ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

КОМПЛЕКС ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Корнеев Андрей Мастиславович
доктор технических наук, доцент; г.Липецк
Абдуллах Лутфи Салех,
аспирант ЛГТУ
Сметанникова Татьяна Андреевна,
аспирант ЛГПУ

Комплекс численных методов решения задач оптимизации режимов функционирования сложных производственных систем и построения алгоритмов их реализации дает возможность получения оптимальных режимов обработки различных видов продукции и выбора процедур управления технологией при изменении условий производства, дрейфе характеристик сырья, изменении стандартов. В блоке осуществляется анализ и выбор критериев оценки эффективности оптимальных режимов функционирования сложных систем, исследуются технологические режимы, которые представляются в виде многомерных подпространств, сгустков, деревьев.

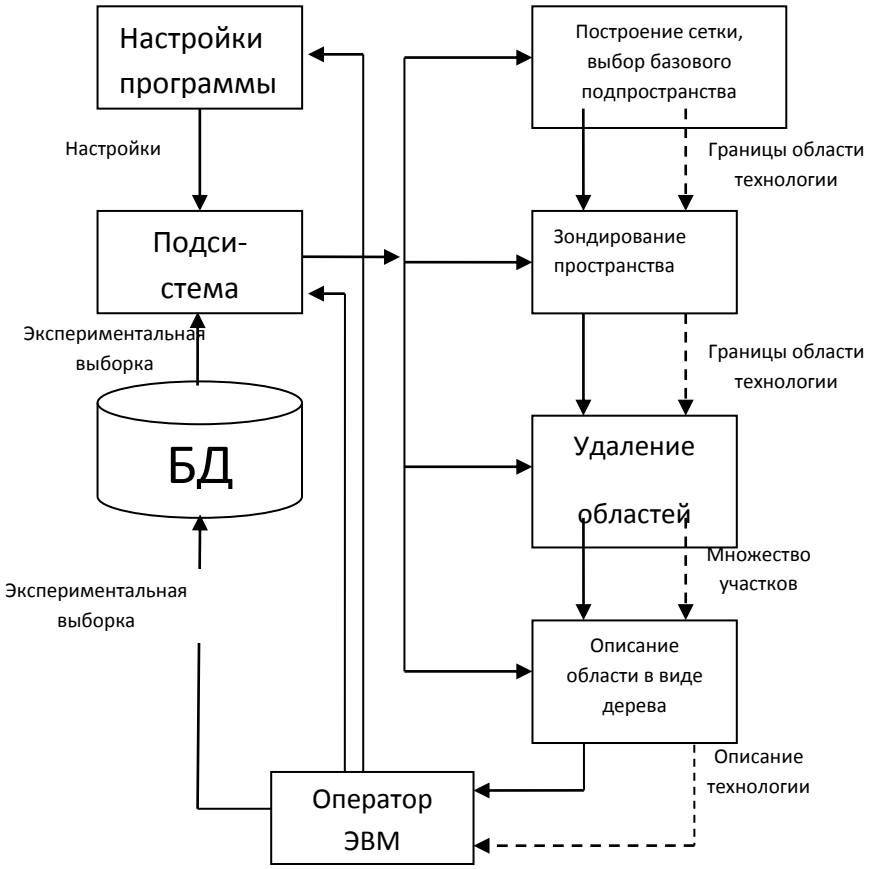


Рис. 1. Схема функциональной структуры поиска оптимальных режимов сложных производств

В общей функциональной структуре блока можно выделить следующие модули:

- Модуль формирования целевых функций дискретной оптимизации и критериев оценки эффективности режимов функционирования сложных производственных систем.
- Модуль поиска оптимальных режимов сложных производств, с использованием в качестве параметров оптимизации подпространств, образованных случайными величинами
- Модуль зондирования пространства для решения оптимизационных задач поиска глобального оптимума при проектировании режимов обработки сложных промышленных систем
- Модуль формирования пространств параметров сложной формы и деревьев перспективных подпространств на основе композиционности подпространств

Модуль формирования целевых функций дискретной оптимизации и критериев оценки эффективности

содержит набор целевых функций и критериев, используемых для идентификации сложных процессов и решения задач оптимизации режимов функционирования сложных производственных систем. Особенностью критериев является учет взаимного влияния подпространств состояний и выходов пространственно-распределенных систем.

Модуль поиска оптимальных режимов сложных производств включает программы построения сетки (разбиения пространства параметров на множество подпространств (альтернатив)) и мультистарта на сетке (анализа конкурирующих подпространств).

Модуль зондирования пространства для решения оптимизационных задач поиска глобального оптимума используется для осуществления циклического покоординатного спуска и прямого поиска в пространстве случайных величин.

Модуль формирования пространств и деревьев перспективных подпространств на основе композиционности подпространств реализует методы покрытий (объединения нескольких локальных областей), получения пространств параметров сложной формы и построения μ-деревьев перспективных подпространств.

После выбора факторов и откликов на экран выводятся все исходные данные и пользователю предлагается выбрать число разбиений по откликам рис.2.

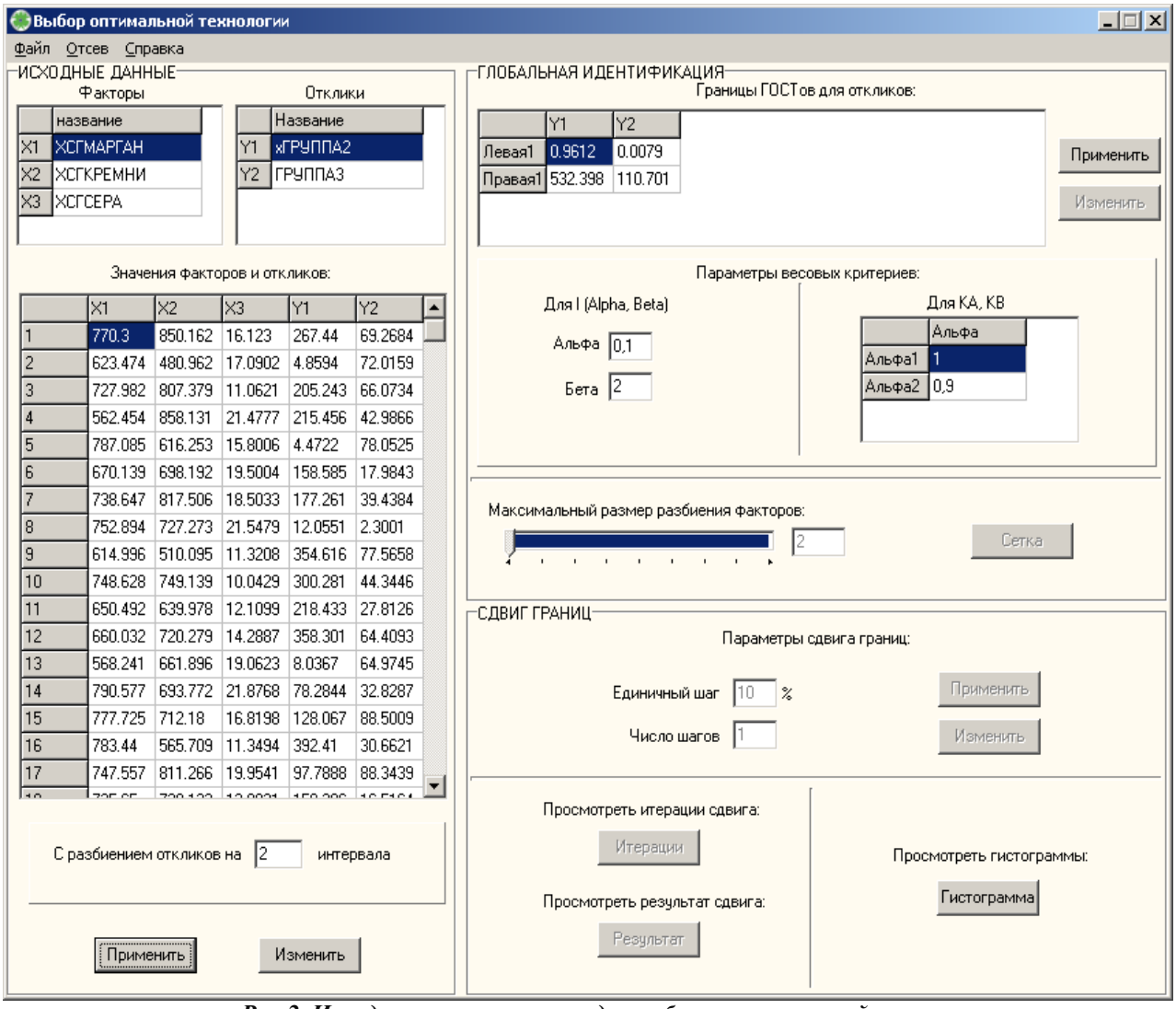


Рис.2. Исходные значения процедур выбора оптимальной технологии

После этого осуществляется построение сеток и сдвиг границ. Сетки на технологическое пространство накладываются в соответствии с указанными параметрами. Наложение сетки происходит после нажатия на кнопку «Сетка». После появляется окно результатов.

Список литературы:

1. Блюмин, С.Л. Дискретное моделирование систем автоматизации и управления [Текст]: Монография; Липецкий эколого-гуманитарный институт/ С.Л. Блюмин, А.М. Корнеев. – Липецк: ЛЭГИ, 2005. – 124 с.
2. Корнеев, А.М. Структурное клеточно-иерархическое моделирование сложных пространственно-распределенных систем [Текст] / А.М. Корнеев // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2011. – №1. – С. 62-66.
3. Korneev A.M., Abdullah L.S., Smetannikova T.A. Structural cell-hierarchical identification of complex spatially distributed production systems // Proceedings of the 3rd International Academic Conference. 2013, St. Louis, Missouri, USA. c. 75-79.

НАДЕЖНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДВОДНЫХ ТОННЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ

Андросов А.Д.
Горный институт СВФУ им. М.К. Аммосова, профессор, доктор техн. наук.
Андреев Н.И.
Горный институт СВФУ им. М.К. Аммосова, старший преподаватель.

Инженерное обеспечение подземного пространства – это одно из важнейших направлений, обеспечивающих устойчивость развития современного общества. Здесь особое место отводится тоннелестроению, которое стало наиболее актуальным в связи с развитием инфрастуктуры современных городов, ростом населения в них, а также возникшими проблемами по размещению и дальнейшему развитию проектируемой транснациональной магистрали, соединяющей такие великие страны мира, как Россия и Америка. Более того, данная магистраль впервые соединит Европейский континент с Американским по суше. Таким образом, строительство тоннелей в условиях криолитозоны северо-востока России стало реальностью, а рекомендации, тем более технические решения, по их проходке являются весьма своевременными.

Анализ состояния вопроса показывает, что тоннели нашли широкое распространение во многих странах мира, разных континентах и отраслях народного хозяйства. Они имеют отличительные признаки по функциональной принадлежности. Так, согласно литературного источника [1], по назначению тоннели делят на пять основных групп: тоннели на путях сообщения, гидротехнические тоннели, коммунальные, горнопромышленные тоннели и тоннели специального назначения.

На практике наибольшее распространение получили тоннели на путях сообщения. Поэтому в данной работе приведены результаты разработок по ссоружению подводных тоннелей в экстремальных условиях криолитозоны Севера, одновременно рассмотрены вопросы по обеспечению безопасности их эксплуатации с учетом возникновения непредсказуемых чрезвычайных ситуаций.

В качестве основных преимуществ тоннельного варианта перехода через водные преграды по сравнению с мостовыми следует отнести:

- снижение капитальных и эксплуатационных затрат при тоннельных переходах [2];
- долговечность эксплуатации тоннелей;
- безопасность эксплуатации тоннелей, обусловленная исключением образования ледяных заторов, последствиями которых являются затопление сельхозугодий, жилых кварталов, поселков и т.д.

С учетом особенностей и экстремальных климатических условий криолитозоны авторами создано новое технологическое решение для патентования в России. Суть ее состоит в следующем (рис.1).

Сооружение подводного тоннеля 1 начинают при минимальном уровне воды **2** в реке **3** (рис.1а.). Проходят с противоположных берегов реки въездные траншеи **4**, вынутый при этом грунт складируют в отвалы **5** на борту траншеи. В конце въездной траншеи возводят подковообразной формы защитный бордюр **6** из железобетона выше максимального уровня воды **7** в реке. Причем проходку въездной траншеи **4** ведут с применением техники открытых горных работ – экскаваторами или погрузчиками с вывозкой пород автосамосвалами на борт траншеи. После проходки и формирования въездной траншеи возводят стенки **8** и арочный свод тоннеля **9** из монолитного железобетона (рис.1б), после которого поверх его укладывают гидроизоляционную рубашку из синтетического материала тайпар **10** и засыпают вынутым грунтом **5**, восстанавливая первоначальный рельеф поверхности **11** (рис.1в). Проводку подводного участка тоннеля ведут двумя встречными забоями **12** с применением техники подземных работ – проходческими комбайнами. В процессе проходки подводного участка тоннеля создают зумпфы **13** для сбора просачивающейся в тоннель воды, которая стекает по дренажному лотку **14**. Вода из зумпфов **13** перекачивается насосами через скважины **15** в нагорную канаву **16**, откуда она самотеком выливается в речную сеть.

Как показывают технико-экономические расчеты, реализация данного технического решения обеспечит снижение капитальных затрат по сравнению с мостовыми переходами на 11,6 млн. долларов на 1км длины тоннеля. В данных расчетах не учтены эксплуатационные затраты, поскольку они практически одинаковые в обоих вариантах и не окажут существенного влияния на снижение эффективности тоннельных переходов [3]. В таблице **1** приведены основные расчетные показатели строительства подводного тоннеля в условиях криолитозоны.

Таблица 1

Основные технико-экономические показатели строительства подводного тоннеля в сопоставлении с мостовыми переходами

№ п/п	Наименование показателей	Традиционный вариант (мост)	Рекомендуемый вариант (тоннель)
1	Ширина реки, км	3,0	3,0
2	Длина моста, км	3,0	-
3	Длина тоннеля, км	-	3,84
4	Затраты на проходку двухполосного автомобильного тоннеля, тыс. долл.		397,056
5	Затраты на сооружение тоннельных обделок из бетона, тыс. долл.		4782,6
6	Затраты на покрытие тоннеля гидроизоляционным материалом (тайпар), тыс.долл.		252,595
7	Суммарные затраты на сооружение тоннеля, млн. долл.		5,36

№ п/п	Наименование показателей	Традиционный вариант (мост)	Рекомендуемый вариант (тоннель)
8	Затраты на строительство двухполосного автомобильного моста, млн. долл.	50,0	
9	Ожидамое снижение капитальных затрат от внедрения подводного тоннеля, млн. долл.		44,6

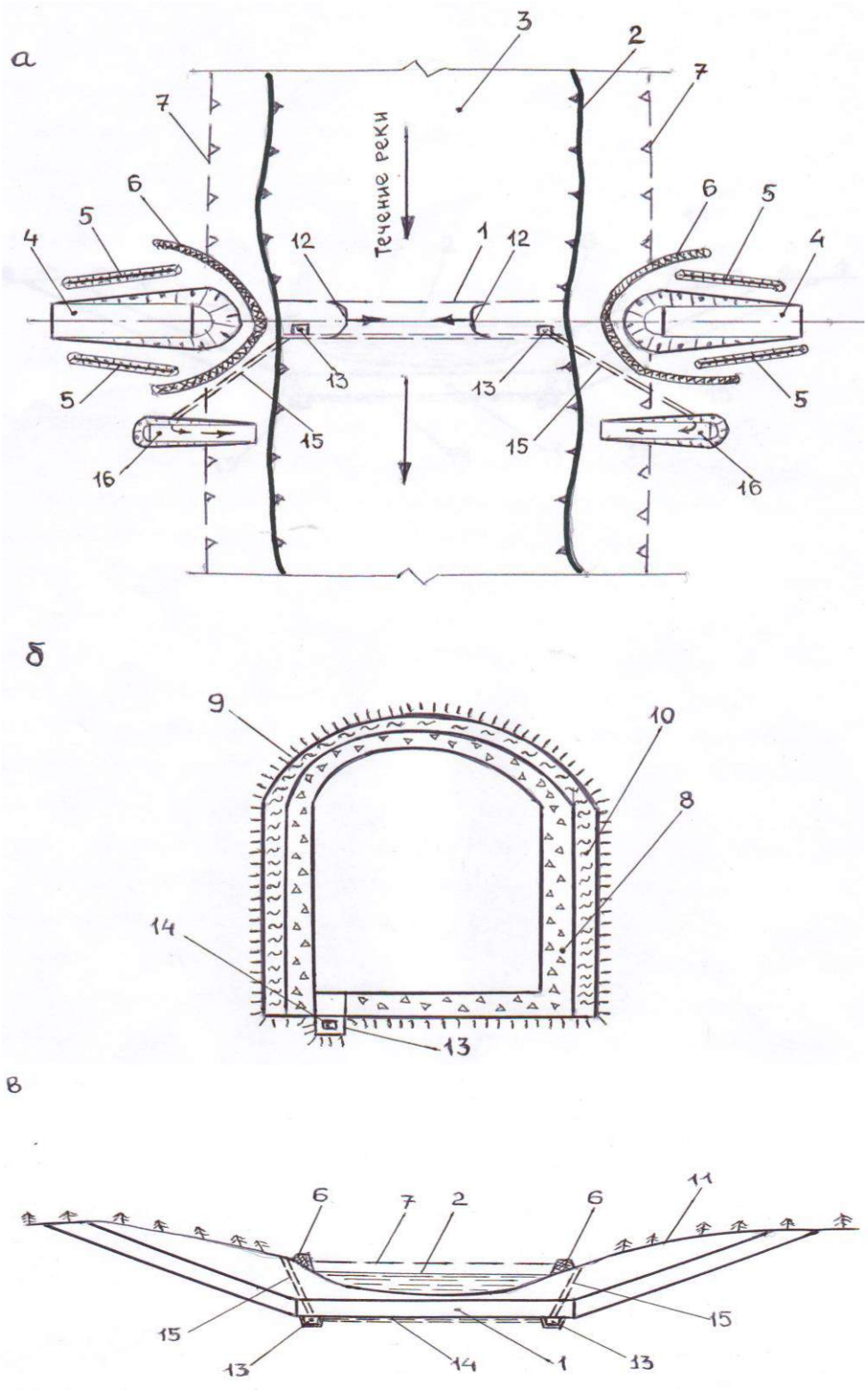


Рис.1. Компоновочная схема подводного тоннеля через реку Лена:
а – схема расположения подводного тоннеля в плане; б - поперечное сечение подводного участка тоннеля;
в – продольный профиль тоннеля.

В организационном плане сооружение подводного тоннеля ведут двумя участками во встречном направлении от противоположных берегов реки, разделяя длину тоннеля на участки с открытым и подземным способами проходки. Причем открытый наклонный участок тоннеля формируют в виде глубокой траншеи, когда уровень воды в реке минимальный с применением техники открытых горных работ. Согласно созданного технического решения, запатентованного в России, формула изобретения следующая. Способ сооружения подводных тоннелей, включающий проходку наклонных и горизонтальных выработок, создание выработки арочной формы, крепление ее стенок и свода монолитным железобетоном, оклеечную наружную гидроизоляцию из битумной мастики, водоотведение с помощью дренажных лотков, отличающийся тем, что с целью обеспечения эффективности горнопроходческих работ и повышения надежности гидроизоляции тоннеля, его длину разделяют на участки с открытым и подземным способами, причем на открытом участке строят наклонную въездную траншею при минимальном уровне воды в реке техникой открытых работ, в конце траншеи сооружают подковообразной формы защитный бордюр из железобетона, возводят стенки, арочный свод тоннеля с оснасткой, поверх которых укладывают гидроизоляционную рубашку из синтетического материала тайпар и засыпают вынутым грунтом, проходку подводного участка тоннеля ведут в щадящем режиме проходческими комбайнами встречными забоями до стыковки их на проектной отметке, а проскоки воды в тоннель собирают в зумпфе с последующей откачкой насосами через скважины на поверхностную нагорную канаву, соединенную с водоемом.

Однако, несмотря на высокую эффективность тоннельных переходов, существует множество недостатков при их эксплуатации. На практике эксплуатации подводных тоннелей возможны различные аварийные ситуации такие как, повреждения оборудования, горных выработок, сооружений, сопровождающиеся длительным нарушением режима работы тоннельного перехода. При этом характер проявления аварий определяется многочисленными факторами: протяженностью подземной конструкции, его параметрами, глубиной заложения, инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями, технологией строительства.

Одним из основных причин аварий могут быть низкое качество работ, отклонения от проектных параметров и требований технических заданий. Причиной тому являются несвоевременное и недостаточно полное обследование, ремонт и реконструкция сооружения и другие нарушения, связанные с обеспечением безопасности эксплуатации сооружения. Более того, повышенный риск аварий возникает в связи с возможными прорывами воды и затоплениями участков с неустойчивыми водонасыщенными грунтами. Прорывы приводят к частичному или полному затоплению тоннеля, выводу из строя горнопроходческого оборудования, травмам и гибели людей. Они характеризуются огромными притоками и требуют выполнения специальных исследований по выявлению защитных свойств пород кровли, забойного пространства и проведения работ по эффективным мерам безопасности и разработки защитных мероприятий против стихии. Наряду с этим возможны проскоки ливневых и паводковых вод, требующих создания на поверхности ограждений, защищающих тоннельные обделки от повреждений.

Другим негативным моментом является загазованность воздуха в тоннельном пространстве, которая может служить причиной отравления людей. Такие ситуации возникают при плохой вентиляции, тоннельного пространства и слабом контроле за содержанием ядовитых газов. Основными источниками загрязнения воздуха являются выхлопные газы, выделяемые работой двигателей автосамосвалов. Загазованность еще больше усугубляется при неэффективной вентиляции, вызванных неожиданными отключениями электроэнергии и неисправностью вентиляционной системы. Она также возникает из-за случайного возгорания кабельной оснастки. Специфическими особенностями ограниченного тоннельного пространства являются быстрое задымление воздуха, высокие темпаратура и концентрация токсичных газов, которые в совокупности представляют серьезную угрозу людям в связи со сложностью быстрой их эвакуации. Причинами возникновения пожаров в тоннелях также являются нарушения правил безопасности при выполнении электро и газосварочных работ, применение легковоспламеняющихся материалов и внезапные возгорания транспортных средств из-за неисправностей.

Поэтому технологические и организационные мероприятия по обеспечению безопасности эксплуатации подводных тоннелей должны быть направлены на:

1. Создание средств пожаротушения на случай возникновения очагов возгорания на отдельных участках тоннельных переходов.
2. Обеспечение герметичности тоннелей против просачивания воды со дна водоема.
3. Отвод паводковых вод от устьевой части тоннельных переходов в речную сеть.
4. Оборудование тоннелей средствами откачки воды с целью защиты их от возможного затопления.
5. Организация налаженной системы вентиляции от загазованности пространства тоннеля выхлопными газами автосамосвалов.

Соблюдение вышеперечисленных мероприятий обеспечивает безопасную и надежную эксплуатацию подводных тоннелей на многие годы. Более того, в связи с созданием таких тоннелей появляется реальная возможность организации в подводном простанстве оранжерей для круглогодичного выращивания овощей, грибов, ягод и т.д. с целью обеспечения населения свежими сельхозпродуктами, особенно в зимний период. Таким образом, будет технически решена и практически реализована вековая мечта народов Севера – иметь надежную, безопасную и бесперебойную транспортную схему через одну из великих рек мира. Опыт строительства и эксплуатации подземных тоннелей под водоемами в экстремальных условиях криолитозоны, возможно будет иметь дальнейшую перспективу в связи с создаваемыми глобальными транснациональными проектами развития целых регионов земного шара. Данный крупный уникальный проект не имеет аналогов в мировой практике и в настоящее время научно-технический проект находится на стадии поиска заказчика, одновременно ведутся поисковые работы по формированию пакета технических решений для патентования в России.

Для практической реализации технической идеи необходимы инженерные изыскания в районе предстоящих работ и выполнение комплекса организационных мероприятий на разных уровнях государственных и ведомственных структур с целью выявления народнохозяйственной ее эффективности, применительно к данному региону.

Литература:

1. Волков В.П. Тоннели и метрополитены. – М.: Транспорт, 1975. – 542 с.

2. Андросов А.Д., Семенов В.А., Захаров Ю.В. Целесообразность строительства подземных тоннелей под рекой Лена // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2006, Вып. 2. Региональное приложение. – Якутия. – с. 175 – 179.
3. Пат. 2501912 РФ, МПК E02D29/09. Способ сооружения подводных тоннелей / А.Д. Андросов, М.В. Николаев, Ю.Г. Данилов, А.А. Андросов и др. – Опубл. в БИ. – 20.12.2013.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ WI-FI ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

Ассур Олег Сергеевич
Аспирант кафедры управления и информатики национального исследовательского университета «МЭИ», г. Москва
Филаретов Геннадий Фёдорович
Доктор технических наук, профессор кафедры управления и информатики национального исследовательского университета «МЭИ», г. Москва

При необходимости определения местоположения внутри помещений, где применение глобальных систем навигации (GSM, GPS, ГЛОНАСС) невозможно или затруднено, чаще всего применяются системы Wi-Fi позиционирования. Их распространённость вызвана популярностью стандарта IEEE 802.11 (известного как Wi-Fi) при построении беспроводных локальных вычислительных сетей.

Методы Wi-Fi позиционирования можно подразделить на две группы – методы, основанные на построении модели распространения сигнала, и методы, базирующиеся на идеях теории классификации. Вторую группу методов в свою очередь зачастую разделяют на две категории – детерминистские методы и вероятностные методы. Детерминистские методы используют методы группы ближайшего соседа, вероятностные применяют теорему Байеса.

Если судить по имеющимся публикациям [2, 4, 5], методы первой группы обладают значительной погрешностью – их средняя точность составляет порядка 10 метров. В то же время применение методов второй группы позволяет добиться точности до нескольких метров [1, 3]. На практике основными методами, применяемыми при решении задачи локального позиционирования с использованием Wi-Fi сетей, являются:

1. Модель Мотли-Кинана;
2. Модифицированный метод *k*-ближайших соседей;
3. Наивный байесовский классификатор.

Модель Мотли-Кинана, описанная ими в работе [4], является классической моделью распространения Wi-Fi сигнала

$$RSS(d) = RSS(d_0) - 10 \cdot \alpha \cdot \log(d/d_0), \quad (1)$$

где $RSS(d)$ – мощность сигнала (*RSS* – Received Signal Strength), определяемая устройством на расстоянии d от точки доступа, $RSS(d_0)$ – мощность сигнала, измеренная на расстоянии d_0 от точки доступа, α – коэффициент учитывающий распространение сигнала Wi-Fi в окружающей среде.

В работе [2] представлена модернизированная модель Мотли-Кинана, учитывающая затухание сигнала в стенах и перегородках

$$RSS(d) = RSS(d_0) - 10 \cdot \alpha \cdot \log(d/d_0) + \sum_{r=1}^{L} l_r \cdot \omega_r, \quad (2)$$

где L – количество стен различной природы, l_r – количество стен имеющих коэффициент затухания ω_r.

Модифицированный метод *k*-ближайших соседей, представленный в работе [3] определяет оценку местоположения объекта как взвешенный центр масс фигуры, формируемой в признаковом пространстве *k*-ближайшими соседями по формуле

$$\vec{X} = \frac{\sum_{i=1}^{k}(1/d_s(\vec{Z},\vec{Z}_i)) \cdot \vec{X}_i}{\sum_{i=1}^{k}(1/d_s(\vec{Z},\vec{Z}_i))}, \vec{X}_i \in N_k, \quad (3)$$

где N_k – множество *k*-ближайших соседей, $\vec{Z}, \vec{Z}_i$ – соответственно векторы данных текущего измерения и *i*-ого соседа, $\vec{X}_i$ (x_i, y_i) – координаты *i*-ого соседа, $\vec{X}$ (x, y) – оценка местоположения объекта, d_s – метрика расстояния в пространстве признаков (уровней мощности сигнала точек доступа).

При этом множество *k*-ближайших соседей определяется на основании расчёта расстояния между текущим вектором измерений $\vec{Z}$ и измерениями, полученными на этапе обучения системы $\vec{Z}_t, t = \overline{1,T}$, где T – размер обучающей выборки.

В качестве метрик расстояния в пространстве признаков (уровней мощности сигналов точек доступа) могут использоваться:

1. Евклидово расстояние

$$d_s^e(\vec{Z}_1,\vec{Z}_2) = \sqrt{\sum_{j=1}^{M}(Z_{1j} - Z_{2j})^2} \quad (4)$$

2. Расстояние городских кварталов

$$d_s^m(\vec{Z}_1,\vec{Z}_2) = \sum_{j=1}^{M}|Z_{1j} - Z_{2j}| \quad (5)$$

3. Метрика Чебышева

$$d_s^c(\vec{Z}_1,\vec{Z}_2) = \max_{j=1,M}|Z_{1j} - Z_{2j}| \quad (6)$$

В формулах (4)-(5) выше M – количество точек доступа, используемых системой, Z_{1j}, Z_{2j} – значения уровней мощности Wi-Fi сигнала от *j*-ой точки доступа.

Наивный байесовский классификатор основан на применении теоремы Байеса [1]. Оценка местоположения объекта получается из максимума апостериорной вероятности местоположения объекта, рассчитываемой согласно выражению

$$P[\vec{X}|\vec{Z}] = \frac{P[\vec{Z}|\vec{X}] \cdot P[\vec{X}]}{P[\vec{Z}]} = \frac{P[\vec{Z}|\vec{X}] \cdot P[\vec{X}]}{\sum_{v=1}^{V} P[\vec{Z}|\vec{X}_v] \cdot P[\vec{X}_v]} \quad (7)$$

где V – количество допустимых положений объекта, $P[\vec{X}]$ – априорная вероятность нахождения объекта на позиции $\vec{X}$ до получения вектора наблюдений $\vec{X}$, $P[\vec{Z}|\vec{X}]$ – апостериорная вероятность получения вектора $\vec{Z}$, когда объект находится в позиции $\vec{X}$. «Наивность» метода заключается в том, что получение компонент вектора измерений $\vec{Z}$ считается независимым:

$$P[\vec{Z}|\vec{X}] = P[Z_1|\vec{X}] \cdot P[Z_2|\vec{X}] \cdot \ldots \cdot P[Z_M|\vec{X}], \quad (8)$$

где M – количество используемых точек доступа.

Экспериментальная оценка точности представленных методов производилась в демонстрационном зале компании ООО «НИИ СОКБ», план которого представлен на рисунке 1.

В качестве позиционируемого устройства был выбран смартфон LG Nexus 4, работающий под управлением операционной системы Android 4.4.

Обучающая выборка была сформирована на основании измерений уровней мощности Wi-Fi сигнала в опорных точках с шагом 4 метра. В каждой опорной точке производилось по пять измерений в четырёх направлениях.

Тестовая выборка формировалась с использованием данных того же устройства, полученных при аналогичных измерениях с разницей сутки. При этом количество точек измерений при формировании тестовой выборки было расширено с помощью тестовых точек.

Точность методов оценивалась по двум параметрам:

- Средняя ошибка позиционирования;
- Максимальная ошибка позиционирования.

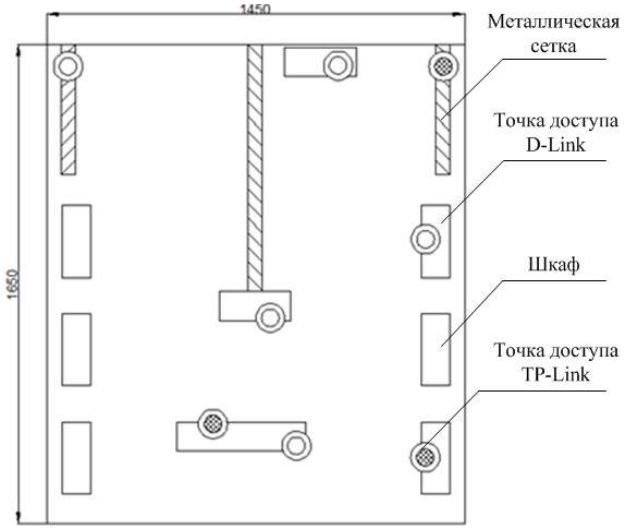


Рисунок 1. План объекта испытаний

Исследовались следующие методы:

1. Модель Мотли-Кинана (базовая и модернизированная);
2. Модифицированный метод *k*-ближайших соседей.

В рамках исследования для моделей Мотли-Кинана варьировался коэффициент, учитывающий распространение сигнала в окружающей среде; для метода *k*-ближайших соседей изменялись метрики расстояния и количество ближайших соседей. Результаты исследования представлены на рисунках 2 и 3.

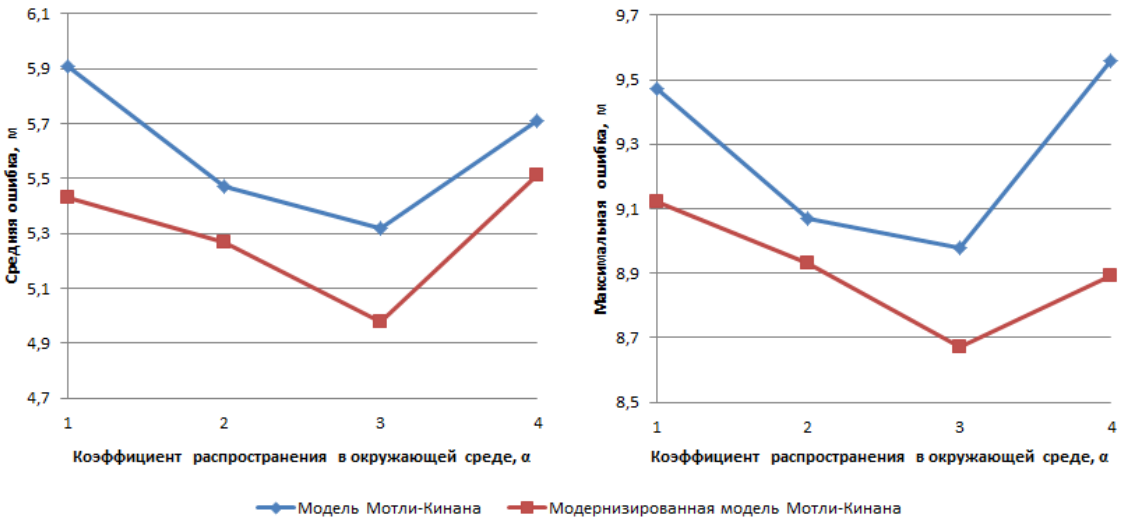


Рисунок 2. Средняя и максимальная ошибки позиционирования при использовании модели Мотли-Кинана

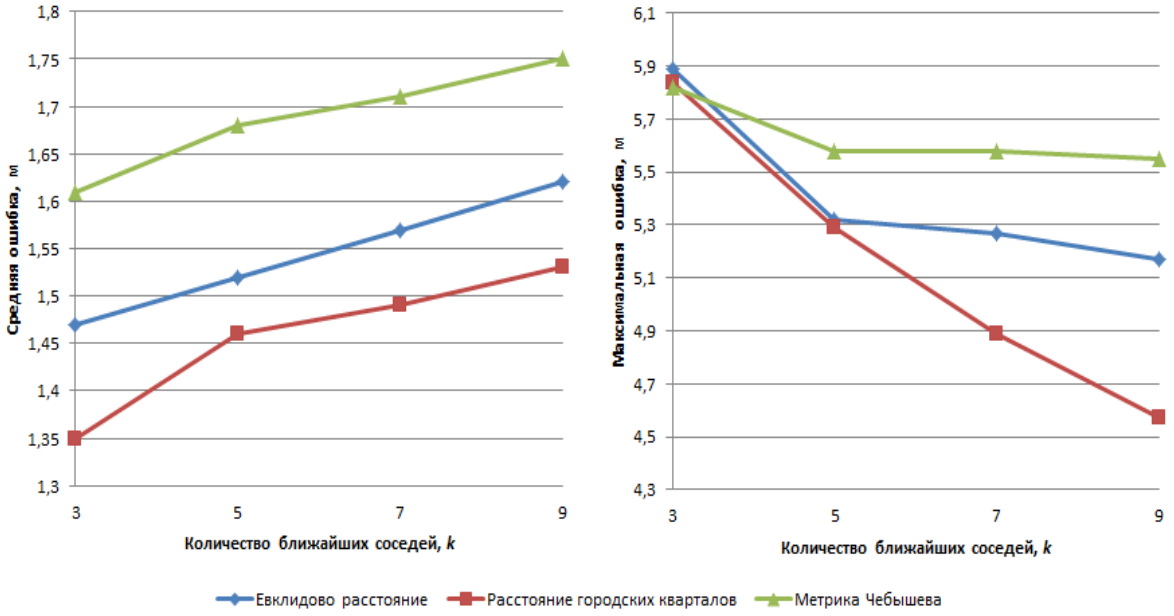


Рисунок 3. Средняя и максимальная ошибки позиционирования при использовании модифицированного метода k-ближайших соседей

Очевидно, что наилучшие результаты с точки зрения минимизации значений ошибок каждого из методов получены при следующих настройках:

1. Модернизированная модель Мотли-Кинана: $\alpha = 3$.
2. Модифицированный метод *k*-ближайших соседей: расстояние городских кварталов, $k = 7$.

Так как в рамках исследования метода *k*-ближайших соседей не были найдены настройки, при которых одновременно минимизируются как средняя, так и максимальная ошибка, то для определения наилучших результатов использовался следующий эмпирический критерий: минимальная средняя ошибка при условии, что максимальная ошибка не превышает значения 5 м.

В таблице 1 приведены общие результаты исследования точности рассмотренных методов позиционирования. Для модели Мотли-Кинана и модифицированного метода *k*-ближайших соседей в таблице указаны значения, полученные при использовании оптимальных настроек.

Таблица 1

Результаты исследования точности существующих методов Wi-Fi позиционирования

Методы позиционирования	**Модель Мотли-Кинана**	**Метод *k*-ближайших соседей**	**Наивный байесовский классификатор**
Средняя ошибка, м	4,98	1,49	1,74
Максимальная ошибка, м	8,67	4,89	4,43

Как следует из таблицы 1, ошибка позиционирования при использовании модели распространения сигнала приблизительно вдвое больше, чем при применении вероятностных методов. Из этого можно сделать вывод о том, что применение методов, основанных на построении модели распространения сигнала, для решения задачи позиционирования объектов с высокой точностью вряд ли возможно. Это обусловлено тем, что такие модели не учитывают реальную интерференционную картину Wi-Fi покрытия, на которую влияют как значительное переотражение сигналов, так и наложение их частотных спектров.

В свою очередь вероятностные методы позволяют получить приемлемую точность как с точки зрения средней, так и с точки зрения максимальной ошибок позиционирования. Именно эту группу методов можно рекомендовать для использования при построении высокоточных систем локального позиционирования.

Список литературы:

1. A probabilistic approach to WLAN user location estimation. / Roos T., Myllymaki P., Tirri H., Misikangas P., Sievanen J. // International Journal of Wireless Information Networks. 2002. V. 9, N. 3. P. 155-164.
2. Chen Y., Kobayashi H. Signal strength based indoor geolocation. // Proceedings of the IEEE International Conference on Communications. New York, USA. 2002. V. 1, P. 436-439
3. Evennou F., Marx F. Advanced integration of Wi-Fi and inertial navigation systems for indoor mobile positioning. // EURASIP Journal on Advances in Signal Processing. 2006. P. 1-11.
4. Motley A.J., Keenan J.M.P. Personal communication radio coverage in buildings at 900 MHz and 1700 MHz. // Electronics Letters. 1988. V. 24, N. 12, P. 763-764.
5. Аверин И.М., Семенов В.Ю. Позиционирование пользователей с использованием инфраструктуры локальных беспроводных сетей. // Труды IV Всероссийской конференции «Радиолокация и радиосвязь». Москва, 2010. С. 474-479.

СИНЕРГЕТИКА БЕЗОПАСНОСТИ ИННОВАЦИЙ

Белозеров Валерий Владимирович
Д-р. тех. наук, доцент, ООО «НПТ Центр ОКТАЭДР» (Ростов н/Д)
Олейников Сергей Николаевич
Канд. тех. наук, начальник адъюнктуры Академии ГПС МЧС России (Москва)
Пащинская Виктория Владимировна
Ст. дознаватель ГУ МВД России по Ростовской области

До настоящего времени человечество, считая себя властелином природы, как правило, не считалось с её законами при организации своего бытия. То есть создавало и управляло общественно-экономическими формациями в исторически сложившихся границах (периодически пытаясь их изменять), с помощью искусственных («не природных») юридических Законов, технических и социальных норм и правил, которые крайне редко базировались на достижениях наук о природе, тем более, если эти достижения шли в разрез с политическими целями конкретных государств.

Такой волюнтаризм (эгоцентризм), породивший в прошлых столетиях необоснованную и неуправляемую дифференциацию фундаментальных и прикладных наук, привели к природоразрушающему характеру созданной ныне техносферы. Поэтому в XXI веке обретает актуальность синергетика, призванная устранить, образовавшуюся «междисциплинарную и философскую брешь» между настоящим (из-за отсутствия «Диалектики техносферы» и необходимости обновления «Диалектики природы») и будущим («Диалектикой ноосферы») [6,7].

