. Organic polymer also provides better mechanical

properties for the sorbents. The organic-inorganic materials can be applied to water softening, separation and preconcentration of metal ions, nuclear separations, catalysis, redox systems, electrodeionization, hydrometallurgy, effluent treatment, production of ion selective electrodes and membranes. The composite sorbents are most often used for removal of toxic metal ions from water [2 – 5].

Organic-inorganic ion-exchangers have been synthesized by modification of weakly-acidic macroporous commercial ion-exchange resin, such as Dowex MAC-3 (Dow Chemical). Multiple modification of amorphous resins with nano-

particles of zirconium phosphate (ZrPh) in aqueous media provides deposition of nanoparticles from $ZrOCl_2$ solution. The materials were investigated by scanning and transmission electronic microscopy, standard contact porosimetry using water as a working liquid [6] and NMR ^{35}P spectroscopy.

Non-aggregated ZrPh nanoparticles, which are stabilized by walls of mesopores of the polymer matrix (clusters) were found. Aggregates are located in voids between gel regions, agglomerates are placed in structure defects. Polymerized phosphates are probably formed in clusters and channels.

The isotherms of water adsorption were analyzed, a change of swelling pressure caused by modifier was found. The amount of water molecules at counterions of functional groups was calculated.

The composites show higher exchange capacity under batch conditions as well as higher break-through capacity towards toxic components than the pristine resin. Better selectivity was also found. Moreover, the organic-inorganic ion-exchangers are stable against fouling with organics. The modified samples require lower amount of reagents for regeneration, they can be regenerated practically completely.

This allows us to increase a period for water purification, to decrease consump-

tions of the reagents for regeneration and water for washing of the ion exchange column. Moreover, the complete regeneration provides multiple usage of the organic-inorganic resins, especially for daily living needs.

1. Naushad M. Inorganic and composite ion exchange materials and their applications (Review). // *Ion Exchange Letters*. – 2009. – V. 2, N 1: – P. 1 – 14.
2. Awual Md. R. Functionalized novel mesoporous adsorbent for selective lead(II) ions monitoring and removal from wastewater. / Hasanb Md. M, Shahat A. // *Sensors and Actuators B: Chemical*. – 2014. – 203. – P. 854–863
3. Dzyazko Yu. S. Composite ion-exchangers based on flexible resin containing zirconium hydrophosphate for electromembrane separation / Volfkovich Y.M., Ponomaryova L.N., Sosenkin V.E., Trachevskii V.V., Belyakov V.N.// *J. Nanosci. Technol.* – 2016. – V. 2, N 1. – P. 43-49.
4. Dzyazko Y.C., Effect of the porous structure of polymer on the kinetics of Ni²⁺ exchange on hybrid inorganic-organic ionites / Ponomareva L.N., Volfkovich Y.M., Sosenkin, V.E. // *Russian Journal of Physical Chemistry A*. – 2012. – Vol. 86, N. 6. – P. 913–919.
5. Dzyazko Yu. S., Polymer Ion-Exchangers Modified with Zirconium Hydrophosphate for Removal of Cd²⁺ Ions from Diluted Solutions. / Ponomaryova L. N., Volfkovich Yu. M., Sosenkin V. E., Belyakov V. N. // *Separ. Sci. Technol.* – 2013. – Vol. 48, N.14. – P. 2140-2149.

ВПЛИВ МІКРООРГАНІЗМІВ НА ВИРОБНИЦТВО ТА ЯКІСТЬ ВАРЕНО-КОПЧЕНОЇ КОВБАСИ

Вовкогон А.Г.

доцент, кандидат сільськогосподарських наук

Качан А.Д.

доцент, кандидат сільськогосподарських наук

Надточій В.М.

доцент, кандидат сільськогосподарських наук Білоцерківський національний аграрний університет

Ключові слова: технологія, м'ясо, фарш, варено-копчені ковбаси, мікроорганізми, бактеріальне обсіменіння.

Keywords: technology, meat, minced meat, boiled-smoked sausages, microorganisms, bacterial insemination.

Виробництво варено-копчених ковбас високої якості передбачає використання м'яса із незначним бактеріальним обсіменінням. Загальна кількість мікробів у м'ясі не повинна перевищувати 10×10^6 в одному грамі. При більш високому бактеріальному обсіменінні існує небезпека його негативного впливу на технологічні процеси виробництва ковбаси, і як наслідок – погіршення якості та мікробне псування, крім того, м'ясо повинно мати якомога вищий рН [1, 2].

У парному м'ясі кількість мікроорганізмів є найнижчою. У м'ясі, що зберігається, бактеріальне обсіменіння підвищується, а заморожене – має найбільшу кількість мікроорганізмів.

