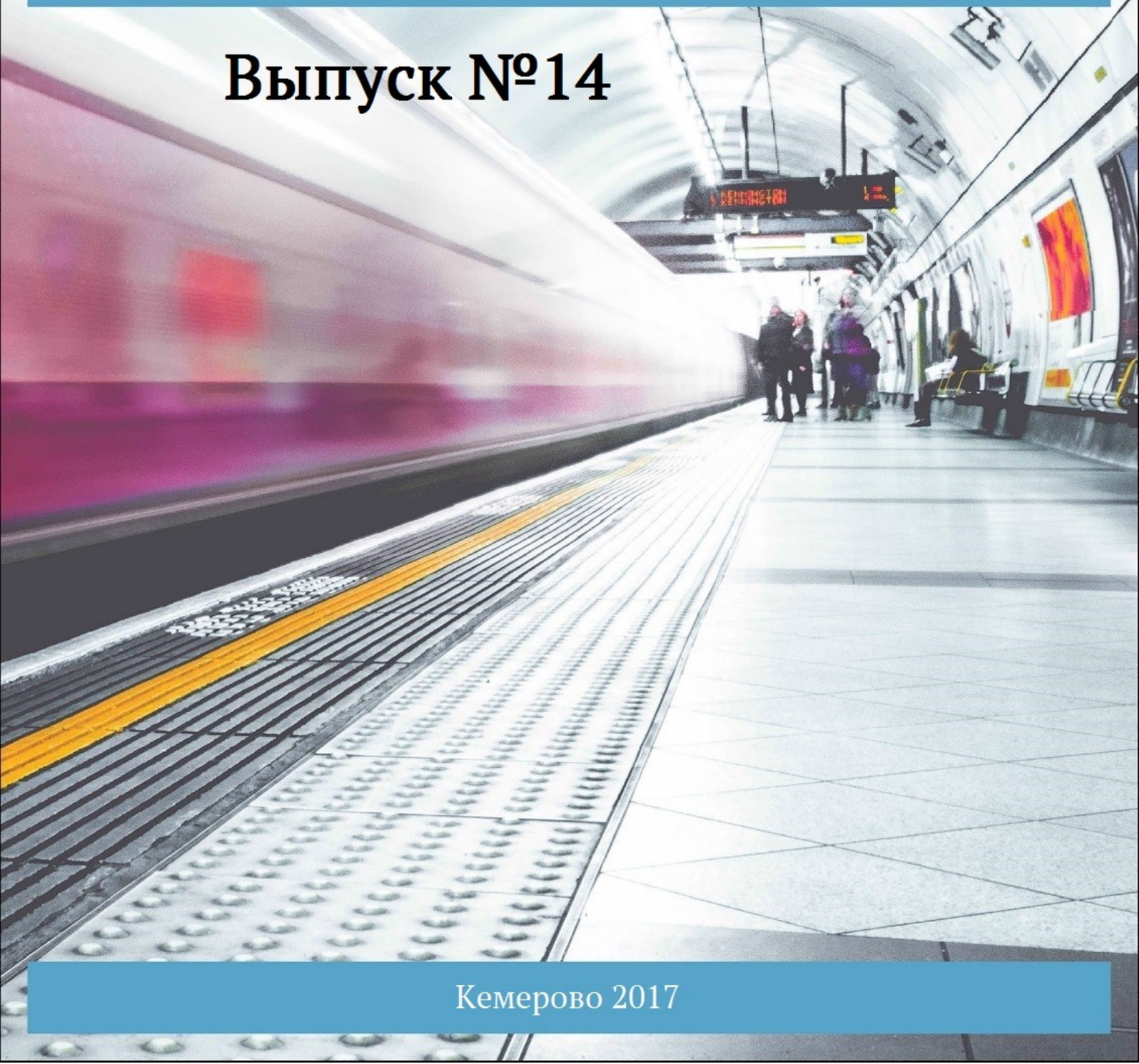
ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

Публикации для студентов, молодых ученых и научно-преподавательского состава на www.t-nauka.ru

ISSN 2500-1132 Издательский дом "Плутон" www.idpluton.ru

Выпуск №14



Кемерово 2017

28 августа 2017 г.
ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431
ISSN 2500-1140
УДК 378.001
Кемерово

Журнал выпускается ежемесячно, публикует статьи по естественным наукам. Подробнее на www.t-nauka.ru

За точность приведенных сведений и содержание данных, не подлежащих открытой публикации, несут ответственность авторы.

Редкол.:

Никитин Павел Игоревич - главный редактор, ответственный за выпуск журнала.

Баянов Игорь Вадимович - математик, специалист по построению информационно-аналитических систем, ответственный за первичную модерацию, редактирование и рецензирование статей.

Артемасов Валерий Валерьевич - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей.

Зимина Мария Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей.

Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганский инжинерно-строительный институт (НамМПИ)

Безуглов Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор кафедры математики и математического моделирования, Южно-российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И .Платова,

Наджарян Микаел Товмасович - кандидат технических наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении.

Шушлебин Игорь Михайлович - кандидат физико-математических наук, кафедра физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета.

Равшанов Дилшод Чоршанбиевич - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими.

Крутякова Маргарита Викторовна – доцент кандидат технических наук, Московский политехнический университет.

Гладков Роман Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации вооружения и военной техники Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища

А.О. Сергеева (ответственный администратор)[и др.];

Естественнонаучный журнал «Точная наука», входящий в состав «Издательского дома «Плутон», был создан с целью популяризации естественных наук. Мы рады приветствовать студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников. Надеемся подарить Вам множество полезной информации, вдохновить на новые научные исследования.

Издательский дом «Плутон» www.idpluton.ru e-mail: admin@idpluton.ru
Подписано в печать 28.08.2017 г.
Формат 14,8×21 1/4. | Усл. печ. л. 2.2. | Тираж 500.

Все статьи проходят рецензирование (экспертную оценку).
Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей.
Авторы статей несут полную ответственность за содержание статей и за сам факт их публикации.
Редакция не несет ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.
При использовании и заимствовании материалов ссылка обязательна.

Содержание

1. СИТУАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫМИ ПОТОКАМИ В КРУПНОМ МЕГАПОЛИСЕ…….……..……..…….……....2
Хорошунов А.А.
2. ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ ОКИСЛЕНИИ 1,4-НАФТОДИОЛА В ПРИСУТСТВИИ ОКСИГЕНИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ КОБАЛЬТА (II) ……8
Муцалова С.Ш.
3. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ СОБЫТИЙНОЙ МОДЕЛИ СТАЦИОНАРНОЙ СИСТЕМОЙ ВИБРОДИАГНОСТИКИ…….…….....14
Ишметьев Е.Н., Чистяков Д.В., Панов А.Н., Бодров Е.Э., Бодрова С.И., Михеева В.О.
4. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ СТАЦИОНАРНОЙ СИСТЕМОЙ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ТРЕНДА РАЗВИТИЯ ДЕФЕКТА……...……18
Ишметьев Е.Н., Чистяков Д.В., Панов А.Н., Бодров Е.Э., Бодрова С.И., Михеева В.О.

Хорошунов Алексей Алексеевич
Эксперт в сфере общественного транспорта, ГКУ ЦОДД, Москва, Россия
Khoroshunov Alexey Alexeevich
Expert of transport, CODD, Moscow, Russia
E-mail: alexkhoroshunov@gmail.com

УДК 368

СИТУАЦИОННОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫМИ ПОТОКАМИ В КРУПНОМ МЕГАПОЛИСЕ

THE SITUATIONAL MANAGEMENT OF CAR FLOWS IN A MAJOR METROPOLIS

Аннотация: Современные крупные города характеризуются достаточно развитой транспортной инфраструктурой, однако их охватывает «транспортный паралич», причиной которого является постоянный рост парка индивидуального транспорта на улицах и дорогах, отсутствие системного подхода к решению задач организации движения и, как следствие, низкое качество управления транспортными и пешеходными потоками. Особо следует отметить тот факт, что в современных городах-миллионниках лишь формально существуют автоматизированные системы управления дорожным движением (АСУДР), оборудование которых устарело морально и физически. Существующие АСУДР на сегодня не в состоянии справляться с задачами, возложенными на современные системы управления.

Abstract: Contemporary big cities are characterized by well developed transport infrastructure, however, their covers of "transport paralysis", which is caused by the constant growth of the Park private vehicles on the streets and roads, the lack of a systematic approach to solving problems of the organization of movement and, as a consequence, the low quality of management of traffic and pedestrian flows. Particularly noteworthy is the fact that in modern cities exist only formally automated systems of traffic management (ASUR) whose equipment is outdated morally and physically. Existing ASUCR today are not able to cope with the tasks assigned to the modern management system.

Ключевые слова: управление потоками, автомобильное движение, мегаполис, управление ситуацией, автоматизированные системы.