Признание природоразрушающего характера "рыночной экономики" стало итогом беспрецедентной Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992), на которой её генеральный секретарь Морис Стронг заявил: *"..западная модель развития более не подходит ни для кого. Единственная возможность решения глобальных проблем сегодняшнего дня - это устойчивое развитие"*. А незадолго до этого было предложено и понятие: *"Устойчивое развитие - это такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности"*[8].

Прошло уже 20 лет после «Рио-де-Жанейровского приговора», однако рыночная экономика продолжает уничтожать природу и население планеты, а статистика продолжает фиксировать социально-экономические потери в жизнедеятельности мирового сообщества от «продуктов научно-технического прогресса» (НТП) [4]:

- так в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) ежегодно погибают свыше 300,0 тыс. человек и более 2,0 миллионов – травмируются,
- электрический ток поражает и травмирует более 0,01% населения планеты в год, т.е. свыше 700,0 тысяч человек.
- в пожарах ежегодно погибает около 70,0 тыс. человек и свыше 300,0 тысяч – получают травмы различной степени тяжести,
- в происшествиях на реках, морях и в океанах, в т.ч. с применением транспортных средств, погибает и пропадает без вести более 50,0 тыс. человек в год,
- в ежегодных геофизических катаклизмах (землетрясениях, грозах, наводнениях, лавинах, жары и холода) погибает около 40,0 тыс. человек.

Если просуммировать указанный ущерб с 1945 года, то потери мирового сообщества за прошедшие полвека в несколько раз превысят ущерб, нанесенный человечеству Второй мировой войной! Следовательно, ТРЕТЬЯ МИРОВАЯ ВОЙНА с «продуктами НТП» УЖЕ давно ИДЕТ и как показывают результаты исследований, человечество начинает терпеть в ней поражение, т.к. скорости уничтожения населения и созданной техносферы возрастают с каждым годом и сегодня составляют: 3 погибших, 6 травмированных и 1,9 млн. долларов в минуту[6]!

Как показали результаты многих исследований, на Россию «приходится» около 20% указанных потерь, а основной экологический ущерб наносится теплоэнергетикой и дорожно-транспортными инфраструктурами (таб.1-3): 97,24% токсичных выбросов (нормируемых) – 49,06% и 48,18% соответственно, 98,92% CO_2, H_2O и др. (не нормируемых) – 49,33% и 49,59% соответственно [1-4].

Таблица 1

Нормируемые стандартами выбросы (тыс. тонн в год)

Выбросы (тыс.тонн) / Вид транспорта и его объектов	нормируемые							
	CO	**CnHm**	**NOx**	**C**	**SO_2**	**Всего (норм.)**	**в %**	**в % к ненормируемым**
Автодорожный, в т.ч.:	**10652,4**	**1521,0**	**1654,9**	**30,9**	**162,8**	**14022,0**	**48,18%**	**3,56%**
объекты АДТ	*162,4*	*35,0*	*66,9*	*7,2*	*39,7*	*311,2*		*5,17%*
Речной, в т.ч.:	**30,9**	**11,8**	**45,1**	**4,5**	**23,5**	**115,8**	**0,40%**	**9,98%**
объекты РТ	*16,0*	*0,7*	*2,8*		*8,6*	*28,1*		*4,68%*
Морской, в т.ч.:	**20,0**	**9,4**	**34,9**	**2,6**	**39,4**	**106,3**	**0,37%**	**13,04%**
объекты МТ	*8,4*	*1,4*	*5,5*		*8,9*	*24,2*		*6,38%*
Воздушный, в т.ч.:	**53,8**	**12,4**	**64,6**	**0,0**	**13,8**	**144,6**	**0,50%**	**7,23%**
объекты ВТ	*20,3*	*6,4*	*6,6*		*1,3*	*34,6*		*4,61%*
Железнодорожный, в т.ч.:	**120,5**	**50,5**	**203,1**	**11,7**	**50,9**	**436,7**	**1,50%**	**9,55%**
объекты ЖДТ	*76,0*	*3,0*	*20,7*	*1,1*	*50,9*	*151,7*		*5,25%*
Тепловые электростанции, котельные и централи	**10594,5**	**1558,6**	**1900,1**	**41,4**	**181,0**	**14275,6**	**49,06%**	**3,65%**
Итого	**21472,1**	**3163,8**	**3902,6**	**91,1**	**471,4**	**29101,0**	**100,00%**	**2,51%**

При этом, несмотря на Киотский протокол, ни в России, ни за рубежом выбросы углекислого газа и воды не считаются «вредными», поэтому нет официальной методологии их учета, а, следовательно, и адекватных экономических рычагов по снижению вреда от выбросов CO_2 и H_2O, но главное - отсутствуют даже оценки «вреда от убыли кислорода», поглощаемого из атмосферы.

Полученные нами данные (таб.3) просто ошеломляют: 143 миллиона россиян «потребляют» O_2 (30,08%) и «выделяют» CO_2 и H_2O (31,45%) менее 1/3 того, что «выжигает» (68,79%) и «выбрасывает» транспортно-энергетическая структура России!

Таблица 2

Ненормируемые стандартами выбросы (тыс. тонн в год)

Выбросы (тыс.тонн) / Вид транспорта и его объектов	не нормируемые						Выжигание O_2	в %
	CO_2	H_2O	альдегиды	тв. вещва	Всего (не норм.)	в %		
Автодорожный, в т.ч.:	**262090,0**	**131045,0**	**400,5**	**10,6**	**393546,0**	**49,59%**	**325161,1**	**49,68%**
объекты АДТ	*3995,7*	*1997,8*	*16,2*	*7,7*	*6017,4*		*9627,8*	
Речной, в т.ч.:	**760,3**	**380,1**	**10,9**	**9,3**	**1160,6**	**0,15%**	**1457,5**	**0,22%**
объекты РТ	*393,7*	*196,8*	*0,7*	*8,8*	*600,0*		*960,0*	
Морской, в т.ч.:	**492,1**	**246,0**	**8,4**	**68,5**	**815,1**	**0,10%**	**1006,9**	**0,15%**
объекты МТ	*206,7*	*103,3*	*1,3*	*68,2*	*379,5*		*607,3*	
Воздушный, в т.ч.:	**1323,7**	**661,8**	**15,6**	**0,0**	**2001,2**	**0,25%**	**2273,5**	**0,35%**
объекты ВТ	*499,5*	*249,7*	*1,6*		*750,8*		*1201,3*	
Железнодорожный, в т.ч.:	**2964,8**	**1482,4**	**59,8**	**67,7**	**4574,6**	**0,58%**	**5857,8**	**0,90%**
объекты ЖДТ	*1869,9*	*934,9*	*15,7*	*66,4*	*2887,0*		*4625,7*	
Тепловые электростанции, котельные и централи	**260665,4**	**130332,7**	**459,7**	**5,0**	**391462,9**	**49,33%**	**318734,9**	**48,70%**
Итого	**528296,2**	**264148,1**	**955,0**	**161,2**	**793560,4**	**100,00%**	**654491,8**	**100,00%**

Таблица 3

Сравнительные данные с населением России

Выбросы (тыс.тонн) / Вид транспорта и его объектов	не нормируемые						Выжигание O_2	в %
	CO_2	H_2O	альдегиды	тв. вещва	Всего (не норм.)	в %		
Автодорожный, в т.ч.:	**262090,0**	**131045,0**	**400,5**	**10,6**	**393546,0**	**34,00%**	**325161,1**	**34,74%**
объекты АДТ	*3995,7*	*1997,8*	*16,2*	*7,7*	*6017,4*		*9627,8*	
Речной, в т.ч.:	**760,3**	**380,1**	**10,9**	**9,3**	**1160,6**	**0,10%**	**1457,5**	**0,16%**
объекты РТ	*393,7*	*196,8*	*0,7*	*8,8*	*600,0*		*960,0*	
Морской, в т.ч.:	**492,1**	**246,0**	**8,4**	**68,5**	**815,1**	**0,07%**	**1006,9**	**0,11%**
объекты МТ	*206,7*	*103,3*	*1,3*	*68,2*	*379,5*		*607,3*	
Воздушный, в т.ч.:	**1323,7**	**661,8**	**15,6**	**0,0**	**2001,2**	**0,17%**	**2273,5**	**0,24%**
объекты ВТ	*499,5*	*249,7*	*1,6*		*750,8*		*1201,3*	
Железнодорожный, в т.ч.:	**2964,8**	**1482,4**	**59,8**	**67,7**	**4574,6**	**0,40%**	**5857,8**	**0,63%**
объекты ЖДТ	*1869,9*	*934,9*	*15,7*	*66,4*	*2887,0*		*4625,7*	
Тепловые электростанции, котельные и централи	**260665,4**	**130332,7**	**459,7**	**5,0**	**391462,9**	**33,82%**	**318734,9**	**34,05%**
Население России, в т.ч.:	**258380,4**	**105622,9**			**364003,4**	**31,45%**	**281595,3**	**30,08%**
Итого	**786676,6**	**369771,0**	**955,0**	**161,2**	**1157563,8**	**100,00%**	**936087,1**	**100,00%**

Следовательно, «инновационную модернизацию» надо начинать с решения проблем организации безопасной жизнедеятельности и её необходимо проводить не в соответствии, а вопреки современным тенденциям научно-технического прогресса, которые, к сожалению, не соответствуют фундаментальным наукам о природе, т.к. выражают развитие прикладных наук и техники, удовлетворяющих, в основном, потребительские парадигмы существующих общественно-экономических формаций [1,3].

В приложении «А» к Киотскому протоколу к парниковым газам отнесены - углекислый газ (CO_2), метан (CH_4), закись азота (N_2O), перфторуглероды (PFCs), гидрофторуглероды (HFCs) и гексафторид серы (SF_6), т.к. утверждается, что накапливаясь в атмосфере, эти газы удерживают избыточное тепло, излучаемое с поверхности Земли, создавая эффект глобального парника. Однако наши исследования показали, что рост температуры атмосферы и климатические изменения обусловлены другими причинами. Дело в том, что чуть более 100 лет назад ком-

панией «Форд» были выпущены первые серийные автомобили, а сегодня 520 миллионов автомобилей, произведенных за последние 50 лет, выжигают ежегодно 11,89 миллиардов тонн кислорода, выбрасывая в атмосферу 10,91 миллиардов тонн углекислого газа и 4,46 миллиардов тонн воды, а также более 26,0 тераватт тепла в час, если считать, что 50% тепла от двигателей внутреннего сгорания рассеивается. Практически с такой же скоростью за эти 50 лет нарастало аналогичное «потребление и выделение» теплоэнергетикой [1,3,6].

Мы построили модель автотранспортных выбросов с момента начала серийного производства автомобилей (рис.1) и получили практически коррелированный результат с моделью П. Джоунса и Тома М.Л. Уигли глобального потепления из-за «парникового эффекта» (рис.2), если добавить к автомобильному транспорту - железнодорожный, водный и аэрокосмический, и удвоить результат, учитывая выбросы тепловой энергетики и «сброс тепла» в атмосферу и гидросферу из-за низкого КПД тепловых машин [1,6].

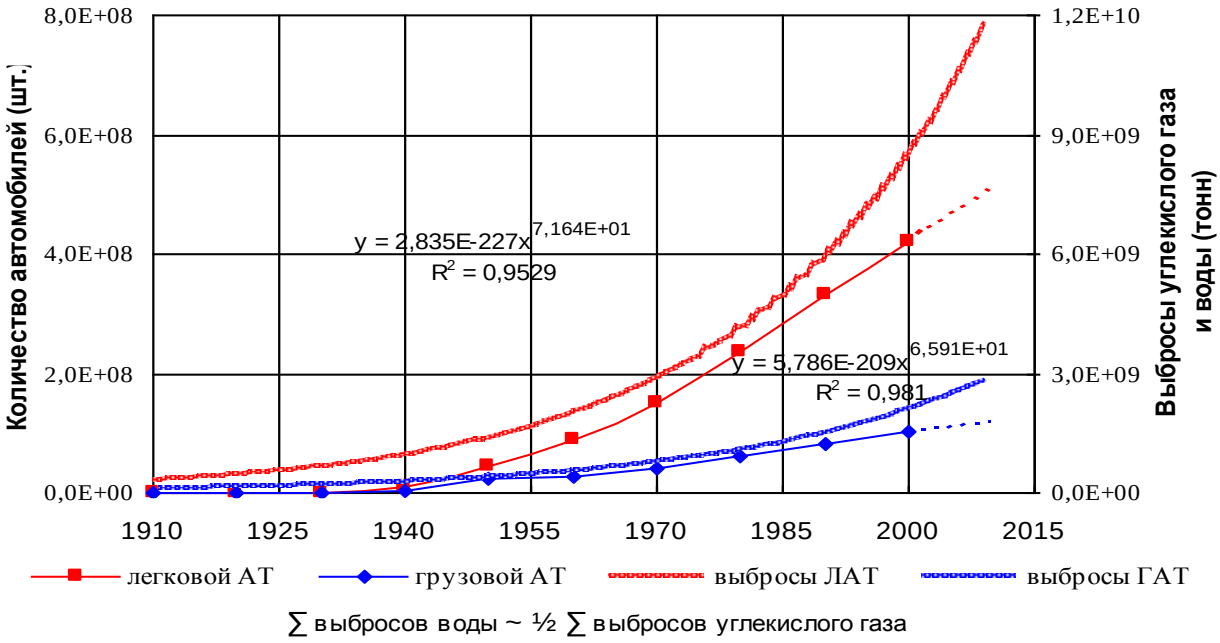


Рис. 1 - Модель роста автотранспортного парка и его выбросов

Только «парниковый эффект» оказался совсем не причем, т.к. расчеты показали, что **прирост массы атмосферы «за счет сгорания геосферы»** (топливо транспорта, ГРЭС и ТЭЦ), увеличиваясь ежегодно, **составляет в настоящий момент более 15 миллиардов тонн в год:** 10,144 миллиардов тонн – транспорт и теплоэнергетика плюс ещё 5,072 миллиарда тонн – дыхание и питание 7-ми миллиардного населения планеты.

Рис. 2 - Модель «парникового эффекта»

И если за истекшие 100 лет среднее атмосферное давление (*P*) не изменилось, а масса и, следовательно, объем (*V*) постоянно увеличиваются, то в соответствии с уравнением Менделеева-Клайперона (Ван-дер-Ваальса - для реальных газов) должна увеличиваться температура (*T*):

$$PV = \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} + \ldots \frac{m_n}{\mu_n}\right)RT \quad \text{или} \quad \left(P + \frac{aN^2}{V^2}\right)\left(\frac{V}{N} - b\right) = NRT \qquad (1)$$

А дальше, в соответствии с законами термодинамики, атмосфера «приводит себя в равновесное состояние», характеризуемое энтропией – S, т.е. перемещает и перемешивает прибывающие массы выбросов вместо выжигаемого кислорода с помощью ветров, ураганов и бурь, выравнивая их концентрации и плотности, а избыток воды «сбрасывает на Землю» в виде града, снега и дождя. При этом сети дорог и тротуаров, покрытий зданий и сооружений, имеющие значительные коэффициенты черноты, которые строители, в соответствии с «замыслами» архитекторов и дорожно-транспортной науки, делают открытыми, увеличивают турбулентность атмосферы своими конвективными потоками, не хуже, чем это происходит в «долине смерти» на стыке штатов Невада и Калифорния, или в «Аллее торнадо» районов Миссисипи и Огайо, в результате чего – «неожиданные» дожди и ураганы, метели и наводнения, которые наносят обществу огромный социально-экономический ущерб, *а воспринимаются - как изменения климата.* [4].

Основная причина происходящего заключается в том, что все существующие в мире стандарты и нормы, ориентированы на рассеивание выбросов (транспорта, предприятий, ГРЭС и ТЭЦ) с помощью устройств выброса отработавших и сопутствующих газов, в т.ч. строительства «дымовых труб» соответствующей высоты. Это нарушает три основных природных цикла, обеспечивающих жизнедеятельность на нашей планете: суточно-сезонный цикл круговорота кислорода в системе атмосфера-биосфера-гидросфера, сезонно-годовой цикл круговорота воды и семилетний цикл круговорота углерода в системе атмосфера-биосфера-геосфера/гидросфера [1,3].

Следовательно, в связи с тем, что транспорт и теплоэнергетика, «сжигая геосферу» (углеводородное топливо), выбрасывают воду и углерод (окислы углерода) в атмосферу, бороться надо не с выбросами, путем их ограничения и торговли «квотами», как это следует из Киотского Протокола и других политических (а не научных!) документов, а необходимо создавать технологии «возвращения углерода и воды» в геосферу и «компенсации кислорода», выжигаемого из атмосферы [1,7].

Очевидно потому, что зарубежная прикладная наука не смогла найти путей решения проблем безопасности АЭС, ведущие зарубежные «атомные державы», за исключением Японии, уже давно не строят их у себя. Европа и США затрачивают миллиарды долларов на альтернативную энергетику (ветровую, солнечную и т.д.) и «игнорируют» - термоядерную, т.к. вероятность или, как это становится модным сейчас, риск использования термоядерной энергии, не имеет оценки вообще [3,5].

«*Мы последняя европейская страна, где нет закона о господдержке возобновляемой энергетики.... В настоящий момент разрабатывается новый закон о поддержке реэнергетики, и, вроде бы, администрация президента, правительство его поддерживают. Тем не менее Минфин вычеркивает все, что касается реальных мер по стимулированию, хотя эти затраты для государства минимальны*» - заявил в интервью Директор ВИЭСХ академик РАСХН Скребков Д.С. Речь идет о разработках отечественных ученых, ВИЭСХ в частности, в области передачи электроэнергии, базирующихся на идеях Николы Теслы. Вот уже 15 лет способы и устройства, защищенные патентами РФ (2108649, 2136515, 2143775, 2158206, 2161850, 2172546, 2183376, 2255405 и 2255406), позволяющие не на несколько процентов, что для территории России уже немало, а в несколько раз сократить потери при передаче электроэнергии от тех же АЭС, ТЭЦ и ГРЭС, остаются, мягко говоря, «за пределами внимания» государственных деятелей самого высокого уровня, продолжающих говорить о необходимости инновационной деятельности во всех сферах жизни [9].

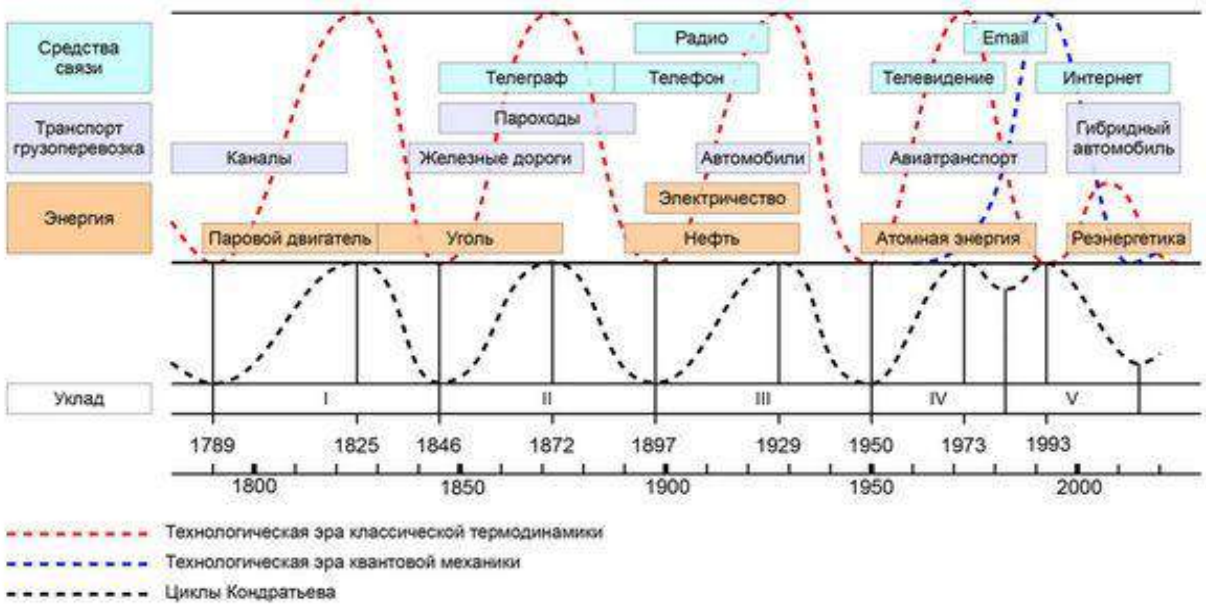
Действительно, первый закон в этой области был подготовлен в 1998г., но, принятый в Госдуме и Совете Федерации, был «зарезан» Б.Н. Ельциным, наложившим на него вето. Таким образом, существующий закон «Об энергосбережении», как и Указ Президента РФ "О концепции перехода России к устойчивому развитию", т.е. акты «вынужденной организации», состоят из лозунгов и управляющих функций не осуществляют.

В качестве доказательства актуальности реэнергетики можно привести результаты анализа «циклов Кондратьева» в инновационном аспекте (рис.3) и на примере той же энергетики показать парадоксальность существующей системы инновационной деятельности в России. Таким образом, в отличие от существующих «теорий рисков и катастроф» [2], моделей «рыночных или распределительных экономик» и др., необходимо, не уповать на «призрачные возможности правового государства», законам которого ПРИРОДА не подчиняется, а проводить термодинамическое уравновешивание соответствующих технических, экономических и правовых норм и регламентов, т.е. использовать в управлении, законотворчестве и при стратегическом планировании развития цивилизации, и России в частности, синергетические методы и средства [3-7].

Литература

1. Айдаркин Е.К., Белозеров В.В., Богуславский Е.И., Викулин В.В., Костырев Н.П., Новакович А.А., Крыжановский В.В., Топольский Н.Г. Физико-химические и хронобиологические методы и технологии подавления вреда и противопожарной защиты ТЭЦ - Современные наукоемкие технологии. 2006. № 4. С. 86-87.
2. Арнольд В.И. Теория катастроф – М: Наука, 1990 – 128с.
3. Баранов П.П., Белозеров В.В., Гаврилей В.М., Любимов М.М., Топольский Н.Г. О стратегии развития науки и инноваций с точки зрения безопасности жизнедеятельности - Глобальная безопасность. - 2008. - № 1, с.144-151.
4. Белозеров В.В., Богуславский Е.И., Пащинская В.В., Прус Ю.В. Адаптивные системы подавления энтропии в техносфере - Успехи современного естествознания - № 11, 2006, с. 59-62.

5. Белозеров В.В., Загускин С.Л., Прус Ю.В., Самойлов Л.К., Топольский Н.Г., Труфанов В.Н.. Классификация объектов повышенной опасности и вероятностно-физические модели их устойчивости и безопасности – «Безопасность жизнедеятельности»- № 8, 2001, с.34-40.
6. Белозеров В.В., Олейников С.Н., Пащинская В.В. О синергетике экономики и права при обеспечении безопасности жизнедеятельности //«Системный синтез и прикладная синергетика»: мат-лы 4-й междунар.науч.конф. ССПС-2011, 11-13.10.2011, Пятигорск/- Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2011, с.183-194
7. Белозеров В.В., Пащинская В.В., Травин В.И. Синергетика экономики, безопасности и права – Успехи современного естествознания - № 8, 2006, с. 62-65.
8. Кара-Мурза С.Г. Научная картина мира и фактор природы в экономике / Отчет по гранту РГНФ 97-02-02133/ - Науковедение, № 1, 1999.
9. РФ пока отказывается от реэнергетики - http://top.rbc.ru/economics/29/05/2007/104576.shtml



.Рис. 3 - Циклы Кондратьева (построено на основе источника: Masaaki Hirooka (ed) Innovation Dynamism and Economic Growth: A Nonlinear Perspective — Edward Elgar Publishing, 2006, Fig. 5.1, p. 92.)

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ СВАРОЧНЫЕ ВОЛНОВОДЫ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Хмелев Владимир Николаевич
Профессор, зам. директора по научной работе БТИ АлтГТУ, г. Бийск
Хмелев Сергей Сергеевич
Канд. тех наук, доцент кафедры МСИА БТИ АлтГТУ, г. Бийск
Боброва Галина Алексеевна
Аспирант БТИ АлтГТУ, г. Бийск

В связи с постоянно растущими темпами промышленности и производства необходимо улучшение существующих технологий и техники, а также разработка принципиально новых типов оборудования. Но проектирование и разработка новых технологий часто невозможна либо затруднительна, поэтому основной задачей является совершенствование уже имеющихся. На данный момент существует множество используемых технологий, способных удовлетворить запросам потребителей.

В середине XX века появляются и находят широкое применение ультразвуковые (УЗ) технологии, основанные на использовании энергии УЗ колебаний. Они прочно заняли свое место среди других «интеллектуальных» технологий, а также позволили выявить и усовершенствовать значительное количество технологических процессов. Оборудование, в основе которого лежит применение УЗ колебаний не требует особых условий эксплуатации, имеет небольшие массогабаритные параметры, но при этом отличается высокой производительностью и небольшой потребляемой энергией. Влияние ультразвука на некоторые технологические среды (например, жидкости, жидкодисперсные, газовые среды, твердые тела) связано с развитием различных эффектов: кавитация, ускорение диффузии, нагрев и т.д.

УЗ технологии широко используются во всех сферах человеческой жизнедеятельности, поэтому все эти технологии можно разделить на три категории. К первой относят все процессы, в которых в качестве обрабатываемой среды выступают твердые тела. К таким процессам относится сварка, резка пластмасс и металлов и другие. Во второй группе – процессы обработки жидких сред. Это процессы эмульгирования, диспергирования, очистки, экстрагирования, также к ним относят сонохимические реакции, которые выделяют в отдельное направление.

Третья группа воздействия на газовые среды – это сушка продуктов, коагуляция, пеногашение.

В настоящее время широкое распространение получили аппараты для осуществления высокотехнологических процессов сварки полимерных материалов. Для обеспечения требуемых параметров производства необходимо использование волноводных инструментов сложной формы. Проектирование и разработка новых волноводов – сложная конструкторская задача, так с ростом требований к технологическому процессу, повышается и сложность разрабатываемого инструмента.

Как сказано выше ультразвуковая сварка полимерных материалов является одним из перспективных направлений. Этот способ сварки характеризуется особо ценными технологическими свойствами: возможность соединения деталей, толщина, одной из которых практически не ограниченна; осуществление сварки конструкций, в которых затруднен доступ к месту сварки; не происходит подвод напряжений к месту сварки; обеспечение высоких эксплуатационных свойств, а также повышение производительности.

Ультразвуковая сварка пластмасс и полимеров ценна тем, что для ряда некоторых материалов является единственным и надежным способом соединения.

При ультразвуковой сварке необходимые условия для образования соединения создаются в результате механических колебаний ультразвукового преобразователя. Энергия вибрации создает сложные напряжения растяжения, сжатия и среза. При превышении предела упругости соединяемых материалов происходит пластическая деформация в зоне их соприкосновения. В результате пластической деформации и диспергирующего действия ультразвука происходит удаление адсорбированных пленок жидкости, газов, органических пленок и поверхностных оксидов, происходит увеличение площади непосредственного контакта, что обеспечивает получение прочного соединения [1].

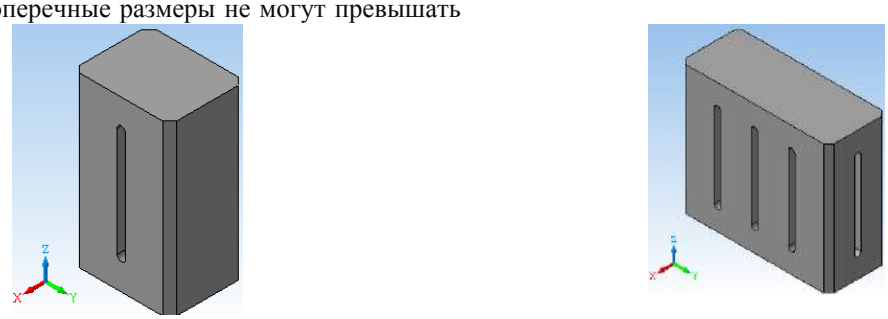
Для обеспечения качественного сварного соединения необходимо, чтобы волновод, передающий колебания от пьезоэлектрического преобразователя в зону сварки, колебался в продольной моде, поэтому в общем случае его максимальные поперечные размеры не могут превышать от 1/4 до 1/3 λ (где λ – длина волны в материале) – тогда может быть получен плоский волновой фронт. Если эти ограничения не соблюдаются, амплитуда колебаний на выходном торце неравномерна (выше в центре, чем по краям), что приводит к ухудшению качества сварного соединения. На данный момент существует множество способов, позволяющих получить требуемые значения амплитуды, которые позволяют обеспечить её равномерный выход на торцевой поверхности.

К таким способам относят введение сквозных пазов, механических фильтров, боковых проточек, сквозных цилиндрических отверстий. Данные способы позволяют разделить весь инструмент на несколько областей.

В работе [2] описаны исследования, направленные на проектирование и разработку ультразвуковых сварочных аппаратов для шовно-прессовой сварки. Данные, полученные в ходе исследований позволяют создавать плоские конструкции волноводов, которые обеспечивают наиболее оптимальное распределение амплитуды вдоль излучающей поверхности (выходной торцевой поверхности). В качестве способов модификации волноводного инструмента были выбраны сквозные пазы и механический фильтр. Так аналитический расчет конструкций сложной формы затруднен, для получения результатов использовались методы компьютерного моделирования. Но несмотря на хорошие результаты, данные волноводы не могут удовлетворить всем запросам современного производства, поэтому необходима разработка и других конструкций волноводов сложной формы, имеющие более равномерное распределение амплитуды.

Для последующих исследований можно использовать сварочные блоки, трехмерные модели которых представлены на рисунке 1. Конструкции, представленные на рисунке 1а, используются для сваривания массивных плоских прямоугольных деталей, а на рисунке 1б – конструкции, используемые для создания составных волноводов, которые позволяют в несколько раз увеличивать площадь сварного соединения.

Данные волноводы обладают коэффициентом усиления около 1, ширина и толщина волновода, как правило, превышает 0,4 длины волны.



а б

Рисунок 1 –Конструкции волноводов в форме параллелепипедов

Увеличение длины и ширины сварного шва позволяет применять данные конструкции в различных областях промышленности. Чтобы обеспечить равномерное распределение амплитуды, пазы в конструкции вводятся в двух направлениях.

Так же часто на производстве существует необходимость точечной сварки материалов. Поэтому актуально исследовать модели составных конструкций волноводов, которые бы состояли из сварочного блока и простых стержневых концентраторов. Примерный вид данной модели представлен на рисунке 2.

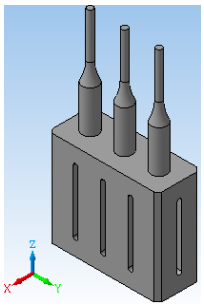


Рисунок 2 – Конструкция составного волновода

Конечно, использование данной конструкции для сварки более предпочтительно, чем в других областях, так волновод может осуществлять многоточечную сварку, что приводит к сокращению рабочего времени на производстве и к увеличению производительности труда. При некоторой модификации конструкции можно осуществить сварку изделия по сложному контору, что невозможно при использовании сварочных инструментов другого типа.

В данном случае требуемая амплитуда колебаний достигается на торцевых поверхностях концентраторов, поэтому необходимо не только получать необходимое значение выходной амплитуды сварочного блока с помощью известных способов, но и добиться требуемой амплитуды концентраторов. Аналитически сложно рассчитать параметры такой конструкции, поэтому необходимо выявить некоторые зависимости между отдельными частями, составляющими всю модель, которые бы позволили влиять на распределение амплитуды в целом. Для определения некоторых параметров конструкций используют системы элементно-конечного компьютерного моделирования. В работе [3] показаны результаты исследований, позволяющие выявить особенности моделирования ультразвуковых колебательных систем и их составляющих частей.

Подводя итог следует отметить, что предлагаемые исследования направленны на улучшение существующих конструкций для ультразвуковой прессовой сварки, а также на разработку новых конструкций для многоточечной сварки. Применение данных исследований на практике позволит повысить параметры производства. Также достоинством является возможность применения данных конструкций в других областях промышленности, что обеспечивает их универсальность.

Список литературы:

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст] /А.Г. Касаткин. – 9-е изд. – М.: Химия,1973. –750 с.
2. Хмелев В.Н., Хмелев С.С., Боброва Г.А., Карзакова К.А. Исследование и разработка ультразвуковых сварочных инструментов [Текст]: В.Н. Хмелев, С.С. Хмелев, Г.А. Боброва, К.А. Карзакова. Южно-Сибирский научный вестник 2013 №2(4) С. 71-73
3. Хмелев С.С., Боброва Г.А., Карзакова К.А. Об особенностях конечно-элементного моделирования ультразвуковых колебательных систем и их составных узлов [Текст]: В.Н. Хмелев, С.С. Хмелев, Г.А. Боброва, К.А. Карзакова. Южно-Сибирский научный вестник 2014 №2(6) С. 11-13

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ТРАНСФОРМАЦИИ НАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ ПРИ ОТРАЖЕНИИ ОТ МЕТАСТРУКТУР

Будагян И.Ф.
Доктор физ-мат.наук, профессор МГТУ МИРЭА, г. Москва

Аннотация: Исследована минимизация искажений наносекундных импульсов при отражении от полубесконечных и конечных слоев наноматериалов, что имеет существенное значение в задачах радиолокации и радионавигации, учитывающих информацию о типе (источнике) сигнала. Реализован алгоритм обработки отраженного сигнала, позволяющий выявить закономерности между его длительностью и параметрами метаструктур.

Анализ трансформации формы огибающей электромагнитных импульсов при взаимодействии их со средой, через которую они проходят на протяжении длительного времени привлекает внимание исследователей. Применительно к подобным задачам широкое распространение получили методы компьютерного эксперимента, позволяющие оценить характер и степень деформации отраженного импульса. Наличие дисперсии существенно усложняет процессы распространения и отражения импульсов вследствие различия в поведении его отдельных спектральных составляющих. Основными составляющими трансформации формы импульса являются ассиметричное увеличение или уменьшение его фронта, раздвоение, а также сдвиг «центра тяжести» импульса вдоль оси времени. Представляет интерес исследование особенностей трансформации формы импульса при отражении от метасред – сред с отрицательной диэлектрической ε и магнитной проницаемостями. Актуален анализ влияния среды распространения на импульсы конкретной формы и длительности [1]. В этой связи, в работе проведён анализ искажения наносекундных (длительностью 0,5 - 10нс) электромагнитных импульсов различной формы, падающих на полупространство среды с метаструктурой.

В последнее время все большее внимание уделяется принципам реализации этих вопросов в микроволновом, терагерцовом, инфракрасном и оптических диапазонах частот при помощи различных метаматериалов [2-5]. Продемонстрирована возможность передачи изображений с разрешением много меньшим длины волны на значительные расстояния. Отличительной особенностью метаматериа-

лов является то, что их отклик на внешнее электромагнитное излучение определяется скорее формой наноструктурирования, чем диэлектрическими свойствами веществ, из которых он изготовлен. Простейшим примером плазмонного метаматериала являются тонкие поликристаллические пленки благородных металлов, анизотропно структурированные в их плоскости; такая форма структурирования наводит оптическую анизотропию в среде, несмотря на изотропность исходных материалов. Предложен метод для моделирования слоистых нелинейных сред, включающих слои с гиротропными материалами, анизотропными и бианизотропными метаматериалами на основе активных «искусственных молекул». Он включает моделирование метаматериалов от микроскопических параметров «искусственных молекул» до макроскопических линейных и нелинейных волновых параметров среды в целом. Разрабатываются сверхпроводящие метаматериалы, которые способны работать в терагерцовом диапазоне и обладают практически нулевыми энергетическими потерями. Терагерцовое излучение обладает достаточно высокой проникающей способностью, к тому же оно не является ионизирующим, а значит, безопасно для живых организмов. Для управления распространением световых волн использован метаматериал, наполненный так называемыми «нанокольцами», расположенными в геометрическом порядке на поверхности материала. Электромагнитные колебания световых волн возбуждают в этих нанокольцах переменный электрический ток, превращая каждое нанокольцо в наномагнит. Благодаря им такой метаматериал оказывает сильное воздействие, как на магнитную, так и на электрическую составляющие волн света. Над поверхностью метаматериала создается слой вторичных электромагнитных колебаний, который может служить в качестве проводящей среды для световых волн, направляя их вокруг поверхности метаматериала по огибающей. Метаматериалы применяются и в антенной технике. Так, возможно применение метаматериалов в качестве подложек (в том числе на диэлектрических и магнитных резонаторах) микрополосковых антенн СВЧ-диапазона. Все это вызывает повышенный интерес к технологиям исследования волновых процессов в метаматериалах [6,7].

Известные ранее алгоритмы и методы уменьшения искажений формы наносекундных импульсов не являются универсальными и далеко не всегда эффективны. Кроме того, они недостаточно просты для анализа процессов отражения и распространения наносекундных импульсов в таких средах, как метаматериалы. Методы спектрального анализа позволяют разработать эффективные алгоритмы для минимизации искажений наносекундных импульсов различной формы, установить закономерности между их длительностью и параметрами метаструктур. С этой точки зрения перспективными представляются и разработанный подход, и алгоритм обработки отраженных сигналов [8,9].

В работе изучаются следующие виды наносекундных импульсов: прямоугольный импульс, импульс в виде разности полиномов Лаггера, импульс гауссовой формы с меньшей и большей крутизной. На границу раздела с исследуемой средой падает из вакуума наносекундный импульс $S(t)$ единичной амплитуды, эффективной длительностью T (рисунок 1).

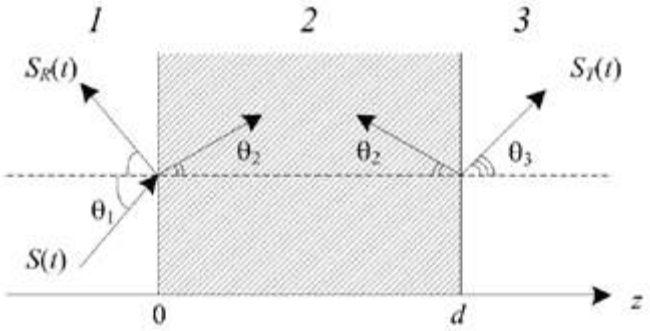


Рисунок 1. Общая схема процесса падения импульса на границу раздела сред

Предполагается, что волна распространяется вдоль оси z. При горизонтальной поляризации волны вектор напряженности электрического поля ориентирован вдоль границы раздела – оси y, а магнитного поля – вдоль оси x:

$$E_y(t,0) = E_{y0}S(t),\ H_x(t,0) = H_{x0}S(t),$$

где E_{y0}, H_{x0} - амплитуды соответствующих векторов напряженности падающего поля. Учтем, что частотные составляющие, лежащие в диапазоне $-\omega_{кр} < \omega < \omega_{кр}$, полностью отражаются от ε- или μ-негативных сред и не распространяются внутри них. При этом можно, используя обратное преобразование Фурье и учитывая коэффициент отражения, найти отраженное поле соответственно от полупространства или от слоя метасреды на расстоянии z:

$$E_{p,d}^{\text{п.отр}}(t,z) = E_{y0}\int_{-\omega_{кр}}^{\omega_{кр}} S(\omega)R(\omega)\exp[\,j(\omega t - kz)]d\omega.$$

Здесь $S(\omega)$ – спектральная плотность падающего импульса, и предполагается, что в рассматриваемом диапазоне $R(\omega)=\exp[j\beta(\omega)]$. Для наибольшего отражения от данных сред необходимо, чтобы их критические частоты $\omega_{кр}$ были соизмеримы или больше граничной частоты $\omega_{гр}$, где под $\pm\omega_{гр}$ понимаются граничные частоты, внутри диапазона которых сосредоточено 99% энергии спектра импульса. При $\omega_{кр}=\omega_{гр}$ отраженный импульс по форме должен быть похож на падающий импульс, так как гармоники с частотами, лежащими в пределах $|\omega|<\omega_{кр}$, полностью отражаются и несут основную энергию импульса.

1. Задается интервал вычислений по оси времени, выбирается число точек разбиения N и тип падающего импульса (A — амплитуда импульса, T — длитель-

ность импульса). По соответствующей формуле вычисляется его форма.