Основним методом зменшення кількості бактерій у фарші є його теплова обробка. Під впливом високої температури гинуть всі нестійкі до нагрівання мікроорганізми, особливо дріжджі і

бактерії, тоді як грампозитивні бактерії і коки гинуть за тривалішої теплової обробки. При дотриманні технологічних оптимальних режимів варіння у продукті грамнегативних бактерій майже не залишається. Зовсім не гинуть, або гинуть у значній кількості бацити і клостридії, спори яких витримують термічну обробку [3, 5].

Варіння ковбасних виробів проводять за температури 75–80 °С. Тривалість процесу визначається товщиною батонів і припиняється при досягненні температури в середині батонів 72 ± 2 °С. Для того, щоб впливати на термофільні вегетативні форми мікроорганізмів, такі як стрептококи, рекомендується застосовувати температуру 80 °С. Також не бажано допускати перепадів температури між обсмажуванням і варінням, оскільки це створює умови для розмноження мікроорганізмів.

Температура копчення ковбас становить 70–80 °С, у товщі батонів вона не перевищує 50 °С. Висока температура димних газів впливає на мікроорганізми, головним чином, у поверхневих шарах батонів. Вона розподіляється на всю масу батонів тільки при обробці тонших за діаметром ковбасних батонів. У товстіших батонах, навпаки, в центрі можуть розмножуватись мікроорганізми.

Теплова обробка проводиться у кінці технологічного процесу виготовлення ковбас, тому до її початку необхідно застосовувати інші методи, які попереджують попадання у фарш мікроорганізмів та їх розмноження.

Прянощі, які використовуються у виробництві варено-копченої ковбаси, впливають на мікроорганізми менше, оскільки частина їх антимікробних речовин у процесі термічної обробки втрачають свої властивості.

На початкових стадіях виробництва ковбаси (подрібнення і дозрівання м'яса, готування фаршу, шприцювання, обсмажування) у фарші збільшується кількість небажаної мікрофлори, особливо бактерій групи кишкової палички (табл. 1).

Кількість бацил, яка збільшується після додавання прянощів, залишається найменшою. Вміст лактобацил різко збільшується і майже в десять разів перевищує початковий, а загальна кількість мікроорганізмів після деякого збільшення залишається майже на одному рівні. У випадках, коли відбуваються порушення режимів технологічних операцій, або за тривалих про-

стоїв, мікроорганізми, які є у фарші, можуть активно розмножуватись.

При подрібненні м'яса збільшується площа його дотику з обладнанням і зовнішнім середовищем, що сприяє бактеріальному обсіменінню. Для запобігання розмноження мікроорганізмів, які попали у м'ясо, необхідно забезпечити безперервність технологічних процесів та низьку температуру (0 + 4 °С) дозрівання у невеликих ємкостях.

Внесені з добавками (сіль, молоко, соя, цукор, меланж, емульгатори і спеції) мікроорганізми в результаті перемішування рівномірно розподіляються по всьому фаршу.

За різних порушень технологічних режимів може розпочатись їх розмноження, яке викликає зниження якості та псування продукту. Мікроорганізми, як правило, виявляються лише в наступних стадіях технологічної обробки. У зв'язку з цим виготовлення фаршу повинно відбуватись швидко і за невисокої температури повітря (12–15 °С).

При наповненні фаршем ковбасних оболонок (шприцюванні) кількість мікроорганізмів у фарші продовжує збільшуватись за рахунок його обсіменіння, головним чином, з натуральних оболонок.

У фарші помітно збільшується кількість бацил, клостридій, мікрококів та ентеробактерій. Для зменшення кількості мікрофлори у натуральних кишкових оболонках перед використанням їх необхідно обробляти молочною, винною, оцтовою або мурашиною кислотами [4].

У процесі обсмажування ковбаси кількість мікроорганізмів у фарші

Таблиця 1

Вплив технологічних операцій на мікробіологічні показники варено-копчених ковбас

| № | Технологічні операції | Стан мікрофлори |
|---|-------------------------------|--|
| 1 | Подрібнення і засолення м'яса | Кількість мікроорганізмів збільшується за рахунок обладнання і солі. |
| 2 | Дозрівання м'яса | Кількість мікроорганізмів стабілізується та може збільшуватись за рахунок тари, рук працівників або недотримання температурного режиму дозрівання. |
| 3 | Готування фаршу | Кількість мікроорганізмів стрімко збільшується за рахунок обладнання, внесення добавок і спецій. |
| 4 | Наповнення оболонки фаршем | Кількість мікроорганізмів збільшується за рахунок обладнання і оболонки. |
| 5 | Обсмажування | Кількість мікроорганізмів збільшується за рахунок їх розмноження всередині батонів. |
| 6 | Варіння | Кількість мікроорганізмів різко зменшується під впливом високої температури. |
| 7 | Охолодження | Залишкова кількість мікроорганізмів стабілізується. |
| 8 | Копчення | Кількість мікроорганізмів зменшується в результаті бактерицидного впливу диму. |

продовжує дещо збільшуватись, а при варінні їх кількість суттєво зменшується. Варіння витримують тільки коки, мікрококи, бацили та клостридії.