Key words: flow control, auto movement, metropolis, managing the situation, automated systems.

Сегодня особое внимание уделяется реконструкции улично-дорожной сети (УДС), а работы, в основном, касаются повышения уровня качества дорожного полотна, тогда как организационные аспекты реконструкции лишены должного внимания. Применяемый на УДС современных городов комплекс технических средств организации дорожного движения является малоэффективным, поскольку проекты организации движения выполняются на локальных объектах, что влечет за собой несогласованную работу комплекса технических средств организации дорожного движения на элементах УДС и, как следствие, неэффективное дорожное движение с частыми остановками на пути следования, неудовлетворительные экологические характеристики и повышенный расход топлива.

Итак, сформировалась острая потребность в составлении схем организации движения на УДС крупных и крупнейших городов, применении эффективных методов управления транспортными потоками (адаптивное, координированное, маршрутизированное управления и др.), а также в организации системы, которая позволит оперативно влиять на дорожную ситуацию в режиме реального времени.

В последнее время большое внимание уделялось проблеме обеспечения автотранспортного комплекса городов техническими средствами регулирования дорожного движения. Системные решения этой проблемы были предложены как отечественными, так и зарубежными производственными предприятиями. Особенностью применения комплексов технических средств управления дорожным движением является необходимость определения и передачи на них управляющих параметров, полученных на основании информации о текущем состоянии транспортного потока и улично-дорожной сети [5, с. 38].

Известны исследования методов и моделей, применяемых в существующих АСУДР, как отечественных, так и зарубежных ученых, специалистов. Отдельные работы посвящены разработке и усовершенствованию систем автоматизированного управления как на системном, так и на локальном уровнях. Существующие методы управления транспортными потоками по территориальному признаку управления можно разделить на:

– локальное управление на отдельных перекрестках УДС;
– зональное управление на отдельной магистрали городского УДС;
– зональное управление дорожным движением на УДС отдельного района города;
– системное управление дорожным движением на общегородской УДС.

Методы управления транспортными потоками на локальном уровне широко известны, и их можно разделить по гибкости цикла и фазы светофорного регулирования на [2, с. 68]:

– регулирование с предустановленными жесткими параметрами управления;
– регулирование с выбором программ управления с текущей транспортной ситуации на перекрестке;
– полностью гибкое регулирование.

При зональном управлении, как на отдельных магистралях, так и на УДС отдельного района, наиболее распространенными являются алгоритмы, основанные на применении заранее рассчитанных базовых программ координации (библиотеки базовых программ). Изменение программ позволяет с некоторой задержкой реализовать режим управления в соответствии с реальными условиями движения. Переход с одной программы на другую осуществляется постепенно путем сокращения или удлинения отдельных фаз в установленных пределах. Количество программ может составлять от одного до нескольких десятков.

Системные методы управления дорожным движением можно разделить на две группы:

– такие, что основываются на применении базовых программ координации работы светофорных объектов с выбором этих программ по заданным критериям с различными типами коррекции;
– такие, что позволяют производить необходимые управляющие сигналы по информации, поступающей с объекта непосредственно в процессе управления.

Системное управление обеспечивает повышение эффективности движения ТП в зоне, охватывающей множество связанных перекрестков и осуществляется по характеристикам макромоделей транспортных потоков. Анализ источников свидетельствует об отсутствии единых требований к системам управления дорожным движением, разные задачи и функции систем.

Целью данной работы является формулировка главных принципов построения АСУДР на улично-дорожной сети городов, требований к их функциональным возможностям и задачам.

Учитывая, что уровень загрузки отдельных участков УДС превышает предел эффективного движения (65 % использования пропускной способности дороги), применение известных способов управления дорожным движением может сопровождаться сложностями, поэтому актуальной задачей является расширение управляющих и информационных функций систем управления дорожным движением, которые позволят более рационально использовать пропускную способность УДС города в целом [6, с. 42].

Внедрение АСУДР на улично-дорожной сети городов требует значительных капиталовложений, что приводит к отсрочке их реализации, поэтому целесообразно рассмотреть возможность поэтапного развития таких систем.

АСУДР представляет собой комплекс технических, программных и организационных средств, обеспечивающих автоматический сбор и обработку информации о транспортных и пешеходных потоках, а также оптимизированное управление дорожным движением в рамках ограничений, накладываемых условиями движения. АСУДР города предназначена для управления движением транспортных и пешеходных потоков путем информационного воздействия с целью достижения рациональных режимов движения. К АСУДР городов выдвигается ряд основных требований [1, с. 197]:

– АСУДР города должна быть сформирована по модульному принципу, что исключит влияние отказа отдельного объекта или канала связи на работоспособность других объектов системы;

– АСУДР города должна иметь открытую архитектуру системы, что даст возможность дальнейшей модернизации и расширения системы, обеспечит возможность подключения к системе других, не предусмотренных на первом этапе реализации системы, улиц и вновь строящихся объектов, согласно генерального плана и перспективной программы развития и реконструкции УДС города;

– АСУДР города должна отвечать принципу преемственности, что даст возможность объединить в системе существующего оборудования (дорожные контроллеры, светофоры, устройства видеослежения, табло вызова, пешеходные линии связи и др.) на элементах УДС, что соответствует современным требованиям к техническим средствам организации дорожного движения;

– АСУДР города должна быть снабжена системой защиты от несанкционированного доступа.

Первоочередными задачами, которые призвана решать АСУДР города, является повышение практической пропускной способности УДС применением методов координированного и маршрутизированного управления, обеспечения приоритетного проезда загруженных сечений специальными маршрутными транспортными средствами, обеспечение въезда-выезда в отдельные зоны УДС города во время проведения массовых мероприятий или в специальных.

К основным управляющим функций, которые должна обеспечить АСУДР городов, следует отнести:

– ручное управление светофорной сигнализацией через выносной пульт управления, обеспечение необходимости оперативного вмешательства в процесс дорожного движения - режимы вызова фазы, «желтого мигания», отключения светофоров;

– ручное управление светофорной сигнализацией через выносной пульт управления при необходимости оперативного вмешательства в процесс дорожного движения – режим «зеленой улицы» для предоставления приоритетов в пересечении перекрестков специальному транспорту по заданному или произвольному маршруту;

– диспетчерское управление светофорной сигнализацией с центрального управляющего пункта, при необходимости оперативного вмешательства в процесс дорожного движения – режимы вызова фазы, «желтого мигания», отключения светофоров;

– жесткое координированное управление по командам центрального управляющего пункта по заранее заданным программам координации, выбор программ по запросу оператора, по времени суток;

– гибкое координированное управление по параметрам транспортных потоков, получаемых от детекторов транспорта с учетом реальной транспортной ситуации;

– местное гибкое управление по параметрам транспортных потоков, получаемых от детекторов транспорта;

– местное жесткое управление по резервной программе;

– АСУДР города также должна обеспечивать не только управление сигналами светофоров, но и управлять многопозиционными дорожными знаками, изображения на которых автоматически изменяется с учетом конкретной ситуации движения, что обеспечит возможность внедрения перспективного направления в области регулирования дорожного движения, а именно перераспределение транспортных потоков на УДС с учетом степени загрузки ее элементов – перегонов и перекрестков.

Информационные функции АСУДР являются следующими:

– обеспечение возможности визуального наблюдения за дорожным движением на участках УДС;

– формирование сигналов о нарушениях Правил дорожного движения;

– сбор информации об обстановке на перекрестках, основных транспортных магистралях, подъездных путях и тому подобное, по интенсивности движения, плотности, возникновения аварийных ситуаций и других характеристик транспортных потоков;

– видеомониторинг автодорог с целью фиксации и оперативного реагирования на возникновение заторов;

– архивация полученных видеоданных с возможностью дальнейшего их просмотра в случае возникновения такой потребности;

– автоматическая регистрация нарушений в работе составных частей АСУДР и оповещения рабочего персонала о их возникновения, возможные причины и пути исправления ситуации;

– фиксация протокола работы АСУДР для обеспечения возможности дальнейшего анализа данных.

Внедрение новой или реконструкция существующей АСУДР города требует значительных капиталовложений, что обусловлено необходимостью проведения большого объема проектных работ, реконструкции существующих и строительству новых светофорных объектов. Ограниченное финансирование реконструкции АСУДР предопределяет необходимость выделения объектов управления, подлежащих включению в АСУДР на разных этапах [7, с. 122].

В первую очередь следует выделить транспортные магистрали (не требуют значительных капиталовложений) и определить совокупность светофорных объектов на них для обеспечения полноценных функций АСУДР (управление транспортными потоками по принципу «зеленая волна», «зеленая улица» и др.). Необходимость формирования групп светофорных объектов на основных транспортных магистралях города обусловлена основными задачами и требованиями, возложенными на АСУДР, а именно: [4, с. 70]

– повышением безопасности дорожного движения;

– организацией координированного (по принципу «зеленая волна») и маршрутизированного (по принципу «зеленая улица») управления транспортными потоками;

– минимизацией среднего времени восстановления комплекса технических средств АСУДР.