2. Для вычисления спектра падающего импульса $S(\omega)$ используется дискретное преобразование Фурье (ДПФ), а точнее, его оптимизированный для вычислений вариант — быстрое преобразование Фурье (БПФ). Исходя из числа точек разбиения и заданного временного интервала четко определяется, какому интервалу частот будет соответствовать рассчитанный спектр, при этом число отсчетов частоты интервала частот также равно N, но половина из них будет приходиться на отрицательные частоты, как и полагается для спектра. При этом в вычислительных программах учитывается положительная временная зависимость преобразования Фурье.
3. Вычисление коэффициентов отражения $R(\omega)$ и прозрачности $T(\omega)$ осуществляется для полубесконечной среды и для слоя конечной толщины. При падении на границу раздела полубесконечных сред амплитудные коэффициенты определяются как:

$$R = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1},\ T = \frac{2Z_2}{Z_2 + Z_1}.$$

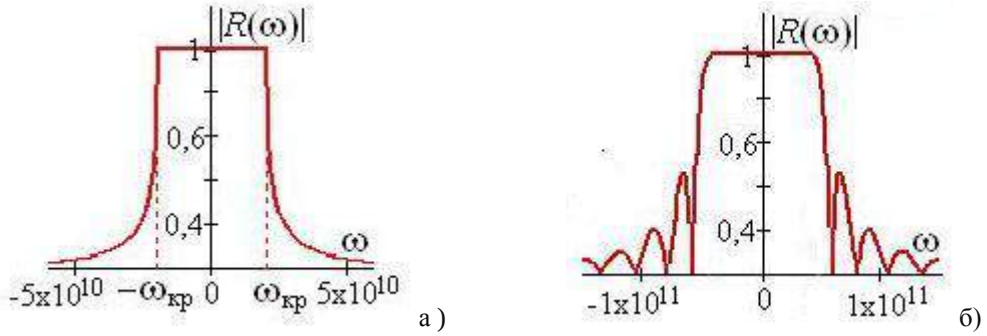
Выражение для коэффициента отражения при наклонном падении волны на слой имеет вид:

$$R = \frac{(Z_1 + Z_2)(Z_2 - Z_3)\exp(jg_2 d) + (Z_1 - Z_2)(Z_2 + Z_3)\exp(-jg_2 d)}{(Z_1 + Z_2)(Z_2 + Z_3)\exp(jg_2 d) + (Z_1 - Z_2)(Z_2 - Z_3)\exp(-jg_2 d)}.$$

Здесь $Z1$, $Z2$ и Z_3 — соответствующие импедансы сред (рисунок 1). В частном случае, когда среды по обе стороны слоя имеют одинаковые физические свойства, т.е. когда $Z_3 = Z_1$, коэффициент отражения определяется формулой:

$$R = \frac{Z_2^2 - Z_1^2}{Z_1^2 + Z_2^2 + 2jZ_1 Z_2 \operatorname{ctg}(g_2 d)},$$

где $g_2 = k_2 \cos\theta_2$ – поперечное волновое число в среде 2, $k_2 = 2\pi/\lambda_2$ - волновое число в среде 2. При нормальном падении $g_2 \to k_2$. Характерные графики коэффициентов отражения от полубесконечной среды и слоя конечной толщины (при нормальном падении) представлены на рисунке 2.



а) б)

Рисунок 2. Частотные зависимости модулей коэффициентов отражения для плазмы

4) С учетом $R(\omega)$ и $T(\omega)$ вычисляются дискретные спектры отраженного и прошедшего сигналов: $S_R(\omega) = R(\omega)\cdot S(\omega)$; $S_T(\omega) = T(\omega)\cdot S(\omega)$. Обратное преобразование Фурье позволяет перейти от спектральной плотности к сигналу

$$S(t) = \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) e^{j\omega t} d\omega.$$

Интеграл Фурье дает описание сигнала в виде суммы гармонических составляющих с непрерывной последовательностью частот. Функция $S(\omega)$ в общем случае является комплексной $S(\omega) = |S(\omega)| e^{-j\varphi(\omega)}$, где $|S(\omega)|$ и $\varphi(\omega)$ - соответственно модуль и фазовый спектр для рассматриваемых импульсов. Далее дискретные представления спектров отраженного и прошедшего сигналов преобразуются в дискретные представления сигналов во временной области.

5) Особенности при отражении импульсов от слоя метаматериала связаны с необходимостью учитывать знаки диэлектрической и магнитной проницаемостей при нахождении коэффициентов преломления и импедансов сред. Коэффициент преломления m-ой среды:

$$n_m = \sqrt{|\varepsilon_m||\mu_m|}\cdot\exp\left(j\frac{\varphi_{\varepsilon m} + \varphi_{\mu m}}{2}\right),$$

где $\varphi_{\varepsilon m}$, $\varphi_{\mu m}$ - фазы относительных диэлектрической и магнитной проницаемостей среды. Волновое число в m-ой среде: $k_m = k_0 n_m$, ($k_0 = 2\pi/\lambda$ – волновое число в вакууме). Характеристический импеданс для нормального падения:

$$Z_m = Z_0\sqrt{\frac{|\mu_m|}{|\varepsilon_m|}}\cdot\exp\left(j\frac{\varphi_{\mu m} - \varphi_{\varepsilon m}}{2}\right),$$

Z_0 - характеристический импеданс вакуума.

При падении под углом в случаях горизонтальной (вектор **E** параллелен границе раздела) и вертикальной (вектор **H** параллелен границе раздела) поляризаций соответственно:

$$Z_m = Z_0\sqrt{\frac{|\mu_m|}{|\varepsilon_m|}}\cdot\exp\left(j\frac{\varphi_{\mu m}-\varphi_{\varepsilon m}}{2}\right)\cdot\begin{cases}1/\cos\theta_m,\\ \cos\theta_m\end{cases}$$

θ_m — угол преломления волны в среде с индексом m. Так как среда 1 — вакуум, то $\mu_1=\varepsilon_1=1$ и $Z_1=Z_0$. Для расчета Z_2 сначала нужно вычислить диэлектрическую проницаемость ε_2 и/или магнитную проницаемость μ_2 в ω_k (k-ой точке угловой частоты на интервале частот) для всех дискретных отсчетов угловой частоты. И также для каждого отсчета должны быть рассчитаны фазы $\varphi_{\varepsilon m}$, $\varphi_{\mu m}$. Затем рассчитываются все значения Z_2 и коэффициентов R и T.

Ниже приводятся результаты численных экспериментов в среде MathCAD, проводимых на математических моделях с учетом реальной дисперсии при отражении рассматриваемых наносекундных импульсов, и осуществлен анализ результатов.

1. От ε-негативных метаматериалов: $\varepsilon(\omega)=1-\omega_p^2/\omega^2$ - плазменных слоев полубесконечной и конечной толщины без потерь (рисунок 3), полубесконечных слоев композитного метаматериала с $\omega_p^2=2\pi c^2/(a^2\ln a/2\pi r)$ в виде набора тонких металлических проводников радиуса r с межпроводным расстоянием a, погруженных в поддерживающий диэлектрик. Рассматривалась нормированная к длительности импульса толщина слоя $N=d/cT$.

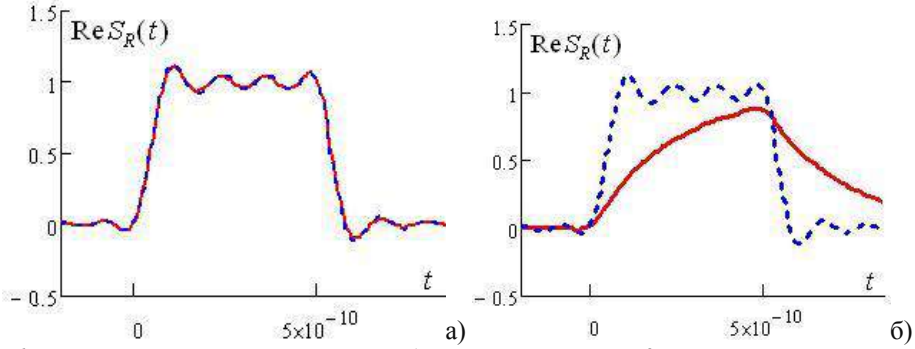


Рисунок 3. Изменение формы прямоугольного импульса длительностью T=0,5нс при отражении от слоя плазмы полубесконечной (пунктирная кривая) и конечной (сплошная кривая) толщины для а) N=0,1; б) N=0,007

Для импульса, представленного в виде разности полиномов Лаггера, имеет место аналогичная картина, тогда как для импульса гауссовой формы совпадение форм начинается с N=0.3.

Выявлено, что форма отражённого импульса зависит от произведения коэффициента N и длительности импульса T. Если изменять множители данного произведения таким образом, что оно остаётся постоянным, изменяется форма импульсов гауссовой формы (изменяется амплитуда) и прямоугольной. С увеличением длительности импульса его частотный спектр сжимается и необходимо проводить корректировку плазменной частоты с целью получения импульсов сходной формы для разных длительностей импульсов. Увеличивая толщину плазменного слоя можно найти значение, при котором конечный слой будет отражать импульс так же, как и полубесконечный. При уменьшении толщины форма импульса начинает расплываться, а амплитуда уменьшается. Наилучшую передачу формы падающего импульса показал при отражении импульс в виде разности полиномов Лаггера, так же, как и в случае полубесконечных слоев композитного метаматериала. Частотная зависимость для отражённого гауссовского импульса имеет рваный характер, форма искажается шумами. При меньшей длительности форма импульса лучше сохраняется на более высоких плазменных частотах, с увеличением длительности оптимальная частота уменьшается. Наилучшей картины можно добиться путём подбора оптимального соотношения параметров длительности импульса и плазменной частоты.

2. От μ-негативных метаматериалов: $\mu(\omega)=1-\omega_{pm}^2/\omega^2$ - полубесконечных слоев без потерь и с потерями (рисунок 4) композитного метаматериала в виде двойного кольцевого резонатора

$$\mu_{эф}=1-\frac{\pi r^2}{a^2}\left\{1-\frac{3l}{\pi^2 r^3\omega^2\mu_0\varepsilon_0\varepsilon}+j\frac{2\sigma}{\mu_0 r\omega}\right\}^{-1},$$

Включая конечные слои метаматериала (рисунок 5), и при изменении топологических параметров метаструктуры – зазора l между разрезными кольцами в поперечном сечении и внутреннего радиуса r меньшего из колец (рисунок 6).

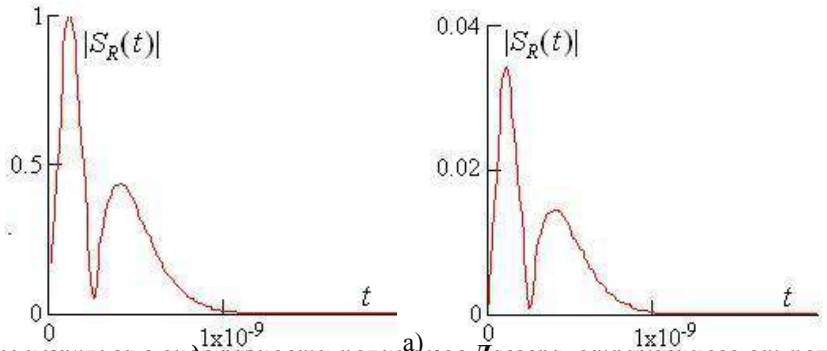


Рисунок 4. Формы импульса в виде разности полиномов Лаггера, отраженного от полубесконечного слоя (r=2мм, l=0,05мм): а) без, б) с потерями

Наблюдается небольшое изменение формы импульсов при резком падении амплитуды.

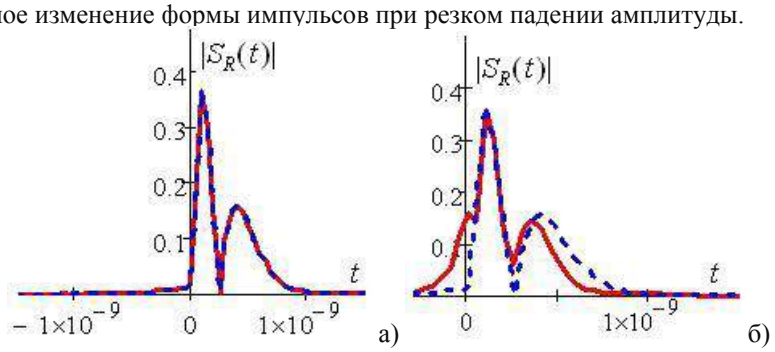


Рисунок 5. Формы импульса в виде разности полиномов Лаггера, отраженного от слоя с потерями конечной и полубесконечной (пунктирная кривая) толщины, при изменении размеров метаслоя: а) N=5; б) N=0,1

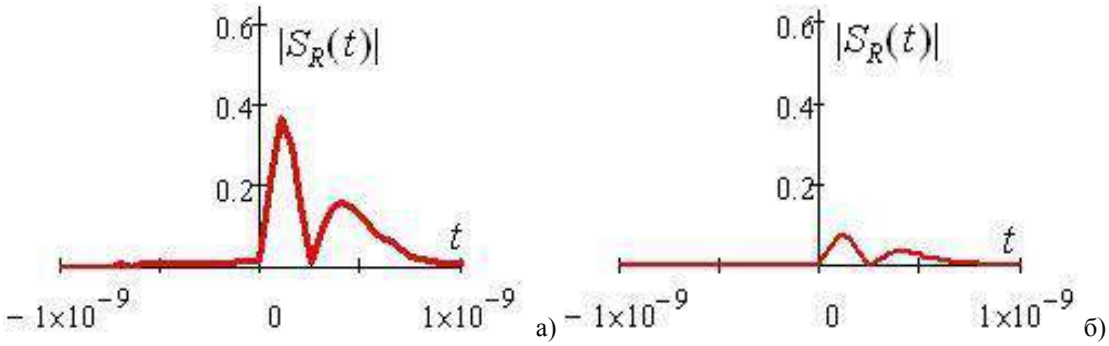


Рисунок 6. Формы отраженного импульса в виде разности полиномов Лаггера от слоя конечной толщины с потерями, при изменении размеров метаструктуры (при l =0,005мм): а) r =5мм; б)) r =3мм

3. От бинегативных метаматериалов с диэлектрической и магнитной проницаемостями близкими к -1 (рисунок 7). Угол θ=0 характеризует угол полного преломления волны, когда отраженная волна отсутствует. Поэтому для моделирования выбираются достаточно большие углы падения.

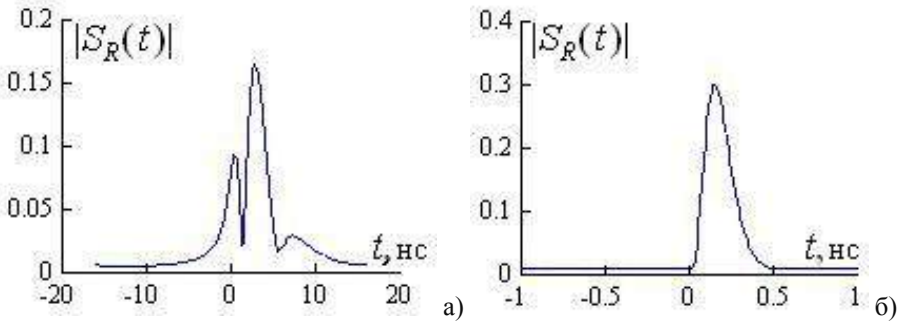


Рисунок 7. Динамика изменения формы гауссова импульса (падение под углом $\theta = 75^0$), отраженного от слоя конечной толщины при изменении его толщины и длительности импульса: а) N =0,1; T=10^{-8}; б) N =5; T=0,5·10^{-9}

Проведенный анализ полученных результатов показал эффективность алгоритма: выявлены закономерности между соотношением длительности импульса и плазменной частотой, а также зависимость между плазменной частотой и размерами метаструктуры. Оценено влияние размеров ее элементов без учета и с учетом потерь. Показано, что наименее подвержен искажению по форме импульс в виде разности полиномов Лаггера, при малых значениях плазменных частот и малой длительности он теряет амплитуду, но сохраняет форму, гауссов импульс не теряет амплитуду, но искажается по форме, так же, как и прямоугольный. При меньшей длительности форма импульса лучше сохраняется на более высоких плазменных частотах, а с увеличением длительности оптимальная частота уменьшается.

Список литературы

1. Будагян И.Ф., Илюшечкин М.Н., Щучкин Г.Г. Анализ формы наносекундных сигналов. Излучение и распространение: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. – 132 с.
2. E. Kim, F. Wang, W. Wu, Z. Yu, Y. R. Shen. Nonlinear optical spectroscopy of photonic metamaterials // Physical Review B., 2008. Т. 78, №11. – С.113102.
3. Щербаков М.Р., Цема Б.Б., Ежов А.А., Федянин А.А. Ближнепольная оптическая поляриметрия плазмонных нанорешеток // Письма в ЖЭТФ, 2011. Т.93. - С.801.
4. Белов П.А., Янковская Е.А., Мельчакова И.В., Симовский К.Р. Исследование возможности извлечения материальных параметров из коэффициентов

отражения и прохождения плоской волны для многослойных метаматериалов на основе металлических наносеток // Оптика и спектроскопия, 2010. Т.109, №01. - С.90–101.
5. Li Y. and Bowler N. Rational design of double-negative metamaterials consisting of 3D arrays of two different nonmetallic spheres arranged on a simple tetragonal lattice // 2011 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation IEEE, 2011. - P.1494-1497.
6. Слюсар В. Диэлектрические резонаторные антенны. Малые размеры, большие возможности // ЭЛЕКТРОНИКА, 2007. №.4. - С.89–95.
7. Слюсар В. Синтез антенн на основе генетических алгоритмов // Первая миля, 2008. № 6. - С.16–23; 2009. № 1. - С.22–25.
8. Будагян И.Ф., Илюшечкин М.Н. Моделирование волновых процессов при отражении и распространении наносекундных импульсов // Физика и технические приложения волновых процессов: труды XI международной научн.-техн. конф. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2012. – С.19-20.
9. Будагян И.Ф., Илюшечкин М.Н. Моделирование процессов распространения наносекундных импульсов в слоях конечной толщины на основе ε-негативных сред // T-Comm, 2012. №10. – С.23-29.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ КЛЕЕНЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ РАЗВЕРТОК

Булавин Валентин Васильевич
Канд. техн. наук, доцент Зареченского технологического института, филиала ПензГТУ, г. Пенза
Телятников Алексей Алексеевич
Студент Зареченского технологического института, филиала ПензГТУ, г. Пенза

Рабочая часть клееных твердосплавных разверток может быть оформлена по одному из следующих трех конструктивных вариантов, представленных на рис. 1:

– В виде твердосплавных пластинок, прикрепляемых к зубьям корпуса из конструкционной стали (рис. 1.а);
– В виде твердосплавной втулки с коническим отверстием, которым она насаживается на хвостовик из конструкционной стали (рис. 1.б);
– В виде твердосплавной вставки с коническим стержнем, которым она вставляется в коническое отверстие хвостовика (рис. 1.в).

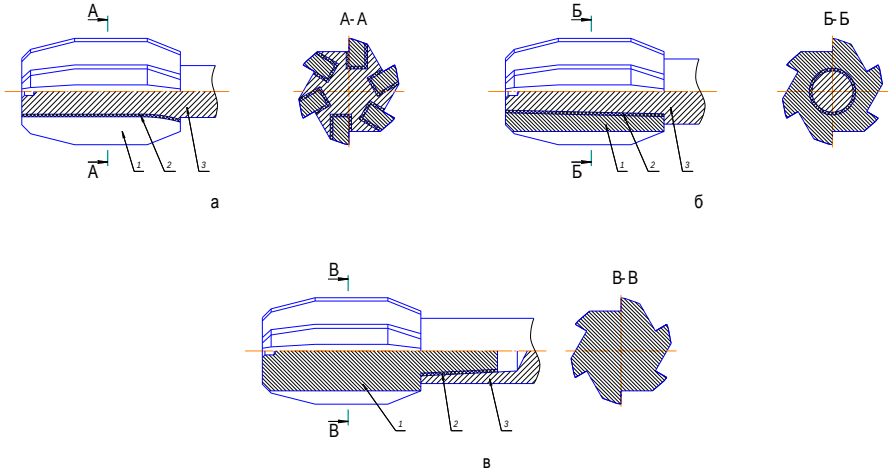


Рисунок 1. Варианты рабочей части разверток с твердосплавными элементами в виде пластин (а), втулок (б) и вставок (в): 1 - твердосплавной элемент; 2 - соединительный клеевой шов; 3 – хвостовик

Присоединение твердосплавной рабочей части ВК6М к хвостовику из стали 45 осуществлялось приклеиванием клеем ВК20, который изготовлен на основе кремнийорганической смолы.

В конструкции (рисунок 1.а) закрепление твердосплавных пластинок производится в пазах, трудоемкость изготовления которых сравнительно значительная, больше, чем в конструкции (рисунок 1.в) с твердосплавной вставкой, в которой для присоединения твердосплавной части требуется только изготовление конического отверстия в хвостовике, и тем более высокая, чем в конструкции (рисунок 1.б) с твердосплавной втулкой, под которую вытачивается на хвостовике конический стержень.

Конструкция (рисунок 1.а), в отличие от конструкций (рисунок 1.б) и (рисунок 1.в), требует трудоемкой сборки пластинок с хвостовиком и обвязки в собранном виде, что усложняет процесс соединения твердосплавных элементов с хвостовиком. В дополнение к этому усложняется заточка и доводка инструмента вследствие того, что на задней поверхности стыкуются твердосплавная пластинка с конструкционной сталью корпуса.

Изготовление разверток с монолитной твердосплавной частью достаточно сложной формы, с расположенными на периферии зубьями, представляет определенные трудности. Обычно такие твердосплавные элементы изготавливают либо из пластифицированных цилиндрических заготовок с образованием в них зубьев фрезерованием, либо их производят прямым прессованием в сложных пресс-формах.

И тот и другой методы изготовления имеют свои недостатки. В первом случае, вводимый пластификат несколько снижает режущие свойства твердого сплава, а механическая обработка пластифицированных заготовок

связана с значительной затратой, времени и большим расходом режущего инструмента. Во втором случае, из-за сложности пресс-формы не всегда удается добиться одинаковой плотности твердого сплава по всему сечению, на вершинах зубьев она меньше.

При образовании зубьев электролитическим алмазным шлифованием в заготовках из твердого сплава, полученных прямым прессованием, полностью сохраняются режущие свойства присущие данному твердому сплаву, что иллюстрируется результатами стойкостных опытов, приведенных в таблице 1.

Таблица 1

Стойкость разверток, оснащенных твердым сплавом ВК6М, при обработке отверстий диаметром 10,2 мм в чугуне СЧ25

Метод изготовления твердосплавной рабочей части развертки	Режим резания			Стойкость в минутах при затуплении развертки $h_з$=0,2 мм
	v, м/с	t, мм	s, мм/об	
Из пластифицированных заготовок	0,5	0,15	0,48	26
Прямым прессованием				30
Электролитическим алмазным вышлифовыванием канавок				36

Стойкость разверток и качество обработанных отверстий связаны также с количеством зубьев развертки. Оптимальное их количество для развертки диаметром 10,2 мм определялось стойкостными опытами, результаты которых приведены в таблице 2.

Таблица 2

Стойкость разверток, оснащенных твердым сплавом ВК6М, с разным количеством зубьев при обработке отверстий диаметром 10,2 мм в чугуне СЧ25

Количество зубьев развертки	Режим резания			Шероховатость поверхности обработанных отверстий, R_a, мкм	Стойкость в минутах при затуплении развертки $h_з$=0,2 мм
	v, м/с	t, мм	s, мм/об		
4	0,5	0,15	0,48	2,66	30
6				2,13	36
8				2,54	32

Из таблицы видно, что количество зубьев, равное 6, следует считать оптимальным. При уменьшении количества зубьев до 4, центрирование развертки в отверстии ухудшается, а, следовательно, ухудшается качество обработанных отверстий и уменьшается стойкость разверток. При количестве зубьев 8, тело зубьев и объем канавок между ними настолько уменьшаются, что оказываются недостаточными и приводят к появлению вибраций при обработке, ухудшению качества обработанных отверстий и снижению стойкости инструмента.

Вопрос о рациональной конструкции твердосплавного инструмента неизбежно связан с расходом твердого сплава на его изготовление.

В развертке с твердосплавными пластинками (рисунок 1.а) вес твердосплавных элементов определяется по формуле

$$G_à = \gamma_ò \cdot l_ï \cdot ñ \cdot b \cdot z \qquad (1)$$

де: $l_ï$, ñ è b - длина, ширина и толщина пластинки;

$\gamma_т$.- плотность твердого сплава;

z - количество зубьев развертки.

В развертке с твердосплавной втулкой (рисунок 1.б), в которой канавки образованы электролитическим алмазным шлифованием, вес твердосплавного элемента определяется по формуле

$$G_á = \frac{\pi \cdot \gamma_ò \cdot l_â}{4} \cdot \left(D - \frac{\left(d_{âá}\right)^2 + \left(d_{âì}\right)^2 + d_{âá} \cdot d_{âì}}{3} \right) \qquad (2)$$

где: $l_â$ - длина втулки;

D – диаметр развертки;

$d_{âá}$ è $d_{âì}$ - диаметры конического отверстия, измеренные на торцах твердосплавной втулки.

В развертке с твердосплавной вставкой (рисунок 1.с), в которой канавки выполнены также электролитическим алмазным шлифованием, вес твердосплавного элемента определяется по формуле

$$G_á = \frac{\pi \cdot \gamma_ò}{4} \cdot \left(l_ð \cdot D + l_ñ \cdot \frac{\left(d_{ñá}\right)^2 + \left(d_{ñì}\right)^2 + d_{ñá} \cdot d_{ñì}}{3} \right) \qquad (3)$$

где: $l_ð$ - длина рабочей части развертки;

D – диаметр развертки;

$l_ð$ - длина стержня твердосплавной вставки;

$d_{âá}$ è $d_{âì}$ - наибольший и наименьший диаметры конического стержня твердосплавной вставки.

Как видно на рисунке 2, где показав вес твердого сплава на одну развертку, расход твердого сплава разный во всех трех случаях, вне зависимости от диаметра развертки. Так для развертки диаметром 10,2 мм расход твердого сплава составит:

$$G_{à} = 9,35\ ãðàì\ ì\ à;\ G_{á} = 16,92\ ãðàì\ ì\ à;\ G_{ñ} = 21,13\ ãðàì\ ì\ à.$$

Наименьший расход твердого сплава в конструкции с твердосплавными пластинками, расход твердого сплава повышается от применения твердосплавной втулки в 1,8 раза и твердосплавной вставки в 2,3 раза.

Оценивая конструкции твердосплавных разверток с различным конструктивным оформлением рабочей части, следует сказать, что выбор той или иной конструкции зависит от размера развертки и конкретных условий ее применения. В развертках малого диаметра (до 6 мм) конструкция с твердосплавными пластинками неосуществима, тогда остаются практически применимыми только конструкции с твердосплавной втулкой или вставкой. Из двух последних предпочтение следует отдать конструкции с твердосплавной вставкой, которая, при малом диаметре инструмента, обеспечивает более надежное крепление.

Твердосплавные развертки диаметром от 6 до 16 мм могут иметь любое конструктивное оформление. Однако конструкция с твердосплавными пластинками более трудоемка в изготовлении, чем конструкция с цельной твердосплавной рабочей частью и отличается малым количеством зубьев.

Конструкция с твердосплавной вставкой, отличающаяся значительным расходом твердого сплава, не обладает никакими преимуществами по сравнению с конструкцией с твердосплавной втулкой, к тому же имеющей меньший расход твердого сплава. Следовательно, для разверток среднего диаметра наиболее целесообразной является конструкция с твердосплавной втулкой, которая, обладая высокой износостойкостью, технологичностью и прочностью, не требует большого расхода твердого сплава.

В развертках значительного диаметра (свыше 16 мм) применение режущих элементов в виде втулки и тем более вставки экономически нецелесообразно из-за большого расхода твердого сплава. В этом случае конструкция с твердосплавными пластинками обеспечивает меньший расход твердого сплава.

Проведенными исследованиями установлено, что развертки, в которых соединение твердосплавных режущих элементов с хвостовиком осуществляется склеиванием, изнашиваются медленнее, чем аналогичные паяные развертки (рисунок 3).

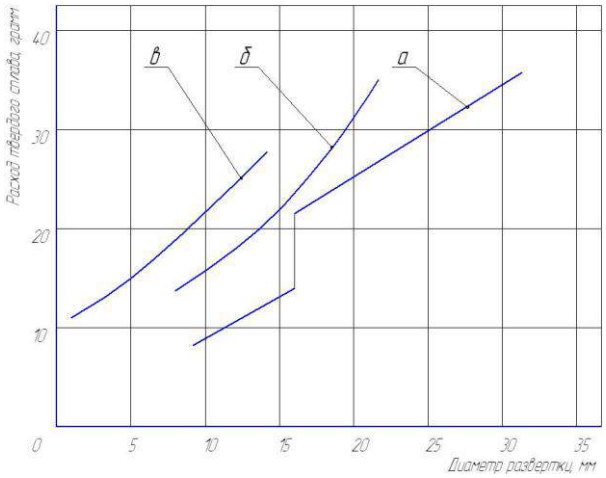


Рисунок 2. Расход твердого сплава на рабочую часть развертки, оснащенную твердосплавными элементами в виде пластин (а), втулки (б) и вставки (в)

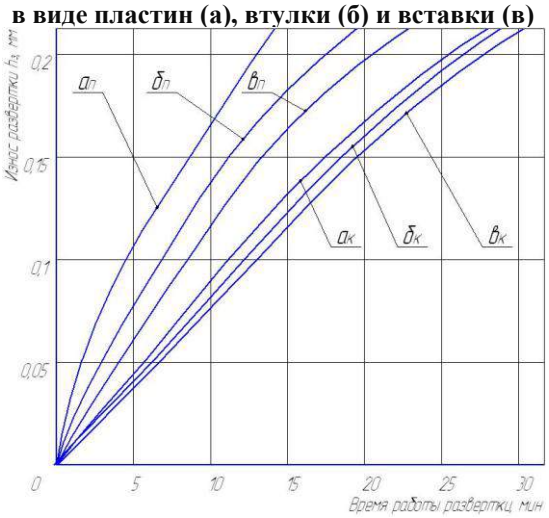


Рисунок 3. Кривые износа разверток (v= 0,5 м/с; t= 0,15 мм; s= 0,48 мм/об)
$а_п$ – с припаянными пластинами; $б_п$ – с припаянной втулкой; $в_п$ – с припаянной вставкой; $а_к$ – с приклеенными пластинами; $б_к$ – с приклеенной втулкой; $в_к$ – с приклеенной вставкой

При этом примечательным является то, что у разверток, изготовленных с применением клея, затупление всех зубьев развертки идет равномерно, с разницей в величине износа отдельных зубьев не более 10 – 15% в то время как у паяных разверток разница в износе отдельных зубьев достигала двухкратной величины. Такое существенное различие в эксплуатационных свойствах разверток объясняется разницей температурного режима соединения твердосплавных элементов с хвостовиком, производимым припаиванием или склеиванием. В первом случае температура приближается к 1000°С (температура пайки), в то время как во втором случае она не превышает 150°С (температура полимеризации клея).

Для выяснения механизма влияния температурного режима при изготовлении разверток на их эксплуатационные свойства были проделаны следующие опыты. На токарном станке модели 1620 производилось точение заготовок диаметром 220 мм и длиной 1000 мм из серого чугуна СЧ25 с наблюдением за протеканием износа задней поверхности режущего элемента. В качестве режущего элемента использовались пластины из твердого сплава ВК6М, которые механически закреплялись в державках из конструкционной стали 45. Условия резания при точении были близки к условиям резания при развертывании, параметры режима резания v= 0,5 м/с; t= 0,15 мм; s= 0,12 мм/об.

Эксперимент проводился в два этапа. Сначала исследовалась износостойкость пластин до величины износа задней поверхности $h_з$=0,2 мм с целью подобрать пластины с одинаковой износостойкостью (кривая на рисунке 4 от τ=0 до τ =46мин). Подобранные пластины были разделены на четыре равные группы. Одна группа пластин была оставлена без изменения и они механически крепились в державке, вторая группа пластин подвергалась нагреву до температуры 1000°С (имитировался температурный режим пайки) и пластины тоже механически крепились в державке, третья группа пластин припаивалась к державке, а четвертая приклеивалась к державке.

Продолжение эксперимента состояло в том, что при том же режиме резания проводилось дальнейшее исследование износостойкости пластин всех четырех групп от величины износа $h_з$=0,2 мм до $h_з$=0,5 мм. В этом случае износ пластин, имевших до того одинаковую износостойкость, протекает, как это видно из рисунка 4 по разному. Наибольшую стойкость имеют пластины, не подвергавшиеся высокотемпературному нагреву, которые крепились к державке механическим путем или клеем. Высокотемпературный нагрев, сам по себе, снижает стойкость пластин на 25%, а в совокупности с припайкой - до 36%.

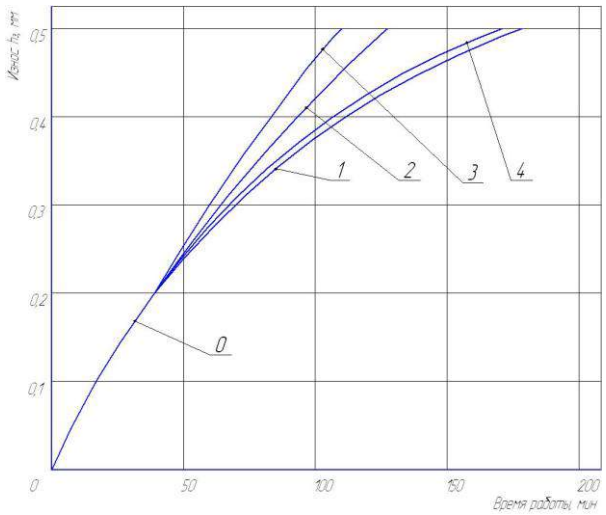


Рисунок 4. Кривые износа пластин из твердого сплава ВК6М при обработке чугуна СЧ25 (v= 0,5 м/с; t= 0,15 мм; s= 0,12 мм/об)

0 - пластины с механическим закреплением в державке ($h_з$ от 0 до 0,2 мм);

1 - пластины с механическим закреплением в державке ($h_з$ от 0,2 до 0,5 мм); 2 - пластины, нагретые и охлажденные по режиму пайки с механическим закреплением в державке ($h_з$ от 0,2 до 0,5 мм);

3 – пластины, припаянные к державке ($h_з$ от 0,2 до 0,5 мм);

4 – пластины, приклеенные к державке ($h_з$ от 0,2 до 0,5 мм)

Отрицательное действие пайки проявляется в снижении прочности твердого сплава от нагрева и в появлении остаточных термических напряжений в твердом сплаве от соединения припоем пластины с державкой в горячем состоянии.

Список литературы:

1. Булавин В.В., Моисеев В.Б. Конструкции рабочей части твердосплавных разверток // Научно-методический журнал XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящегоПЛЮС: Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2013.-№12(16). С. 42-47.
2. Булавин В.В. О присоединении режущих элементов в твердосплавных развертках // Известия ВУЗов. Машиностроение. – 1975. – № 9. – С. 189–191.
3. Булавин В.В. Динамика развертывания // Известия ВУЗов. Машино-строение. – 1975. – № 10. – С. 166–167.

АВТОМАТИЗАЦИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОДАЧИ ПРИРОДНОГО ГАЗА НА КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

Быстров М.В.,
студент 4-ого курса кафедры автоматизации технологических процессов и производств, ассистент профессора
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»
Бажин В.Ю.
декан химико-металлургического факультета, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

AUTOMATION AND CONTROL OF THE NATURAL GAS SUPPLY TO THE COMPRESSOR STATION
Bystrov Mikhail Vitalievich, National Mineral Resources University - «University of Mines» (Saint Petersburg)
Bazhin Vladimir Yurevich, National Mineral Resources University – «University of Mines» (Saint Petersburg)

АННОТАЦИЯ

В работе обсуждается проблема снижения расхода топливного газа и повышение экономической эффективности работы компрессорных станций. Рассмотрены вопросы выбора рациональных режимов автоматизированного контроля работы газоперекачивающих агрегатов.

Ключевые слова: газ, компрессорная станция, топливный газ.

ABSTRACT

In the research work the problem of reducing the consumption of fuel gas and increase the economic efficiency of the compressor stations. Considered the questions of rational modes of automated control of gas pumping units.

Key words: gas, compressor station, fuel gas.

Газовая промышленность является одной из важнейших составных частей топливно-энергетического комплекса (ТЭК). «Энергетическая стратегия России на период до 2020 г.» предусматривает дальнейшее увеличение добычи газа и интенсивную реализацию организационных и технологических мер по экономии топлива и энергии, как для внешнего, так и внутреннего рынка.

Основной объём российского газа в настоящее время добывается в Западной Сибири в удалении от потребителей. Затраты топливного газа на транспорт в настоящее время составляют 8,4% от объёма перекачиваемого газа на магистральных газопроводах (МГ) России. [2, с.159] При этом, расход топливного газа при поставках на экспорт примерно в 2 раза больше. Поэтому вопросы снижения расхода топливного газа и повышение экономической эффективности работы компрессорных станций имеют большое значение.

Одним из способов снижения расхода газа на собственные нужды компрессорных станций является рационализация режимов работы газоперекачивающих агрегатов (ГПА). Задача рационализации неразрывно связана с диагностированием режимов работы ГПА. [3, с.112]

Режимы работы ГПА определяются как параметрами работы соответствующего компрессорного цеха (объем транспортируемого газа, степень повышения давления, температура окружающего воздуха и т.д.), так и техническим состоянием элементов ГПА. Условия работы компрессорных станций (КС) постоянно меняются в силу сезонных вариаций объема транспортируемого газа. Параметры технического состояния элементов ГПА также изменяются с течением времени. В настоящее время на КС, как правило, не организована комплексная оценка технического состояния ГПА. Поэтому при определении режимов работы ГПА техническое состояние их элементов не учитывается. [1, с.10] Точность определения параметров работы ГПА определяет эффективность решения задачи рационального транспортирования газа.

В связи с этим особое значение приобретают технические решения, направленные на разработку надежных и достоверных методов диагностирования и выбора режимов работы ГПА.

Цель работы является разработка методов диагностирования, оперативного контроля и выбора рациональных режимов работы газоперекачивающих агрегатов, позволяющих повысить энергетическую эффективность работы компрессорных станций.

Задачи исследований

1. Исследование влияния условий работы и взаимного влияния параметров ГПА на точность определения параметров нагнетателя.
2. Создание и апробация унифицированной методики оперативного контроля энергетической эффективности работы газотурбинных установок.
3. Выбор рациональных режимов работы компрессорных станций.
4. Разработка аварийной схемы работы ГПА при снижении производительности газопроводов.

Способы решения задач

При решении поставленных задач и обработке промышленной технологической информации использовались вероятностно-статистические методы и алгоритмы теории самоорганизации.

Научная новизна

1. Показано, что в компрессорных цехах с параллельной обвязкой ГПА может наблюдаться неконтролируемое смещение параметров работы агрегатов, что приводит к увеличению расхода топливного газа.
2. Создан унифицированный способ определения коэффициента полезного действия газотурбинных установок на основе измерения параметров рабочего тела за силовой турбиной, позволяющая оперативно контролировать энергетическую эффективность работы ГПА с газотурбинным двигателем любого типа.
3. Разработан метод определения рациональных параметров работы компрессорных цехов на основе алгоритмов самоорганизации.

Проведен анализ влияния условий работы газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом на точность определения параметров нагнетателя. Показано, что в компрессорных цехах с параллельной обвязкой ГПА может наблюдаться неконтролируемое смещение параметров работы агрегатов, при этом снижение политропного КПД нагнетателя может достигать 10%. Создана унифицированная методика определения КПД газотурбинных установок на основе измерения параметров рабочего тела за силовой турбиной. Методика позволяет оперативно контролировать энергетическую эффективность работы ГПА с газотурбинным двигателем любого типа. Разработан метод определения рациональных параметров работы компрессорных цехов на основе алгоритмов самоорганизации. Показано, что при снижении производительности газопроводов реальные параметры эксплуатации ГПА (степень сжатия, мощность) существенно отличаются от рациональных значений. В некоторых случаях отклонение

превышает 50%. Показана возможность выбора рациональной схемы работы ГПА при снижении производительности газопроводов. Реальная экономия топливного газа на действующих газопроводах может достигать 36%.

Литература

1. Акоев Е.П. Анализ надежности работы газоперекачивающих агрегатов. Газовая промышленность, 1970. №7. – стр.40-43.
2. 2.Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: «Наука», 1976. – стр. 279.
3. Юкин Г.А. Диагностирование, оперативный контроль и оптимизация режимов работы газоперекачивающих агрегатов, 2002. – стр. 191.

ПРОИЗВЕДЕНИЯ ДИЗАЙНА ОДЕЖДЫ КАК ОБЪЕКТ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Данилова Светлана Анатольевна
Канд. техн. наук, доцент кафедры дизайна и технологии изделий легкой промышленности, Юго-Западный государственный университет, г. Курск
Кизилова Екатерина Викторовна
Доцент кафедры дизайна и технологии изделий легкой промышленности, Юго-Западный государственный университет, г. Курск

Сегодня во всем мире непрерывно растут наукоемкость выпускаемой продукции и стоимость технологических разработок. В таких условиях рыночный успех предприятия, производящего одежду для массового потребителя, как и любого другого промышленного предприятия, все больше базируется на новом знании, а интеллектуальная собственность становится главным фактором процветания любой страны мира. Таким образом, характерной чертой современности можно по праву считать ускорение процессов интеллектуального развития человека во всех аспектах его деятельности. Данная тенденция обусловлена непрерывной потребностью человека в повышении уровня комфорта при потреблении и эксплуатации объектов материального мира, в обновлении, в смене форм и стереотипов посредством пересмотра отношения к предметам первой необходимости, в частности к одежде. При этом меняются и критерии оценки предметов потребления, в том числе и одежды.