При охолодженні ковбаси після варіння залишкова кількість мікроорганізмів у фарші стабілізується. Наступний за варінням та охолодженням процес копчення на вміст мікроорганізмів, особливо у товстих батонах, ніякого впливу не здійснює.

Готові варено-копчені ковбаси не повинні містити патогенних, токсичних мікроорганізмів, кишкової палички і стрептококів. Безпосередньо після виготовлення у варено-копчених ковбасах не повинно бути грамнегативної мікрофлори і бактерій групи ентерокока. Загальна кількість факультативно-анаеробних бактерій не повинна перевищувати 100×10^3 в 1 грамі [2].

Якщо загальна кількість мікроорганізмів в 1 грамі становить 500×10^3 , то

така ковбаса вважається по якості сумнівною, навіть якщо вона не має змін за органолептичними властивостями [2, 5]. Її необхідно направляти на переробку або для використання у технічних цілях.

Псування ковбас за нормальної залишкової мікрофлори викликається бацилами одного або кількох видів. Бактеріальний розпад ковбаси починається на непрокопчених ділянках батонів. Ковбасний фарш починає кришитись, розпадатись і набувати неприємного смаку та запаху. Причиною цієї вади може бути велика кількість спор бацил, занесених з неякісним м'ясом або допоміжними матеріалами [3, 5].

За надто тривалої витримки фаршу та високої температури внаслідок розмноження кислотоутворюючих бактерій (лактобацил, стрептококів, мікрококів) може відбутись закисання ков-

басного фаршу. У таких випадках ковбасний фарш має різко виражений смак та запах. Даний вид псування виникає на стадії попередньої обробки ковбаси до процесу варіння.

На стадії зберігання, особливо в торговельній мережі, в результаті впливу кисню повітря та розмноження лактобацил, ковбасний фарш на розрізі може набувати зеленого кольору. Зелене забарвлення фаршу можуть викликати бактерії, в результаті життєдіяльності яких утворюється сірководень [5].

При зберіганні ковбас на виробництві і в торгівлі інколи на батонах з'являється сірувато-білий наліт. Він може утворюватись внаслідок виступання солі або розмноження мікроорганізмів: стрептококів, плісневих або дріжджових грибів, грамнегативних психрофільних бактерій. Такий вид псування виникає при зберіганні продукту в приміщенні з підвищеною вологістю і температурою.

З метою запобігання псуванню варено-копченої ковбаси потрібно налагодити бактеріологічний контроль на всіх стадіях виробництва. Для гальмування процесу розмноження залишкової мікрофлори в готовій ковбасі застосовують низькі температури. Варено-копчені ковбаси повинні зберігатись за температури не вище 12 °С та відносній вологості повітря 75–80 %.

Ковбасу у вакуумних упаковках потрібно зберігати за температури

нижче 5 °С. Зберігання якісної ковбаси за низьких температур може тривати близько двох місяців. При більш тривалому зберіганні її можна зберігати у замороженому стані за температури -18 -20 °С терміном до п'яти місяців.

Отже, варено-копчена ковбаса відноситься до специфічних продуктів, розрахованих на обмежений термін зберігання, тому для одержання ковбасних виробів високої якості необхідно здійснювати мікробіологічний контроль на всіх стадіях виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баль-Прилипка Л.В. Актуальні проблеми м'ясопереробної галузі: [підручник] / Л.В. Баль-Прилипка. – Київ, 2011. – 288 с.
2. Ковбаси варено-копчені. Загальні технічні умови: ДСТУ 4591:2006. – [Чинний від 01,08,2007]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 19 с.
3. Лисицин А.Б. Основные факторы повышения стойкости мясопродуктов к микробиологической порче / А.Б. Лисицин, А.А. Семенова [и др.] / Все о мясе. – 2007. – № 3. – С. 16.
4. Лупандина Н.Д. Совершенствование технологии вареных колбас из сырья со свойствами PSE: автореф. канд. дис. / Н.Д. Лупандина Н.Д. – Ставрополь: КубГТУ, 2007. – 16 с.
5. Практикум з ветеринарно-санітарної експертизи з основами технології та стандартизації м'яса і м'ясних продуктів / [О.М. Якубчак, М.В. Козак, В.В. Влащенко, Л.В. Олійник та ін.]. – К.: Компанія «Біопром». – 2012. – С. 97–104.