В случае ограниченного финансирования предлагается предусмотреть следующие стадии построения новых или реконструкции существующих АСУДР городов:

1) Создание центрального управляющего пункта с применением современного оборудования и программно-вычислительного комплекса, а также внедрение автоматизированного управления (подключение до центрального управляющего пункта) основных транспортных магистралей города, выделенных в первую очередь, с необходимой модернизацией и строительством светофорных объектов;

2) Совершенствование схемы движения транспортных потоков с последующим подключением к центрального управляющего пункта светофорных объектов в центральной части города;

3) Внедрение автоматизированного управления (подключение до центрального управляющего пункта) транспортных магистралей города, выделенных на последующие этапы, с необходимой модернизацией и строительством светофорных объектов.

Для повышения эффективности управления дорожным движением предлагается включить в комплекс технических средств организации дорожного движения, информационные табло и управляемые дорожные знаки. Информационные табло позволят информировать водителей транспортных средств о дорожной ситуации на пути следования по магистрали, и как результат, избежать простоя в пробках. Дорожные информационные табло следует применять на основных транспортных узлах.

Недостатком известных способов управления на сети является временное снижение пропускной способности УДС именно в период времени, когда возрастает интенсивность движения (в часы «пик») и возникает транспортный затор, который ухудшает условия движения на магистралях, а перераспределение потоков приводит к перегрузке альтернативных путей сообщения. Таким образом, необходимо пересмотреть подход к управлению в условиях высокой степени загрузки дорог движением и направить управляющее воздействие не на ликвидацию уже возникающего транспортного затора, а на предупреждение его возникновения. Известен способ координированного управления транспортными потоками на магистральных направлениях предполагает рекомендательный характер воздействия на скоростной режим транспортного потока, что приводит к рандомности параметров движения и значительного рассредоточения «пачки» автомобилей, в результате чего уменьшается доля потока, что охватывается «зеленой волной», и снижается эффективность управления [3, с. 26].

Для максимального обеспечения функций АСУДР городов, кроме светофоров, предлагается применять управляемые дорожные знаки (динамическое управление скоростью), на которые должна

выводиться информация о расчетной и необходимой в данный момент скорости движения транспортных средств на отдельных гонках УДС. Управляемые дорожные знаки следует применять на гонках основных магистралей в прямом и обратном направлениях.

Параметры управления скоростным режимом определяются на основании того, что время движения по всему участку должен быть минимальным, что соответствует повышению эффективности функционирования автомобильной дороги. При этом длина участка ограничения скоростного режима должна быть достаточной для того, чтобы водитель, въезжая на него, имел возможность снизить скорость движения с заданным замедлением.

На основании разности скоростей (свободного движения и при ограничении), на основании определения тормозного пути определяется длина зоны ограничения скоростного режима

$$l_{огр}=l_{\Delta V}=\Delta V\times\left(\tau_c+\frac{\tau_н}{2}\right)+\frac{\Delta V^2}{2\times a_{уст}}-\frac{a_{уст}\times\tau_н^2}{24} \qquad (1)$$

где τ_c – время запаздывания тормозной системы АТС, с; $\tau_н$ – время роста замедления или тормозной силы, с; $a_{уст}$ – установившееся замедление АТС, м/с^2.

Скорость движения автомобилей в зоне ограничения определяется на основании взаимосвязи основных параметров транспортного потока

$$V_{огр}=\frac{P_{пер}}{q} \qquad (2)$$

где $P_{пер}$ – пропускная способность «узкого места» на участке УДС, авт./ч; q – плотность транспортного потока на подходе к «узкому месту» на участке УДС, авт./км;

Суть предложенного способа предупреждения возникновения транспортных заторов путем управления скоростным режимом заключается в том, что на основании взаимосвязи основных параметров транспортного потока влияние на его скорость позволяет ограничить интенсивность движения на подходе к участку, где возникает транспортный затор.

Для вывода оперативной информации о состоянии дорожной обстановки и состояние объектов («исправен/неисправен», «перегружен/в нормальном состоянии») до центрального управляющего пункта следует применять системы видеонаблюдения. Это позволит оператору АСУДР на основе полученной информации принимать оперативные решения относительно ограничения транспортной доступности проблемных (перегруженных) участков УДС и, как результат, своевременно ликвидировать заторы. Также информация, получаемая с помощью подсистемы видеонаблюдения, может быть применена в процессе формирования оптимальных управляющих воздействий на транспортные и пешеходные потоки.

Функции подсистемы видеонаблюдения могут быть значительно расширены включением в систему блока накопления и хранения информации. Блок накопления и хранения информации даст возможность в дальнейшем на базе архивов применять методы прогнозирования в процессе управления движением. Важной является возможность использования архивов блока накопления и хранения информации в оперативной работе специальных служб (милиция, скорая помощь, МЧС и др.), поскольку на видеоряде будут зафиксированы автомобили, находящиеся в розыске, нарушение Правил дорожного движения, другие правонарушения.

Современное состояние автоматизированных систем управления дорожным движением на улично-дорожной сети городов не позволяет реализовывать основные задачи, которые возлагаются на них. Качественные и количественные изменения параметров дорожного движения требуют развития систем управления. На основании проведенного анализа литературных источников было выявлено отсутствие единых требований к принципам проектирования АСУДР; кроме того, разные производители формулируют отличные задачи, которые ставят перед системами.

Повышение эффективности управления дорожным движением может быть достигнуто путем применения программно-адаптивных методов, при условии формализации и доведения до практического применения задачи определения управляющих параметров регулирования дорожного движения в режиме реального времени и внедрение методов оптимизации в алгоритм определения управляющих параметров.

В работе были предложены общие принципы проектирования АСУДР, выделены общие функции, которые они должны обеспечивать, предложено расширение управляющих и информационных функций систем за счет применения динамического управления и дополнительных

периферийных технических средств организации дорожного движения, включая средства видеонаблюдения.

Предложенные этапы создания (реконструкции) АСУДР позволят обеспечить устойчивое развитие систем даже в условиях ограниченного финансирования.

Библиографический список:

1. Большакова В.А., Маренкова Е.В. Инновации в перевозках пассажиров наземным транспортом // В сборнике: Социальные и технические сервисы: проблемы и пути развития сборник статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции. Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина. 2017. С. 196-198.
2. Будрина Е.В. Оценка эффектов от внедрения бесконтактной системы оплаты проезда на городском пассажирском транспорте // Дискурс. 2016. № 6. С. 60-69.
3. Горелик С.Л., Чернышкова М.А., Шарипов Р.Р. Энтропийный метод в системах мониторинга сложных систем // Информационные ресурсы России. 2016. № 4. С. 24-28.
4. Каратаев Н.Д. Инновации в перевозках пассажиров наземным транспортом // Наука, техника и образование. 2016. № 5 (23). С. 70-72.
5. Каратаев Н.Д. Проблемы развития инновационных процессов в городском пассажирском транспорте // Молодой ученый. 2016. № 8-3 (112). С. 36-38.
6. Микрюков В.А., Микрюкова Г.А. Новый закон об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом // Законодательство и экономика. 2016. № 3. С. 39-44.
7. Подхалюзина В.А. Разработка прогнозной модели пассажирского транспорта // Сервис в России и за рубежом. 2016. Т. 10. № 6 (67). С. 111-123.
8. Регионы продолжат внедрять информационные системы управления городским пассажирским транспортом // Электросвязь. 2016. № 2. С. 13.

Муцалова Сацита Шахидовна
кандидат химических наук, доцент,
Грозненский государственный нефтяной технический университет

Mucalova S.Sh.
candidate of chemistry sciences, associate professor,
Grozny State oil Technical University
E-mail: mucalova@mail.ru

УДК 500-599/54

ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИ ОКИСЛЕНИИ 1,4-НАФТОДИОЛА В ПРИСУТСТВИИ ОКСИГЕНИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ КОБАЛЬТА (II)

CONSTRUCTION AND ANALYSIS OF MATHEMATICAL MODEL FOR THE OXIDATION OF 1.4-NAFTODIOLA IN THE PRESENCE OF OXYGENATED COMPLEXES OF COBALT (II)

Аннотация: Приведены данные по гомогенному окислению 1,4- нафтодиола в колебательном режиме. На основе кинетических уравнений составлены дифференциальные уравнения, проведен качественный анализ и численное интегрирование рассматриваемой математической модели.

Abstract: provides information on gomogennomu oxidation 1.4-naftodiola in vibrational mode. On the basis of Kinetic equations drawn up differential equations, qualitative analysis and numerical integration of the considered mathematical model.