Поэтому при проектировании новой одежды и новых технологий ее изготовления, с целью диверсификации ее ассортимента и максимального удовлетворения вкусов и предпочтений потребителей разного социального, культурного и возрастного уровней, актуальными являются научно-исследовательские работы, направленные на оптимизацию условий жизненного цикла изделий, на повышение качества готовых изделий и увеличение их функциональных возможностей через реализацию новаций. При этом под новациями принято понимать такие процессы, которые подразумевают использование охраноспособных результатов интеллектуальной деятельности, обеспечивают выпуск патентоспособной продукции, товаров по своему качеству соответствующих мировому уровню [1, с.225].

Таким образом, разработка новых идей (проектов) технологических, конструктивных и дизайнерских решений предметов одежды, обладающих признаками охраноспособности (наукоемкости), а также разработка ноу-хау рациональных альтернативных технологий ее изготовления с учётом возможностей современного рынка сырья и материалов, технических средств для оснащения предприятия, являются актуальными.

В контексте указанного актуального направления развития научно-исследовательской и проектной деятельности профессионалов в области легкой промышленности особый интерес представляет проектирование многофункциональной трансформируемой одежды, обладающей целым рядом преимуществ перед традиционными предметами одежды и их комплектами [2-13]. Это и оригинальность, и неповторимость, экономичность и универсальность, высокие показатели утилитарных свойств. Подобный спектр свойств особенно актуален в молодежной одежде, однако, приемлем и, достаточно часто, используется в предметах одежды для людей солидных возрастов, а также в спортивной и специальной одежде.

В настоящее время в мировой и отечественной практике моделирования одежды достаточно успешно развивается дизайн-проектирование на базе метода трансформирования. Под трансформирующимся объектом материального мира принято понимать подвижную материальную структуру, превращающуюся в другие, существенно изменяя свои исходные свойства (для одежды – это могут быть, как внешний вид, так и функции).

На рисунках 1-3 [11-13] представлены модели современных предметов трансформируемой одежды бытового назначения с расширенными, посредством применения приемов трансформирования их отдельных деталей, функциональными свойствами и оригинальными формами.

Рисунок 1. Модель куртки - трансформера с капюшоном до и после трансформирования в комплект из куртки, юбки и аксессуаров

Рисунок 2. Модель полупальто – трансформера до и после трансформирования

Рисунок 3. Модель жилета – трансформера до и после трансформирования

Модели - трансформеры явились результатом комплексной научно-исследовательской работы, проведенной на кафедре дизайна и технологии изделий легкой промышленности Юго-Западного государственного университета, и имеющей целью: исследование перспектив оценки зависимости морфологического трансформирования от конструкторско-технологических свойств систем материалов, создающих форму одежды; проектирование оригинальных конструкций моделей одежды с максимальной комбинацией полезных потребительских свойств при оптимальных технико-экономических затратах, обусловленных применением рациональных методов конструирования и технологической обработки швейного изделия, прогрессивного технологического оборудования и новых материалов с уникальными способностями к морфологическому трансформированию; получение охранного документа на предложенные технические решения, так как в условиях, когда продукт интеллектуальной деятельности и в национальном масштабе, согласно государственной политике, приобретает статус товара на рынке, актуальной становится задача эффективной охраны интеллектуальной собственности производителей промышленной продукции; коммерциализация проекта по изготовлению трансформируемой многофункциональной одежды в условиях промышленного производства.

На рисунке 1 (a-j) представлена модель куртки – трансформера с капюшоном (рисунок 1a,b), отличающейся тем, что в ней предусмотрено исполнение всех функциональных элементов объемными, выполнение капюшона из неравных по площади деталей с формо- и объемообразующими выточками по линии низа большей из них, с применением тесьмы – молнии для оформления не соединенных краев деталей капюшона, выполнение детали воротника (рисунок 1h, i) цилиндрической по форме, а манжет и пояса (рисунок 1h, i) - прямоугольными с продернутым в деталях манжет и воротника шнуром для регулирования объема и формы, размещение люверсов для прокладывания шнура во всех деталях куртки и застежек-кнопок по линиям низа и верха деталей капюшона, линии горловины куртки, низу рукавов, периметру деталей, манжет, на концах детали пояса куртки, которые в совокупности обеспечивают возможность трансформирования ее в комплекты одежды, состоящие из куртки и юбки (рисунок 1c,d,e,h,i) с аксессуарами в виде шапочки (рисунок 1j) и сумки на ремне средней величины (рисунок 1e), из куртки с аксессуарами в виде шапочки и объемной сумки на ремне через плечо, которая может быть использована и как сумка – рюкзак (рисунок 1f,g,j).

На рисунке 2 (a-e) представлено полупальто - трансформер, отличающееся тем, что рукава полупальто являются съемными с разъемными верхней и нижней частями и оформлены по окатам съемными короткими отлетными накладными рукавами (типа оплечий), разъемно крепящимися к нижележащим от верхней точки оката на ½ его высоты и выполненными из материалов более рыхлой и объемной структуры, для преобразования в ансамбль из объединенных композиционно оригинального полупальто с короткими рукавами или без рукавов (рисунок 2c-e), головного убора типа «труба» (рисунок 2c) и сумки с ручкой-ремнем средней длины (рисунок 2d).

На рисунке 3 (a-f) представлен трансформируемый многофункциональный жилет (рисунок 3a-b), выполненный из деталей, посредством разъемного соединения и использования которых происходит его преобразование в ансамбль из объединенных композиционно оригинальных корсетного изделия и плоской сумки типа «клатч - конверт» (на рисунке не представлены), которую также можно эксплуатировать и в качестве сумки с ремнем через плечо, короткой прямой юбки в двух вариантах: первый – на рисунке 3c, второй - на рисунке 3d-f – на поясе (ремне) с имитацией оборки по линии талии, и плоской сумки типа «клатч - конверт» (на рисунке не представлена), и аксессуара в виде объемной сумки на ремне через плечо типа «пакет» (рисунок 3d).

В рамках исследовательской работы с техническими решениями моделей - трансформеров, представленных предметов одежды, были подтверждены условия их охраноспособности, разработаны документы заявок на получение патентов на полезные модели [2,12] и получен патент на техническое решение [12].

Ценность подобных разработок заключается в конкретной экономической выгоде и может быть достигнута любым предприятием, обладающим правом на объекты интеллектуальной собственности, при грамотном практическом использовании интеллектуальной собственности.

Список литературы:

1. Данилова С.А. Исследование и проектирование трансформируемой одежды с оптимальными свойствами // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Техника и технологии. 2012. Ч.1. №2. С.225-230.

2. Куртка - трансформер с капюшоном: заявл. 2014120705 о выдаче пат. / С.А. Данилова, В.И. Кирилович, Е.В. Кизилова, Е.В. Иноземцева. - №2014120705; заявл.23.05.14, Приоритет 23.05.14.
3. Многофункциональная трансформируемая юбка - брюки на кокетке: пат. 94817 Рос. Федерация, МПК7 A41D15/00 / С.А. Данилова, Л.А. Барбашова, Е.В. Остапенко. - №2010105252/22; заявл. 15.02.10, опубл. 10.06.10, Бюл. № 16, Приоритет 15.02.10.
4. Многофункциональные трансформируемые брюки на эластичном поясе: пат. 95975 Рос. Федерация, МПК7 A41D15/00 / С.А. Данилова, О.Н. Токарева, Е.В. Остапенко. - №2010107845/22; заявл. 03.03.10, опубл. 20.07.10, Бюл. № 20, Приоритет 03.03.10.
5. Многофункциональная трансформируемая юбка: пат. 97905 Рос. Федерация, МПК7 A41D15/00 / С.А. Данилова, Е.В. Остапенко. - №2010113064/12; заявл. 05.04.10, опубл. 27.09.10, Бюл. № 27, Приоритет 05.04.10.
6. Многофункциональная трансформируемая юбка: пат. №97250 Рос. Федерация, МПК7 A41D15/00 /С.А. Данилова, Е.В. Остапенко. - №2010106463/12; заявл. 24.02.10, опубл. 10.09.10, Бюл. № 25 Приоритет 24.02.10.
7. Многофункциональный трансформируемый жакет: пат. 104825 Рос. Федерация, МПК7 A41D15/00 / С.А. Данилова, М.П. Резина. - №2010151347/12, заявл. 14.12.10, опубл. 27.05.11, Бюл. № 15, Приоритет 14.12. 10.
8. Многофункциональный трансформируемый комплект одежды: пат. 110612 Рос. Федерация, МПК7 A41D15/00 / С.А. Данилова, Г.Б. Быковская. - №2011127559/12, заявл. 05.07.11, опубл. 27.11.11, Бюл. № 33, Приоритет 05.07.2011.
9. Свадебное платье: пат. 82839 Рос. Федерация, МКПО9 02-02 / С.А. Данилова, Г.Б. Быковская, О.В. Комогорцева. - №2011502060, заявл. 05.07.11, опубл. 16.09.12, Приоритет 05.07.11.
10. Трансформируемый жакет с многофункциональными деталями: пат. 104826 Рос. Федерация, МПК7 A41D15/00 / С.А. Данилова, М.П. Резина. - №2010150824/12; заявл. 10.12.10, опубл. 27.05.11, Бюл. № 15, Приоритет 10.12. 10.
11. Трансформируемый комплект с многофункциональными элементами: пат. 105133 Рос. Федерация, МПК7 A41D15/00 / С.А. Данилова, М.П. Резина. - №2010153490/12; заявл. 27.12.10, опубл. 10.06.11, Бюл. № 16, Приоритет 27.12.10.
12. Трансформируемое женское полупальто: пат. 129774 Рос. Федерация, МПК7 A41D15/00 / С.А. Данилова, А.Е. Черепнина. - №2012148205; заявл. 14.11.12, опубл. 10.07.13, Бюл. № 19, Приоритет 14.11.12.
13. Трансформируемый многофункциональный жилет: пат. 147639, Рос. Федерация, МПК13, A41D15/00 / С.А. Данилова, Е.В. Кизилова, В.И. Кирилович, Е.В. Иноземцева. - №2014120705; заявл.23.05.14, опубл. 10.11.14, Бюл. №31, Приоритет 23.05.14

СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ СИСТЕМА «УМНЫЙ ДОМ»

Давыденко Марина Евгеньевна,
Бакалавр 2-го курса
Михайлова Марина Юрьевна,
доцент кафедры «Электроэнергетика и автоматика» Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Энергосбережение – это реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема

- Энергоаудит. (Проведение энергетических обследований организаций, составление энергетических паспортов объекта);
- Энергоучет. (Как обязательные мероприятия по замене и установке приборов учета, так и внедрение централизованных автоматизированных систем учета энергоресурсов на энергоемких объектах);
- Внедрение энергосберегающих технологий (Замена систем освещения на энергосберегающие, установка устройств плавного пуска, замена энергоемкого оборудования на энергоэффективное, компенсация реактивной мощности) [2].

Понятие «Умный дом» родилось в прошлом веке в Европе с развитием систем автоматического управления приборами бытовой техники. Концепция такого дома строится на трех основных принципах: экономичность, безопасность и комфорт. «Умный дом» представляет собой систему управления основными процессами жизнеобеспечения, может обеспечить управление как крупными, полностью автоматизированными комплексами, так и небольшими системами, поэтому может использоваться как в квартирах, коттеджах, коммерческих и офисных помещениях, так и в достаточно больших зданиях, в торговых и промышленных комплексах[**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. С чего начать строить систему умного дома? Главной особенностью «умного дома» является объединение отдельных систем в один управляемый комплекс. Такой единый комплекс включает в себя систему электропитания, водоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования, видеонаблюдения, охраны и пожарной сигнализации, GSM / IP — мониторинг объекта, управление системами автоматизации и всеми приводами механизмов.

Перечень функций, которые могут быть реализованы системой «Умный дом» приведены в таблице 1:

Таблица 1

Управление освещением	Создание световых сцен в зависимости от окружающей обстановки (прием гостей, просмотр кино, специальный “ночной режим” с использованием датчиков движения и т.д.).
Управление инженерными системами	Контроль и предотвращение протечек воды, утечки газа (с сообщением о происшествии хозяину на телефон и в уполномоченные службы), управление воротами, системы охраны (например, система «электронный ротвейлер») и т.д.
Управление электророзетками	Включение/отключение бытовых приборов при наступлении какого-либо условия (например, отключение телевизора в детской после 22^{00}) или по таймеру (например, включение освещения в саду при наступлении «темного времени суток»).
Полномасштабное “озвучивание” дома	Так называемая система “мультирум”, когда музыка и видео “перемещаются” за Вами из комнаты в комнату или когда в каждой отдельной комнате можно «заставить» звучать свою мелодию.
Создание специальных режимов работы оборудования Вашего дома	Например, “дежурный” режим (периодически проветриваются помещения, осуществляется полив растений и т.д.), когда хозяева отсутствуют дома или “ночной” режим (понижена температура в комнатах, обесточено большинство розеток, включены датчики движения в коридорах, чтобы включить свет на небольшую мощность в случае появления хозяина и т.д.).
Дистанционное управление всеми системами Вашего дома	По телефону (обычному или сотовому) или через всемирную сеть Интернет можно разогреть сауну к Вашему приезду домой, затребовать отчет о происшествиях (если таковые, конечно, были) за прошедший день и т.д.

Начнем с управления светом и электроприборами. Нужно решить, каким образом устройства будут обмениваться информацией:

- по электропроводке (X10, PLCBus, INSTEON)
- радиосигналу (Z-Wave, ZigBee, EnOcean)
- по выделенным проводам (KNX/EIB, 1Wire, C-Bus).

Рассмотрим систему Z-Wave, в которой устройства обмениваются по радиосигналу. Z-Wave является системой, разработанной для домашней автоматизации, т.е для контроля и управления жилых и коммерческих объектов. Технология использует миниатюрные радиочастотные модули, которые встраиваются в бытовую технику и различные устройства, такие как освещение, отопление, контроль доступа, развлекательные системы. Эта система разработана специально для дистанционного управления. Z-Wave работает в диапазоне частот до 1 ГГц и оптимизирована для передачи простых управляющих команд (например, включить/выключить, изменить громкость, яркость и т. д.). Выбор низкого радиочастотного диапазона для Z-Wave обуславливается малым количеством потенциальных источников помех. Другими преимуществами Z-Wave можно отметить малое потребление энергии, низкую стоимость производства и встраивания её в различные бытовые устройства[**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

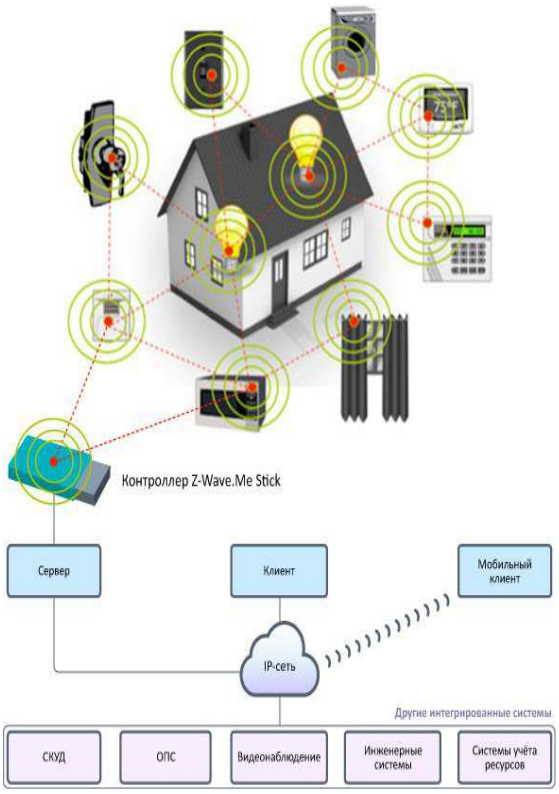


Рисунок 1. Схема работы системы Z-Wave

Перейдём к обмену информации между устройствами по выделеными проводам. C-Bus - система электропроводки, управляемая микропроцессором, которая понимает команды, адресованные ей. В C-Bus используется неэкранированная витая пара информационного кабеля в качестве передаточного звена для управления параметров помещения. Информация посылается от выходных блоков, таких как кнопочные переключатели, панели управления – сенсорные экраны и датчики занятости через кабель C-Bus к соответствующим активным блокам-реле и диммерам. Обеспечивая простое управление вкл./выкл. цепи освещения C-Bus легко контролирует практически любой тип электрической нагрузки[**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

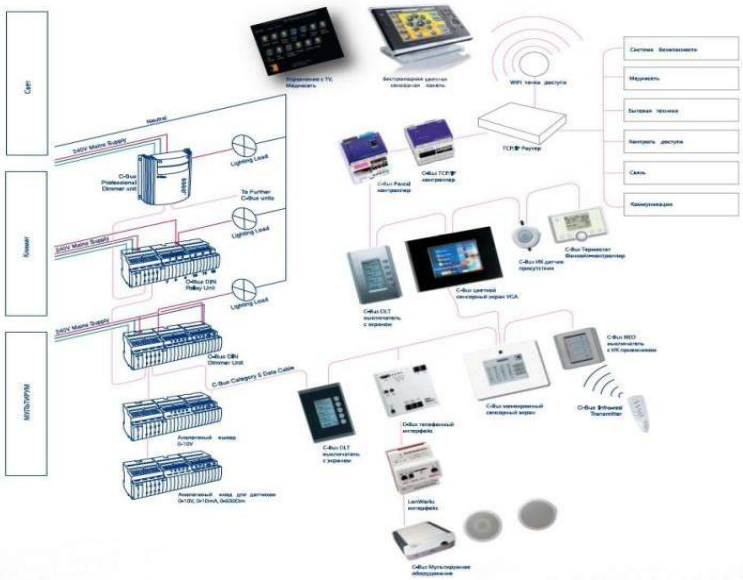


Рисунок 2. Схема работы системы C-Bus

Однако безусловным лидером при построении систем автоматизации дома является X10. Несмотря на наличие серьезных недостатков, таких как подверженность помехам и медлительность, широкий спектр, дешевизна, доступность устройств, возможность использования существующей электропроводки, а также большое количество коммерческого и открытого ПО, поддерживающее X10, делают его весьма и весьма привлекательным вариантом.

Рассмотрим, что же необходимо для построения умного дома на базе X10. Во-первых, контроллер. Можно выбрать стоковый X10 контроллер, типа OCELOT или LEOPARD II, а можно использовать обычный ПК с соответствующим ПО в качестве контроллера. Что касается исполнительных устройств, важным нюансом является наличие обратной связи. По большей части X10 работают в одном направлении. Например, выключатель получает команду от контроллера, а датчик движения наоборот посылает свой статус при срабатывании. Поэтому выключатели и диммеры желательно устанавливать с обратной связью. Для управления светом можно использовать выключатели, диммеры или адаптер-патрон[2]. Программное обеспечение X10 является стандартизированным протоколом с описанной реализацией. Поэтому его поддержка включена во многие как коммерческие, так и открытые системы управления домом, рассчитанные на самостоятельную установку и настройку. Используя контроллер на базе ПК можно получить расширенные возможности по управлению светом. К примеру, с системой LinuxMCE возможно следующее: с закатом солнца включаются три линии внешней подсветки дома. В час ночи две из них – выключаются. А последняя гаснет с восходом. Понятно, что для квартиры подобный сценарий совершенно бесполезен, а вот для офиса подходит идеально.

Возникает вопрос, безопасна ли такая система? Безопасность в концепции системы «Умный дом» в себя включает защиту от постороннего проникновения и устранение сбоев в работе различных инженерных систем. При возникновении чрезвычайной ситуации (появление протечки, возгорания, проникновения посторонних и т. д.) система оповестит собственников и отправит сигнал в соответствующие службы. Понятие безопасности подразумевает использование безопасных современных технологий строительства, стройматериалов и способов защиты владельцев дома от неблагоприятных воздействий различных факторов[**Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Система безопасности дома включает в себя следующие приборы и опции:

- сирены и датчики
- управление доступом в помещения;
- многоуровневая система доступа в различные помещения (например, ограничение доступа подсобных рабочих в дом, но разрешение доступа в подсобку);
- удаленное оповещение собственника о чем-либо;

К примеру, беспроводной датчик движения MS13предназначен для включения / выключения освещения и приборов. Датчик MS13 включает наружное и внутреннее освещение, когда вы вечером возвращаетесь Домой, и экономит электроэнергию, автоматически выключая освещение и приборы в пустых комнатах. Также, контролировать можно и открытие дверей / окон. Для этого существует магнито-контактный датчик DS18E. Кроме того, широко применяются датчики дыма,

Температурные датчики, датчики протечки воды.

Количество всевозможных устройств, объединяемых в систему «Умный дом», постоянно увеличивается. Примером удачного интегрирования может служить такой прибор, как теплонакопитель, позволяющий использовать преимущества многотарифного учета электроэнергии. Экономия достигается благодаря использованию электроэнергии для накопления тепла в теплонакопителях во время действия самого низкого «ночного» тарифа на электроэнергию.

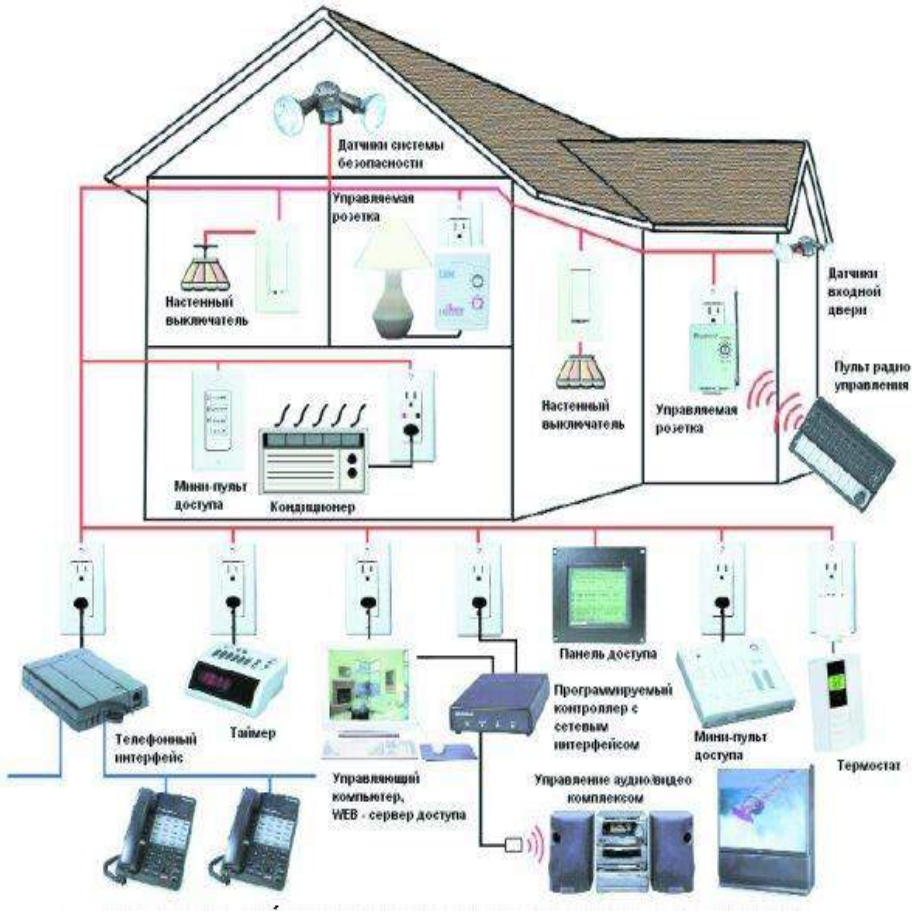


Рисунок 3. Схема работы системы X10

«Умный дом» и очень комфортен. Программы «Умного дома» управляют системами отопления, кондиционирования и вентиляции. Это позволяет поддерживать заданную температуру в помещениях, причем можно выставить в каждой комнате собственный температурный режим на протяжении суток. Все электрические приборы могут объединяться в одну сеть, управляемую с одного пульта. Кроме того, можно задавать индивидуальную программу работы какой-либо подсистемы и управлять ей на расстоянии[**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Очевидные достоинства умного дома, заключаются в следующем:

- согласованная работа всех систем, установленных в доме;
- легкая управляемость и мониторинг;
- широкий выбор сценариев и режимов работы систем дома;
- рациональное потребление электроэнергии и других ресурсов;
- своевременное предотвращение аварий и сбоев;
- управление системами дома удаленно.

Вывод: за системой «Умный дом» будущее электроснабжения домов, офисов и различных функциональных помещений, если их стоимость станет более доступной.

Список литературы:

1. М.Э. Сопер. Практические советы и решения по созданию « Умного дома » / Сопер М. Э. - М.: НТ Пресс, 2007. - 432 с.
2. . Е.А. Тесля. «Умный дом» своими руками. Строим интеллектуальную цифровую систему в своей квартире / Тесля Е.А. - Санкт Петербург, 2008. - 224с.
3. . В.Н. Харке «Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникаций в жилищном строительстве» / Харке В.Н. - М.: Техносфера, 2006. - 292с.
4. . Т. Р. Элсенпитер, Дж. Велт. «Умный Дом строим сами» / Элсенпитер Т. Р., Велт Дж / КУДИЦ-ОБРАЗ. 2005. - 384с.
5. В.Н. Гололобов. «Умный дом» своими руками. / Гололобов В.Н. - М.: НТ Пресс, 2007. - 416 с.

ИНТЕЗ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА МЕТОДОМ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ

Диль Виктор Фридрихович
Доцент кафедры АЭС и ПНК, Московский государственный технический университет гражданской авиации (Иркутский филиал), г. Иркутск
Сизых Виктор Николаевич
Доктор технических наук, доцент кафедры Автоматизации производственных процессов, Иркутский государственный университет путей сообщения г. Иркутск

Введение

Задача синтеза систем автоматического управления (САУ) воздушного судна (ВС), как нелинейных объектов остается актуальной. Большинство применяемых на практике подходов теории управления опираются на линеаризованные математические модели ВС, что адекватно большинству режимов полета. Однако на некоторых режимах полета такая подмена недопустима ввиду существенного отличия свойств реального объекта от его математического аналога.

Одним из методов, позволяющим выполнить синтез системы управления для нелинейных объектов является метод, основанный на концепции обратных задач динамики (ОЗД), глубоко разработанный П.Д. Крутько и другими видными учеными нашей страны.

Сущность обратной задачи динамики сводится к нахождению управляющих сил и моментов, под действием которых объект будет двигаться по назначенной траектории. Утверждается, что использование методов ОЗД позволяет осуществить синтез САУ для нелинейных объектов и при этом синтезированный закон управления является оптимальным в смысле реализации заданной траектории движения объекта [3, с.207]. Кроме того, постольку, поскольку синтез ЗУ САУ методом ОЗД опирается на продувочные характеристики модели ВС, САУ становится адаптивной к изменяемым свойствам ВС.

Для выполнения синтеза САУ указанным способом применяется математическая модель пространственного движения ВС. Основой математической модели (ММ), как и для большинства технических задач является модель ВС, как абсолютно твердого тела. Вид ММ ВС приведен во многих научных и учебных изданиях и не целесообразно описывать ее в данной статье. Отметим, что при этом применены стандартные допущения, упрощающие, схематизирующие реальный процесс.

ММ ВС включает динамические уравнения поступательного и вращательного движений ВС в связанной СК, кинематические соотношения между параметрами поступательного и вращательного движений, уравнения связей между параметрами ВС, аэродинамические силы и моменты, выраженные через безразмерные аэродинамические коэффициенты [1, 2].

В пространстве состояний уравнение движения ВС, как твердого тела описывается дифференциальной системой

$\dot{x} = Ax + Bu$

где x — n-вектор фазовых координат; u — m-вектор управляющих воздействий; A, B — матрицы при векторе состояния и управлении соответственно размеров $n \times n$ и $n \times m$.

Для пространственного движения ВС вектор фазовых координат (вектор состояния) x является 18-мерным вектором

$$x = \left[\omega_x\ \omega_y\ \omega_z\ V_x\ V_y\ V_z\ \varepsilon_{11} \ldots \varepsilon_{33}\ X_{\text{g}}\ Y_{\text{g}}\ Z_{\text{g}}\right]^T,$$

а управлениями являются относительные моменты и силы

$$u = \left[\frac{M_x}{J_x}\ \frac{M_y}{J_y}\ \frac{M_z}{J_z}\ \frac{F_x}{m}\ \frac{F_y}{m}\ \frac{F_z}{m}\right].$$

Решение задачи синтеза траекторного управления ВС осуществим на основе синтеза ЗУ вращательного движения. При этом синтез вращательного движения осуществляется методом обратных задач динамики, а синтез САУ траекторного управления осуществляется путем решения прямой задачи динамики.

1. Описание динамики вращательного движения неманевренного ЛА как твёрдого тела

Вращательное движение ЛА описывается в связанной системе координат (СК) динамическими уравнениями Эйлера, имеющими следующий вид:

$$M_{\text{св}} = \begin{bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix} = I \begin{bmatrix} \dot{\omega}_x \\ \dot{\omega}_y \\ \dot{\omega}_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (I_z - I_y)\omega_y\omega_z \\ (I_x - I_z)\omega_x\omega_z \\ (I_y - I_x)\omega_x\omega_y \end{bmatrix} \qquad (1.1)$$

где $I = diag(I_x\ I_y\ I_z)$ — главные моменты инерции ЛА.

В общем случае моменты в связанной системе координат представляют собой векторную сумму аэродинамических моментов, моментов, создаваемых тягой авиационных двигателей, и гироскопических моментов, зависящих от кинетического момента вращающихся частей авиадвигателя. Из названных моментов управляющими являются аэродинамические моменты.

Аэродинамические моменты зависят от аэродинамической компоновки ВС, режимов полета, положений органов управлений. Они выражаются через параметры ВС и аэродинамические коэффициенты m_i (i = x, y, z):

$M_{\text{св}} = qSL\left[m_x\ m_y\ m_z\right]^T$, (1.2)

где $L = diag(l\ l\ b_a)$ — диагональная матрица характеристических линейных размеров ВС (l — размах крыла, b_a — длина среднеквадратической хорды),

S — эффективная площадь крыла, $q = \rho V^2/2$ — скоростной напор, V — воздушная скорость, m_i — безразмерные коэффициенты аэродинамических моментов, действующих по осям связанной СК.

Оставив в выражениях коэффициентов наиболее существенные составляющие, получим следующие выражения коэффициентов:

$$m_x = m_x^{\beta}\beta + m_x^{\alpha}\alpha + m_x^{\delta_{\text{н}}}\delta_{\text{н}} + m_x^{\delta_{\text{э}}}\delta_{\text{э}} + \frac{m_x^{\bar{\omega}_x} l\omega_x}{2V} + \frac{m_x^{\bar{\omega}_y} l\omega_y}{2V}$$

$$m_y = m_y^{\beta}\beta + m_y^{\alpha}\alpha + m_y^{\delta_{\text{н}}}\delta_{\text{н}} + m_y^{\delta_{\text{э}}}\delta_{\text{э}} + \frac{m_y^{\bar{\omega}_x} l\omega_x}{2V} + \frac{m_y^{\bar{\omega}_y} l\omega_y}{2V} \qquad (1.3)$$

$$m_z = m_{z_0} + m_z^{\alpha}\alpha + m_z^{\delta_{\text{н}}}\delta_{\text{н}} + \frac{(m_z^{\bar{\omega}_z} + m_z^{\dot{\alpha}})l\omega_z}{2V}$$

Динамические уравнения Эйлера с учётом замены подстрочных индексов *x,y,z* на арабские цифры 1,2,3 запишутся в виде

$$\begin{bmatrix} M_1 \\ M_2 \\ M_3 \end{bmatrix} = I \begin{bmatrix} \dot{\omega}_1 \\ \dot{\omega}_2 \\ \dot{\omega}_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (I_3 - I_2)\omega_2\omega_3 \\ (I_1 - I_3)\omega_1\omega_3 \\ (I_2 - I_1)\omega_1\omega_2 \end{bmatrix} \qquad (1.4)$$

M_s — управляющие моменты; s=1..3.

Алгоритмы управления вращательным движением неманёвренного ЛА наиболее просто синтезируются методом обратных задач динамики в сочетании с оптимизацией системы (1.4) по локальным функционалам, характеризующим энергию движения [4, с.54].

Основные этапы построения методики синтеза алгоритмов сводятся к следующему:

1) Динамические характеристики проектируемой системы назначаются с помощью эталонных моделей для каждой степени свободы по реакции на «скачок» рулей. Назначенные траектории определяют требуемый пространственный манёвр ЛА и, главным образом, характеризуются свойствами эталонных моделей вращательного движения.

2) Структура алгоритмов и их параметры выбираются из условия отслеживания с необходимой точностью фазовых траекторий эталонных моделей вращательного движения.

3) Степень близости угловых скоростей объекта и эталона оценивается с помощью квадратичных функционалов энергии ускорения.

Процесс движения к экстремуму – минимуму организуются по схеме градиентного метода или по дифференциальной схеме. Такие алгоритмы управления обладают свойствами естественной адаптивности, позволяют осуществить декомпозицию нелинейной системы (1.4) по степеням свободы за счёт организации обратных связей с большими, но ограниченными коэффициентами усиления [4, с.72].

2. Алгоритм управления вращательным движением по ускорениям методом ОЗД

Сформулируем задачу синтеза управления на примере стабилизации угловых скоростей на интервале времени $[t_0, t_к]$, полагая t_0=0, момент времени $t_к$ нефиксированной величиной. Пусть в текущий момент времени $t = t_0 = 0$ состояние управляемого объекта характеризуется значениями угловых скоростей $\omega_s(0) = \omega_s{}^0$, и требуется найти такие управляющие воздействия δ_i (i=э, н, в), при которых система (1.4) переходит из состояния $\omega_s^*(0)$ в новое состояние ω_s^0 (в общем случае $\omega_s{}^0 = \omega_s{}^0(t)$ определяет необходимую фигуру вращения) и находится в этом состоянии бесконечно долго. При этом необходимо, чтобы траектория управляемого движения по каждой степени свободы с требуемой точностью следовала за траекторией, определяемой эталонной моделью

$$\ddot{\omega}_s^* + \gamma_{s_1}\dot{\omega}_s^* + \gamma_{s_0}\omega_s^* = \gamma_{s_0}\omega_s^0, s = 1,2,3 \quad (2.1)$$

где $\gamma_{s_0}, \gamma_{s_0} > 0$, установившееся движение устойчиво: $\omega_s^*(t) \to \omega_s^0$, при $t \to \infty$.

Степень приближения управляемого процесса $\omega_s^*(t) \to \omega_s^0$ оценивается функционалом

$$G(M) = \frac{1}{2}\sum_{s=1}^{3}[\dot{\omega}_s^*(t) - \dot{\omega}(t, M(\delta_i)]^2, \quad (2.2)$$

который характеризует энергию ускорения вращательного движения в окрестности фазовых траекторий эталонной модели.

Наиболее просто сформулированная задача синтеза решается, если в качестве управляющих функций выбирать не отклонения рулей δ_i ВС, а управляющие моменты M_s. Тогда на первом этапе синтезируются законы управления $M_s(\omega)$, а затем из формул (1.3) и (1.4) через решение системы алгебраических уравнений будут определены искомые управляющие воздействия δ_i.

Законы управления моментами $M_s(\omega)$ по каждой степени свободы получаем, применяя схему простого градиентного метода

$$\frac{\partial M_s(\omega)}{\partial M_j} = -\sum_{j=1}^{3} r_{ij}\frac{\partial G(M)}{\partial (M_j)}, r_{ij} = const, \quad (2.3)$$

Согласно (1.4), (2.2) компоненты градиента в (2.3) равны

$$\frac{\partial G(M)}{\partial (M_j)} = -(\dot{\omega}_j^* - \dot{\omega}_j), j = 1,2,3. \quad (2.4)$$

Отсюда следует, что

$$\dot{M}_s(\omega) = \sum_{j=1}^{3} r_{ij}(\dot{\omega}_j^* - \dot{\omega}_j), \quad (2.5)$$

или после интегрирования по времени обеих частей

$$M_s(\omega) = \sum_{j=1}^{3} r_{ij}(\omega_j^* - \omega_j), \quad (2.6)$$

где требуемые значения угловой скорости ω_j^* вычисляются из модели эталонного движения (2.1), структура матрицы $R = \|r_{sj}\|$ определяется характером перекрестных связей по ω_j в (1.4)

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & 0 \\ r_{21} & r_{22} & 0 \\ 0 & 0 & r_{33} \end{bmatrix}.$$

Управляющие воздействия δ_i определяются из уравнений (1.3), (1.4), (2.7), (2.8).

$$\delta_в = \frac{1}{\tilde{m}_z^{\delta_в}}\left(r_{33}\omega_3^* - \left(r_{33} + \tilde{m}_z^{\omega_z}\right)\omega_3^* - \tilde{m}_{z0} - \tilde{m}_z^{\alpha}\alpha\right),$$

$$\delta_э = \frac{A_y - m_y^{\delta_н}A_x}{\tilde{m}_y^{\delta_э} - \tilde{m}_x^{\delta_э}\tilde{m}_y^{\delta_н}}, \quad (2.7)$$

$$\delta_н = \frac{1}{\tilde{m}_x^{\delta_н}}(A_x - m_x^{\delta_э}\delta_э)$$

где $\tilde{m}_{z0} = qSb_a m_{z0}, \tilde{m}_z^{\alpha} = qSb_a m_z^{\alpha}, \tilde{m}_z^{\omega_z} = qSb_a\frac{(m_z^{\omega_z} - m_z^{\dot{\alpha}})l}{2V}, \tilde{m}_z^{\delta_в} = qSb_a m_z^{\delta_в},$

$$\tilde{m}_y^{\beta} = qSlm_y^{\beta},\ \tilde{m}_y^{\alpha} = qSlm_y^{\alpha},\ \tilde{m}_y^{\bar{\omega}_x} = \frac{qSl^2}{2V}m_y^{\bar{\omega}_x}, \tilde{m}_y^{\bar{\omega}_y} = \frac{qSl^2}{2V}m_y^{\bar{\omega}_y},$$

$$\tilde{m}_y^{\delta_э} = qSlm_z^{\delta_э}, \tilde{m}_y^{\delta_н} = qSlm_z^{\delta_н}, \tilde{m}_x^{\beta} = qSlm_x^{\beta},\ \tilde{m}_x^{\alpha} = qSlm_x^{\alpha}, \quad (2.8)$$

$$\tilde{m}_x^{\bar{\omega}_x} = \frac{qSl^2}{2V} m_x^{\bar{\omega}_x},\ \tilde{m}_x^{\bar{\omega}_y} = \frac{qSl^2}{2V} m_x^{\bar{\omega}_y}, \tilde{m}_x^{\delta_э} = qSlm_x^{\delta_э}, \tilde{m}_x^{\delta_н} = qSlm_x^{\delta_н}$$

$$A_x = r_{11}\omega_1^* + r_{12}\omega_2^* - \left(r_{11} + \tilde{m}_x^{\bar{\omega}_x}\right)\omega_1 - \left(r_{12} + \tilde{m}_x^{\bar{\omega}_y}\right)\omega_2 - \tilde{m}_x^{\beta}\beta - \tilde{m}_x^{\alpha}\alpha,$$

$$A_y = r_{21}\omega_1^* + r_{22}\omega_2^* - \left(r_{21} + \tilde{m}_y^{\bar{\omega}_x}\right)\omega_1 - \left(r_{12} + \tilde{m}_y^{\bar{\omega}_y}\right)\omega_2 - \tilde{m}_y^{\beta}\beta - \tilde{m}_y^{\alpha}\alpha,$$

3. Алгоритм управления траекторным движением воздушного судна

Синтезированные законы управления рулями δ_i (2.7) позволяют определить управляющие перегрузки (или выражаемые через них аэродинамические силы F_i) через формулы:

$$c_{1a} = c_{10}(\alpha, M) + A_и c_{2a}^2 - c_1^{\delta_в}\delta_в + c_1^{\delta_э}\delta_э$$

$$c_{2a} = c_{20}(\alpha, M) + c_2^{\delta_в}(\alpha)\delta_в + c_2^{\varphi}(\alpha)\varphi + c_2^{\delta_з}(\alpha)\delta_з + c_2^{\delta_{тщ}}(\alpha)\delta_{тщ} + c_2^{\delta_{пр}}(\alpha)\delta_{пр}$$

$$c_{3a} = c_3^{\delta_н}(\alpha, \beta)\delta_н + c_3^{\beta}(\alpha, \beta)\beta + c_3^{\delta_э}\delta_э$$

$$\begin{bmatrix} F_{1a} \\ F_{2a} \\ F_{3a} \end{bmatrix} = qS \begin{bmatrix} c_{1a} \\ c_{2a} \\ c_{3a} \end{bmatrix}, (3.1)$$

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \end{bmatrix} = \frac{1}{G}\begin{bmatrix} p \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \frac{1}{G} D^{св} \begin{bmatrix} -F_{1a} \\ F_{2a} \\ F_{3a} \end{bmatrix}, G = mg,$$

$$D^{св} = \begin{bmatrix} cos\alpha cos\beta & -sin\alpha cos\beta & sin\beta \\ sin\alpha & cos\alpha & 0 \\ cos\alpha sin\beta & sin\alpha sin\beta & cos\beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_{1a} \\ F_{2a} \\ F_{3a} \end{bmatrix} = mg \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \end{bmatrix}$$

Траекторное движение ЛА описывается уравнениями

$$\dot{\varepsilon}^T = \Omega\varepsilon^T,$$
$$\dot{V}_k = \Omega V_k + g(n - \varepsilon_2), \quad (3.2)$$

где ε_2– второй столбец матрицы направляющих косинусов ε с начальными условиями, определяемыми балансировочными значениями углов Эйлера:

$\vartheta_0 = \vartheta_{гп}, \gamma_0, \psi_0$ и положениями рулей δ_{i0};

$\Omega = \begin{bmatrix} 0 & \omega_3 & -\omega_2 \\ -\omega_3 & 0 & \omega_1 \\ \omega_2 & -\omega_1 & 0 \end{bmatrix}$ – ортогональная, кососимметрическая матрица угловых скоростей $\omega_s = \omega_s(t)$, которая вычисляется в пилотажном контуре;

$V_k = (V_{k1}\ V_{k2}\ V_{k3})$ – вектор земной скорости.