Важной составной частью в исследованиях окисления нафтодиола в присутствии оксигенированных комплексов кобальта(II) является проблема построения и анализа математических моделей динамики химических процессов.

Математические модели представляют собой системы обыкновенных дифференциальных уравнений нелинейного типа, полученных на основе рассмотрения механизмов протекания химических процессов в виде:

$$\sum_{i}^{R} v_{ij} C_i = \sum_{j}^{P} v_{ij} C_j$$

j = 1, 2, … r; n = 1, 2, …, N, где C_i и C_j – концентрации веществ, ν_{ij} – стехиометрические коэффициенты i-го вещества в j – реакции.

Каждое i-ое соединение из общего числа n характеризуется значением концентрации C_i (i = 1, 2, …n), которое может применяться во времени $C_i = C_i(t)$ в результате взаимодействия i-го соединения с любым из остальных (n-1) веществ.

В настоящей работе в соответствии с кинетическими схемами окисления 1,4-нафтодиола в присутствии оксигенированных комплексов кобальта (II) получены дифференциальные уравнения, которые имеют следующий вид:

1. $d[QH_2]/dt' = -k_1[QH_2][Co_{2k}O_2^{4+}] - k_3[QH_2][Q] - k_4[QH_2][HO_2^{\cdot}]$

2. $d[Co_{2k}O_2^{4+}]/dt' = -k_1[QH][Co_{2k}O_2^{4+}] + k_7[Co_k^{2+}]^2[O_2]$

3. $d[Q^{\mp}]/dt' = k_1[QH_2][Co_{2k}O_2^{4+}] - k_2[Q^{\mp}][HO_2^{\cdot}] + 2k_3[QH_2][Q] + k_4[QH_2][HO_2^{\cdot}] + k_5[Q][HO_2^{-}]$

4. $d[Co_k^{2+}]/dt' = 2k_1[QH_2][Co_{2k}O_2^{4+}] - k_7[Co_k^{2+}]^2[O_2]$

5. $d[HO_2^{\cdot}]/dt' = k_1[QH_2][Co_{2k}O_2^{4+}] - k_2[Q^{\mp}][HO_2^{\cdot}] - k_4[QH_2][HO_2^{\cdot}] + k_5[Q][HO_2^{-}] - k_6[HO_2^{\cdot}][HO_2^{\cdot}]$

6. $d[Q]/dt' = k_2[Q^{\mp}][HO_2^{\cdot}] - k_3[QH_2][Q] - k_5[Q][HO_2^{-}]$

7. $d[HO_2^{-}]/dt' = k_2[Q^{\mp}][HO_2^{\cdot}] - k_5[Q][HO_2^{-}]$

Проведение качественного анализа такого типа систем, решение их численными методами, а также интерпретация получаемых результатов достаточно затруднительно, и, поэтому было сделано упрощение химически обоснованной математической модели с учетом следующих обстоятельств:

а) на основе анализа временных рядов, используя корреляционную функцию аттрактора, получено, что число компонентов, которое необходимо учитывать при рассмотрении кинетических закономерностей протекающих процессов при окислении изучаемого реагента соответствует пяти. Известны исходные концентрации реагента и катализатора, и, исходя из уравнений материального баланса, через них можно выразить концентрации веществ, в которые в ходе реакций они превращаются;

б) можно считать, что концентрация молекулярного кислорода в ходе реакции не меняется: система открыта по отношению к кислороду, и она определяется растворимостью кислорода в воде: $\sim 10^{-3}$ моль/л;

в) на основе использования принципа квазистационарности Боденштейна можно считать, что концентрация частиц $HO_2^{\cdot}$, а также различных форм катализатора также будет, постоянным определяется обратимостью реакций их образования (реакции 2 и 4, 1 и 6 в кинетической схеме);

С учетом этих соображений число кинетических уравнений уменьшается до трех, и соответствующая система дифференциальных уравнений имеет вид:

$$\frac{dC_X}{dt'}=k_1(C_A-C_X-C_Z)C_B-k_2C_XC_Y+2k_3(C_A-C_X-C_Z)C_Z+k_4(C_Y-C_X-C_Z)C_Y+k_5C_Z$$

$$\frac{dC_Y}{dt'}=k_1(C_A-C_X-C_Z)C_B-k_2C_XC_Y-k_4(C_A-C_X-C_Z)C_Y+k_5C_Z-k_6C_Y^2$$

$$\frac{dC_Z}{dt'}=k_2C_XC_Y-k_3(C_A-C_X-C_Z)C_Z-k_5C_Z$$

,

где $C_x = [Q^{\cdot\,-}]$, $C_y = [HO_2^{\cdot}]$, $C_z = [Q]$, $C_A = C_{R(исх)}$, $C_B = C_{кат(исх.)}$,

$C_{R\,(исх)} = [QH_2] + [Q^{\cdot\,-}] + [Q]$, t' - время.

В соответствии с существующей процедурой с целью установления характерных особенностей динамики протекающих процессов был проведен качественный анализ рассматриваемой математической модели и её численное решение.

Качественный анализ системы дифференциальных уравнений проводили на основе общепринятых процедур. Для решения поставленной задачи вначале система была приведена к безразмерному виду. С этой целью введем новые переменные:

$$x=\omega C_X;\ y=\eta C_Y;\ z=\gamma C_Z;\ t=\delta t';\ a=C_A;\ b=C_B$$

Введем следующие обозначения:

$$\gamma=\frac{k_5}{k_2};\ \delta=k_5;\ \omega=\frac{k_3}{k_2};\ \eta=\frac{k_2}{k_3}$$

$$\mu=\frac{k_1}{k_2};\ \rho=\frac{k_3}{k_1};\ \xi=\frac{k2}{k5};\ \phi=\frac{k_4}{k_2};\ \sigma=\frac{k_6k_3^2}{k_2^3};\ \varepsilon=\frac{k_5}{k_2};\ \theta=\frac{k_3k_5}{k_2^2}$$

тогда система уравнений преобразуется к виду:

$$\varepsilon\frac{dx}{dt}=\left(\mu a-\rho^{-1}x-\mu\xi z\right)b-xy+2\left(\mu\xi\rho a-\xi x-\mu\xi^2\rho z\right)z+\left(\mu\rho\phi a-\phi x-\mu\xi\rho\phi z\right)y+z$$

$$\theta\frac{dy}{dt}=\left(\mu a-\rho^{-1}x-\mu\xi z\right)b-xy-\left(\mu\rho\phi a-\phi x-\mu\xi\phi z\right)y+z-\sigma y^2$$

$$\frac{dz}{dt}=xy-\left(\mu\xi\rho\, a-\xi x-\mu\xi^2\rho z\right)z-z$$

Для качественного анализа систем нелинейных уравнений необходимо определить стационарное состояние. Для этого приравняем левые части уравнений к нулю и решим систему алгебраических уравнений:

$$\left(\mu a-\rho^{-1}x-\mu\xi z\right)b-xy+2\left(\mu\xi\rho\, a-\xi x-\mu\xi^2\rho z\right)z+\left(\mu\rho\phi\, a-\phi x-\mu\xi\rho\phi\, z\right)y+z=0$$

$$\left(\mu a-\rho^{-1}x-\varpi\xi z\right)b-xy-\left(\mu\rho\phi\, a-\phi x-\mu\xi\phi\, z\right)y+z-\sigma y^2=0$$

$$xy-\left(\mu\xi\rho\, a-\xi x-\mu\xi^2\rho z\right)z-z=0$$

При решении этого уравнения мы получим координаты неподвижной (особой точки):

$$\bar{x}=a\mu\rho;\ \bar{y}=0;\ \bar{z}=0$$

Используя данный результат, матрицу Рауса-Гурвица можно записать в виде:

$$\begin{vmatrix} -\rho^{-1}b+\lambda & -a\mu\rho & -\mu\xi b+1 \\ -\rho b & -a\mu\rho+\lambda & -\mu\xi b+1 \\ 0 & a\mu\rho & -1+\lambda \end{vmatrix}=0$$

Тогда характеристический многочлен принимает следующий вид:

$$\lambda^3-\left(\rho^{-1}b+a\mu\rho+1\right)\lambda^2+\left(\rho^{-1}b+ab\mu^2\xi\rho\right)\lambda=0\ ,$$

а коэффициенты характеристического уравнения равны:

$$A_1=-\left(\rho^{-1}b+a\mu\rho+1\right)\lambda;\ A_2=\rho^{-1}b+ab\mu^2\xi\rho;\ A_3=0$$

отсюда мы имеем, что: $\lambda_1=0;\ \lambda_2>0;\ \lambda_3>0;$

Определим критерии асимптотической устойчивости:

$$\Delta_1=A_1<0;\qquad \Delta_2=\begin{vmatrix} A_1 & 1 \\ A_3 & A_2 \end{vmatrix}=A_1A_2-A_3<0$$

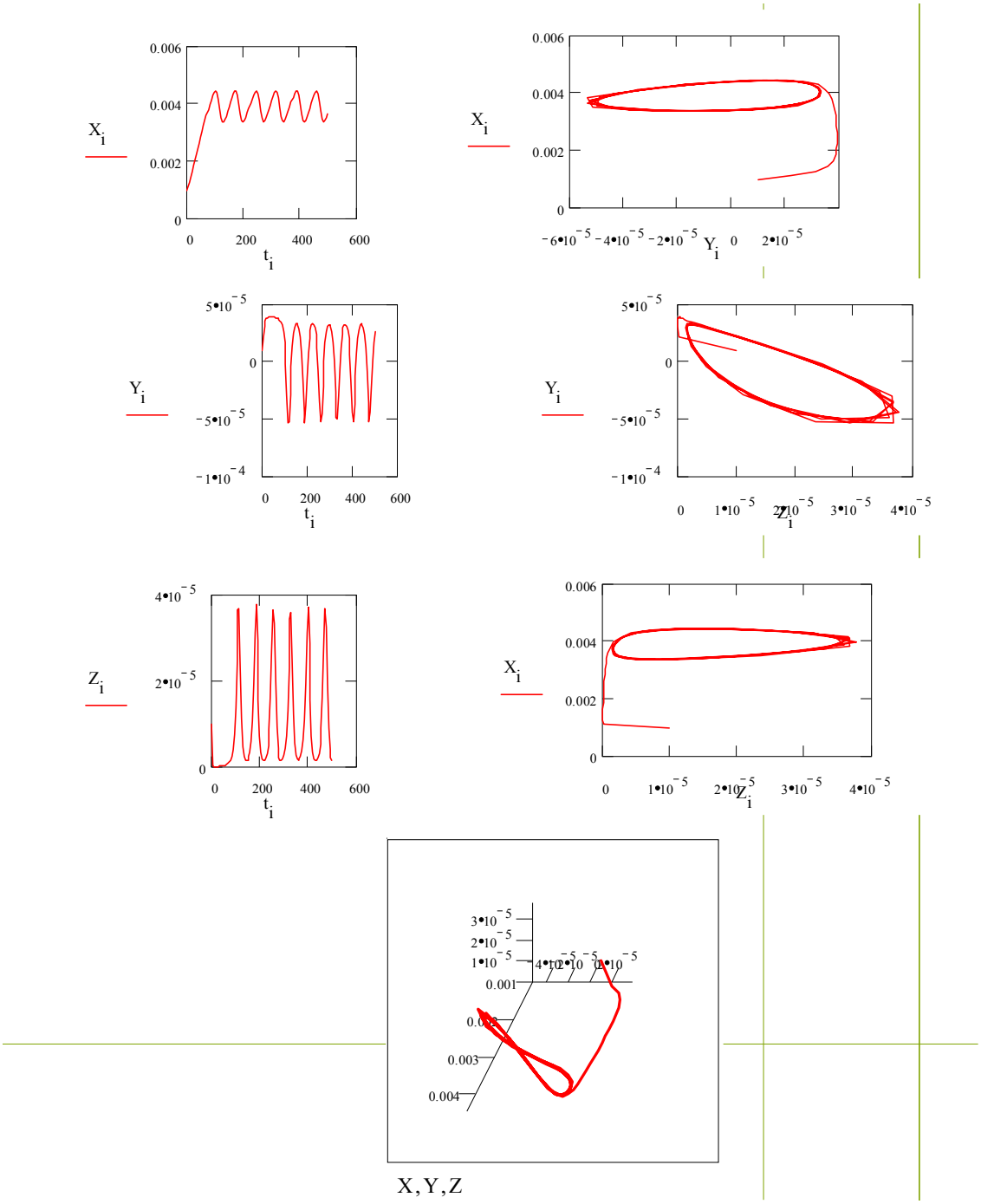
$$\Delta_3=\begin{vmatrix} A_1 & 1 & 0 \\ A_3 & A_2 & A_1 \\ 0 & 0 & A_3 \end{vmatrix}=A_3\begin{vmatrix} A_1 & 1 \\ A_3 & A_2 \end{vmatrix}=A_3\Delta_2=0$$

Анализ выражения: $\Omega=-A_1^2A_2^2+4A_1^3A_3+4A_3^3-18A_1A_2A_3+27A_3^2$ показывает, что данная особая точка является неустойчивым фокусом.

Таким образом, проведенный качественный анализ систем обыкновенных дифференциальных уравнений показывает, что реализуется одно стационарное состояние, особой точкой является неустойчивый фокус, вследствие чего возможна бифуркация из этой особой точки в предельный цикл, т.е. реализуется бифуркация типа Андронова-Хопфа.

Основной задачей численного интегрирования математической модели является нахождение области параметров, при изменении которых возможно возникновение критических явлений в виде химических осцилляций. В связи с поставленной в работе задачей, и согласно существующей процедуре были определены переменные X = [Q $^{\cdot}$]; Y = [$HO_2^{\cdot}$]; Z = [Q].

Эволюцию процессов в зависимости от концентрации реагента и катализатора иллюстрируют результаты, представленные на рис.1,2.



а в б

Рис. 1. Зависимость изменения концентрации частиц X_i; Y_i и Z_i от времени (а). Фазовые портреты систем в координатах $X_i - Y_i$, $Y_i - Z_i$; $X_i - Z_i$ (*б*) и $X_i - Y_i - Z_i$ (в) ($a = 3{,}0 \cdot 10^{-3}$, $b = 1{,}0 \cdot 10^{-4}$)

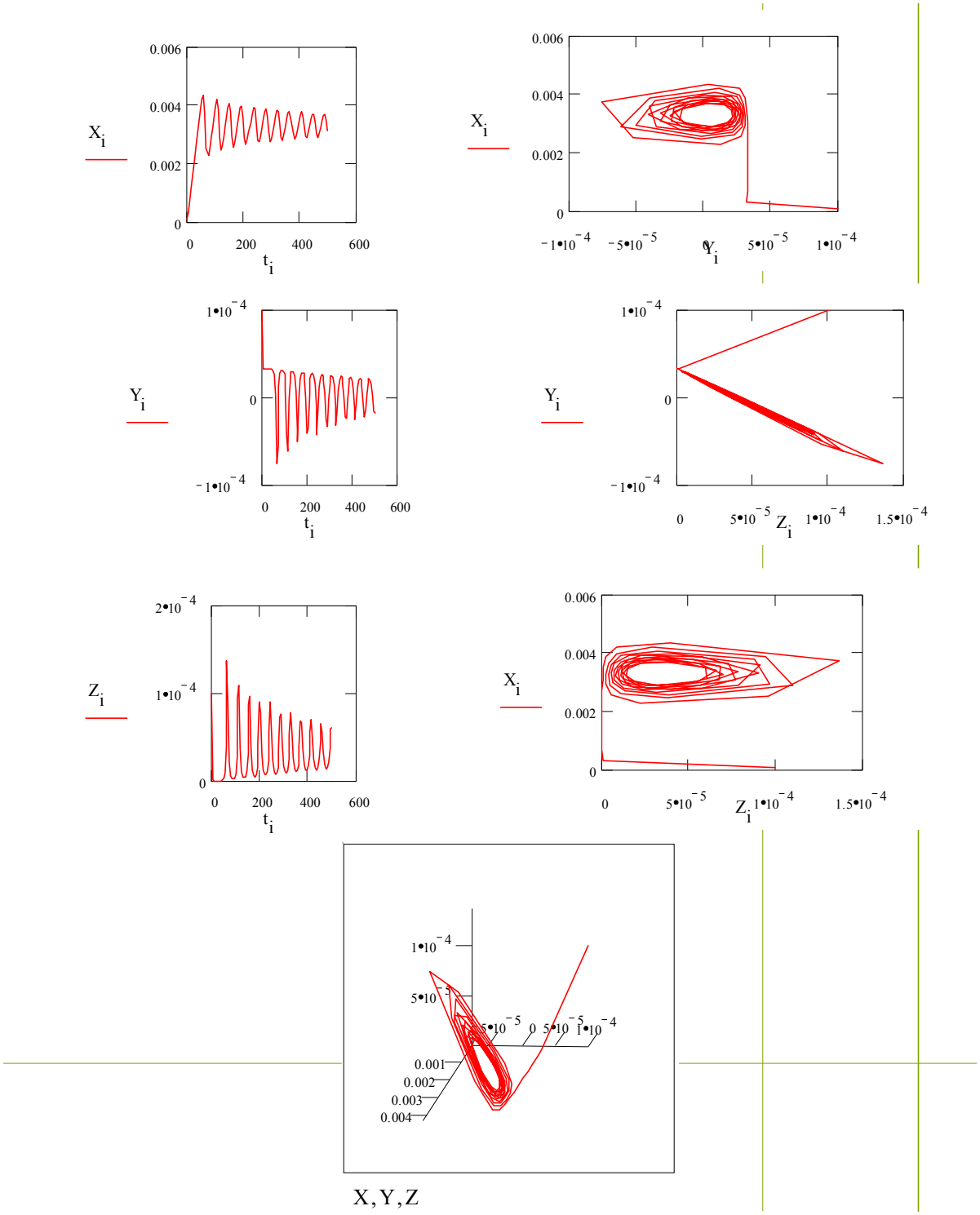


Рис. 2. Зависимость изменения концентрации частиц X_i; Y_i и Z_i от времени (а). Фазовые портреты систем в координатах $X_i - Y_i$, $Y_i - Z_i$; $X_i - Z_i$ (*б*) и $X_i - Y_i - Z_i$ (в) ($a = 1{,}0 \cdot 10^{-2}$, $b = 1{,}0 \cdot 10^{-4}$)

Обнаружено, что реализация незатухающих колебаний в исследуемых системах наблюдается (рис. 1), когда концентрации реагента и катализатора соответствуют (моль/л): $C_R = 0{,}003$ при $C_{кат} = 0{,}0001$. При других концентрациях реагента и катализатора возникают затухающие колебания (рис. 2).