Полагая, что угловые скорости ω_s (s=*1..3*) поступают из пилотажного контура, получим разрешимую систему дифференциальных уравнений, решение которой сводится к численному или аналитическому интегрированию этих уравнений.

Таким образом, реализуется следующая прямая задача динамики.

Известна математическая модель поступательного движения ВС (3.1, 3.2) и её состояние в начальный момент времени

$$V_{ks}(0) = V_{ks0}, \dot{V}_{ks}(0) = \dot{V}_{ks0}. \quad (3.3)$$

Заданы управляющие перегрузки $n_s\big(\omega(t)\big), t \in [t_0, t_k]$, $t_к$ – конечное время.

Решение сформулированной прямой задачи сводится к простому интегрированию системы (3.1) – (3.2) с начальными условиями (3.3) и ε_{ij}.

Для определения текущих углов Эйлера достаточно вместо интегрирования кинематических уравнений Эйлера использовать 3 уравнения связи из матрицы направляющих косинусов

$$\varepsilon_{21} = sin\vartheta, \varepsilon_{22} = cos\gamma cos\vartheta, \varepsilon_{11} = cos\psi cos\vartheta. \quad (3.4)$$

Далее по формулам

$$\begin{bmatrix} \dot{X} \\ \dot{H} \\ \dot{Z} \end{bmatrix} = \varepsilon \begin{bmatrix} V_{k1} \\ V_{k2} \\ V_{k3} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{k1} \\ V_{k2} \\ V_{k3} \end{bmatrix} - \varepsilon \begin{bmatrix} \Delta W_1 \\ \Delta W_2 \\ \Delta W_3 \end{bmatrix}, \quad (3.5)$$

определяются координаты пространственного движения ВС $L = [X\ H\ Z]$ в нормальной СК и составляющие вектора воздушной скорости в скоростной СК.

При отсутствии ветровых возмущений $\Delta W_i = 0$ вектор земной скорости совпадает с вектором воздушной скорости $\bar{V}_k = \bar{V}$, и второе слагаемое уравнения (3.5) не учитывается.

Затем определяем текущие значения углов атаки и скольжения α, β

$$\alpha = arctg\left(\frac{V_2}{V_1}\right), \beta = \arcsin\left(\frac{V_3}{V}\right), V = \sqrt{V_1^2 + +V_2^2 + V_3^2}, M = \frac{V}{a}. \quad (3.6)$$

На рисунке 3.1 представлена структурная схема нелинейной САУ, в которой реализованы предложенные алгоритмы.

Для контура вращательного движения входными параметрами являются эталонные и текущие значения угловых скоростей и параметры углового положения ВС. Выходными величинами для этого контура являются угловые отклонения рулевых поверхностей. Для контура траекторного управления входными величинами являются выходные параметры контура вращения, начальные значения траекторных параметров. Выходными величинами являются координаты пространственного движения ВС. Для реализации контуров управления требуются измерители угловых скоростей ДУС, измерители координат (акселерометры), измерители углового поля (ГВ, КС), измерители скорости, измерители сдвига ветра.

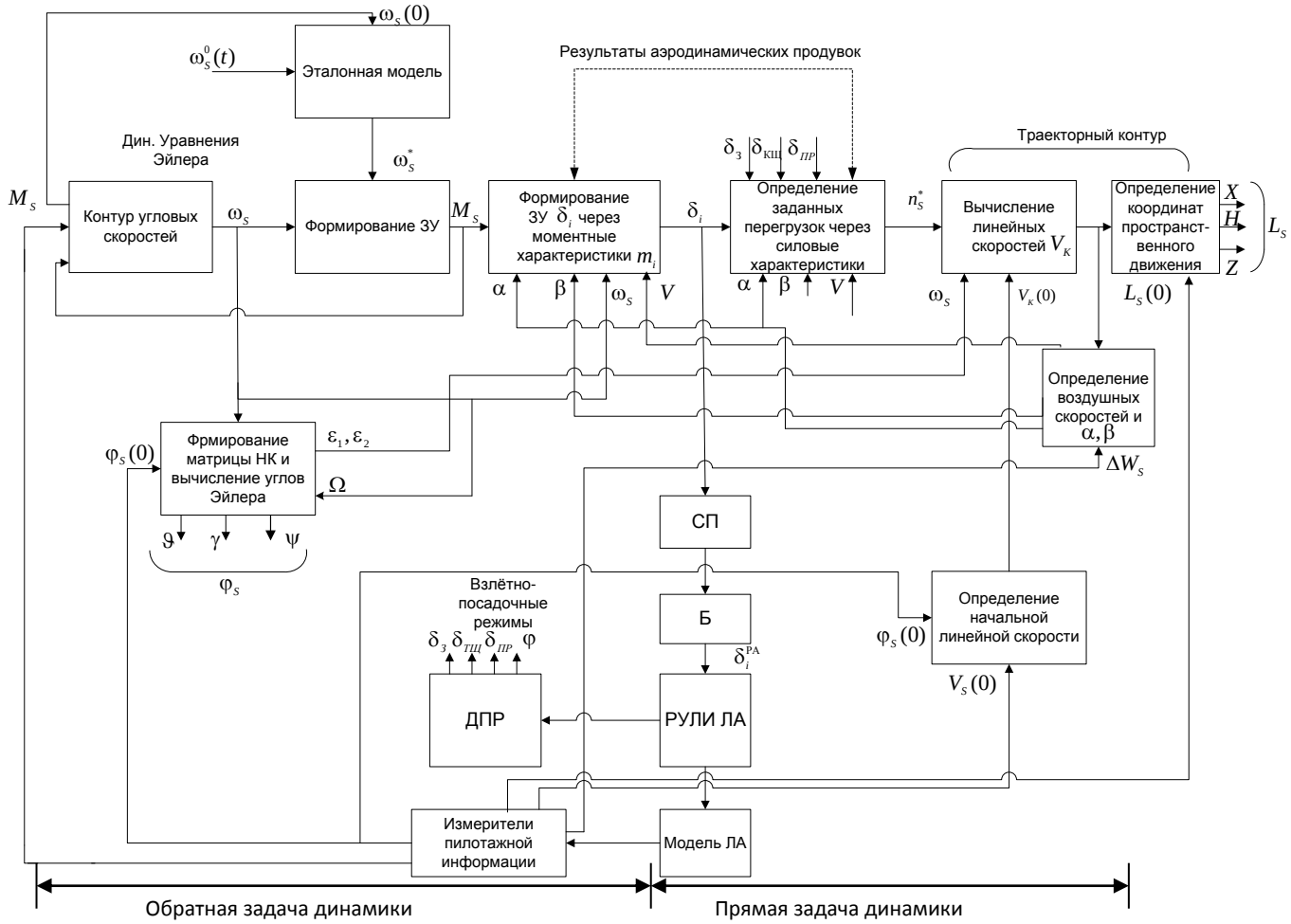


Рисунок 3.1. Структура организации контуров управления нелинейной САУ

Исследование функционирования контуров управления осуществлялось путем численного моделирования контура вращательного движения с использованием программы MatCad. При этом была выбрана эталонная модель движения ВС, соответствующая динамическим свойствам маломаневренного ВС. Моделирование прово дилось при различных значениях коэффициентов передачи контура управления угловой скорости, что соответствовало различным режимам полета. При всех выбранных значениях коэффициентов система оставалась устойчивой. При больших значениях коэффициента время сходимости было наименьшим. Таким образом, построение САУ по предложенному принципу является перспективным.

Список литературы

1. Буков В. Н., Сизых В. Н. Метод и алгоритмы решения сингулярно-вырожденных задач аналитического конструирования регуляторов //Изв. АН. Теория и системы управления. М.: 2001, №5. С.43-61.
2. Красовский А. А. Системы автоматического управления полетом и их аналитическое конструирование. М.: Наука, 1973. – 240 с.
3. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем. Нелинейные модели. – М.: Наука, Гл. ред. физ.–мат. лит., 1988.– 328 с.
4. Крутько П. Д. Обратные задачи динамики в теории автоматического управления. М.: Машиностроение, 2004. – 576с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Дочкин Александр Сергеевич
ФГБО ВПО «КузГТУ», г. Кемерово, студент
Дочкина Наталья Леонидовна
Канд мед.наук, преподаватель ГБОУ СПО «КОМК», г. Кемерово

Информатизация общества - это глобальный социальный процесс, особенность которого состоит в том, что доминирующим видом деятельности в сфере общественного производства является сбор, накопление, продуцирование, обработка, хранение, передача и использование информации, осуществляемые на основе современных средств микропроцессорной и вычислительной техники, а также на базе разнообразных средств информационного обмена. В настоящее время средства информационных технологий (ИТ) достаточно глубоко вошли в жизнь общества, в том числе в сферу образования и здравоохранения. Рассмотрим один из аспектов использования средств ИТ в системе образования, однако не для преподавания, а

для организации системной работы по профилактике заболеваний обучающихся.

Информатизация - это тот базис, который лежит в основе разработки, реализации и мониторинга на всех уровнях теории и практики деятельности по профилактике заболеваний и укреплению здоровья различных групп населения с учетом имеющихся рисков для здоровья. Сложившаяся ситуация свидетельствуют о необходимости систематизации и упорядочения системы информационного обеспечения профилактической деятельности, определения путей унификации банков данных по профилактике заболеваний и укреплению здоровья, приоритетных направлений в решении задач информационного обеспечения, а также расширения возможностей доступа к сформированной информационной базе и повышения эффективности ее использования.

Целью информационной политики, в соответствии с 19 задачей, определенной европейским региональным бюро Всемирной организации здравоохранения в составе «21 задачи по достижению здоровья для всех в 21 веке», является создание информационной системы, которая сможет более эффективно содействовать приобретению, использованию и распространению данных в поддержку здоровья для всех. [1, с 35]. Учитывая, что профилактическая деятельность определена безусловным приоритетом политики и практики охраны и укрепления здоровья населения, формирование системы информационного обеспечения профилактической деятельности, должно стать первоочередной задачей при формировании государственной и отраслевой информационной политики.

В профилактическом направлении приоритетные позиции занимает охрана и укрепление здоровья подрастающего поколения, нашедшая свое отражение в применении здоровьесберегающих технологий в образовательных организациях, эффективное использование которых напрямую зависит от наличия информации о состоянии здоровья, факторов риска субъектов образовательного процесса и возможностей проведения мониторинга. Подтверждением этому является современное законодательство. Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» №273 от 29.12.2012 г. в части компетенций, прав, обязанностей и ответственности образовательной организации (статья 28, п.п.3., 5., 6.) определены такие, как «создание необходимых условий для охраны и укрепления здоровья», обеспечивая, в том числе текущий контроль за состоянием здоровья обучающихся (ст.41.).

Образовательная организация получает информацию о состоянии здоровья и уровне физического развития обучающихся извне – от курирующей лечебно-профилактической организации.

Так, например, в ГБОУ СПО «Кемеровский областной медицинский колледж» вся информация о студентах по итогам медицинских осмотров, скрининга и диспансеризации поступает в Центр содействия укреплению здоровья студентов (ЦСУЗС), являющимся структурным подразделением профессиональной образовательной организации, отвечающей за профилактическое направление. За период с 2000 года ЦСУЗС накоплена обширная база данных, содержащая сведения, касающиеся вопросов здоровья и образа жизни студентов, которая до настоящего времени находилась разрозненно в различных документах – актах, отчетах, справках и т.д. Попытка объединения всей имеющейся информации о конкретном студенте была положена более десяти лет назад, когда создавался паспорт здоровья студента. Обработка же всего массива документов, с последующей группировкой по различным направлениям (например, создание группы студентов на дообследование, выдача конкретных рекомендаций по оздоровлению образа жизни) проводилась с помощью программы таблиц Microsoft Excel. Все это затягивало аналитический период обработки информации и реализацию индивидуальных профилактических мероприятий и программ.

Таким образом, назрела необходимость в разработке программного обеспечения ЦСУЗС, которое бы организовало все имеющиеся данные в соответствующую базу данных.

База данных была разработана на основе электронной таблицы MS Excel, что с одной стороны исключило дополнительные расходы на приобретение соответствующей СУДБ или языка программирования, а с другой – обеспечило уверенную работу пользователей с созданной программой. Также при этом подходе обеспечивалась полная сохранность имеющихся данных, а также простой и безопасный их перенос из существующих ранее документов. Для обеспечения работы созданных модулей использовался язык Visual Basic for Applications, входящий в состав MS Excel.

Структурно программа представляет собой несколько модулей: модуль ввода данных, модуль сортировки и поиска, модуль формирования отчетов.

Модуль ввода данных позволяет формировать списки обучающихся, вводить данные по болезням, формировать рекомендации и направления самоконтроля. Модуль сортировки и поиска обеспечивает оперативный поиск необходимых данных, их обобщение и обработку. Модуль формирования отчета на основе выполненных запросов формирует итоговый документ и обеспечивает вывод его на печать (рис.1).

В модуле ввода данных группировка по заболеваниям была разработана с учетом наиболее часто встречаемых среди контигента студентов состояний – эта заболевания органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, желудочно-кишечного тракта, мочевыделительной системы, эндокринной, репродуктивной и нервной систем. Помимо этого в базу данных заносятся особенности образа жизни студентов – питание, медицинская и физическая активность, досуговая деятельность, режим дня, вредные привычки, данные исследования физического развития – весоростовые характеристики, результаты исследования дыхательной и сердечно-сосудистой систем, адаптационных возможностей.

Все занесенные данные позволяют сделать отчет индивидуализированным, адресным, с учетом всех имеющихся у студента проблем, связанных не только со здоровьем, но и с образом жизни и таким образом, создать для него некоторую программу действий по формированию здоровья и здорового образа жизни.

В отчете для студента предоставлено заключение, в котором информация располагается в виде трех частей – в первой части предложены объемы исследований, которые студент должен пройти в студенческой поликлиники при имеющихся проблемах, во второй части – представлены рекомендация по самоконтролю некоторых параметров. Например – контролировать показатели артериального давления для студента, у которого эти показатели завышены или имеют склонность к нестабильности. В третьей части заключения предложены способы корректировки образа жизни в сторону здоровья, такие, как зарядка, регламентация режима дня с конкретными цифровыми показателями частоты, объёмов и продолжительности и другие способы.

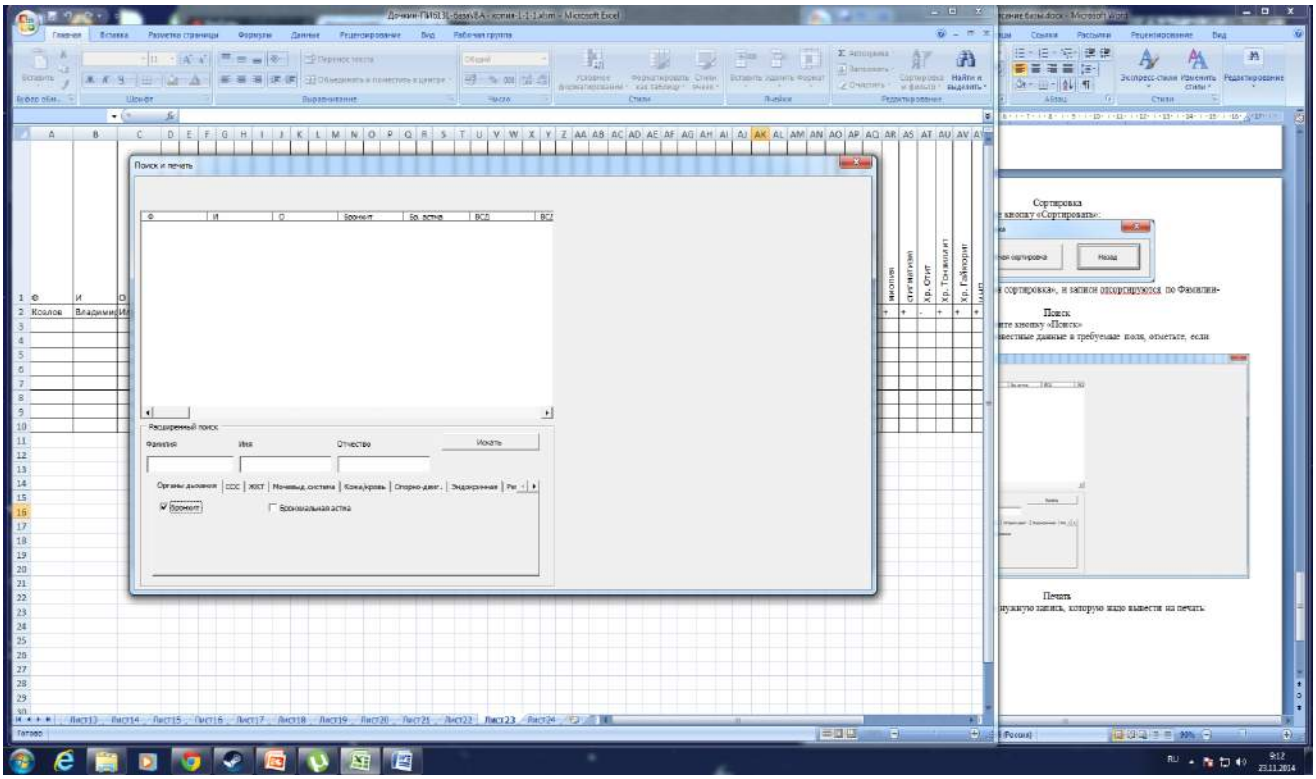


Рисунок 1. Модуль формирования отчета программы

Отчет для сотрудника ЦСУЗС представляет собой итоговые суммарные значения всех вышеизложенных данных, позволяющих сделать общее представление об имеющихся проблемах не только каждого студента, но и групп студентов на специальностях и курсах в целом. Все это позволяет достаточно оперативно определять не только проблемы студенческого коллектива, но составлять план соответствующих профилактических, оздоровительных мероприятий.

Таким образом, разработка и использование данного программного обеспечения осуществлять системный контроль за состоянием здоровья и показателями физического развития студента в профессиональной образовательной организации, качественно походить к организации как профилактических, так и санитарно-просветительских мероприятий

Список литературы:

1. Всемирная организация здравоохранения, Европейское бюро: Европейская серия «Здоровье - 21», Женева, 1998. - №5 – 42 с.

ДИСТАНЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ НА ОСНОВЕ МИКРОВОЛНОВЫХ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ

Насыбуллин Айдар Ревкатович
К.т.н., доцент, Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет им. А.Н. Туполева – КАИ, г.Казань
Долгова Екатерина Сергеевна
Магистрант, Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет им. А.Н. Туполева – КАИ, г.Казань,
Дорогов Дмитрий Николаевич
Магистрант, Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет им. А.Н. Туполева – КАИ, г.Казань,

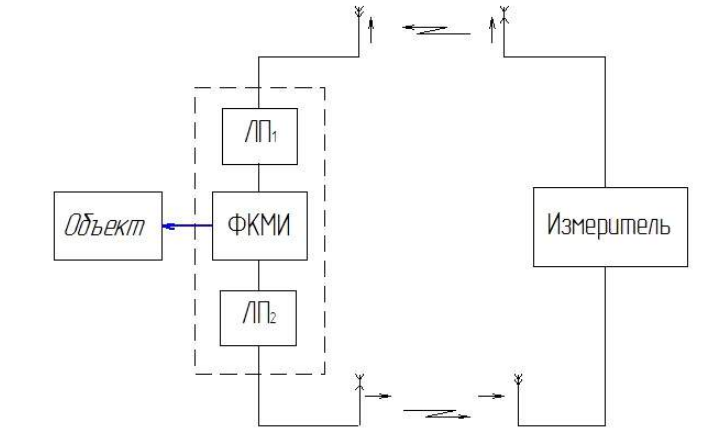
Введение

В последнее время интенсивное развитие нанотехнологий стимулировало появление нового класса периодических структур, получивших название фотонных кристаллов (ФК). ФК может быть представлен как волновод с диэлектрическим заполнением, так и фотонный кристалл в микрополосковом исполнении (ФКМИ). С практической точки зрения интерес ФК в СВЧ диапазоне обусловлен наличием окон прозрачности и полос заграждения. [3, с.39] Представленный ФКМИ представляет собой микрополосковую линию передачи с периодическим изменением волнового сопротивления. Актуальным направлением практического применения микроволновых фотонных кристаллов является создание на их основе СВЧ-датчиков для контроля свойств диэлектрических материалов посредством измерения комплексной диэлектрической проницаемости [1,2].

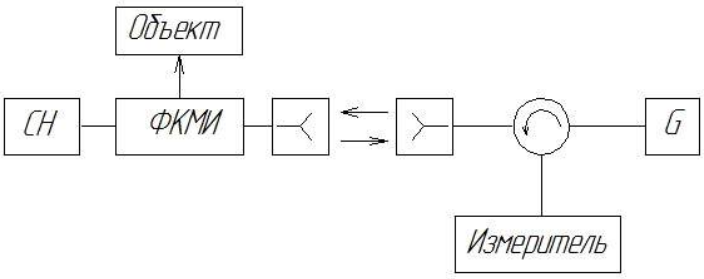
Основная часть

Устройство (рис. 1а) представляет собой пассивное устройство на основе ФКМИ, воздействующий на объект, и вычислительно-измерительное устройство. Связь осуществляется посредством зондирующих электромагнитных колебаний. С помощью передающей антенны измерителя сигнал поступает на приемную антенну пассивного устройства, где проходит по линии передач ($ЛП_1$), связанной непосредственно с ФКМИ. Сигнал, пришедший на ФКМИ, взаимодействуя с объектом, претерпевает характеристические изменения. Затем измененный сигнал проходит по $ЛП_2$ и с помощью передающей антенны передается на приемную антенну измерителя. Измеритель и непосредственно датчик разнесены в пространстве, на приемной и передающей стороне имеются по две антенны с различной поляризацией для уменьшения взаимного влияния.

Устройство по отраженному сигналу (рис.1б) представляет более простую схему и работает следующим образом. Сигнал, пришедший с генератора, проходит через циркулятор и с помощью передающей антенны поступает на сам датчик на основе ФКМИ. Датчик, взаимодействуя с объектом, получает данные об объекте. Сравнивая полученные и измеренные данные, передает данные с помощью антенны измерителю. Принцип измерения параметров диэлектрических объектов аналогичен первому устройству.



а)



б)

Рисунок 1. Структурная схема устройства зондирования (а) по прошедшему сигналу; (б) по отраженному сигналу.

По определению ФК представляет собой периодическую структуру с изменяющимися значениями волнового сопротивления. Предлагаемое устройство представляет собой микрополосковую периодическую структуру на основе фотонного кристалла. Периодичность изменения волнового сопротивления достигается периодичностью изменения параметров микрополосковой линии. Данный тип структуры был выбран с целью увеличения чувствительности датчика. В характеристике отражения имеется сплошной участок, так называемый полоса заграждения. При введении неравномерности в микрополосковую структуру появляется резонансный пик, по которому можно судить об изменении параметров диэлектрических объектов.

Для моделирования структуры на основе ФКМИ использовалась программа трехмерного электромагнитного моделирования СВЧ структур CST Microwave studio. Рассмотрено два варианта возможных структур. На рисунке 2 показана структура ФК по аналогии с оптическим ФК – ФКМИ с введением неоднородности в середину структуры [3]. Вторая структура (рис. 3), реализована по аналогии с волоконно-оптическими избирательными структурами – ФКМИ с фазовым сдвигом, характеризующийся наличием участка с уменьшенным вдвое периодом структуры [4].

Структура состоит из исследуемого диэлектрика в виде плоского слоя с варьируемой диэлектрической проницаемостью, в зависимости от объекта измерения. Снизу к диэлектрику приложена микрополосковая структура, представляющая собой металлический экран, диэлектрическую подложку, токоведущий проводник.

Диэлектрическая проницаемость ε исследуемого диэлектрика была взята в диапазоне 2…10. В ходе моделирования были получены характеристики (рис. 4, рис.5).

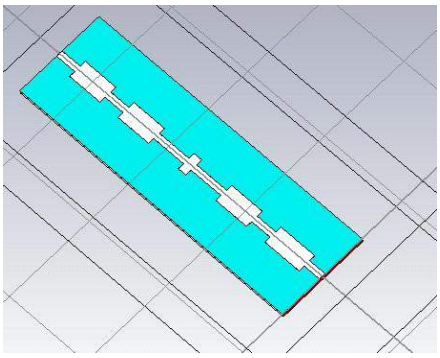


Рисунок 2. Структура первого типа

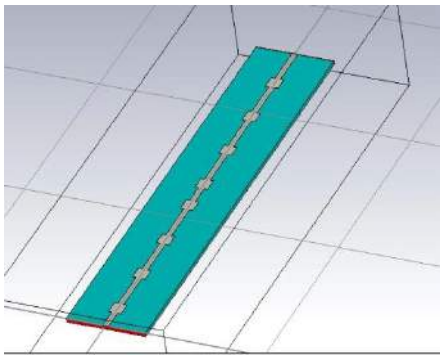


Рисунок 3. Структура второго типа

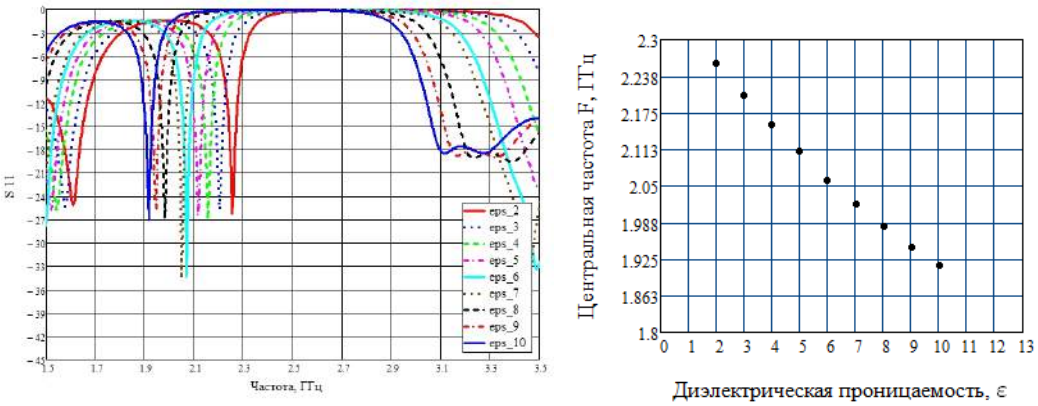


Рисунок 4. ФКМИ первого типа: (а) коэффициент отражения и (б) зависимость смещения центральной частоты от диэлектрической проницаемости

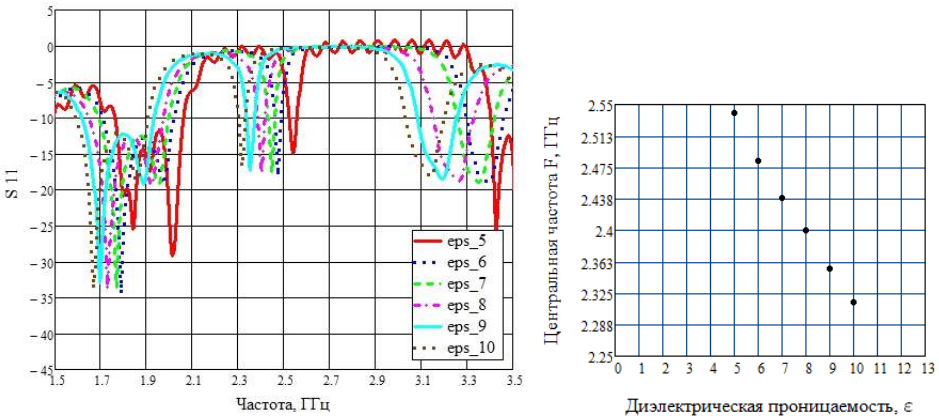


Рисунок 5. ФКМИ второго типа: (а) коэффициент отражения и (б) зависимость смещения центральной частоты от диэлектрической проницаемости

Заключение

Таким образом, предложенное пассивное устройство может быть использовано для дистанционного контроля диэлектрических объектов, например, жидкостей, в случае затрудненного доступа к объектам. Исследованы зависимости диэлектрической проницаемости от центральной частоты узкого пика в полосе заграждения, по сдвигу которого можно определить изменения диэлектрических параметров исследуемого объекта.

Список литературы:

1. Пономарев Д.В. Особенности взаимодействия СВЧ-излучения с фотонными кристаллами, содержащими в качестве неоднородностей диэлектрические, полупроводниковые и металлические включения /Автореферат, Саратов, 2012
2. Усанов Д.А., Скрипаль А.В., Абрамов А.В., Боголюбов А.С., Куликов М.Ю., Пономарев Д.В. Микрополосковые фотонные кристаллы и их использование для измерения параметров жидкостей, Журнал технической физики, 2010, том 80, вып. 8. 143-148с.
3. Ходенко С.А. Исследование микрополосковых фотонных кристаллов и устройств частотной селекции на их основе / Диссертация, Красноярск, 2009. – 159 с.
4. Sheng Liang, Swee Chuan Tjin, Nam Quoc Ngo, Chunxi Zhang, Lijing Li./ Novel tunable fiber-optic edge filter based on modulating the chirp rate of a π-phase-shifted fiber Bragg grating in transmission/ Optics Communications 282, с.1363–1369 (2009)

НОВЫЕ СПОСОБЫ АСИММЕТРИЧНОЙ ПРОКАТКИ ПРОФИЛЕЙ В МНОГОВАЛКОВЫХ КАЛИБРАХ

Драпека Олеся Дмитриевна
Магистрант кафедры Обработки металла давлением, МГТУ им. Г.И.Носова, г. Магнитогорск
Бирюков Максим Александрович
Аспирант кафедры Обработки металла давлением, МГТУ им. Г.И.Носова, г. Магнитогорск

В ООО «ЧерметИнформСистемы» разработаны два новых способа прокатки профилей в многовалковых калибрах с использованием асимметричного деформирования. В частности предложен способ асимметричной прокатки металла в многовалковом калибре, образованном, по меньшей мере, тремя валками, включающий прокатку с рассогласованием скоростей валков, отличающийся тем, что окружные скорости всех валков в калибре задают отличающимися по величине друг от друга.[1, с. 1]

При такой прокатке, те участки на поверхности металла, которые контактируют с валками и при этом имеют меньшую скорость, притормаживаются, за счет чего металл получает меньшую вытяжку. Участки, контактирующие с валками, которые имеют большие окружные скорости, ускоряясь, получают большую вытяжку. При этом в калибре клети наблюдается неравномерное перераспределение вытяжек по сечению продеформированной заготовки. На рисунке 1 показан пример трёхвалкового калибра.

Таким образом, в калибре клети обеспечивается более полная проработка металла за счет больших сдвиговых деформаций, что позволяет получить более мелкий балл зерна.

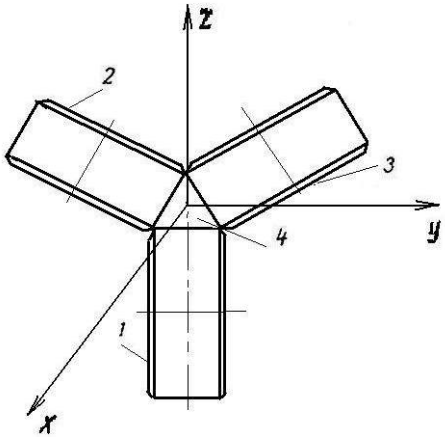


Рисунок 1. Трёхвалковый калибр 1,2,3 – рабочие валки, 4 – заготовка

Другой разработанный способ заключается в том, что прокатка металла осуществляется в четырехвалковом калибре, имеющем две пары параллельных валков, включающий прокатку с рассогласованием скоростей валков, причем окружные скорости одной пары задают одинаковыми, отличающийся тем, что окружные скорости валков другой пары задают отличными друг от друга и неравными скоростям первой пары[2, с. 1]:

$$v_1 = v_3;\ v_1 \neq v_2;\ v_1 \neq v_4,$$

где v_1, v_2, v_3, v_4 – окружные скорости валков (индексы соответствуют позициям валков). На рисунке 2 изображен пример четырёхвалкового калибра.

В калибре клети, включающей две пары валков, одна из которых имеет одинаковую минимальную скорость, имеется существенная сдвиговая деформация, вследствие которой изгибается передний конец заготовки в сторону второго валка, имеющего наименьшую окружную скорость в паре горизонтальных валков. При различных соотношениях окружных скоростей валков в калибре будут наблюдаться различные варианты неравномерного распределения вытяжек, которые влияют на степень проработки металла за счет больших сдвиговых деформаций, что позволит получать требуемый балл зерна.

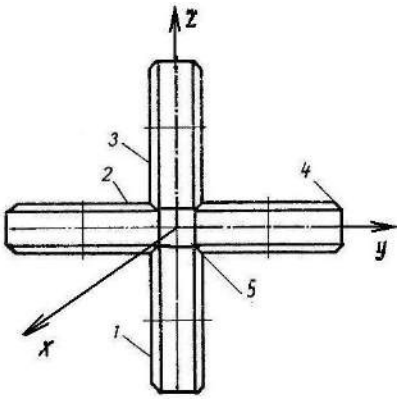
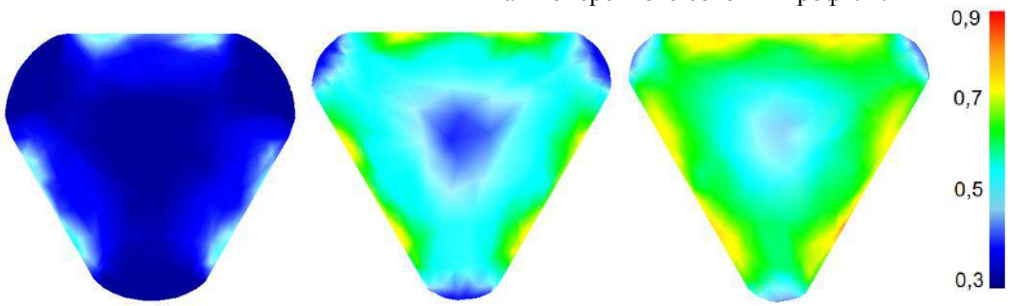


Рисунок 2. Четырёхвалковый калибр 1,2,3,4 – рабочие валки, 5 – заготовка

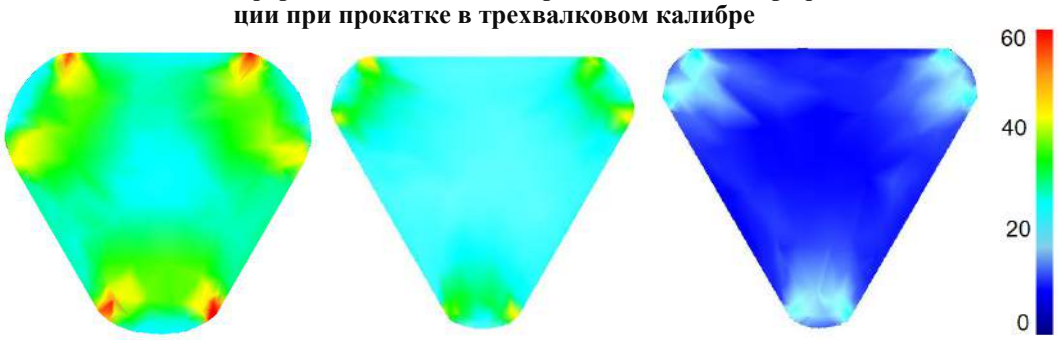
В настоящей работе приведены результаты исследования этого процесса в программном комплексе DEFORM 3D.

На рисунках 3-6 представлены некоторые результаты расчета параметров напряженно-деформированного состояния при асимметричной прокатке в трехвалковом калибре. На этих рисунках (в позициях а, б, в) последовательно показаны поперечные сечения профиля, соответственно, на расстоянии $0{,}3l_д$; $0{,}6l_д$ и $0{,}9l_д$ от плоскости входа металла в валки. Также на рисунках 3-6 присутствует численная шкала (позиция г), позволяющая определить конкретные величины параметра в различных точках поперечного сечения профиля.



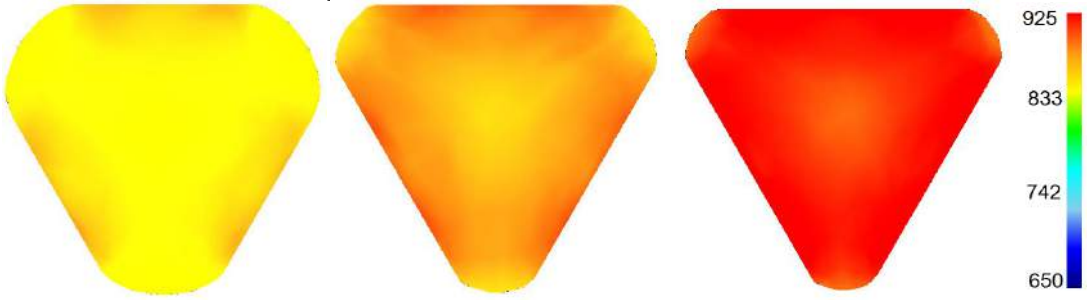
а) б) в) г)

Рисунок 4. Интенсивности деформации сдвига в поперечных сечениях профиля по длине очага деформации при прокатке в трехвалковом калибре



а) б) в) г)

Рисунок 5. Интенсивности скоростей деформации в поперечных сечениях профиля по длине очага деформации при прокатке в трехвалковом калибре

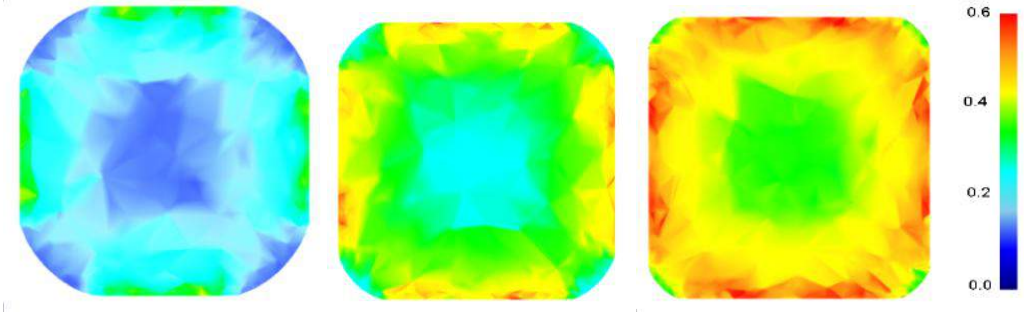


а) б) в) г)

Рисунок 6. Интенсивности напряжений в поперечных сечениях профиля по длине очага деформации при прокатке в трехвалковом калибре

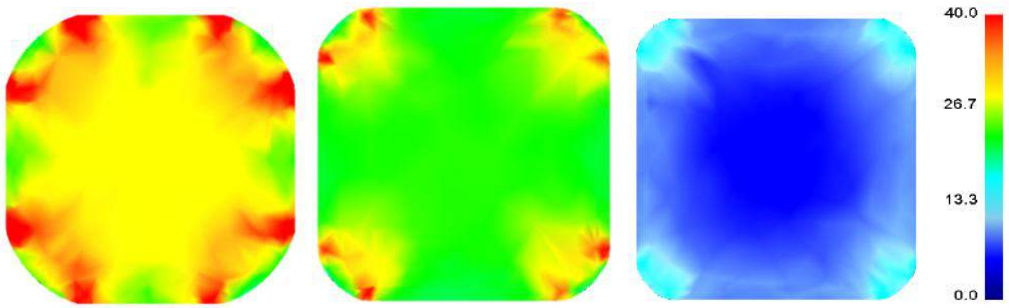
Проанализировав картины интенсивности деформации, интенсивности скоростей деформации и интенсивности напряжений можно сказать, что напряженно-деформированное состояние, моделируемое программным комплексом «DEFORM 3D» не противоречит общепринятому пониманию физики процесса.

На рисунках 7-9 представлены результаты расчета параметров напряженно-деформированного состояния при асимметричной прокатке в четырехвалковом калибре. Параметры выбирались те же, что и при прокатке в трехвалковом калибре.



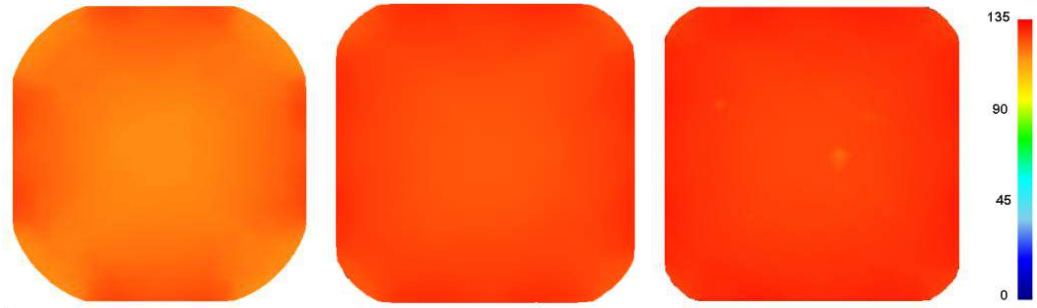
а) б) в) г)

Рисунок 7. Интенсивности деформации сдвига в поперечных сечениях профиля по длине очага деформации при прокатке в четырехвалковом калибре



а) б) в) г)

Рисунок 8. Интенсивности скоростей деформации в поперечных сечениях профиля по длине очага деформации при прокатке в четырехвалковом калибре



а) б) в) г)

Рисунок 9. Интенсивности напряжений в поперечных сечениях профиля по длине очага деформации при прокатке в четырехвалковом калибре

Также можно отметить, что моделируемое напряженно-деформированное состояние не противоречит общепринятому пониманию физики процесса.

Выводы:

1. При моделировании процесса асимметричной прокатки профиля в программном комплексе «Deform 3D» использовались новые технологии асимметричной прокатки в трехвалковом и четырехвалковом калибрах;
2. Моделируемое напряженно-деформированное состояние не противоречит общепринятому пониманию физики процесса.

Список использованных источников:

1. 1 Пат. 2528601 Российская Федерация, МПК B21B1/00 (2006.01). Способ асимметричной прокатки металла /Песин А.М., Ткаченко А.П., Пустовойтов Д.О., Локотунина Н.М., Горкин Н.А., Бирюков М.А.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "ЧерметИнформСистемы". - № 2013111897; заявл. 15.03.12; опубл. 20.09.14 – 3 с.
2. 2 Пат. 2531337 Российская Федерация, МПК B21B1/00 (2006.01). Способ асимметричной прокатки металла /Песин А.М., Ткаченко А.П., Пустовойтов Д.О., Локотунина Н.М., Горкин Н.А., Бирюков М.А.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "ЧерметИнформСистемы". - № 2013111708; заявл. 15.03.12; опубл. 20.09.14 – 3 с.
3. 3 Бирюков М.А., Горкин Н.А., Пустовойтов Д.О., Ткаченко А.П. Исследование влияния степени деформации на геометрические параметры при прокатке шестигранного профиля в четырехвалковом калибре/«Наука и образование в 21 веке»: Сборник научных трудов по материалам Международной научно – практической конференции 30 декабря 2013 г. В 8 частях. Часть 5. Мин-во обр. и науки-М.: «АР-Консалт», 2014 г. – 170 с

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАТЕНТНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

Дроздов Владимир Ильич
Канд. техн. наук, доцент, директор Центра тестовых технологий, г. Курск
Фаусто Фрейре
Канд. техн. наук, доцент, рук. Исследовательского центра, г. Кито (Эквадор)
Щадрина Ольга Алексеевна
Канд. техн. наук, доцент кафедры математики, г. Кито (Эквадор)

При недетерминированном подходе исследования сложного объекта, характеризуемого некоторым выходным параметром y, зависящим от n входных факторов x1,x2,… xn, при условии, что параметр y и входные факторы допускают непосредственное измерение, используют идею «черного ящика».

Суть которого представлена на рис. 1.

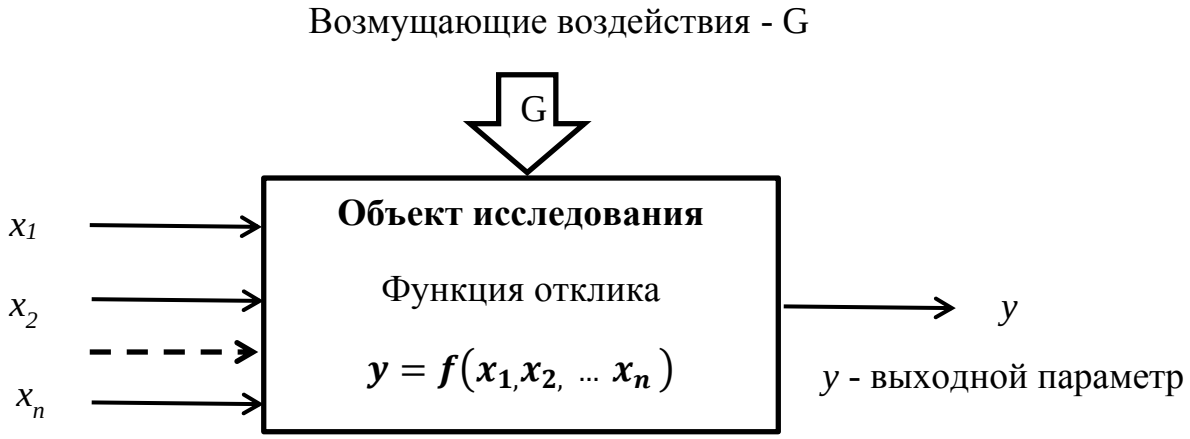


Рисунок 1. Схема исследования объекта, основанная на идеи «черного» ящика.

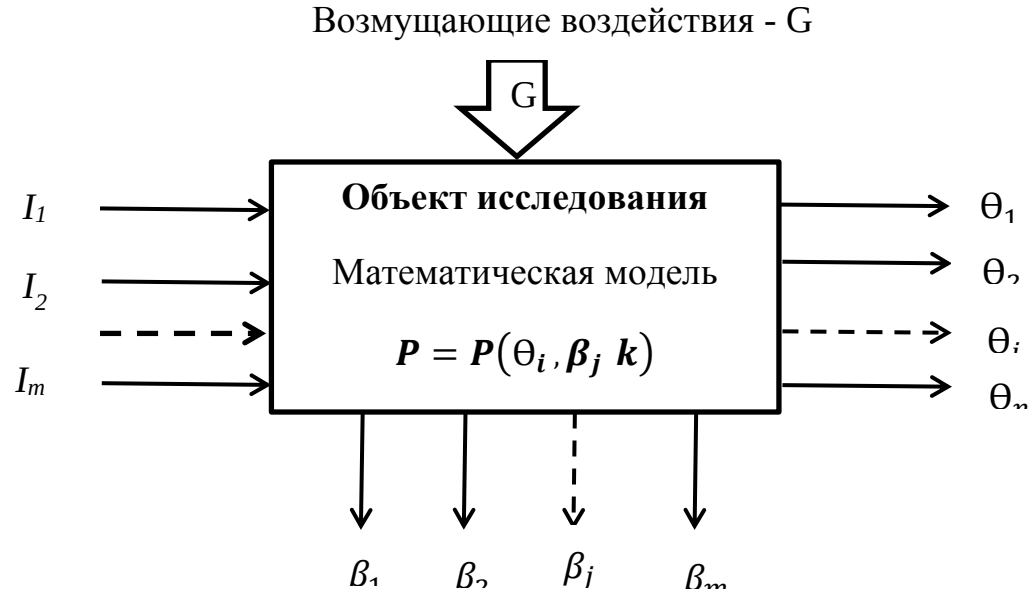


Рисунок 2. Схема исследования объекта, характеризуемого латентными переменными Θ и β.

В случае, когда выходной параметр и входные факторы можно измерять непосредственно, применяются статистические методы обработки результатов наблюдения над объектом. Собирается статистическая информация о состоянии объекта, измеряется значение выходного параметра, соответствующего набору значений входных факторов. Если исследуемый объект управляемый, т.е. имеется возможность проведения активного эксперимента, то используется математическая теория планирования эксперимента [8,9].

Основная задача при таком подходе состоит в построении адекватной математической модели (функции отклика), связывающей между собой выходной параметр и входные факторы

$$y = f(x_1, x_2, \ldots x_n). \qquad (1)$$

Если параметры (факторы), характеризующие объект являются латентными переменными или скрытыми, т.е. такими, которые не могут быть измерены в явном виде, непосредственно, то при исследовании объекта используется совершенно иная парадигма. Латентные переменные могут быть определены (выведены) только через математические модели с использованием наблюдаемых переменных. Схема исследования объекта в этом случае может быть представлена следующим образом (рис.2).

Здесь: - $I_1, I_2, \ldots I_m$ – наблюдаемые переменные (индикаторы);

- $\Theta_1, \Theta_2, \ldots \Theta_n$ – латентные переменные, характеризующие объект;

- $\beta_1, \beta_1, \ldots \beta_m$ - латентные переменные, характеризующие индикаторы.

Латентные переменные Θ и β связаны между собою математической моделью, которая является вероятностной, вида

$$P = P(\Theta_i, \beta_j\ k). \qquad (2)$$

Здесь: - $P(\Theta_i, \beta_j\ k)$ – вероятность возможного соотношения между

характеристикой объекта Θ_i и значением β_j;

- k – параметр (один или несколько), входящий в модель.

Латентные переменные Θ в данной схеме определяются *операционально* через набор наблюдаемых и измеряемых индикаторов $I_1, I_2, \ldots I_m$, которые должны определенным образом соответствовать модели (2). Разработана методика, по которой определяется степень соответствия

набора индикаторов модели (2), а также степень соответствия каждого индикатора данному набору.

Тем самым, в результате последовательных итераций определяется минимальный набор индикаторов, который и определяет *операционально* латентные переменные Θ. Методика позволяет ранжировать индикаторы по степени их влияния на латентные переменные Θ посредством латентных характеристик индикаторов β_1, β_1,... β_m.

Интерпретация латентных переменных Θ и β для объектов исследования в образовании, социально-экономических системах в медицине и т.д. может быть совершенно различной.

Например, в образовании, в тестологии Θ_i – интерпретируется как уровень подготовленности i -го учащегося, а β_j – уровень трудности j –го задания теста. В этом случае $P_{i\,j} = P(\Theta_i, \beta_j\ k)$ определяет вероятность того, что учащийся с уровнем подготовленности Θ_i даст положительный ответ на задание теста трудности β_j. Поэтому в тестологии эту функцию называют функцией успеха.

Функции, обратные к функции успеха

$$\Theta = \varphi_1(P, \beta, k), \beta = \varphi_1(P, \Theta, k), \qquad (3)$$

называют функциями измерений [10]. В связи с этим, в основе измерений латентных переменных лежит необходимость оценки вероятности *P*. Это достигается проведением различных процедур: тестирования, опроса, анкетирования, т.е. регистрации индикаторов I_1, I_2, ... I_m.

В качестве моделей «функции успеха» в настоящее время широко используются логистические модели: однопараметрическая модель Г. Раша

$$P_{ij} = \frac{e^{\Theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\Theta_i - \beta_j}}, \qquad (4)$$

двухпараметрическая модель А. Бирнбаума

$$P_{ij} = \frac{e^{a_j \cdot (\Theta_i - \beta_j)}}{1 + e^{a_j \cdot (\Theta_i - \beta_j)}}, \qquad (5)$$

трехпараметрическая модель А. Бирнбаума

$$P_{ij} = c_j + (1 - c_j)\frac{e^{a_j \cdot (\Theta_i - \beta_j)}}{1 + e^{a_j \cdot (\Theta_i - \beta_j)}}. \qquad (6)$$

Выведена обобщенная «функция успеха» [3], имеющая четыре параметра

$$P_{ij} = c_j + (1 - c_j)\frac{e^{D \cdot (1 - c_j) + a_j \cdot (\Theta_i - \beta_j)}}{1 + e^{D \cdot (1 - c_j) + a_j \cdot (\Theta_i - \beta_j)}}. \qquad (7)$$

Здесь параметры a_j, c_j, D в различных областях применения могут иметь различную интерпретацию. При этом, если *D=0*, то формула (7) принимает вид (6); если *D=0* и $c_j = 0$, то формула (7) принимает вид (5). При *D=0*, $c_j = 0$ и a_j=1 формула (7) становиться однопараметрической моделью Г. Раша.

Для практической реализации различных моделей используются специально разработанные компьютерные программы. Широко известна [2, с. 473] компьютерная программа ЛОГИСТ (LOGIST), разработанная Вудом, Вингерски и Лордом (Wood, Wingersky and Lord, 1976). Программа использует трехпараметрическую модель А. Бирнбаума. Программа БИЛОГ (BILOG) разработана для одно-, двух- и трехпараметрических моделей [2, с.474].

При исследовании объектов, характеризуемых латентными переменными, в различных областях: в образовании, социально-экономических системах, в медицине широкое применение, в силу простоты интерпретации результатов, получила модель Г. Раша [1,4,5- 7]. Использование модели Г. Раша вызвано тем обстоятельством, что латентные переменные измеряются на одной метрической шкале в специальных единицах – логитах. За точку отсчета принято значение параметра β=0. За масштабную единицу принят один логит. На языке тестологии вероятностная трактовка величины в один логит обозначает следующее: *при возрастании латентного параметра относительной подготовленности на один логит шансы участника тестирования возрастают в е раз.*

Обработка результатов с использованием модели Г. Раша может проводиться с применением диалоговой системы измерения латентных переменных RUMM (Rasch Unidimensional Measurement Models), разработанной под руководством профессора Мердокского университета (Австралия) Дэвида Эндрича. Диалоговая система позволяет на основании критерия Пирсона (χ^2 – критерия) оценить адекватность набора индикаторов модели измерения, определить мощность набора, их дифференцирующую способность посредством коэффициента сепарабельности, коэффициента альфа-Кронбаха, статистические характеристики параметров Θ и β, представить на одном графике распределения Θ и β. По взаимному расположению гистограмм для Θ и β можно визуально судить о степени соответствии набора индикаторов латентным переменным Θ. Система позволяет по распределению вероятностей градаций индикаторов решить вопрос об оптимальной градации каждого индикатора. В случае композиции тестов или формирования социологической анкеты, система позволяет детально исследовать «работу» дистракторов тестовых заданий в закрытой форме и скорректировать дистракторы «плохо работающие» и т.д.

Наряду с точечными оценками для Θ и β система выдает стандартные ошибки, которые позволяют построить доверительные интервалы для Θ и β. Таким образом, латентные переменные на самом деле *измеряются*.

Наиболее полно информация об этой системе представлена на сайте www.rasch.org.

Список литературы:

1. А. Мальцева, В. Дроздов. Финансовый анализ и управление технопарковыми структурами: монография. LAP LAMBERT Academic Publishing- 2013. – 259 с.
2. Введение в классическую и современную теорию тестов / Л. Крокер, Дж. Алгина; пер. с англ. Н.Н. Найденовой, В.Н. Симкина, М.Б. Челышковой; под. общ. Ред. В.И. Звонникова, М.Б. Челышковой. – М.: Логос, 2010. – 668 с.
3. Дроздов В.И. Обобщение модели Раша и Бирнбаума. Известия Курского государственного технического университета, №3 (24) 2008. С.77-80.
4. Дроздов В.И., Завалишина, К.Н., Карачевцева Л.В. Выбор показателей для оценки гарантий качества продукции [Текст] / В.И. Дроздов, К.Н. Завалишина, Л.В. Карачевцева // Стандарты и качество. 2014. № 10 (928). [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://ria-stk.ru/upload/image/stq/2014/N10/stq102014-1.pdf
5. Емельянов С.Г., Дроздов В.И., Бойцова Е.А., Севрюкова Л.В., Дроздов А.В. Исследование и прогнозирование уровня развития сельского хозяйства в Курской области: монография. Курск, «Деловая полиграфия»-2009. – 266 с.

6. Мальцева А.А., Дроздов В.И., Монахов И.А., Клюшникова Е.В. Экспертно-аналитическая методология формирования системы показателей для рейтинговой оценки инновационного развития регионов Российской Федерации: монография/ под.ред. А.А. Мальцевой. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2014 271 с.
7. Маслак А. А. Измерение латентных перемекнных в социально-экономических системах: моногрвфия. – Славянск-на Кубани: Изд. Центр СГПИ, 2006. - 333 с.
8. Математические методы планирования эксперимента. Под редакцией д-ра физ.-мат. наук В.В. Пененко. Новосибирск- 1981. 255 с.
9. Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. 207 с.
10. Смушкевич Л.Е. Математические основы педагогических измерений: монография / Л.Е. Смушкевич. – Магнитогорск: МаГУ, 2009. – 200 с.

ДЕФЕКТЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И КОНСТРУКЦИЙ, ИХ ОЦЕНКА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Дудочкин Игорь Борисович
начальник лаборатории неразрушающего контроля, эксперт ООО «ЭкспертСервисПроект», г. Уфа
Овчинников Ярослав Валерьевич
зам. генерального директора по диагностике, эксперт ООО «ЭкспертСервисПроект», г. Уфа
Шишкина Елена Анваровна
начальник отдела экспертизы зданий и сооружений, эксперт ООО «ЭкспертСервисПроект», г. Уфа
Зарипова Гузель Ураловна
специалист отдела экспертизы зданий и сооружений ООО «ЭкспертСервисПроект», г. Уфа

Экспертиза промышленной безопасности различного оборудования, технических устройств, зданий и сооружений, находящихся в эксплуатации на опасных производственных объектах, решение вопроса о возможности и сроках дальнейшей безопасной эксплуатации объектов экспертизы, требует знаний в самых различных областях. При разработке программ экспертизы промышленной безопасности необходимо учитывать большое количество факторов, оказывающих влияние на техническое состояние оборудования. Одним из них, несомненно, является материал, из которого изготовлены элементы оборудования и конструкций, а так же технологии их изготовления. В процессе изготовления металлические изделия проходят технологический цикл, включающий следующие технологические операции: плавка, литье, обработка давлением, термическая и механическая обработка, соединение с другими заготовками, например, путем сварки. На каждом этапе в изделиях могут возникнуть дефекты.

В верхней части слитка (заготовка) и отливки (изделие близко к готовности) в результате уменьшения объема металла при застывании возникают усадочные раковины. Раковина продолжается в глубину металла в виде рыхлоты – хвоста. Эту часть металла удаляют. При литье в металле возникают пузыри и поры из-за выделения газов. Возникает ликвация – неоднородность химического состава. При заливке жидкого металла в форму в его течении могут возникнуть перерывы, это ведет к образованию неслитин и неспаев. При засорении и окислении расплавленного металла получаются неметаллические включения и окисные плены. При быстром остывании слитка или отливки возникают горячие трещины с окисленной поверхностью. Холодные (не окисленные) трещины возникают в результате разной скорости охлаждения.

В дальнейшем слитки проходят обработку давлением (ковкой, прессованием, штамповкой или прокаткой). При этом остатки усадочных раковин и большинство других дефектов деформируется (расплющивается), при этом они превращаются в расслоения и волосовины. Горячие трещины иногда раскрываются, образуют «скворечники», холодные трещины могут завариться. Также возможно возникновение новых дефектов: пресс-утяжины, ковочные трещины, рванины – надрывы на поверхности, образовавшиеся вследствие недостаточной пластичности, заковы, закаты – завернувшийся и прижатый к поверхности металл, флокены – трещины от выделившегося водорода, риски – канавки на поверхности от посторонних частиц на инструменте.

При сварке плавлением могут возникнуть дефекты, свойственные для литого металла: усадочные раковины, поры, различные включения. Кроме того, при сварке может возникнуть непровар, вогнутость шва, смещение кромок, прожог, сварочные трещины и многие другие. Трещины возникают из-за неправильной конструкции сварного изделия, неправильного термического режима сварки, влияния дефектов основного металла.

Термическая обработка состоит в нагреве и последующем медленном или быстром охлаждении металлов и сплавов, в результате этого снимаются внутренние напряжения. Термообработку проводят после обработки давлением и сварки. Дефекты термообработки – неправильный режим нагрева и охлаждения, в результате чего структура и свойства сплава не соответствуют заданным.

Выше мы говорили о дефектах металлов. Но дефекты типа трещин свойственны и неметаллам. В пластмассах, слоистых композитах так же могут образовываться дефекты. Бетон получают после затвердевания смеси из вяжущего вещества (цемента), воды и заполнителя (песка, гравия). Железобетон – монолитно соединенные бетон и стальной каркас (арматура). В бетоне и железобетоне возникают дефекты типа раковин и пузырей в результате неплотной набивки формы или выделения газов. Часто встречается специфический дефект - неправильный состав или технология изготовления, снижающие прочность.

В процессе эксплуатации влияние дефектов на изделие сильно зависит от типа нагрузки. Статическая, то есть постоянная или медленно меняющаяся нагрузка, наиболее благоприятна для изделий. Однако большая длительность нагрузки вызывает постепенно возрастающую деформацию, приводящую к разрушению изделия (ползучести). Большую опасность представляет динамическая,

ударная нагрузка. Переменная нагрузка возникает в результате переменных механических или термических напряжений. Она приводит к развитию дефектов, от которых распространяются усталостные трещины.

Дефекты снижают прочность изделий, сокращают срок их службы. Это особенно относится к изделиям работающим при переменных нагрузках, смене температур, в коррозионных средах. Наибольшее влияние оказывают тонкие плоские (плоскостные) дефекты, склонные к развитию, трещины. Дефекты округлой формы (объемные) менее склонны к развитию и оказывают меньшее влияние на прочность изделий.

Рассмотрим причины развития дефектов по действием многократных нагрузок. Под влиянием нагрузки в изделии создаются напряжения. На рисунке 1 показано распределение напряжений по сечению образца при его растяжении. В сечении дефектного образца распределение неравномерное. Наибольшая концентрация напряжений возникает у концов дефектов. Отношение максимального напряжения к среднему значению, соответствующему недефектному образцу называют коэффициентом концентрации. Для дефектов округлой формы он равен 2-5, а с острыми краями – достигает 10-100.

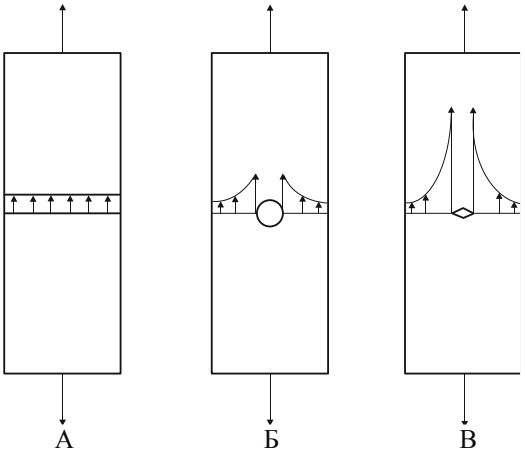


Рис. 1 А – образец без дефектка, Б – образец с округлым дефектом, В – образец с острыми краями

При однократной статической нагрузке материал образца пластически деформируется, что способствует выравниванию максимальных напряжений до значения, соответствующего пределу текучести, и в результате образец не разрушается. Однако при этом в его материале в местах концентрации напряжений произойдут нарушения структуры: возникнут микротрещины. При повторных нагрузках это приведет к развитию дефектов и разрушению образца.

Как видно, с точки зрения работоспособности изделия, особенно испытывающего многократные (усталостные) нагрузки, наиболее опасны плоские дефекты с острыми краями: трещины, неслитины (в литье), непровары (в сварных соединениях). Дефекты округлой формы (шлаковые включения, газовые поры) менее опасны.

Надо отметить, что в практике проведения технического диагностирования приходится сталкиваться с наличием трещин и других дефектов в изделиях, причем иногда трещины могут долго находиться в конструкции, не проявляя тенденции к росту и будучи стабильными. Это объясняется пластическими свойствами материала.

В механике разрушений предложен энергетический подход к решению задачи об устойчивости трещины. Согласно ему, для продвижения острия трещины необходимо разрушить внутренние связи, для чего должна быть затрачена работа, которая в пластине с фиксированными закреплениями может быть затрачена лишь силами упругости. Вводится понятие критического коэффициента интенсивности напряжений K_{IC}. Значение K_{IC}, при котором возможно малое продвижение трещины, поскольку высвобождаемая энергия деформации у конца трещины равна требуемой работе разрушения, называется критическим коэффициентом интенсивности напряжений.

Коэффициент K_{IC} выражает способность материала к сопротивлению росту трещин и иногда называется вязкостью разрушения. Чем больше K_{IC}, тем выше трещиностойкость материала. Величины K_{IC} определяются экспериментально в соответствии с ГОСТами (см. ГОСТ 25.506-85 Расчет и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении). Условие устойчивости трещины записывается в виде неравенства $K_I \le K_{IC}$, где K_I – коэффициент интенсивности напряжений у острия трещины в рассматриваемом элементе конструкции. Связь между критическим напряжением $\sigma_{кр}$ и критическим размером трещины $l_{кр}$ выражается формулой Гриффитса:

$$\sigma_{кр} = \frac{K_{IC}}{\sqrt{\pi l_{кр}}}$$

Кривая $\sigma_{кр}=f(l_{кр})$ называется кривой критического разрушения (рис. 2).

Если при данной длине трещины $l=l_0$ и напряжении $\sigma = \sigma_0$ соответствующая точка $A_0(l_0, \sigma_0)$ лежит ниже кривой критического разрушения, то рост трещины энергетически невозможен. Как только трещина подросла до $l+\Delta l_0$ (это может произойти за счет коррозии или циклического во времени нагружения конструкции), а напряжения возросли до $\sigma+\Delta\sigma_0$ и точка A_0 перешла в положение A, так трещина становится неустойчивой. Малейшее ее продвижение приводит к выделению энергии деформации большей, чем требуется на работу разрушения, вследствие чего быстро формируется динамический процесс распространения трещины. В стали скорость этого процесса равна 5600 м/с, что создает эффект мгновенного распространения трещины и хрупкого разрушения конструкции. Выделение энергии деформации в короткий промежуток времени создает впечатление взрывоподобного разрушения.

Понятно, что являясь сильным концентратором напряжений и имея возможность роста из-за различных факторов, трещины очень опасны. Поэтому они не допускаются в элементах оборудования работающего под давлением и различных металлических конструкциях.

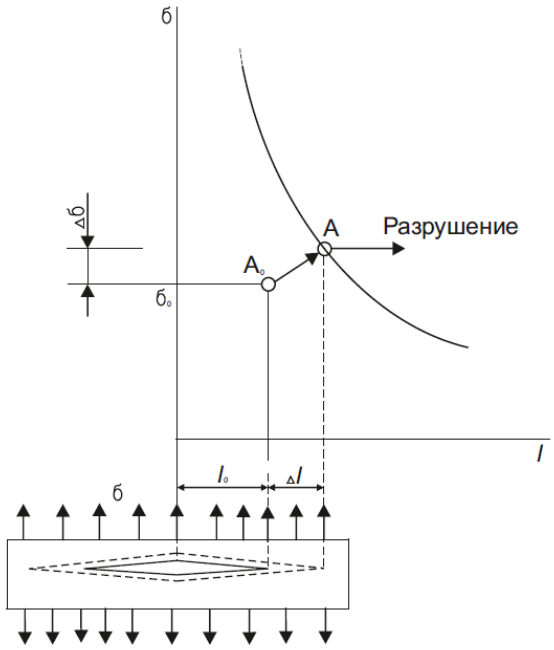


Рис. 2 Кривая критического разрушения

Все негативные факторы, связанные с возможностью наличия дефектов в материале могут быть усугублены, например, неправильным выбором материала для тех или иных условий. Известен случай разрушения вертикального стального резервуара в районе Крайнего Севера. Разрушение произошло зимой при температурах ниже минус 30^0С. Расследование показало, что резервуар был изготовлен из стали Ст3кп по ГОСТ 380, тогда как данная сталь предназначена для конструкций, работающих в интервале температур от минус 10 до 40^0С.

При проведении экспертизы промышленной безопасности объекта, большое значение имеет правильная оценка дефекта, степени его опасности, его склонность к развитию, что в конечном итоге является основой для принятия решения о возможности и сроках дальнейшей эксплуатации оборудования и конструкций. Например закаты металла, которые иногда встречаются в барабанах котлов и на гибах труб, должны быть выбраны с помощью абразивного инструмента, полнота выборки проконтролирована визуальным контролем и магнитопорошковой или капиллярной дефектоскопией либо травлением, ультразвуковая толщинометрия в зоне выборки проводится чтобы убедиться, что толщина стенки не стала менее расчетной для данного элемента. После выполнения всех этих операций, на основании полученных результатов можно сделать вывод о работоспособности оборудования и его соответствии требованиям промышленной безопасности.

Достаточно часто приходится сталкиваться с расслоениями металла в элементах и конструкциях. Например, при проведении экспертизы промышленной безопасности трубопровода пара было обнаружено недопустимое утонение концентрического перехода 219-159 мм. Переход был заменен, а дефектный элемент обследован, при этом выяснилось, что в металле перехода вдоль оси имеется зона расслоения металла глубиной более половины толщины элемента.

Интересен случай, произошедший при экспертизе промышленной безопасности сосуда – газосепаратора V-4 $м^3$, изготовленного из стали 09 Г2С-8 ГОСТ 5520-79. К моменту обследования сосуд отработал 20 лет. При проведении ультразвуковой толщинометрии в материале сосуда были обнаружены многочисленные единичные дефекты протяжённостью до 10 мм, залегающие на различных глубинах толщины металла в средней части, предположительно возникшие при прокатке листа. Для выяснения общей картины, дополнительно была исследована площадка 150 × 150 мм на корпусе сосуда. При этом проведена ультразвуковая толщинометрия по всей поверхности площадки с наружной и внутренней стороны, ультразвуковая дефектоскопия металла площадки на расслоение с наружной стороны, а также магнитопорошковая дефектоскопия наружной и внутренней поверхности площадки. Выхода дефектов на поверхность не обнаружили. Материалы диагностирования были направлены в специализированную научно-исследовательскую организацию, которая выдала заключение, что данные дефекты проката не являются развивающимися, оборудование соответствует требованиям промышленной безопасности и продлила срок его эксплуатации. Таким образом, правильная оценка результатов диагностирования, опирающаяся на опыт, накопленный в этом вопросе научными организациями страны, позволила владельцу сосуда избежать дополнительных затрат на замену оборудования.

Как видим, возникновение дефектов в материале возможно на всем протяжении изготовления и эксплуатации оборудования и конструкций. При проведении экспертизы промышленной безопасности объектов, эксперт обязан всесторонне изучить представленные материалы, чтобы установить соответствие объекта экспертизы требованиям промышленной безопасности, грамотно оценить степень опасности дефектов, необходимость их исправления и возможность дальнейшей безопасной эксплуатации оборудования.

Список литературы:

1. Астафьев В.И., Радаев Ю.Н., Степанова Л.В. Нелинейная механика разрушения. – Самара: Издательство «Самарский университет», 2001.
2. Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения. – М.: Наука, 1974
3. СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» (актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия»). – М.: Минрегионразвития РФ, 2011.

4. ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения по расчету». – М.: Фед.агентство по техническому регулированию и метрологии, 2010.
5. ГОСТ 25.506-85 Расчет и испытания на прочность. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости (вязкости разрушения) при статическом нагружении. - М.: Госстандарт СССР, 1985. Ограничение срока снято протокол № 5-94МГС от 17.05.94 (ИУС-№11-94).

ПРОИЗВОДСТВО АЛМАЗНОГО БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА НА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЯЗКАХ

Эльбаева Раиса Ивановна
Канд. тех. наук, доцент Кабардино-Балкарскиого госуниверситета, г. Нальчик

Алмазное бурение является наиболее производительным способом образования скважин в твердых горных породах. Эффективность алмазного бурения в значительной степени зависит от работоспособности применяемого инструмента. Конструктивно буровой инструмент состоит из стального корпуса и алмазосодержащей матрицы. Алмазы являются упрочняющей фазой, которая при эксплуатации инструмента несет основную нагрузку, необходимую для разрушения породы [3]. Матрица служит для передачи нагрузки и совершает дополнительную работу по разрушению горной породы.

Процесс производства алмазного бурового инструмента методом порошковой металлургии может осуществляться двумя способам: пропитки или горячего прессования [1]. Способ пропитки заключается в том, что отформованную в холодном состоянии алмазоносную матрицу нагревают в графитовой форме до определенной температуры и пропитывают жидким металлом или сплавом, который заполняет сообщающиеся поры формовки (инфильтрация). Для алмазных инструментов промышленные предприятия преимущественно используют связку М50, содержащую карбид вольфрама (89..94%) и кобальт (6…11%). Эта связка обеспечивает высокую твердость алмазного слоя (HR_C 42…44), износостойкость при обработке абразивных пород. Однако использование дефицитного вольфрама и кобальта существенно увеличивает стоимость инструмента. Для пропитки используют медь или сплавы на основе меди (латунь, медно-никелевые сплавы). Способ пропитки осуществляется в водородных электропечах при высоких температурах нагрева (1200-1250°C), Одновременно с инфильтрацией пропитывающего материала происходит припайка матрицы к корпусу. Недостатком способа является определенная технологическая нестабильность. Так, исходное состояние металлических порошков и алмазов может существенно влиять на качество инфильтрации жидкой фазы. Разница в значениях коэффициентов линейного расширения стального корпуса, графитовой прессформы, алмаза и порошковой связки может явиться причиной возникновения трещин в матрице, ее отрыва от корпуса. В результате неравномерной инфильтрации твердого сплава связки материалами пропитки возможна повышенная пористость матрицы, что приводит к пониженным значениям ее прочностных характеристик

В алмазных инструментах всё большее применение находят синтетические алмазы. Однако в сравнении с природными алмазами они обладают пониженной термостойкостью. В процессе изготовления и при работе инструмента алмазы испытывают циклический нагрев. Природные алмазы могут, не теряя прочности, выдерживать нагрев до 1800° С. Массовое разрушение синтетических алмазов начинается после нагрева до температуры 900–950° С, что объясняется образованием микротрещин и раковин на поверхности алмазных зерен. С повышением температуры нагрева от 1000^0 С до 1200^0 С размер раковин увеличивается в 5 раз: от 5–10 мкм до 50–70 мкм. Изменение свойств синтетических алмазов приводит к их графитизации и снижению прочности [5]. Поэтому для сохранения ресурса работы инструмента с синтетическими алмазами технологический процесс его изготовления должен осуществляться в соответствующем температурном интервале.

Актуальной является задача создания связок, обладающих высокими эксплуатационными характеристиками, которые могут использоваться при более низких температурах производства алмазного инструмента (не выше 900°С) и обеспечивают использование недефицитных исходных материалов. При этом физико-механические свойства связки должны соответствовать прочностным свойствам алмазов, твердости и абразивности разрушаемой породы. Матрица должна обладать хорошим алмазоудержанием при высокой износостойкости. Износостойкость матрицы характеризуется величиной потери массы при абразивном износе испытываемого образца за единицу времени. На практике износостойкость матрицы ориентировочно оценивают по ее твердости. Матрицы коронок для бурения абразивных пород IX – X категорий буримости при твердости породы 40-60 МПа должны обладать твердостью 30-35 HR_C.

Нами предложены способ и металлическая связка для изготовления алмазного бурового инструмента, позволяющия осуществлять процесс в диапазоне температур 650-800°C при сохранении высоких эксплуатационных характеристик. Получено авторское свидетельство СССР SU 1469746 «Способ изготовления алмазного инструмента и металлическая связка для алмазного инструмента» [6]. Технология изготовления алмазного инструмента включает: холодное прессование связки и алмазов в специальной пресс-форме корпусом инструмента, нагрев в печи с водородной средой до заданной температуры, выдержку при этой температуре, горячее прессование в той же пресс-форме. Матрица имеет рабочий и переходный слои. Рабочий слой включает элементы, масс. %: карбид вольфрама 10-20, рэлит (литой карбид вольфрама) 5-15, олово 13-18, никель 2-5, медь – остальное. Наличие в связке рэлита, имеющего высокую миротвердость (24-25 ГПа), приводит к повышению твердости и износостойкости связки. Размер зерен рэлита колеблется от 100 до 300 мкм. Для обеспечения прочного соединения корпуса инструмента с алмазоносной матрицей перед установкой в пресс-форму корпус обрабатывают специальным флюсом, имеющим состав, масс.%: хлористый цинк 68-70, хлористое олово 28-38, хлорная медь 1-3 [6].

Качество алмазного инструмента при заданных его форме и конструктивных размерах зависит от исходных материалов алмазного порошка и компонентов связки, а также от режимов изготовления, обеспечивающих требуемый уровень механических свойств и ресурс работы инструмента. Нами проведены исследования с безалмазными связками, позволяющие установить область оптимальных значений режимов. Для сравнительных экспериментов была использована связка состава, масс. %: карбид вольфрама 20, рэлит 5, олово 13, никель 2, хлористый калий 3, хлористый натрий 2, медь – остальное. Порошки компонентов были использованы для получения образцов диаметром 10 мм, высотой 5 мм. Масса связки на один образец 0,012 кг.

Исследования проводились методом активного многофакторного эксперимента [4]. В качестве переменных были выбраны четыре фактора: удельное давление холодного прессования **(X_1),** температура нагрева **(X_2),** удельное давление горячего прессования **(X_3),** время выдержки при температуре нагрева **(X_4).** Область исследования режимов выбрана на основании предварительных опытов. В качестве параметра оптимизации **(Y)** принят показатель твердости связки HR_C. Измерение твердости осуществлялось на приборе Роквелла. Условия планирования экспериментов показаны в таблице 2.

Таблица 2

Условия планирования экспериментов

ФАКТОРЫ	Удельное давление холодного прессования, МПа	Температура нагрева, град. С	Удельное давление горячего прессования, МПа	Время выдержки, мин.
Обозначения	**X_1**	**X_2**	**X_3**	**X4**
Основной уровень	150	720	120	15
Интервал варьирования	50	30	30	5
Нижний уровень (-)	100	690	90	10
Верхний уровень (+)	200	750	150	20

Был поставлен полный факторный эксперимент из 16 опытов при варьировании четырьмя факторами на двух уровнях. Матрица планирования экспериментов показана в таблице 3.

Таблица 3

Матрица планирования экспериментов

№ опыта	Удельное давление холодного прессования, МПа	Температура нагрева, град.С	Удельное давление горячего прессования, МПа	Время выдержки, мин	Твердость, HRc
1	100	690	90	10	19
2	200	690	90	10	16
3	200	690	150	10	28
4	200	690	150	20	24
5	200	750	90	20	33
6	100	750	90	20	38
7	100	750	150	20	37
8	100	750	150	10	37
9	100	690	90	20	22
10	200	690	90	20	30
11	100	690	150	10	34
12	100	750	150	20	31
13	200	750	90	10	33
14	100	750	90	10	32
15	200	750	150	10	36
16	200	690	150	20	35

Результаты исследований обработаны с помощью компьютерной программы Statistica [2]. Получено линейное уравнение регрессии ($p<0,05$):

$$\mathbf{Y = 30,3 - 1,9\ X_1 + 4,8\ X_2 + 2,4\ X_3 + 0,9\ X_4},$$

где **X_1** - удельное давление холодного прессования**,**

X_2 - температура нагрева**,**

X_3 - удельное давление горячего прессования**,**

X_4 - время выдержки при температуре нагрева.

Значения факторов X_1, X_2, X_3, X_4 входят в уравнение регрессии в кодированном масштабе (+1, -1). Величина и знаки коэффициентов уравнения регрессии показывают, что наиболее сильное влияние на параметр оптимизации оказывают факторы: температура нагрева (X_2), удельное давление горячего прессования (X_3) и удельное давление холодного прессования (X_1). Менее значимо влияние продолжительности выдержки (X_4). При этом факторы X_2, X_3, X_4 стремятся к верхнему пределу (положительные значения), а фактор X_1 – к нижнему пределу (отрицательное значение). Проверка подтвердила, что все коэффициенты регрессии статистически значимы ($p<0,05$), поэтому данное уравнение может быть использовано для определения движения к оптимуму.

З**аключение**. Выполненные исследования позволили установить область оптимальных значений технологических режимов технологического: удельное давление

холодного прессования 100…150 МПа, температура нагрева 720…750° С, удельное давление горячего прессования 100…120 МПа, время нагрева 10-12 минут. При данных режимах были изготовлены импрегнированные буровые коронки диаметром 59 мм с синтетическими алмазами АРС3. Твердость рабочего слоя находилась в пределах 30...35 HR_C, что отвечает требованиям стандарта. Опытные испытания коронок при обработке горных пород показали положительные результаты.

Библиография

1. Бакуль В.Н. Основы проектирования и технология изготовления абразивного и алмазного инструмента: учебное пособие. - М.: Машиностроение, 1975. – 269с.
2. Боровиков В.П., Ивченко Г.И. Прогнозирование в системе STATISTICA и среде Windows. - М.: Финансы и статистика, 1999. – 382 с.
3. ГОСТ 9206-80 Порошки алмазные. Технические условия. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2008.
4. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. – Л.: Наука, 1982. - 340 с.
5. Симкин Э.С. Графитизация алмазов при нагреве в различных газовых средах // Сверхтвердые материалы, 1985. – № 3. – С. 76-82.
6. Эльбаева Р.И., Никишкина Л.А. АС СССР SU 1469746 В 24, В 22 «Способ изготовления алмазного инструмента и металлическая связка для алмазного инструмента».

THE USE OF WHEY AND PLANT MATERIALS IN THE TECHNOLOGIES OF THE PROTEIN AND VEGETABLE SEMI-FINISHED PRODUCTS

Korshunova Anna
dr. cand. techn. sciences, professo,
Fedotova Nelliy
cand. techn. science
Vetrov Vladimir
cand. techn. Science Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky in Donetsk

Dining in the history of man has always been the most significant factor affecting the state of his health. Today in the world there is a problem of inadequate intake of complete protein, vitamins and some minerals. Leading role in solving this problem has a food establishment on the basis of the integrated use of secondary products of milk processing and local herbs.