Таким образом, проведенные расчеты позволяют сделать заключение, что вид динамических траекторий и фазовых портретов, а также сравнение полученных на основе численного интегрирования значений концентраций 1,4-нафтодиола и катализатора с экспериментальными

данными, в целом есть математическая модель описывающая процессы окисления 1,4-нафтодиола в колебательном режиме.

Библиографический список:

1. Кафаров В.В., Дорохов И.Н. Кольцова Э.М. Системный анализ в химической технологии. Энтропийный и вариационный методы неравновесной термодинамики в задачах химической технологии. М.: Наука, 1988. 367 с.
2. Быков В.И. Моделирование критических явлений в химической кинетике. М.: Наука, 1988. 263 с.
3. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. М.: Наука, 1997. 320 с.
4. Ермолаев Ю.Л., Санин А.Л. Электронная синергетика. Л.: Изд-во ЛГУ, 1989. 248 с.
5. Досон З., Эллиот Д., Эллиот У., Джонс К. Справочник биохимика. М.: Мир, 1991. 544 с.
6. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование. М.: Наука, 1997. 320 с
7. Андронов А.А. Вид А.А.. Хайкин С.Э. Теория колебаний. М.: Наука 1981.
8. Современные численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений /Под ред. Дж. Холл, Дж. Уатт. М.: Мир. 1979.
9. Field R.J., Schneider F.W. Oscillating Chemical Reactions and Nonlinear Dynamics //J. Chem. Ed., 1989. V.66. P.195-204.
10. Холодниок М., Клич А., Кубичек М., Марек М. Методы анализа нелинейных математических моделей. М.: Мир, 1991. 368 с.
11. Современные численные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений /Под ред. Дж. Холл, Дж. Уатт. М.: Мир. 1979.
12. Field R.J., Schneider F.W. Oscillating Chemical Reactions and Nonlinear Dynamics //J. Chem. Ed., 1989. V.66. P.195-204.
13. Муцалова С.Ш., Абубакарова З.Ш., Убаева Р.Ш. Исследования нелинейных процессов при жидкофазном окислении 1,4-нафтодиола. Известия Чеченского государственного педагогического института. – №1(8) 2014. – С.60-62.

Ишметьев Евгений Николаевич
Ishmet'yev Evgeniy Nikolaevich
ЗАО «КонсОМ СКС», г. Магнитогорск, доктор технических наук, директор по стратегическому развитию

Чистяков Дмитрий Владимирович
Chistyakov Dmitriy Vladimirovich
ЗАО «КонсОМ СКС», г. Магнитогорск, кандидат социологических наук, исполнительный директор

Панов Александр Николаевич
Panov Aleksandr Nikolaevich
ЗАО «КонсОМ СКС», г. Магнитогорск, кандидат технических наук, доцент, начальник отдела инновационных разработок. E-mail: panov.a@konsom.ru

Бодров Евгений Эдуардович
Bodrov Evgeniy Eduardovich
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, кандидат технических наук, доцент кафедры электроники и микроэлектроники
Бодрова Снежана Ивановна
Bodrova Snezhana Ivanovna
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, кафедра электроники и микроэлектроники, магистрант

Михеева Валерия Олеговна
Mikheeva Valeriya Olegovna
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, кафедра электроники и микроэлектроники, студент

УДК 681.5.08

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ СОБЫТИЙНОЙ МОДЕЛИ СТАЦИОНАРНОЙ СИСТЕМОЙ ВИБРОДИАГНОСТИКИ

AUTOMATED FORMATION OF EVENT MODEL BY STATIONARY VIBRATION ANALYSIS SYSTEM

Аннотация: В работе приведены результаты разработки стационарной системы вибродиагностики, заключающиеся в автоматизированном формировании журнала событий в виде таблицы, что является наглядным и удобным представлением диагностической информации об объекте мониторинга.

Abstract: This paper shows a result of stationary vibration analysis system development consisting in automated formation of event list in a form of a table, which is descriptive and easy way to visualize diagnostic information about a monitored object.

Ключевые слова: событийная модель, автоматизированная система, вибрация, вибродиагностика, датчик вибрации, измерение, мониторинг, журнал событий, подшипник качения

Keywords: event model, automated system, vibration, vibration analysis, vibration sensor, measurement, monitoring, event list, friction bearing.

Сегодня существует множество систем для мониторинга и анализа вибрации промышленного оборудования [1-3]. На оборудовании скиповой лебедки доменной печи № 8 доменного цеха ПАО «ММК» специалистами компании ЗАО «КонсОМ СКС» установлена стационарная система

вибродиагностики. В системе использовались датчики вибрации VSA001 и контроллеры VSE002 производства компании ifm electronics.

Конечному пользователю системы, в первую очередь, необходима информация об обнаружении системой возможного дефекта оборудования. Поэтому при открытии системы пользователю предоставляется таблица, называемая журнал событий, где он может просматривать события за интересующую его дату. Окно журнала событий системы вибродиагностики содержит кнопку «Просмотр событий» и календарь для выбора даты, за которую нужно просмотреть события (рисунок 1).

Рисунок 1. Выбор даты в окне «Просмотр событий»

Если за предыдущие сутки, был обнаружен возможный дефект оборудования, то кнопка «Просмотр событий» подсвечивается красным цветом. Таблица «Журнал событий» приведена на рисунке 2.

Контроллер	Наименование сенсора	Месторасположение	Тип дефекта оборудования	Элемент оборудования	Наименование дефекта	Предельное значение дефекта, mg (ед.изм)	Величина вибрации (mg) / Измеряемая величина (ед. изм)
VK1	VD1	Место 1	Дефект подшипника качения	Элемент 1	1. Перекос наружного кольца при посадке	0,1	0,48
VK1	VD1	Место 1	Дефект редуктора	Элемент 1	1. Дефект зубозацепления входного вала	0,1	0,23
VK1	VD1	Место 1	Дефект редуктора	Элемент 1	2. Дефект зубозацепления выходного вала	0,2	0,19
VK1	VD2	Место 2	Дефект редуктора	Элемент 2	7. Расцентровка редуктора	7	4,94
VK1	VD3	Место 3	Дефект редуктора	Элемент 3	1. Дефект зубозацепления	0,1	0,12

Рисунок 2. Журнал событий

Таблица состоит из восьми колонок, где приводится основная информация о возможном дефекте оборудования и элементе механизма, где он был обнаружен. Колонки: контроллер, наименование сенсора, месторасположение (место установки датчика) и элемент оборудования нужны для локализации дефекта, т.е. определения конкретного элемента промышленного механизма, где был зарегистрирован дефект.

Колонки: тип дефекта оборудования и наименование дефекта служат для определения возможной причины возникновения того или иного дефекта.

Тип дефекта оборудования – это один из семи типов основных дефектов промышленного оборудования:

1. Дефект подшипника качения (имеет 16 наименований дефекта).
2. Дефект подшипника скольжения (имеет 6 наименований дефекта).
3. Дефект редуктора (имеет 9 наименований дефекта).
4. Дисбаланс и несоосность (имеет 5 наименований дефекта).
5. Дефект крепления к фундаменту (имеет одно наименование дефекта).

6. Дефект электродвигателей (имеет 3 наименования дефекта).

7. Прочие дефекты (здесь специалистом по диагностике на этапе конфигурации системы может быть запрограммирован любой диагностический признак, отличный от дефектов 1 – 6).

Таким образом, система может диагностировать более сорока различных наименований дефектов промышленного оборудования (т.е. причин выхода его из строя).

Предельное значение дефекта, измеряемое в mg, выбирается согласно стандартам и нормативам на вибрацию вращающегося оборудования. Предельное значение дефекта, измеряемое в любых других единицах измерения (ед. изм.) относится к датчикам аналоговых величин и устанавливается на этапе конфигурации системы.

Величина вибрации, измеряемая в mg, представляет собой значение виброускорения с датчика вибрации, находящееся на определенной частоте в вибрационном спектре, характерной для конкретного наименования дефекта. Измеряемая величина (ед. изм.) – это значение физической величины (температуры, скорости, давления), измеренное аналоговым датчиком (при наличии).

Событийная модель системы основана на ежедневной записи сигналов со всех датчиков и сохранение их в базе данных. При конфигурировании системы специалистом по вибродиагностике для каждого из типов дефекта оборудования программируется предельное значение дефекта согласно ГОСТ [4], соответствующий опасному уровню вибрации оборудования. Кроме того, программируется процент от этого предельного значения, который будет соответствовать уровню «Предупреждение».

В таблицу записывается максимальное значение виброускорения, попадающее в диапазон частот, соответствующих характерной частоте дефекта с учетом разброса по частоте от f_{min} до f_{max} (рисунок 3). Разброс по частоте связан с тем, что частота вращения привода механизма, даже если она должна быть постоянна, может меняться в определенных пределах с изменением нагрузки со стороны механизма.

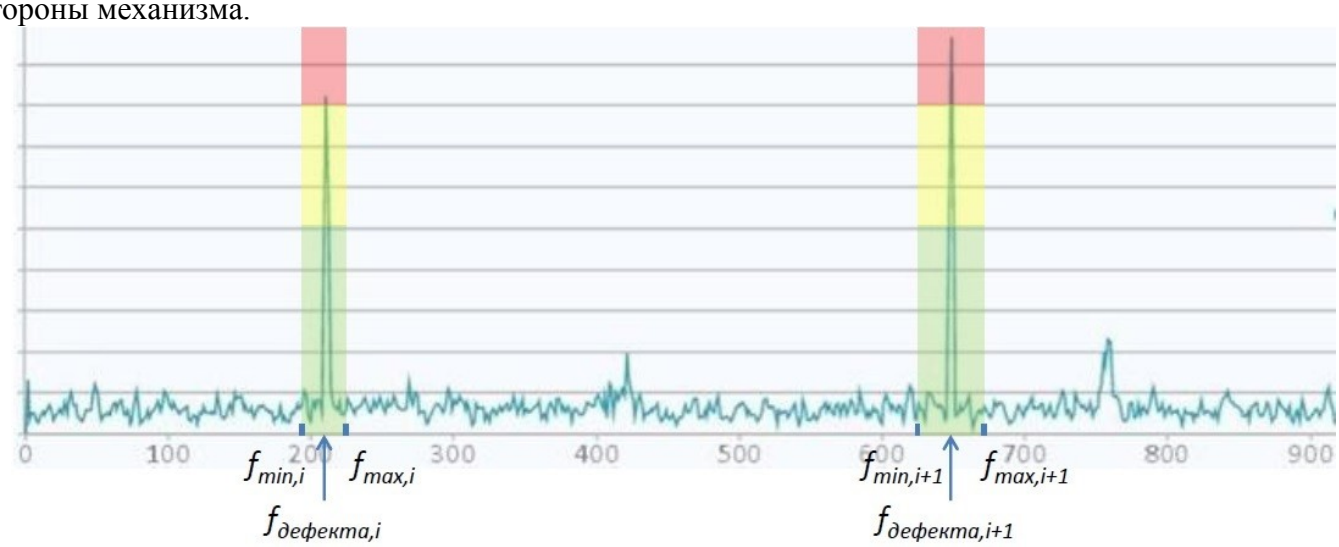


Рисунок 3. Спектр вибрации

В таблицу «Журнал событий» попадают только те записанные по ежедневному расписанию сигналы, уровень которых превысил процент от предельного значения (рисунок 4).

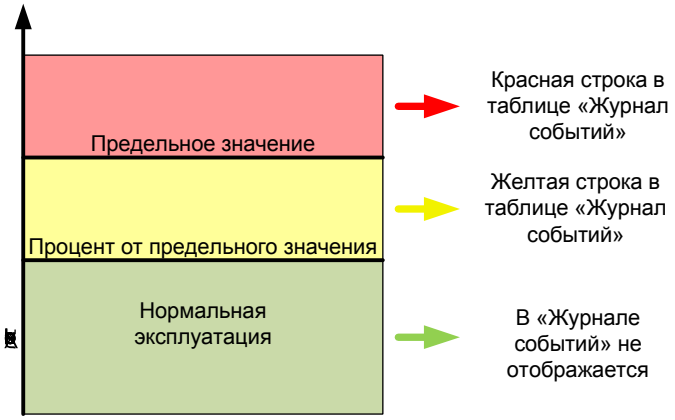


Рисунок 4. Формирование журнала событий

Желтая строка в таблице «Журнал событий» означает «Предупреждение». Красная строка означает «Опасность», что говорит о критическом состоянии оборудования и требует принятия соответствующих мер.

Таким образом, система предоставляет пользователю диагностическую информацию в удобном для восприятия виде и позволяет на ранней стадии обнаружить возможные дефекты промышленного оборудования и принять меры по их устранению. Так как различным наименованиям дефектов могут соответствовать одинаковые характерные частоты в спектре, необходим последующий анализ предоставляемой диагностической информации специалистом.

Библиографический список

1. Неразрушающий контроль: справочник в 7-ми томах // Под ред. В.В. Клюева, том 7, книга 2. М.: Машиностроение, 2005. 829 с.

2. Adams M.L. Rotating Machinery Vibration: From Analysis to Troubleshooting. 2nd edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2010. 476 p.

3. Ishmetyev E.N., Logunova O.S., Panov A.N., Cistyakov D.V., Bodrov E.E. Stationary automatic vibration control and analysis systems: application experience. Journal of Computational and Engineering Mathematics, 2017, vol.4, no. 1, pp. 3-15.

4. ГОСТ ISO 10816/1-1997. Вибрация. Оценка вибрации машины по измерениям на невращающихся деталях. Общие требования, 18. – Minsk, 1997.

Ишметьев Евгений Николаевич
Ishmet'yev Evgeniy Nikolaevich
ЗАО «КонсОМ СКС», г. Магнитогорск, доктор технических наук, директор по стратегическому развитию

Чистяков Дмитрий Владимирович
Chistyakov Dmitriy Vladimirovich
ЗАО «КонсОМ СКС», г. Магнитогорск, кандидат социологических наук, исполнительный директор

Панов Александр Николаевич
Panov Aleksandr Nikolaevich
ЗАО «КонсОМ СКС», г. Магнитогорск, кандидат технических наук, доцент, начальник отдела инновационных разработок. E-mail: panov.a@konsom.ru

Бодров Евгений Эдуардович
Bodrov Evgeniy Eduardovich
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, кандидат технических наук, доцент кафедры электроники и микроэлектроники
Бодрова Снежана Ивановна
Bodrova Snezhana Ivanovna
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, кафедра электроники и микроэлектроники, магистрант

Михеева Валерия Олеговна
Mikheeva Valeriya Olegovna
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, кафедра электроники и микроэлектроники, студент

УДК 681.5.08

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ СТАЦИОНАРНОЙ СИСТЕМОЙ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ТРЕНДА РАЗВИТИЯ ДЕФЕКТА

AUTOMATED FORMATION OF DEFECT TREND BY STATIONARY VIBRATION ANALYSIS SYSTEM

Аннотация: В работе описано автоматизированное построение тренда дефектов промышленного оборудования (подшипников качения, двигателей, валов, редукторов, соединительных муфт и т.д.) с помощью стационарной системы вибродиагностики.

Abstract: This paper describes automated trend formation for defect of industrial equipment including friction bearings, electric motors, shafts, gearboxes, couplings etc. using stationary vibration analysis system.

Ключевые слова: автоматизированная система, вибрация, вибродиагностика, датчик вибрации, измерение, мониторинг, тренд дефекта, подшипник качения

Keywords: automated system, vibration, vibration analysis, vibration sensor, measurement, monitoring, defect trend, friction bearing

На сегодняшний день разработано множество систем мониторинга и анализа вибрации промышленного оборудования [1-3]. Стационарные системы вибродиагностики позволяют

ежедневно наблюдать за состоянием диагностируемого объекта, а также следить за развитием дефекта. Одной из стационарных систем вибродиагностики является система, установленная на оборудовании скиповой лебедки доменной печи № 8 доменного цеха ПАО «ММК». В системе использовались датчики вибрации VSA001 и контроллеры VSE002 производства компании ifm electronics.

Датчики устанавливаются на подшипниках механизма и измеряют величину виброускорения. Контроллеры считывают временной сигнал с датчиков и преобразуют его в спектр вибрации. Различные дефекты имеют свои характерные частоты. Система вибродиагностики ищет превышение вибрации на характерных частотах, рассчитанных для механизма скиповой лебедки доменной печи № 8.