It is known that in the restaurant business establishments increased demand for dessert products. The technological process of production this group of products is consuming and multistage. One way to expand the range and increase of these products is total production technology development of semi high degree of readiness.

These semis are widely used in restaurants and catering enterprises in technology dessert products that will not only efficient use of raw materials, but also to expand the range of this group meals and significantly reduce the cost of their production [1,2,6].

The article aim is to develop technologies of protein-vegetable semi-finished products, the use of which will extend the range of dessert products in the restaurant business establishments, improve food and biological value, rational use of essential components of milk and herbal products.

We have the technology of protein-vegetable semi-finished products on the basis of milk whey for dessert product comprising: milk whey, sugar, guar kamed and herbal supplements (nettle, spores, clover, alfalfa) [3…5].

The main stages of the process a plant protein-vegetable semi-finished products on the basis of milk whey is: the reception and storage of raw materials; machining plant material; blanching vegetable materials; grind to puree the mass of plant material; prepared by mixing milk whey with sugar; connection serum-sugar mixture with vegetable puree; dry obtained composition; cooling; grinding into powder; adding guar kamed; packing and packaging; marking; storage and transporting.

Technological process of a protein-vegetable semi-finished products begins with operation of reception and storage of raw materials. The next stage of the process includes: machining plant material (inspection, washing, slicing); blanching plant material at a temperature of 85±2°C for (5·60) s; crushing her to mass puree and mix to serum-sugar mixture. For serum-sugar mixture prepared milk whey mixed with sugar until it dissolves. As the mixture is injected vegetable puree. Then thoroughly mixed to obtain a homogeneous mass.

The resulting mass is laid out on the deck, covered with parchment paper, a layer thickness of 0,5 mm. Then the deck is placed in a drying chamber in which a uniform flow across the width and height of the camera been reported air kaloryfernoyi installation of the 50%-term reticulation air. Weight dried over (90·60)s with airflow heated to 60^{0}C to a final moisture content is not more than 4%. With increasing temperature powder color is yellow-brown, due to the accumulation of reaction products melanoidynoutvorennya and caramelization.

After drying semi-finished products cooled to equalize moisture, to temperatures 10…12^{0}C.

After cooling the milk-vegetable composition crushed into powder and add guar kamed powder. The result is a powdery mass, which dissolves well in liquids.

Semi-finished products packaged in paper bags with an inner package of parchment capacity of 0,250, 0,500, 1,0 kg, labeled and sent to the restaurant business enterprises for the production of desserts and finishing preparations.

During storage of food raw materials and semi-finished products they occur various physical and chemical changes that affect the quality of the finished product, so the study of

these changes in the developed semi-finished products storage is necessary.

In the study, semi-finished products kept in accordance with requirements for storage of dry milk products (at 18…20°C and humidity of 75%). Quality control of semi-finished products performed with the following parameters: organoleptic, physico-chemical and microbiological.

Samples of protein-vegetable semi-finished products stored in sealed paper bags. Danny researches and changing organoleptic, physico-chemical and microbiological indexes semi-finished products storage are shown in table 1.

Table 1

Changing organoleptic, physico-chemical and microbiological indexes protein-vegetable semi-finished products storage

Name performance	Characteristics of the performance after the end of the technological cycle	Length of storage, 6 months	Length of storage, 12 months
1	2	3	4
Plantolact 1			
Organoleptic indicators			
Hotel exterior	Homogeneous loose mass, white with cream shade	Unchanged	Unchanged
Consistency	Loose, allowed easy availability of loose clumps	Unchanged	Unchanged
Taste and smell	Taste nice, milky-sweet flavor with vegetable fillings, without foreign taste, smell clean, milky flavor with unexpressed vegetable fillings	Unchanged	Unchanged
Physical and chemical propeties			
Weight fraction of dry materials, %	96,15	Unchanged	Unchanged
Microbiological indicators			
БГКП in 1 g	Not found	Not found	Not found
Staph. aureus in 10 g	Not found	Not found	Not found
Pathogenic microorganisms, includ.Salmonella in 100 g	Not found	Not found	Not found
КМАFAM in 1g, not more	$4,1 \cdot 10^2$	$3,7 \cdot 10^2$	$2,6 \cdot 10^2$
Number of moulds mushrooms in 1g, not more	Not found	Not found	Not found
Plantolact 2			
Organoleptic indicators			
Hotel exterior	Homogeneous loose mass, white with cream shade	Unchanged	Unchanged
Consistency	Loose, allowed easy availability of loose clumps	Unchanged	Unchanged
Taste and smell	Taste nice, milky-sweet flavor with vegetable fillings, without foreign taste, smell clean, milky flavor with unexpressed vegetable fillings	Unchanged	Unchanged
Physical and chemical propeties			
Weight fraction of dry materials, %	96,57	Unchanged	Unchanged
Microbiological indicators			
БГКП in 1 g	Not found	Not found	Not found
Staph. aureus in 10 g	Not found	Not found	Not found
Pathogenic microorganisms, includ. Salmonella in 100 g	Not found	Not found	Not found
КМАFAM in 1g, not more	$2,9 \cdot 10^2$	$2,1 \cdot 10^2$	$1,8 \cdot 10^2$
Number of moulds mushrooms in 1g, not more	Not found	Not found	Not found
Plantolact 3			
Organoleptic indicators			
Hotel exterior	Homogeneous loose mass, white with cream shade	Unchanged	Unchanged
Consistency	Loose, allowed easy availability of loose clumps	Unchanged	Unchanged
Taste and smell	Taste nice, milky-sweet	Unchanged	Unchanged
	flavor with vegetable fillings, without foreign taste, smell clean, milky flavor with unexpressed vegetable fillings		

Physical and chemical propeties			
Weight fraction of dry materials, %	96,24	Unchanged	Unchanged
Microbiological indicators			
БГКП in 1 g	Not found	Not found	Not found
Staph. aureus in 10 g	Not found	Not found	Not found
Pathogenic microorganisms, includ. Salmonella in 100 g	Not found	Not found	Not found
КМАFAM in 1g, not more	$3{,}4 \cdot 10^2$	$3{,}1 \cdot 10^2$	$2{,}7 \cdot 10^2$
Number of moulds mushrooms in 1g, not more	Not found	Not found	Not found

Performance analysis in table 1 states that, subject to sanitary requirements of the production process and conformity of raw materials requirements documentation, the terms and conditions of controlled storage in microorganisms developed semi-finished products sanitary representative, opportunistic groups and pathogens were not found. Number of spoilage microorganisms and КМАFAM not exceed permissible levels in 12 months. In addition, the storage of the developed semi-finished products not revealed significant changes in the organoleptic, physical and chemical characteristics. Found that after 12 months of storage semi-finished products preserves taste, smell and uniformity and flow ability, solids content does not change.

Thus, on the basis of these studies can be recommended shelf develop semi-finished products - 12 months at 18…20°C and humidity above 75%.

Prospects for further research is to develop new technologies dessert products with the use of protein-vegetable semi-finished products.

References

1. Доронин А.Ф. Функциональное питания / А.Ф. Доронин, Б.А. Шендеров. - М.: Грант, 2002. - 186 с.
2. Doronin A.F. and Shenderov B.A. (2002), *Funkzhionalnoe pitanie* [Functional food], Grant, Moscow, Russia.
3. Кузнецов В.В. Использование сухих молочных компонентов в пищевой промышленности / В.В Кузнецов, Т.Т. Шиллер. - СПб: ГИОРД, 2006. – 283 с.
4. Kuznezhov V.V. and Shiller T.T. (2006), *Ispolsovanie sukhikh molochnukh komponentov v pishevoy promushlenosti* [The use of dry dairy ingredients in the food industry], HYORD, St. Petersburg Russia.
5. Пат. 50197 Україна, МПК 2009 A23C 9/00. Сухий білково-рослинний напівфабрикат з молочної сироватки багатофункціонального призначення “Плантолакт 3” / А.Ф. Коршунова, В.А. Гніцевич, Н.А. Федотова; заявник та патентовласник ДонНУЕТ (Україна). - № u200913180; заявл.17.12.2009; опубл. 25.05.2010, Бюл.№10. – 6с.
6. Korshunova G.F., Gnitchevich V.A. and Fedotova N.A. (2009), *Suchoy belkovo-roslunnuy napivfabrukat z molochoy suvorotki bagatofunkzhionalnogo pruznachenny «Plantolakt-3»*[Dry protein-vegetable semi-finished products on the basis of milk multifunctional products "Plantolakt 3"], DonNYET, Donetsk, Ukraine.
7. Пат. 51867 Україна, МПК 2009 A23C 9/00. Сухий білково-рослинний напівфабрикат з молочної сироватки багатофункціонального призначення / А.Ф. Коршунова, В.А. Гніцевич, Н.А. Федотова; заявник та патентовласник ДонНУЕТ (Україна). - № u200913173; заявл.17.12.2009; опубл. 10.08.2010, Бюл.№15. – 6с.
8. Korshunova G.F., Gnitchevich V.A. and Fedotova N.A. (2010), *Suchoy belkovo-roslunnuy napivfabrukat z molochoy suvorotki bagatofunkzhionalnogo pruznachenny* [Dry protein-vegetable semi-finished products on the basis of milk multifunctional products], DonNYET, Donetsk, Ukraine.
9. Пат. 51866 Україна, МПК 2009 A23C 9/00. Сухий білково-рослинний напівфабрикат з молочної сироватки багатофункціонального призначення / А.Ф. Коршунова, В.А. Гніцевич, Н.А. Федотова; заявник та патентовласник ДонНУЕТ (Україна). - № u200913172; заявл.17.12.2009; опубл. 10.08.2010, Бюл.№15. – 6с.
10. Korshunova G.F., Gnitchevich V.A. and Fedotova N.A. (2010), *Suchoy belkovo-roslunnuy napivfabrukat z molochoy suvorotki bagatofunkzhionalnogo pruznachenny* [Dry protein-vegetable semi-finished products on the basis of milk multifunctional products], DonNYET, Donetsk, Ukraine.
11. Храмцов А.Г. Технология продукции из вторичного молочного сырья: Учебное пособие / А.Г. Храмцов. – СПб.: ГИОРД, 2009. – 424 с.
12. Khramtsov A.G. (2009), *Tekhnologiy prodykzhii iz vtorichnogo molochnogo sury* [Technology of products of secondary raw material dairy], HYORD, St. Petersburg Russia.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СТАНЦИЙ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ РЕЗЕРВУАРОВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ

Ягубов Зафар Хангусейн оглы
Доктор технических наук, профессор, г. Ухта
Шичёв Павел Сергеевич
Ассистент кафедры ЭАТП, г. Ухта
Филиппов Дмитрий Дмитриевич
Ассистент кафедры ЭАТП, г. Ухта

На сегодняшний день в области энергетики особую актуальность приобретает задача принятия эффективных мер по обеспечению энергосбережения. Этот вопрос имеет высокую значимость, так как практически все предприятия любой отрасли имеют своей целью повышение производственных мощностей, что заставляет их потреблять больше электроэнергии. Чем больше электроэнергии потребляет предприятие, тем ощутимее становятся потери энергии, вследствие несовершенства электроэнергетических комплексов и оборудования, что объясняет повышенный интерес к исследованию способов снижения потерь электроэнергии и повышения энергоэффективности.

При существующей системе защиты резервуаров и трубопроводов существует острая проблема, сущность которой - перерасход электроэнергии на защиту металлоконструкций, находящихся под землей. Известно, что каждая резервуарная система имеет свою систему грозозащиты и защитного заземления, соединенного с общим контуром заземления и молниезащиты. Так как и анодное защитное заземление, и контур защитного заземления надежно крепятся к защищаемой конструкции, то между ними существует электрическая связь. При этом защитный ток от анодного заземления перетекает не только на резервуар, но и уходит в контур заземления и молниезащиты, что приводит к поляризации этого контура и как следствие к увеличению потерь тока и перерасходу электроэнергии станцией катодной защиты (СКЗ). При близко расположенных точках дренажа и мест присоединения контуров защитного заземления и молниезащиты к металлоконструкции такое влияние особенно заметно. Для уменьшения потерь тока был разработан способ минимизации перерасхода электроэнергии на защиту подземных металлоконструкций.

Предлагаемый способ основывается на том, что в контур защитного заземления вводится устройство, выполненное на основе последовательно и параллельно соединённых варисторов. Для реализации способа можно использовать нелинейный ограничитель перенапряжения (ОПН), подключаемый параллельно защищаемой конструкции соответствующим образом (см. Правила устройства электроустановок [2]). Ограничитель перенапряжения выбирается в соответствии с требованиями к величинам коммутируемых токов и напряжений [4].

На рисунке 1 показана схема устройства разделения контуров, состоящая из вывода к точке дренажа резервуара *1*, вывода к контуру заземления *2*, корпуса *3*, набора варисторов *4*, и болтового соединения *5,6.*

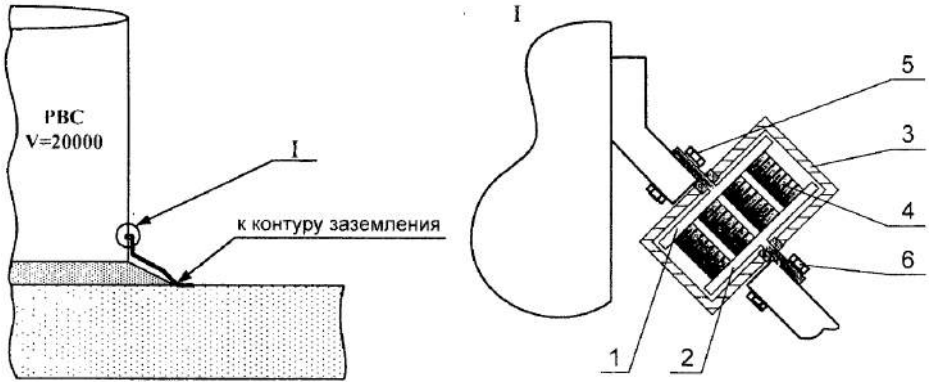


Рисунок 1. Схема устройства разделения контуров

При нормальном режиме работы электрооборудования, т.е. при отсутствии перенапряжения, которое, в основном, появляется вследствие прямого удара молнии в резервуар, варистор имеет большое сопротивление и позволяет разорвать цепь, связывающую отрицательный вывод СКЗ и контур защитного заземления резервуара. Но как только значение тока, и напряжения, приложенного к электрооборудованию, превысит предельно – допустимое значение, варистор срабатывает. Его сопротивление мгновенно уменьшается, и большая часть аварийного тока течет через цепь варистора, не нанося ущерба электрооборудованию и предотвращая пожароопасную ситуацию на резервуаре. Вольт-амперная характеристика варистора показана на рисунке 2.

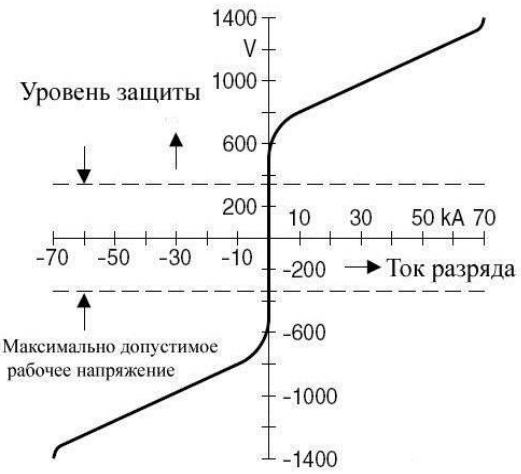


Рисунок 2. Вольт-амперная характеристика варистора

Устройство работает следующим образом (рисунок 3). При подаче выпрямленного постоянного напряжения с положительного вывода СКЗ *2* через дренажную анодную линию *1* ток *9* с анодных заземлителей *5* начинает через грунтовый электролит течь по направлению к защищаемой конструкции *4*, то есть резервуару. Протекание тока *9* обеспечивается тем, что отрицательный вывод от станции катодной защиты подключен через соединительный кабель 3 и точку дренажа 6 к защищаемой конструкции, т.е. создается разность потенциалов между анодными заземлителями *5* и резервуаром *4.* Так как при отсутствии устройства *8,* резервуар соединён электрически с контуром защитного заземления и молниезащиты *10* через точку дренажа 7, то отрицательный потенциал со станции катодной защиты поляризует не только защищаемую конструкцию, но и контур защитного заземления, что снижает эффективность катодной защиты и ведёт к большим энергетическим потерям. Внедрение устройства *8* позволит избежать этих потерь.

Устройство для разделения контуров анодных заземлений катодной защиты и контуров защитного заземления и молниезащиты имеет следующие свойства:

- устройство является изолирующей вставкой и не пропускает относительно малые токи от установок катодной защиты;
- при попадании РВС в зону действия больших токов (таких, какие возникают при попаданиях молнии) устройство «открывается» и соединяет РВС с контуром молниезащиты, что предотвращает аварийные последствия удара молнии.

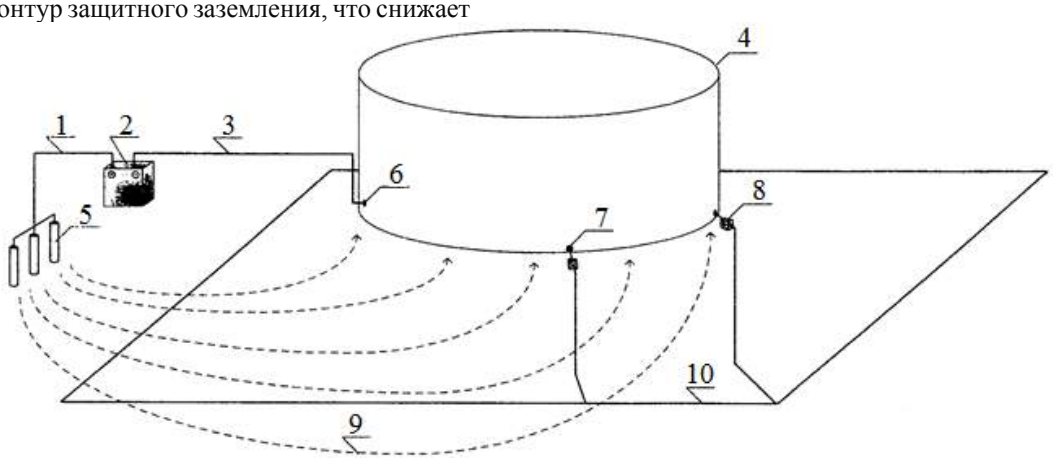


Рисунок 3. Схема ЭХЗ с устройством разделения контуров

Необходимо также понимать, что защитный ток с РВС утекает также по подводящим трубопроводам (попадая через них на заземленные задвижки). Поэтому необходимо заменить часть трубы, непосредственно прилегающей к резервуару, на изолирующую фланцевую вставку соответствующего диаметра, обладающую соответствующими диэлектрическими свойствами.

Рассмотрим параметры токов молнии, которые необходимо учитывать при выборе ограничителей перенапряжения. Причем уровень защиты зависит от интенсивности грозовой деятельности для данного региона [1].

Таблица 1

Параметры токов молнии

Параметр молнии	Уровень защиты		
	I	II	III, IV
Пиковое значение тока *I,* кА	200	150	100
Полный заряд $Q_{полн.}$, Кл	300	225	150
Заряд в импульсе $Q_{имп.}$, Кл	100	75	50
Удельная энергия*W/R*,кДж/Ом	10000	5600	2500
Средняя крутизна$di/dt_{30/90\%}$,кА/мкс	200	150	100

В соответствии с вышеприведенными параметрами токов молнии, приняв максимально требуемый уровень защиты, в качестве примера выбран ограничитель перенапряжения - ОПНП-10/550/11,5 УХЛ1 со следующими основными параметрами:

1. Номинальное напряжение, кВ: 10
2. Номинальный разрядный ток, кА: 10
3. Выдерживаемый импульс большого тока 4/10 мкс, кА: 100
4. Удельная рассеиваемая энергия тока, не менее, кДж/кВ: 3,24

Ориентировочная стоимость устройства составляет 60 тысяч рублей (для одного резервуара). В эту стоимость входит:

1. Ограничители перенапряжения: ОПНП-10/550/11,5 УХЛ1, 16 штук (для 4 точек дренажа по 4 ограничителя), ориентировочно по 2000 рублей.
2. Изолирующие фланцевые соединения (для подходящих и отходящих трубопроводов): 2 штуки, ориентировочно по 9000 рублей (в зависимости от диаметра трубы).

Результаты расчета чистой прибыли от экономии эксплуатационных затрат, а также расчета коммерческой прибыли от внедрения отображены в таблицах 2 и 3, причем расчет произведен для одного резервуара.

Таблица 2

Расчет чистой прибыли от экономии эксплуатационных затрат (стоимость устройства 60000 руб.)

Показатели	годы										Итого
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Номинальная мощность, кВт*ч	8400	8400	8400	8400	8400	8400	8400	8400	8400	8400	84000
Потребляемая мощность, кВт*ч	840	840	840	840	840	840	840	840	840	840	8400
Количество часов работы в год 1 устр-вом	8400	8400	8400	8400	8400	8400	8400	8400	8400	8400	84000
Количество часов работы в год всеми	8400	8400	8400	8400	8400	8400	8400	8400	8400	8400	84000
Экономия электроэнергии в год, кВт*час	7560	7560	7560	7560	7560	7560	7560	7560	7560	7560	75600
Стоимость экономии электроэнергии в год, руб.	21924	21924	21924	21924	21924	21924	21924	21924	21924	21924	219240
Затраты на амортизацию, руб.	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	60000
Затраты на техобслуживание и ремонт	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	18000
Экономия от снижения эксплуатационных затрат	14124	14124	14124	14124	14124	14124	14124	14124	14124	14124	141240
Чистая прибыль	11299,2	11299,2	11299,2	11299,2	11299,2	11299,2	11299,2	11299,2	11299,2	11299,2	112992

Таблица 3

Расчет коммерческой эффективности (стоимость устройства 60000 руб.)

Наименование показателей	Годы										Итого
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Капитальные вложения, руб.	60000										60000
Амортизационные отчисления, руб.	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	60000
Чистая прибыль, руб.	11299,2	11299,2	11299,2	11299,2	11299,2	11299,2	11299,2	11299,2	11299,2	11299,2	112992

Наименование показателей	Годы										Итого
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Чистый доход, руб.	-42700,8	17299,2	17299,2	17299,2	17299,2	17299,2	17299,2	17299,2	17299,2	17299,2	112992
Коэффициент дисконтирования	0,9	0,83	0,76	0,68	0,62	0,56	0,51	0,47	0,42	0,37	
Чистый дисконтированный доход, руб.	-42700,8	15726,5	14296,9	12997,1	11815,6	10741,4	9764,9	8877,2	8070,2	7336,5	56975,7
Индекс доходности											1,86
Срок окупаемости, годы											3,74
Внутренняя норма доходности, %											38

Литература

1. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. - Сер. 17. - Вып. 27. - М.: ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность», 2006.
2. Правила устройства электроустановок. 7-е изд., разд. 4. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.
3. Устройство для разделения контуров анодных заземлителей катодной защиты и контуров защитного заземления и молниезащиты: патент на полезную модель 104394: МПК H02H9/04 / З. Х. Ягубов, И. М. Забалуев, И. М. Мартынов - № 2010125417/07; заявл. 21.06.2010; опубл. 10.05.2011.
4. Методические указания по применению ограничителей перенапряжения нелинейных в электрических сетях 6-35 кВ [Электронный ресурс] / Портал нормативных документов «OPENGOST.ru». -: URL: http://www.opengost.ru.
5. О методе минимизации перерасхода электроэнергии на защиту металлоконструкций находящихся под землей: Трубопроводный транспорт – 2013: материалы IX Международной учебно-научно-практической конференции/ П.С. Шичев, З.Х. Ягубов / редкол.: А. М. Шаммазов и др. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2013. – С. 375-376.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ФОРМИРОВАНИИ КОМАНДЫ ДЛЯ ОКАЗАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ УСЛУГ

Фионова Людмила Римовна

д.т.н,. профессор, ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет», г. Пенза

Для предоставления государственных услуг в кратчайшие сроки и на должном качественном уровне необходимы высококвалифицированные специалисты, способные грамотно подойти к поставленной задаче и решить ее. Внимание, в целом, к процессу оказания государственных и муниципальных услуг в электронном виде связано с вхождением России в мировое информационное пространство, которое регламентировано тремя основными программами: Электронная Россия [2], Электронное Правительство [3] и Информационное общество [4]

Для того чтобы подобрать команду высококвалифицированных государственных служащих для оказания конкретной государственной услуги, предлагается использовать информационные технологии и компетентностный подход, который позволит чётко описать какими знаниями, навыками и компетенциями должен обладать госслужащий.

Компьютерная программа подбора команды для оказания конкретной услуги использует следующие модели: модель отдельного госслужащего, модель команды подразделения госслужащих, оказывающего государственные услуги, и модель самой государственной услуги.

Модель госслужащего можно представить [5] в следующем виде:

$$M_s = F(O, C, P),$$

где O - множество, содержащее общие сведения о государственном служащем,

C - множество социально-личностных компетенций, которыми владеет государственный служащий,

P - множество профессиональных компетенций, которыми владеет государственный служащий.

Множество *O* может включать следующие элементы: пол, национальность, вероисповедование, место жительства, принадлежность к общественной организации; согласие на командировки; наличие домашних вычислительных средств и оргтехники; различные психологические характеристики.

Элементами множеств *C, P* являются соответствующие компетенции. Каждое множество в зависимости от указанной степени важности компетенций вносит свою долю в параметры модели (участвует в расчетах с указанным относительным весом).

Для расчета функции *F* целесообразно применить аддитивную свертку показателей, хотя структура модели позволяет применять и другие (более сложные) методы, исходя из потребностей моделирования.

Предлагается использовать разбиение профессиональных компетенций на три множества: знаниевых компетенций (ЗК), навыковых компетенций (НК) и деятельностных компетенций (ДК). При описании каждой

компетенции важно учитывать ее целевое назначение [7, 6].

ЗК – это такая компетенция, которая характеризует те знания о предмете (термины, модели, методы, технологии и т.п.), изучение которых необходимо для выработки навыков, связанных с приобретением, анализом, оцениванием этих знаний.

НК - это компетенция, характеризующая практические умения (умения выполнить простейшие операции), приобретение которых при оказании конкретной государственной услуги позволит применять их для решения типовых задач и проблем.

ДК – это компетенция, которая характеризует способность решить конкретную задачу по оказанию государственной услуги на основе определенного количества приобретенных ЗК и освоенных НК.

Для представления модели государственного служащего, оказывающего государственную услугу, предлагается использовать граф Кёнига (рисунок 1) $G_1(X,R)$, вершинами которого являются компетенции, а ребра отражают их взаимосвязь. Вершина X графа – это множество компетенций, которыми должен владеть госслужащий для оказания государственной услуги. Множество вершин X графа предметной области включает три непересекающихся подмножества Z, H, D, представляющих подмножества z_i (ЗК), h_j (НК) и d_i (ДК) соответственно. Условие не пересечения подмножеств Z, H, D вытекает из того, что одна и та же компетенция не может быть одновременно ДК и ЗК, или ДК и НК, или ЗК и НК.

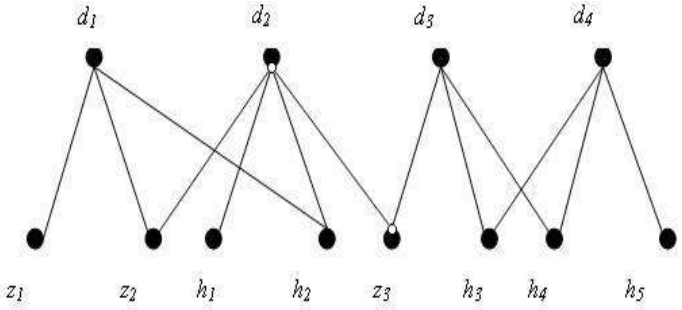


Рисунок 1. Компетентностная модель государственного служащего.

Для каждой ДК предлагается заполнить паспорт (таблица 1). Паспорт ДК показывает, какими ЗК и НК должен владеть госслужащий для оказания конкретной государственной услуги. Таким образом, если госслужащий хорошо владеет ЗК и НК, указанными в паспорте ДК, то он может быть задействован в процессе оказания госуслуги. Следовательно, компетентностный подход позволяет более детально подойти к формированию команды государственных служащих.

Модель команды подразделения органа власти, оказывающего госуслуги, также можно представить аналогичным графом Кёнига $G_2(X,R)$. Подграфами этого графа будут являться модели отдельных госслужащих.

Таблица 1

Структура паспорта деятельностной компетенции

Наименование характеристики	Описание характеристики
Содержание ДК	
Вид деятельности, в рамках которой данная ДК востребована	
Задачи, для решения которых владение данной ДК необходимо	
ЗК, на базе которых формируется данная ДК	
НК, которые являются необходимыми для овладения данной ДК	
Нормативные акты, необходимые для овладения (освоения) данной ДК	
Критерии эффективности освоения ДК	

Для моделирования предметной области, относящейся к конкретной государственной услуге, предлагается также использовать граф Кёнига $G_3(X,R)$. Вершинами этого являются компетенции, необходимые для оказания услуги на требуемом уровне, а ребра отражают их взаимосвязь.

Связи между вершинами подмножеств Z, H и D во всех трех графах определяются на основе паспорта каждой ДК. Наличие ребра между d_i и z_j или между d_i и h_j означает, что освоение d_i базируется на данной z_j или h_j. Образовательное пространство отдельного госслужащего или команды подразделения госслужбы, а также предметная область отдельной госуслуги представляет собой совокупность знаниевых и навыковых «цепей», соединяющих ДК.

При использовании такой модели все связи между ЗК (z_i, $i=1$, m_1), НК (h_j, $j=1,m_2$) и ДК (d_i, $i=1,n$) интерпретируются матрицей инцидентности графа G размером n x m ($m=m_1+m_2$): $U = \|u_{ij}\|_{mxn}$, где: $u_{ij}=1$, если на основе i-й ЗК или НК формируется d_j-я компетенция; и $u_{ij} = 0$, если z_i или h_i не участвуют в формировании d_j-й компетенции.

Две знаниевые или навыковые «цепи» считаются связными, если существует хотя бы одна ДК d_i, которая формируется на их основе. Эти отношения между знаниевыми и навыковыми «цепями» описываются матрицей связности цепей $V = \|v_{ij}\|_{mxm}$, где v_{ij}= «y», если «y» ДК одновременно формируются на основе z_i и z_j, или h_i и h_j, или z_i и h_i, или z_j и h_j; и $v_{ij}= 0$, если нет ДК одновременно базирующихся на одних и тех же ЗК или НК.

По матрицам U и V определяется параметр связности «цепи», формируемой каждой ЗК или НК - $П_j$ и параметр связности каждой ДК компетенции - $Ф_i$.

Предложенные модели, их описание и введенные параметры связности позволяют при помощи программной реализации метода решения задач покрытия и выделения изоморфных подграфов в графе [1] осуществить следующее:

- сформировать команду подразделения, оказывающего конкретные государственные услуги;
- определить, способна ли существующая команда оказывать требуемые государственные услуги;
- определить наиболее оптимальный путь (маршрут) решения проблемы (в случае, если существующая команда государственных служащих не способна оказывать требуемые государственные услуги на должном уровне) путём переподготовки имеющегося персонала, временным приглашением госслужащего из другого подразделения или назначением на должность нового квалифицированного (компетентного) государственного служащего.

Использование данного подхода позволит с помощью информационных технологий сделать работу госслужащих максимально прозрачной, позволит формировать команды для эффективного оказания государственных услуг и отслеживать этапы оказания государственных услуг.

Список литературы

1. Игошина, Л.В. Алгоритм совместного решения задачи размещения и покрытия при проектировании микросборок /Игошина Л.В., Сапожков К.А., Фионова Л.Р. // Известия ЛЭТИ.- Ленинград. 1979. - вып. 249. - С. 87- 91.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 января 2002 г. № 65 «О федеральной целевой программе «Электронная Россия (2002 - 2010 годы)» с последующими изменениями.
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 06 мая 2008 г. № 632-р «О Концепции формирования в Российской Федерации электронного правительства до 2010 года».
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20 октября 2010 г. № 1815-р «О государственной программе Российской Федерации «Информационное общество (2011 - 2020 годы)» с последующими изменениями.
5. Фионова, Л.Р. Компетентностный подход к подготовке кадров для реализации проектов документационного обеспечения «электронного правительства» / Фионова Л.Р.// Делопроизводство. - М.. 2010. - № 1. - С. 12-24.
6. Фионова, Л.Р. Оценка готовности государственных служащих к работе в электронном правительстве. / Фионова Л.Р. // Теория и практика общественного развития,. - М., 2014. - № 1. - С. 73-77.
7. Фионова, Л.Р. Построение модели специалиста в сфере ДОУ на основе компетентностного подхода / Л. Р. Фионова // Вестник АГТУ. Серия: Управление, ВТ и информатика. – Астрахань: АГТУ, 2013. - № 1.- С.163-173.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА МЕДИЦИНСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Костюкова Татьяна Петровна
доктор техн. наук, профессор кафедры экономической информатики, Уфимский государственный авиационный технический университет
Гайнетдинов Рамиль Римович
магистр 1 курса кафедры экономической информатики, Уфимский государственный авиационный технический университет

Информационные системы (ИС) и системы автоматизации производства (САПР) с каждым годом эффективнее внедряются во все сферы научной и производственной жизни. Они принимают участие при выполнении сложных расчетов, моделировании ситуаций, анализе состояния и принятии решений. Не остается в стороне и область здравоохранения, автоматизация процессов которой является приоритетной.

В настоящее время отечественная медицина имеет ряд сложившихся проблем, из которых можно выделить основные [1]:

1. Серьезное отставание в производстве медицинского оборудования (подавляющее большинство изобретений, к сожалению, остаются не реализованными в практическом здравоохранении);
2. Низкий уровень технического оснащения и автоматизиции лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ);
3. Нехватка квалифицированного персонала для обслуживания медицинских аппаратов и установок;
4. Недостаточная надежность электроснабжения.

Как видно, вышеуказанные проблемы в той или иной мере касаются медицинского оборудования, т.к. в последнее время оно играет огромную роль в лечебном процессе. Обеспечение стабильной и безотказной работы медицинской техники, своевременная диагностика и устранение ошибок является актуальной задачей в области здравоохранения.

На российском рынке в настоящее время представляется широкий спектр изделий медицинской техники, предназначенных для обеспечения оптимальных условий больным и медицинскому персоналу при проведении лечебно-диагностических мероприятий, а также ухода за больными. Ниже представлен перечень основного медицинского оборудования находящегося в оснащении крупного ЛПУ [2]:

- оборудование для поддержания жизни пациента. Оно включает в себя медицинские вентиляторы (аппараты для искусственной вентиляции легких), сердечно-легочные аппараты и аппараты для диализа;
- терапевтическое оборудование включает в себя инфузионные насосы, аппараты ультразвуковой терапии;

- медицинские мониторы позволяют медицинскому персоналу отслеживать состояние пациента, включая ЭКГ, ЭЭГ, давление крови и растворение газов в крови;
- диагностическое оборудование, включая медицинские оборудование для получения изображений: аппараты для УЗИ, ядерного магнитного резонанса, компьютерные омографы, эмиссионные томографы и рентгеновские аппараты;
- хирургическое оборудование включает в себя: операционный стол, операционный светильник, подвесные потолочные консоли, медицинский аспиратор. Эндохирургические лапароскопические видеокомплексы и оборудование, предназначенное для диагностики, лечения внутриполостных, внутриартериальных и других областей организма;
- медицинское лабораторное оборудование автоматизирует анализы крови, мочи, кала и генов.

С первого взгляда разнообразие предложения дает большую свободу в выборе медицинского оборудования именно с теми параметрами, которые необходимы клинике. Но с другой стороны, вследствие этого возникают проблемы совместимости, электропитания, установки оборудования.

Решение этих проблем в настоящее время находится в перспективе у медицинских информационных систем.

Медицинская информационная система (МИС) - комплексная автоматизированная информационная система для автоматизации деятельности ЛПУ, в которой объединены система поддержки принятия медицинских решений, электронные медицинские записи о пациентах, данные медицинских исследований в цифровой форме, данные мониторинга состояния пациента с медицинских приборов, средства общения между сотрудниками, финансовая и административная информация.

Медицинские информационные системы классифицируют по направлению деятельности медицинского учреждения:

- МИС для стационаров;
- МИС для поликлиник и амбулаторий;
- МИС для стоматологических клиник;
- МИС для санаториев (лечебно-профилактических учреждений).

Как видно из вышесказанного, у современных МИС широкий диапазон выполняемых функций, большой интерес среди которых представляет мониторинг медицинской техники и обеспечение его надежного функционирования.

Что из себя представляет процесс мониторинга?

1. Мониторинг — непрерывный процесс наблюдения и регистрации параметров объекта, в сравнении с заданными критериями;
2. Мониторинг — система сбора/регистрации, хранения и анализа небольшого количества ключевых (явных или косвенных) параметров описания данного объекта для вынесения суждения о поведении и состоянии данного объекта в целом. То есть для вынесения суждения об объекте в целом на основании анализа небольшого количества характеризующих его признаков.

Разрабатываемая система производит мониторинг различных параметров медицинского оборудования, их анализ, сравнение и последующее принятие решения по полученным выводам (рисунок 1).

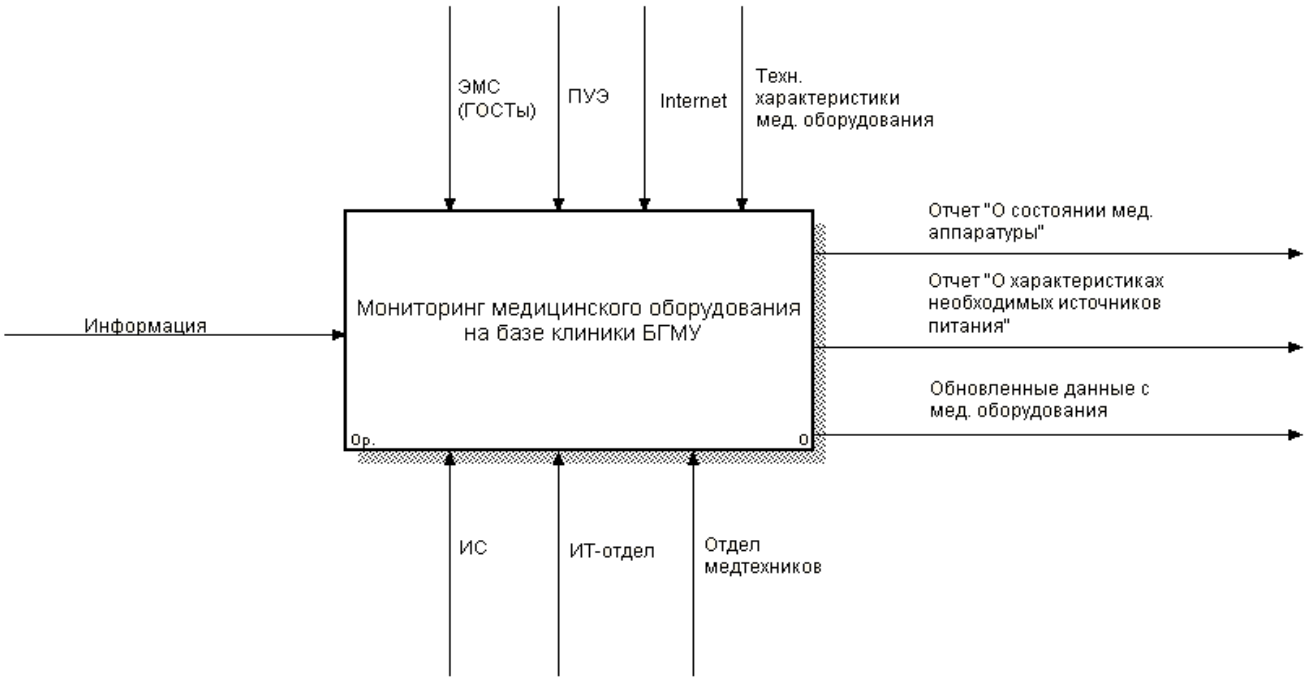


Рисунок 1. Модель ИС мониторинга медицинского оборудования в методологии IDEF0

Дополнительной функцией разрабатываемой системы является расчет параметров источников питания (аккумуляторов) для осуществления бесперебойного функционирования медицинского оборудования в аварийных ситуациях. Расчет ведется на основании ГОСТ Р 50267.0.2-2005 «Изделия медицинские электрические. Общие требования безопасности. Электромагнитная совместимость» [3] и ГОСТ Р 51318.11-2006 «Промышленные, научные, медицинские и бытовые (ПНМБ) высокочастотные устройства. Радиопомехи индустриальные. Электромагнитная совместимость» [4].

Частным решением проблемы недостаточной надежности энергоснабжения является применение возобновляемых источников энергии. В качестве возобновляемых источников энергии в настоящее время используют:

- энергию солнечного света;
- энергию ветра;
- энергию волн;
- энергию приливов и отливов.

Варианты с энергией волн, приливов и отливов реализуемы только в случае близости моря или океана к ЛПУ. Такой вариант больше подходит для прибрежных санаториев и реабилитационных центров.