Сигналы со всех датчиков, в том числе превысившие норму вибрации для диагностируемого механизма, ежедневно сохраняются в базе данных системы. По этим сигналам можно проследить тенденцию развитие дефекта с помощью построения тренда. Внешний вид окна построения тренда приведен на рисунке 1. Окно содержит кнопку «Тренд дефектов» и два календаря для выбора диапазона дат, за который нужно просмотреть тенденцию развития дефекта.

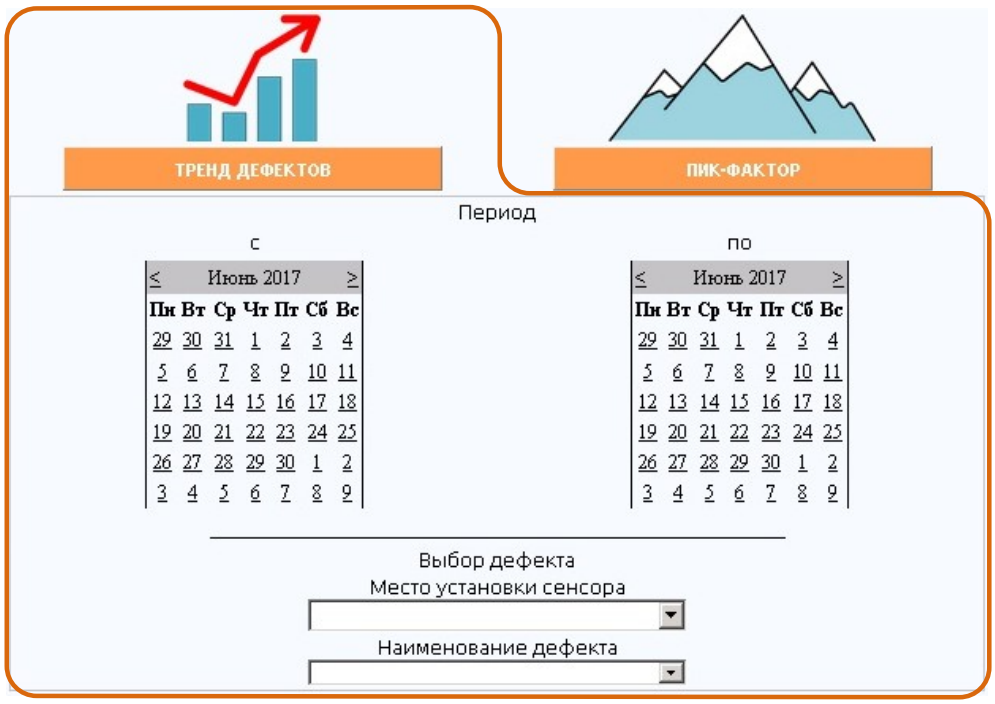


Рисунок 1. Окно «Тренд дефекта»

После выбора на календарях периода просмотра тренда дефекта необходимо выбрать из выпадающего списка место установки датчика, на который запрограммирован дефект (рисунок 2).

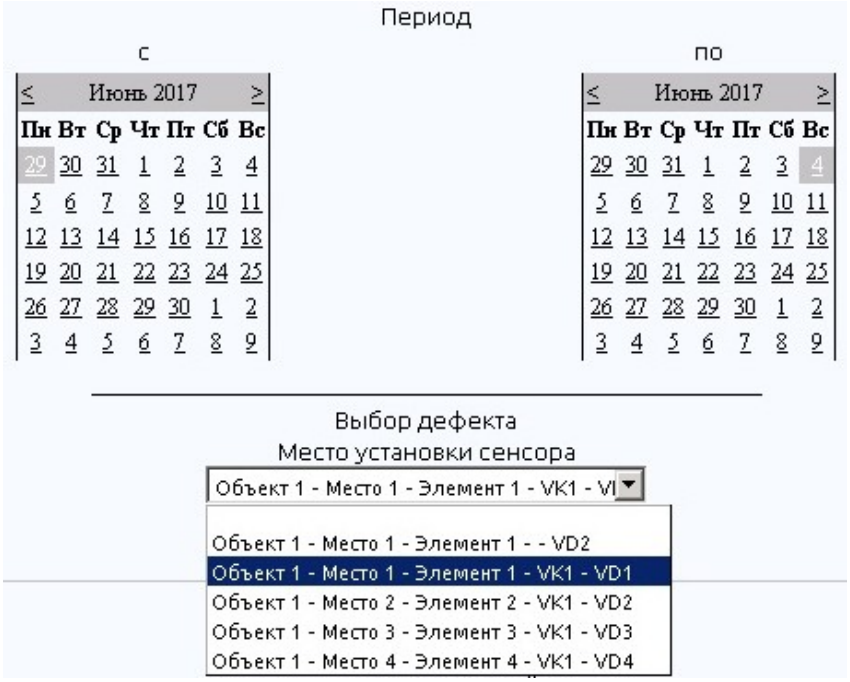


Рисунок 2. Выбор периода и места установки

Затем из выпадающего списка необходимо выбрать наименование дефекта (рисунок 3).

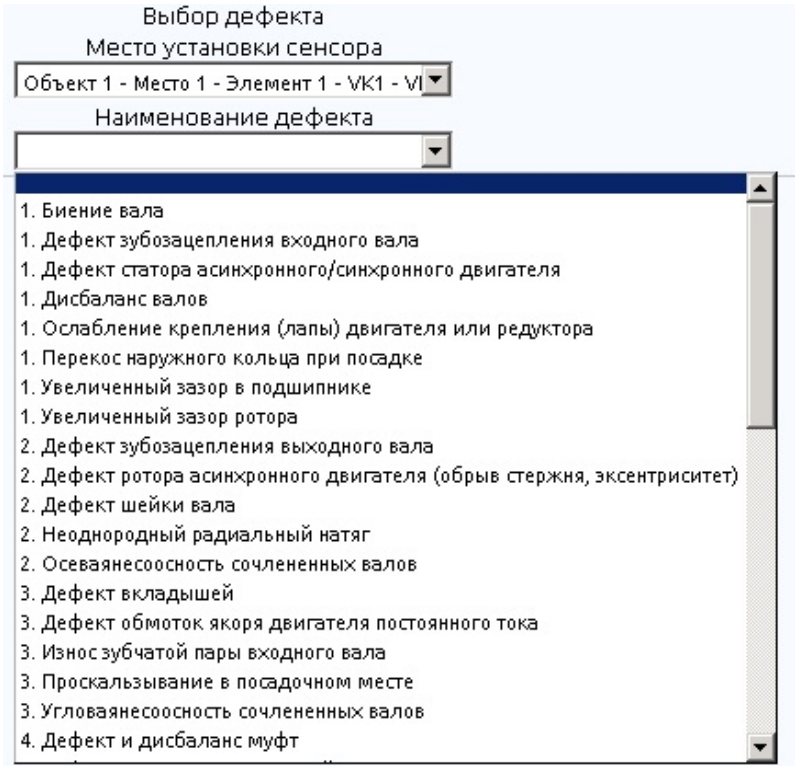


Рисунок 3. Выбор наименования дефекта

После выполнения вышеперечисленных действий необходимо нажать на кнопку «Тренд дефектов». Внизу страницы появится график развития выбранного дефекта (рисунок 4).

Рисунок 4. График тренда выбранного дефекта

Система позволяет диагностировать основные типы дефектов промышленного оборудования: дефекты подшипника качения; дефекты подшипника скольжения; дефекты редуктора; дисбаланс валов; несоосность соединительных муфт; дефект крепления к фундаменту; дефекты электродвигателей.

С учетом того, что каждый из приведенных выше типов дефектов содержит один или несколько наименований дефекта, система может диагностировать более сорока различных наименований дефектов промышленного оборудования.

Таким образом, система предоставляет пользователю диагностическую информацию в удобном для восприятия виде и позволяет на ранней стадии обнаружить возможные дефекты промышленного оборудования и принять меры по их устранению. Построение тренда дефекта позволяет проследить тенденцию его развития и спрогнозировать момент выхода оборудования из строя.

Библиографический список:

5. Неразрушающий контроль: справочник в 7-ми томах // Под ред. В.В. Клюева, том 7, книга 2. М.: Машиностроение, 2005. 829 с.

6. Adams M.L. Rotating Machinery Vibration: From Analysis to Troubleshooting. 2nd edition. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2010. 476 p.

7. Ishmetyev E.N., Logunova O.S., Panov A.N., Cistyakov D.V., Bodrov E.E. Stationary automatic vibration control and analysis systems: application experience. Journal of Computational and Engineering Mathematics, 2017, vol.4, no. 1, pp. 3-15.

Научное издание

Коллектив авторов

ISSN 2500-1140

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2017