Частным случаем внедрения явилась разработка модели ИС для клиники БГМУ. В ходе последующего анализа выяснилось, что для данной клиники больше подходит применение энергии солнца и ветра.

Таким образом, разрабатываемая информационная система выполняет функции мониторинга медицинского оборудования и подбора параметров источников бесперебойного питания.

Список литературы:

1. Шапошников В.И. Современные проблемы отечественного здравоохранения [Электронный ресурс] // Современные наукоемкие технологии. – 2004. – №6 – С.102-103 URL:www.rae.ru/snt/?section=content&op=show_article&article_id=3452 (дата обращения: 25.10.2014).
2. Статья о медицинском оборудовании [Электронный ресурс] // Электрон. б-ка. URL: https://ru.wikipedia.org/ wiki/Медицинское_оборудование (дата обращения: 27.10.2014).
3. ГОСТ Р 50267.0.2-2005. Изделия медицинские электрические. Общие требования безопасности. Электромагнитная совместимость.
4. ГОСТ Р 51318.11-2006. Промышленные, научные, медицинские и бытовые (ПНМБ) высокочастотные устройства. Радиопомехи индустриальные. Электромагнитная совместимость.

ВЛИЯНИЕ НЕКРАХМАЛЬНЫХ ПОЛИСАХАРИДНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ФИЗИКО-ТЕХОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ НА МОЛОЧНОЙ ОСНОВЕ

Глаголева Людмила Эдуардовна
Докт. техн. наук, доцент кафедры туризма и гостиничного дела, г. Воронеж
Крючкова Олеся Александровна
Ассистент кафедры туризма и гостиничного дела, г. Воронеж
Родионов Александр Анатольевич
Аспирант кафедры туризма и гостиничного дела, г. Воронеж

Одним из выдающихся достижений конца XX века является создание концепции функционального питания, т. е. включение в ежедневный рацион человека разнообразных продуктов, которые при систематическом употреблении обеспечивают организм не только энергетическим и пластическим материалом, но и регулируют физиологические функции, биохимические реакции и психосоциальное поведение человека.

К наиболее распространённым функциональным продуктам относятся в первую очередь кисломолочные продукты. Введение в молочные продукты функциональных ингредиентов, таких как пищевые волокна, витамины, минеральные вещества, полиненасыщенные жирные кислоты, молочнокислые бактерии, олигосахариды, аминокислоты, протеины, органические кислоты и др., повышают их пищевую и биологическую ценность. Новые штаммы молочнокислых бактерий, используемые в производстве продуктов из молока, соответствуют нормальной микрофлоре человека и обладают высокой степенью выживаемости в желудочно-кишечном тракте [2].

С появлением инновационных биоактивных добавок для пищевой промышленности открылись новые возможности для разработки и внедрения на рынок продуктов повышенной пищевой ценности, что позволит значительно расширить ассортимент традиционных молочных продуктов. Можно выделить ряд следующих характерных направлений позитивного воздействия специализированных молочных продуктов на организм человека: на физиологию желудочно-кишечного тракта и состояние кишечной микрофлоры; оптимизацию состояния иммунной и сердечнососудистой систем; снижение уровня соединений, обладающих оксидантной активностью. Даже неполное перечисление направлений в этой области свидетельствует об актуальности использования функциональных молочных продуктов для позитивного влияния на предотвращение развития чрезвычайно широкого спектра заболеваний [3].

Цель исследования − изучение влияния растительного микронизированного комплекса (РМК) из семян тыквы на функционально – технологические свойства пищевых систем на молочной основе совершенствование технологического регламента производства кисломолочного продукта с повышенным содержанием биомассы молочнокислых микроорганизмов.

В ходе проведения работы проведен системный анализ растительных комплексов (РК) из различного растительного сырья. На основе анализа установлено, что наилучшие функционально – технологические свойства (степень набухания, водосвязывающие и сорбционные) отмечены у РК из семян тыквы. С целью создания пищевых систем изучен процесс сорбции воды исследуемым растительным комплексом в различных технологических средах – молоко пастеризованное (pH 6,67); сыворотка творожная (pH 4,5); раствор поваренной соли (pH 6,7); растворы сахарозы (pH 7,0). Установлено, что предельная степень набухания РК из семян тыквы в молоке пастеризованном составила 4,0 – 4,2 $см^3/г$.

Анализ полученных данных свидетельствует о возможности использования РК из семян тыквы в технологии производства пищевых систем на молочной основе.

РК из семян тыквы является аккумулятором биологически активных веществ. Это белково-витаминный комплекс растительного происхождения. В своем составе содержит все незаменимые аминокислоты, витамины группы В, С, макро и микро элементы (кальций, фосфор, железо, марганец, цинк), пищевые волокна, кукурбитин до 0,3 %. За счет такого удачного сочетания в своем составе, мука тыквы является необходимым продуктом для жизнедеятельности организма человека. Особую роль занимает

такой минерал, как цинк, который не вырабатывается в организме. При его дефиците новые клетки, особенно иммунные, не образуются, а поврежденные не восстанавливаются. Недостаток его приводит к задержке развития роста и полового созревания у детей, образованию угревой сыпи, повышения уровня холестерина в крови, выпадению волос, замедленного роста ногтей и ухудшения состояния кожи у женщин.

Для мужчин цинк является главным минералом, т. к. положительно влияет на деятельность предстательной железы, выработку тестостерона, очень эффективен для профилактики и лечения мужского бесплодия. Цинк помогает поджелудочной железе вырабатывать инсулин и способен уравновешивать сахар в крови. При дефиците цинка отмечается нарушение и угнетение практически всех звеньев иммунитета. Наряду с витаминами группы В он является важным регулятором функций нервной системы [1].

РК из семян тыквы стимулирует иммунитет, улучшает функционирование сердечно-сосудистой и кроветворной систем, повышает умственную и физическую работоспособность (за счет большого содержания аминокислот), снимает токсическую нагрузку на печень, понижает содержание сахара и холестерина в крови, нормализует обмен веществ. В медицине применяется в качестве противопаразитарного, противоглистного средства. Химический состав на 100 г продукта представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав РК из семян тыквы

Наименование показателя	Значение
1	2
Вода, г	5,5±0,1
Белки, г	40±1,1
Жиры, г	10±0,1
Углеводы в т. ч.	44,5±1,1
моно- и дисахариды, г	10,2±1,3
пищевые волокна, г	33,6±1,1
Органические кислоты, г	0,10±0,001
Зола, г	0,6±0,01
Витамин А, мг	1,5±0,01
Витамин B_1, мг	0,05±0,01
Витамин B_2, мг	0,06±0,055
Витамин B_3, мг	0,4±0,1
Витамин B_6, мг	0,1±0,01
Витамин B_9, мкг	14,0±0,1
Витамин С, мг	8,0±0,1
Витамин РР, мг	0,5±0,01
Железо, мг	0,4±0,01
Калий, мг	204,0±0,5
Кальций, мг	25,0±0,2
Магний, мг	14,0±0,1
Натрий, мг	4,0±0,1
Сера, мг	18,0±0,3
Фосфор, мг	25,0±0,3
Хлор, мг	19,0±0,2
Йод, мкг	1,0±0,01
Кобальт, мкг	1,0±0,01
Марганец, мкг	40,0±0,4
Медь, мкг	180,0±0,8
Фтор, мкг	86,0±0,9
Цинк, мкг	240,0±1,1

РК из семян тыквы может быть рекомендована:

- для людей больных диабетом необходимо использовать легко усвояемый белок, не оказывающий нагрузки на почки, что понижает содержание жира, предотвращает дальнейший набор веса и снижает массу жировой ткани, а значит, уменьшает инсулинорезистентность и, соответственно, дозу сахароснижающих препаратов;
- в продукте содержатся как заменимые, так и незаменимые аминокислоты, необходимые для образования гемоглобина, для регулирования сахара в крови, образованию инсулина;
- РК из цельных семян тыквы хорошо нормализует обмен веществ, стимулирует иммунитет, улучшает функционирование основных органов и систем человеческого организма, прежде всего сердечно-сосудистой, кроветворных органов печени и почек, повышает умственную и физическую работоспособность.

Пищевые волокна, формирующие клеточные стенки растений в основном содержат гемицеллюлозы – это группа полисахаридов: арабинанов, ксиланов, маннанов, галактанов. Высокая сорбционная способность гемицеллюлоз обусловлена их аморфным строением, благодаря чему практически все гидроксильные группы доступны молекулам воды, кроме того на повышение гидрофильности влияют карбоксильные группы и концевые альдегидные группы, содержание которых вследствие меньшей длины цепей выше, чем у целлюлозы.

Анализ полученных результатов свидетельствует о возможности использования исследованных сред, в частности молока пастеризованного в технологии производства пищевых продуктов. Экспериментальные данные необходимы для разработки технологического регламента производства функциональных пищевых продуктов, содержащих РМК.

В ходе исследований были составлены композиционные основы с добавлением РМК, количество которой варьировали в интервале 1 % - 7 %, с учетом органолептических, физико – химических показателей и интенсивности кислотообразования. Наилучшие: внешний вид и консистенция (однородная, в меру вязкая); вкус и запах (кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов); цвет (молочно – белый, равномерный по всей массе, с вкраплениями частиц РК), были получены при внесении в основу 5 % растительного комплекса. Выбор закваски, формирующей потребительские свойства при производстве кисломолочных напитков, имеет первостепенное значение. На основании литературных данных и рекомендаций фирм поставщиков были выбраны четыре варианта состава заквасок прямого внесения для производства кисломолочного напитка с применением РК. Сведения внесены в таблицу 2.

Таблица 2.

Состав бактериальных заквасок

Закваска	Состав
LAT PB AC	Bifidobacterium longum Bifidobacterium bifidum Bifidobacterium infantis Streptococcus thermophilus Lactobacillus acidophilus
LAT BY AC	Streptococcus thermophilus, Lactobacillus acidophilus
LAT BY T	Streptococcus thermophilus
LAT BY BT	Streptococcus thermophilus Lactobacillus bulgaricus

Анализ полученных данных показал, что наиболее высокая кислотообразующая способность, органолептические показатели и влагоудерживающая способность сгустка характерны для закваски LAT BY BT с применением 5 % РК от массы смеси.

В готовом продукте были исследованы органолептические показатели разработанного продукта. Цвет - молочно-белый, равномерный по всей массе с вкраплениями частиц муки; консистенция - однородная, в меру вязкая; вкус и запах - кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов, с приятным ароматом.

Физико – химические показатели кисломолочного продукта: массовая доля сухих веществ – 15,1 %, массовая доля белка – 3,47 %, массовая доля жира – 0,5 %, титруемая кислотность – 95 °Т, активная кислотность – 4,54 pH, вязкость – 19,6 мПа.

Полученные положительные результаты свидетельствует о возможности и перспективности использования растительного микронизированного комплекса из семян тыквы в технологии производства пищевых систем.

Список литературы:

1. Лагутина, Л. А. Откройте для себя тыкву [Текст] / Л. А. Лагутина, С. В. Лагутина. – М.: Агропромиздат, 2003. – 370 с.
2. Роль кисломолочных продуктов в функциональном питании [Электронный ресурс]. – url: http: // www. 1001 dieta. ru/ med. htm.
3. Тихомирова, Н.А. Современное состояние и перспективы развития продуктов функционального питания [Текст] / Н.А. Тихомирова // Молочная промышленность. – №7. – 2009. – С. 25.

ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЕФОРМИРУЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Годунова Людмила Николаевна
Кандидат технических наук, доцент, Донской государственный технический университет г. Ростов-на-Дону
Доцент кафедры «Автосервис»
Гончаров Алексей Васильевич
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Аспирант кафедры «Автосервис»
Воробьев Сергей Александрович
Кандидат технических наук, доцент, Донской государственный технический университет г. Ростов-на-Дону
Доцент кафедры «Автосервис»
Решенкин Андрей Станиславович
кандидат технических наук, профессор, Донской государственный технический университет г. Ростов-на-Дону
Заведующий кафедрой «Автосервис»

При всём многообразии существующих методов неразрушающего контроля ответственных конструкций, работающих в условиях циклического нагружения, невозможно выделить хотя бы один, в полной мере отвечающий требованиям высокой информативности, достоверности результатов, низкой трудоёмкости и безвредности.

Эффект Баркгаузена известен около ста лет, однако практическое использование его для оценки состояния ферромагнитных конструкционных материалов началось лишь в последнее время [1], а применительно к циклически нагружаемым конструкциям он практически не использовался.

Магнитошумовой метод (МШМ) диагностирования основан на регистрации изменений информативных параметров магнитного шума (МШ), возникающего при взаимодействии переменного электромагнитного поля с ферромагнитным материалом, и сочетает в себе признаки магнитного и токовихревого методов контроля. Использование гармонического анализа блоков скачков Баркгаузена (СБ) приближает его к методу высших гармоник [2].Однако, дифференцированное отражение потоком СБ различных механизмов перемагничивания, наличие постоянной компоненты в спектре информативного сигнала, а также локальность СБ в пространстве позволяют говорить о его физической самостоятельности.

Известна чувствительность параметров МШ к уровню действующего в металле напряжения [3], однако их связь со степенью пластического деформирования материала, а также с уровнем его циклического повреждения практически не исследована.

В данной работе сделана попытка на качественном уровне установить наличие такой связи и, при положительном результате, возможность использования МШМ для оценки выработанного и прогнозирования остаточного ресурса циклически нагружаемых конструкций.

Характерным примером такой конструкции может служить клеесварная лопасть несущего винта вертолета, основу которой составляет лонжерон, нагруженный продольной центробежной растягивающей силой и знакопеременным изгибающим моментом в плоскости тяги. Лонжерон выполнен из стали 40ХН2М АУ-Ш в виде трубы переменного сечения. Плоские образцы с размерами 300x50x4 мм вырезали из комлевой, наиболее нагруженной части лонжерона и подвергали гомогенизирующему отжигу для снятия поверхностного наклепа (после отжига: $\sigma_в$=755 МПа; $\sigma_{0,2}$=475 МПа; ψ=20%). В рабочей части ширину образца доводили до 30 мм за счет радиусных выточек. Для снижения вероятности возникновения трещин от краёв образцов производили наклеп и шлифовку их боковых граней.

По существующим представлениям ответственными за усталостную прочность металла являются поверхностные слои, в которых локализуются и накапливаются микропластические деформации и дефекты структуры. С другой стороны, в МШМ намагничиваются и диагностируются именно поверхностные слои металла на глубину от 0,5 до 3 мм, в зависимости от характеристик прибора. Сказанное послужило основанием для выбора схемы нагружения образцов, которое осуществляли на установке эксцентрикового типа консольным, симметричным, жестким изгибом с амплитудой деформаций в центральной зоне образца 0,4% и частотой 85 Гц.

В качестве информативного параметра МШ использовали интегральную амплитуду СБ, полученных при одном акте перемагничивания материала и преобразованных после селекции и детектирования в пульсирующую ЭДС. Данный параметр, названный "уровнем МШ", регистрировали в процессе испытаний периодически с помощью прибора ИТ-2 в центральной части полностью разгруженного образца, на обеих его поверхностях. В отдельных случаях измерения проводили в нескольких сечениях по длине образца. До и после каждого измерения проверяли калибровку прибора на эталонном образце. В качестве результата измерения принимали среднее значение уровня МШ, полученное по трем замерам на каждой стороне образца. Влияние естественного разброса фонового шума на разных образцах исключали, подсчитывая приращение МШ по отношению к исходному его уровню в данной точке. Испытания, как правило, прекращали после обнаружения при осмотре образца с помощью инструментального микроскопа МПБ-3 на одной из его сторон макротрещин.

Зависимость приращения МШ от числа циклов нагружения *N* аппроксимировали методом наименьших квадратов полиномом второго порядка

На кривой (рисунок 1) можно выделить четыре характерных участка. В течение первых нескольких циклов нагружения (участок 1) наблюдается интенсивное нарастание уровня МШ. На участке 2, составляющем не более 15% общей долговечности образца, темп нарастания уровня МШ существенно снижается. В дальнейшем величина МШ монотонно возрастает вплоть до максимального значения (участок 3). Этот период составляет, как правило, 80-90% общей долговечности и заканчивается резким спадом уровня МШ (участок 4).

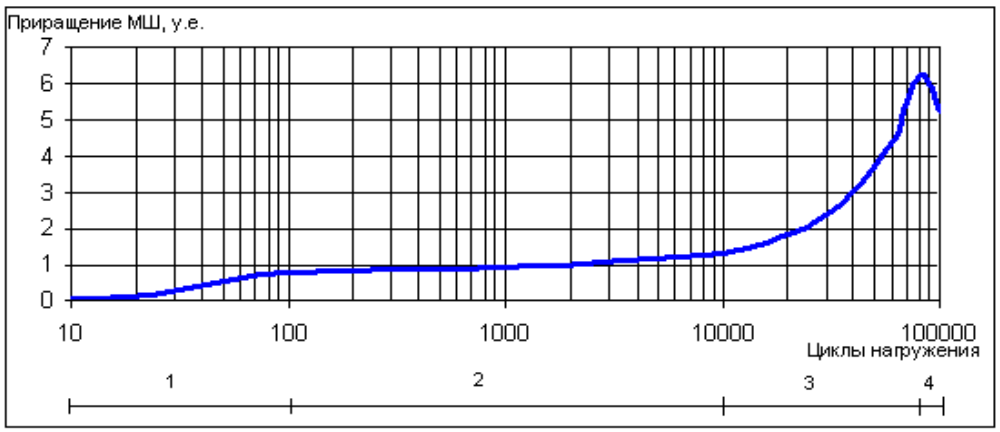


Рисунок 1 - Зависимость приращения МШ от числа циклов нагружения N

С позиций механизма накопления повреждений и развития разрушения описанную кинетику МШ в процесе циклического нагружения образца можно, на наш взгляд, интерпретировать следующим образом. Существенное увеличение уровня МШ на первых циклах нагружения может быть обусловлено деформационным упрочнением материала. В пользу этого говорит и соотношение предела текучести и предела прочности материала, близкое в данном случае к 0,7, что позволяет отнести его к циклически упрочняемым. Именно этим можно было бы объяснить и последующий спад в нарастании уровня МШ: снижение размаха деформаций в упрочненном материале уменьшает темп накопления повреждений, локализованных в поверхностных слоях металла. В дальнейшем накопление

повреждений протекает монотонно вплоть до критического уровня, однако очевидно, что гипотеза их линейного суммирования в данном случае не справедлива. Точка перегиба на рассматриваемой кривой может свидетельствовать о качественном изменении механизма разрушения: циклическое повреждение материала переходит с микро- на макроуровень с образованием на поверхности первых усталостных трещин. Резкий спад уровня МШ на последней стадии испытаний можно объяснить значительным ухудшением условий перемагничивания материала вследствие нарушения его физической сплошности в поверхностных слоях.

Подтверждением информативности параметров МШ в отношении процесса циклического повреждения материала может служить качественная корреляция между уровнем МШ и величиной максимальных напряжений на поверхности образца: наибольшая интенсивность шума зафиксирована на наиболее нагруженном, а значит и наиболее циклически поврежденном участке материала. Именно здесь во всех случаях возникали и развивались трещины.

Таким образом, наличие функциональной связи между параметрами МШ и степенью циклической поврежденности металла позволяет говорить о перспективности этого метода для целей диагностирования состояния ответственных конструкций из ферромагнитных материалов, работающих при циклических нагрузках, а также для прогнозирования их остаточного ресурса.

Литература

1. Венгринович В.Л. Магнитошумовая структуроскопия. Минск: Наука и техника, 1991. 190 с.
2. Ломаев Г.В., Малышев В.С., Дегтярев А.П. Обзор применения эффекта Баркгаузена в неразрушающем контроле. //Дефектоскопия. 1984,N3,с.15.
3. Тикадзуми С. Физика ферромагнетизма. Магнитные характеристики и практические применения. Перевод с японского. М.:Мир, 1987. 420 с.

МЕТОД КОМПЕНСАЦИИ ФАЗОВОГО СДВИГА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДАТЧИКОВ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА

Головин Павел Дмитриевич
Инженер 2-й категории кафедры КиПРА Пензенского Государственного Университета, г.Пенза

Основной тенденцией развития средств измерительной техники (ИТ) является приведение их параметров в сопоставимость с параметрами эталонов, т.е. предъявляются все более жесткие требования к точности и стабильности показаний.

Актуальность повышения точности измерений [3] является одним из существенных приоритетов повышения качества продукции и эффективности производства. Ежегодно наблюдается постоянная тенденция возрастания требований к точности измерений и соответственно, к совершенствованию ИТ. Соответственно точность средств измерений должна быть оптимальной: достаточной для выполнения поставленной задачи, но не более, ибо дальнейшее повышение точности приведет к неоправданным финансовым затратам.

Основные методы повышения точности измерений, применяемые сегодня на практике, изложены в рекомендациях по межгосударственной стандартизации РМГ 64-2003 «ГСИ. Обеспечение эффективности при управлении технологическими процессами. Методы и способы повышения точности измерений».

Специфику рассматриваемой задачи определяет, прежде всего, необходимость получения информации отдельно о каждом из параметров, характеризующих схему замещения параметрического датчика (ПД), как комплексное сопротивление (импеданс), либо об одном из них при изменяющихся в широких пределах других параметрах.

Вид эквивалентной схемы замещения и параметры входящих в нее элементов существенным образом зависят от конструкции ПД, технологии его изготовления и особенностей применяемых материалов [2], и в большинстве случаев определяется двухэлементным соединением активного и реактивных сопротивлений.

Вариации импеданса ПД, связанные с изменением измеряемой величины, преобразуются в изменения электрического сигнала при включении датчика с источником входного воздействия в виде напряжения $e_s(t)$ или тока $i_s(t)$ в измерительную цепь (ИЦ) [4], где r_s – его внутреннее сопротивление.

Для понимания особенностей раздельного измерения параметров схемы замещения рассмотрим на примере ИЦ с емкостным ПД, показанного на рисунке 1,*а*, где C_x имитирует информативный параметр, а R_x учитывает влияние паразитного неинформативного параметра, проявляющегося в виде сопротивления потерь в датчике.

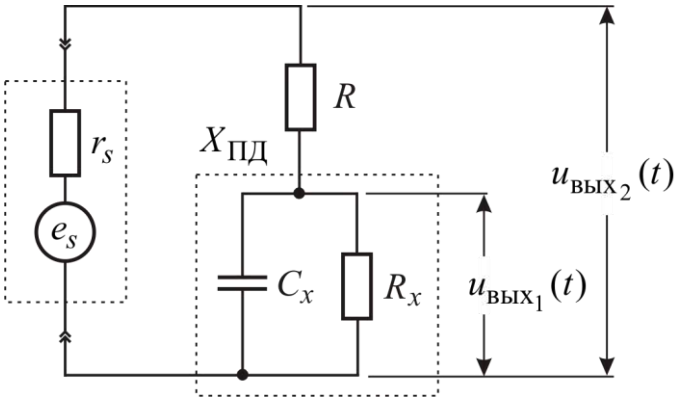


Рисунок 2. ИЦ с емкостным ПД

Метод компенсации фазового сдвига (МКФС) заключается в измерении мгновенных значений напряжения в установившемся режиме ($u_{\text{вых}_{\text{уст}}}(t)$) в течение одного полупериода при $e_s(t) = U_m \sin(\omega_c t + \varphi_c)$: в момент времени t_0 смены полярности входного воздействия $e_s(t_0) = 0$ и в момент времени $\varphi_1 = \omega_c t_1$. В результате произойдет компенсация влияния фазового сдвига φ_c источника входного воздействия на конечный результат измерения, упрощая процесс вычисления [5]. Данный подход проиллюстрирован на рисунке 2.

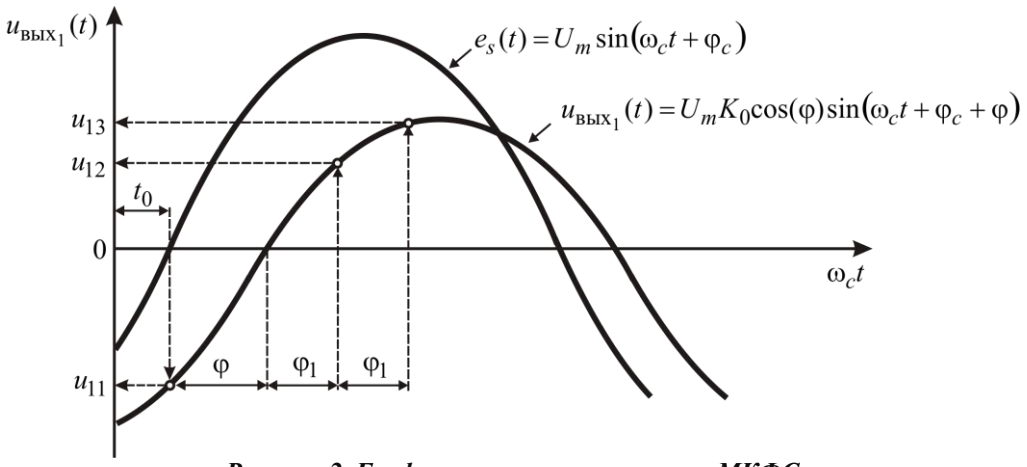


Рисунок 2. Графическая интерпретация МКФС

В результате для двух моментов времени напряжение с выхода ИЦ описывается системой из 2-х уравнений вида

$$\left.\begin{aligned} u_{\text{вых}_1}(t_0) &= u_{\text{вых}_{1\text{уст}}}(t_0) \\ u_{\text{вых}_1}(t_0 + \varphi_1) &= u_{\text{вых}_{1\text{уст}}}(t_0 + \varphi_1) \end{aligned}\right\}, \quad (1)$$

или

$$\left.\begin{aligned} u_{\text{вых}_1}(t_0) &= U_m \cdot \left| K(j\omega) \right| \cdot \sin(\varphi) \\ u_{\text{вых}_1}(t_0 + \varphi_1) &= U_m \cdot \left| K(j\omega) \right| \cdot \sin(\varphi + \varphi_1) \end{aligned}\right\}, \quad (2)$$

где φ – фазовый угол вносимой ИЦ,

$\left| K(j\omega) \right|$ – модуль передаточной функции.

Рассмотрим данный метод подробнее на примере с емкостным ПД. Из теории цепей известно, что напряжение на выходе ИЦ в установившемся режиме будет изменяться по следующему закону [2]

$$u_{\text{вых}_1}(t) = u_{\text{вых}_{\text{уст}}}(t) = U_m \left| K(j\omega) \right| \sin(\omega_c t + \varphi_c + \varphi), \quad (3)$$

где $\varphi = -\text{arctg}(\tau K_0 \omega_c)$, $\left| K(j\omega) \right| = \dfrac{K_0}{\sqrt{1 + (\tau K_0 \omega_c)^2}} = \dfrac{K_0}{\sqrt{1 + \text{tg}^2 \varphi}} = K_0 \text{Cos}(\varphi)$.

В простейшем случае измеряемое напряжение (3) определяется двумя параметрами $U_m K_0 \cos(\varphi)$ и φ, при этом период $T = 2\pi / \omega_c$ является известным

$$\left.\begin{aligned} u_{\text{вых}_{11}}(t_0) &= u_{11} = U_m K_0 \cos(\varphi) \sin(\varphi) \\ u_{\text{вых}_{12}}(t_0 + \varphi + \varphi_1) &= u_{12} = U_m K_0 \cos(\varphi) \sin(\varphi + \varphi_1) \end{aligned}\right\}. \quad (4)$$

Используя формулу сложения аргументов [1], получим

$$\left.\begin{aligned} u_{11} &= U_m K_0 \cos(\varphi) \sin(\varphi) \\ u_{12} &= U_m K_0 \cos(\varphi) \left[\sin(\varphi) \cos(\varphi_1) + \cos(\varphi) \sin(\varphi_1) \right] \end{aligned}\right\}, \quad (5)$$

откуда решение (5) имеет вид

$$\left.\begin{aligned}\varphi &= \operatorname{arctg}\frac{u_{11}\sin\varphi_1}{u_{12}-u_{11}\cos\varphi_1}\\ K_0 &= \frac{u_{12}-u_{11}\cos\varphi_1}{U_m\cos^2\varphi\sin\varphi_1}\end{aligned}\right\}, \quad (6)$$

где $\varphi_1 = \omega_c t_1$.

Для того, чтобы исключить влияния ω_c и U_m на конечный результат потребуется провести еще один замер. В результате (1) примет следующий вид

$$\left.\begin{aligned}u_{11} &= U_m K_0\cos(\varphi)\sin(\varphi)\\ u_{12} &= U_m K_0\cos(\varphi)\sin(\varphi+\varphi_1)\\ u_{13} &= U_m K_0\cos(\varphi)\sin(\varphi+2\varphi_1)\end{aligned}\right\}, \quad (7)$$

Для исключения значения ω_c из (6) сложим первое и третье уравнения (7)

$$u_{11}+u_{13} = 2U_m K_0\cos(\varphi)\sin(\varphi+\varphi_1)\cos(\varphi_1) = 2u_{12}\cos(\varphi_1) \quad (8)$$

или

$$\cos(\varphi_1) = \frac{u_{11}+u_{13}}{2u_{12}}, \quad (9)$$

тогда

$$\sin(\varphi_1) = \sin\left(\arccos\left(\frac{u_{11}+u_{13}}{2u_{12}}\right)\right), \quad (10)$$

а

$$\omega_c = \frac{1}{t_1}\arccos\frac{u_{11}+u_{13}}{2u_{12}}. \quad (11)$$

Для нахождения значения r_s необходимо ввести второй канал измерения. В результате для момента времени t_0 будет справедливо следующее соотношение

$$(R+r_s)u_{21}(t) - r_s u_{11} = 0, \quad (12)$$

откуда

$$r_s = R\frac{u_{21}}{u_{11}-u_{21}}. \quad (13)$$

Чтобы исключить значение U_m из (6) также следует воспользоваться вторым каналом измерения, но в момент времени t_1

$$\frac{R+r_s}{R}u_{21} - \frac{r_s}{R}u_{11} = U_m\sin(\omega_c t_1) = U_m\sin(\varphi_1), \quad (14)$$

откуда

$$U_m = \pm\frac{(R+r_s)u_{22} - r_s u_{12}}{R\sin\left(\arccos\left(\frac{u_{11}+u_{13}}{2u_{12}}\right)\right)}, \quad (15)$$

С учетом проделанных ранее преобразований имеем

$$\left.\begin{aligned} C_x &= -\frac{R_x + R + r_s}{(R + r_s)R_x\omega_c} \cdot \frac{u_{11}\sin(\varphi_1)}{u_{12} - u_{11}\cos(\varphi_1)} \\ R_x &= (R + r_s) \cdot \frac{u_{12} - u_{11}\cos(\varphi_1)}{U_m \cos^2\left(\operatorname{arctg}\dfrac{u_{11}\sin\varphi_1}{u_{12} - u_{11}\cos\varphi_1}\right) \cdot \sin(\varphi_1) - u_{12} + u_{11}\cos(\varphi_1)} \end{aligned}\right\}, \quad (16)$$

где значения $\cos(\varphi_1)$, $\sin(\varphi_1)$, ω_c, r_s, U_m вычисляются по (9), (10), (11), (13) и (15) соответственно.

Для проверки полученных теоретических результатов смоделируем работу ИЦ с емкостного ПД в установившемся режиме в MatLab/Simulink [6] со следующими исходными данными: $U_m = 10$ В, $f_c = 1000$ Гц ($T = 1 \cdot 10^{-3}$ сек.), $\varphi_c = -\pi/180$ рад, $R = 100$ кОм, $r_s = 1000$ Ом, а $R_x = 500$ кОм и $C_x = 1$ нФ – неизвестные величины. Данная имитационная модель (ИМ) показана на рисунке 3, где МПУ – микропроцессорное устройство, реализующее вычисление по (16).

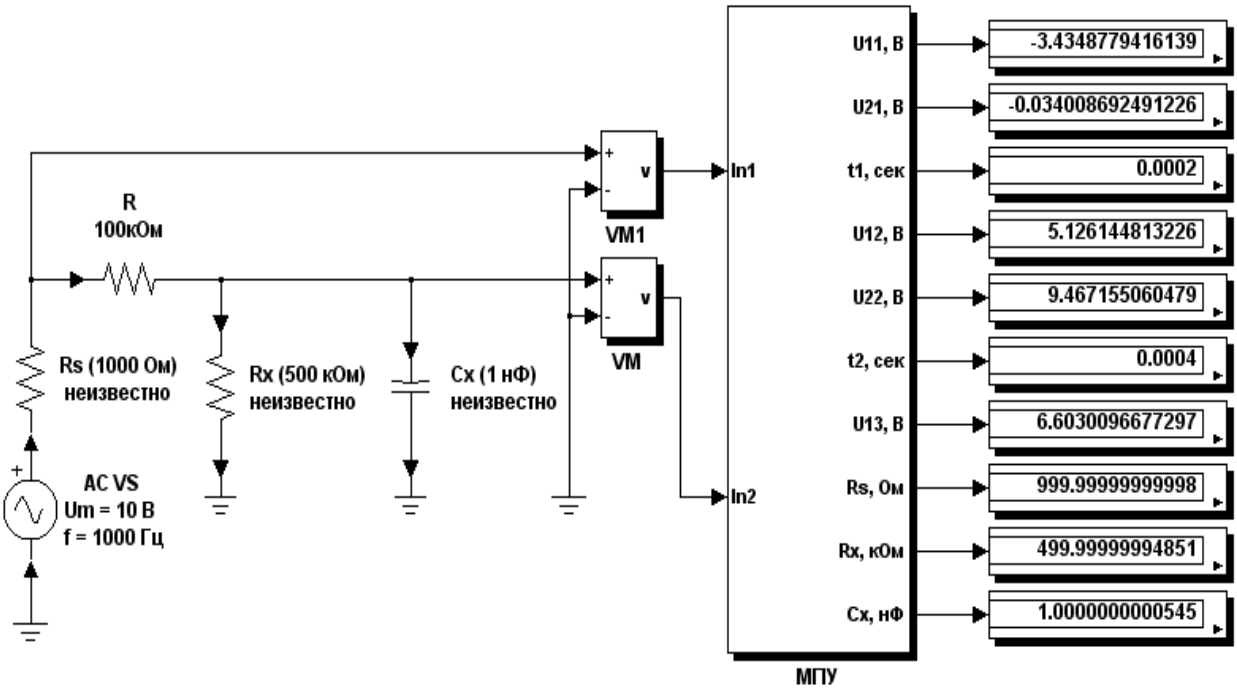


Рисунок 3. ИМ ИЦ емкостным ПД

Как видно из показаний ИМ, методическая погрешность равна нулю (без учета погрешности квантования АЦП).

В процессе дальнейших теоретических исследований и имитационного моделирования было установлено, что для 12 разрядного АЦП погрешность измерения параметров ПД не превысит 0,5%.

Имея простую схемную реализацию, данный метод можно использовать только при гармоническом входном воздействии и дополнительном построении устройства фиксации смены полярности входного воздействия, а также имеется зависимость результата решения системы (1) от положения ПД в ИЦ, т.е. необходимо соблюдение выполнения условия $\left|K(j\omega)\right| = K_0 \cdot \mathrm{Cos}(\varphi)$.

Список литературы:

1. Бертмант А.Ф., Араманович И.Г. Краткий курс математического анализа для вузов. М., 1971 г., С. 736.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учебник. – 10-е изд. – М.: Гардарики, 2002. – 638 с.: ил.
3. Брюханов В.А. Методы повышения точности измерений в промышленности. - М.: Изд-во стандартов, 1991. - 108с.
4. Аш Ж. и соавторы. Датчики измерительных систем: В 2-х книгах. Кн. 1. Перевод с франц. – М.: Мир, 1992. – 480 с., ил.
5. Левин М.И., Семко Ю.И. Определение параметров периодических сигналов путем измерения их мгновенных значений. Автометрия №1, 1966, с.33-40.
6. Черных И.В. Моделирование Электротехнических устройств в Matlab, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008 с.: ил.

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ БЕЛКОВО-ВИТАМИННЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Скрипко Ольга Валерьевна
доктор техн. наук, зав. лабораторией технологии переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБНУ НИИ сои, г. Благовещенск,
Исайчева Надежда Юрьевна
мл. научн. сотрудник ФГБНУ ВНИИ сои,
Покотило Олеся Владимировна
мл. научн. сотрудник ФГБНУ ВНИИ сои,

Концепция здорового питания, получившая признание во многих странах мира и государственную поддержку в Российской Федерации, определяет приоритетные направления исследований в области пищевой технологии и создания новых пищевых продуктов. Усилия ученых направлены на разработку технологических приемов производства продуктов питания заданного состава, сохраняющих и укрепляющих здоровье человека, предупреждающих различные заболевания [1, с. 158].

В настоящее время все чаще наблюдается нарушение структуры питания жителей России, что является основным фактором, наносящим непоправимый вред их здоровью. У значительной части россиян отмечается дефицит витамина С, витаминов А и В-комплекса, йода и селена. Кроме дефицита микронутриентов, который затрагивает все слои населения, имеется также хронический дефицит полноценного белка в питании, особенно у детей и лиц пожилого возраста. Поэтому на современном этапе важнейшей и приоритетной задачей является корректировка питания жителей Российской Федерации [1, с. 158].

Создание технологий новых пищевых продуктов с заданным составом и регулируемыми физико-химическими свойствами является одним из основных направлений государственной политики в области здорового питания.

Целью исследований является разработка технологии функциональных белково-витаминных продуктов в виде пасты с использованием соевого и гидробионтного сырья (водоросли – ламинарии).

В качестве основы пищевой композиции для получения функциональных продуктов питания использовали соевое сырьё как источник комплементарного белка, витамина Е и изофлавоноидов [3, с. 45].

Для обогащения продуктов минеральными веществами, витаминами и клетчаткой, а также придания продуктам различной природной цветовой гаммы в качестве продукта, содержащего биологически активные вещества, выбрана морская капуста – ламинария [2, с. 91].

В качестве структурообразователя для коагуляции белка в дисперсной системе и обогащения витамином С соево-ламинариевого состава используется аскорбиновая кислота [4, с. 3].

Совместная дезинтеграция семян сои и ламинарии, а также экстракция из них белковых и других веществ, в определенных соотношениях, способствует получению окрашенной белково-витаминной дисперсной системы (БВДС), а последующая коагуляция белковых веществ в полученной БВДС раствором аскорбиновой кислоты, выполняющей роль структурообразователя, позволяет получать окрашенные в соответствующий цвет и обогащенные биологически ценными ингредиентами соево-ламинариевые композиции [5, с. 3].

Технология получения данных продуктов включает следующие операции. В начале получают белково-витаминно-углеводную суспензию путем совместной дезинтеграции и экстракции, предварительно замоченных семян сои и измельченной морской капусты в соотношении 1:1 при гидромодуле 1:6. Затем разделяют полученную смесь на растворимую и нерастворимую фракции. В подогретую до температуры 50-60^{0}С растворимую фракцию вносят раствор аскорбиновой кислоты и проводят процесс коагуляции.

На основе разработанных подходов, путем априорного ранжирования выделены наиболее значимые факторы процесса, влияющие на коагуляцию белковых веществ в белково-витаминно-углеводной дисперсной системе: массовая доля раствора аскорбиновой кислоты, $М_к$ ($х_1$),%; концентрация аскорбиновой кислоты, К ($х_2$), %; продолжительность коагуляции, Т ($х_3$), мин (таблица 1), за критерий оптимизации принята температура коагуляции - t, ($у_1$), ^{0}С.

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования факторов для процесса термокислотной коагуляции к опыту

Факторы	Обозначения	Массовая доля раствора аскорбиновой кислоты, $М_к$, %	Концентрация аскорбиновой кислоты, К, %	Продолжительность коагуляции, Т, мин
		X_1	X_2	X_3
Центр эксперимента	0	12,5	5,0	5,0
Интервал варьирования	Е	2,5	2,0	1,0
Верхний уровень	+1	15,0	7,0	6,0
Нижний уровень	-1	10,0	3,0	4,0

Регрессионный и дисперсионный анализ зависимости $Y_1=f(X_1; X_2;X_3)$, позволил разработать математическую модель (1) получения белково-витаминной пасты на основе сои, ламинарии и аскорбиновой кислоты:

$$t_1^0 = 107{,}0353 - 1{,}49448 \cdot M_K - 1{,}84508 \cdot K - 2{,}39191 \cdot T \rightarrow opt$$

где: - t - температура коагуляции, ^{0}С;

$М_к$ - массовая доля раствора аскорбиновой кислоты, %;
К - концентрация аскорбиновой кислоты, %;
Т - продолжительность коагуляции, мин.

На основе полученной математической модели установлены оптимальные значения параметров технологии получения белково-витаминных соево-ламинариевых паст: массовая доля раствора аскорбиновой кислоты – $М_к$=12,8%, концентрация аскорбиновой кислоты– К=5,1% и продолжительность коагуляции Т=5,4 мин, при этом температура коагуляции составляет 66^0С.

Полученные белково-витаминные пасты характеризуются высокими органолептическими показателями, имеют характерный выраженный цвет, вкус и аромат, соответствующие используемому сырью.

С учетом полученных параметров разработана технология производства белково-витаминной пасты, содержащая совокупность последовательно выполняемых операций.

Технологическая схема процесса получения белково-витаминной пасты, показана на рисунке 1, а сравнительный биохимический состав готового продукта представлен в таблице 2.

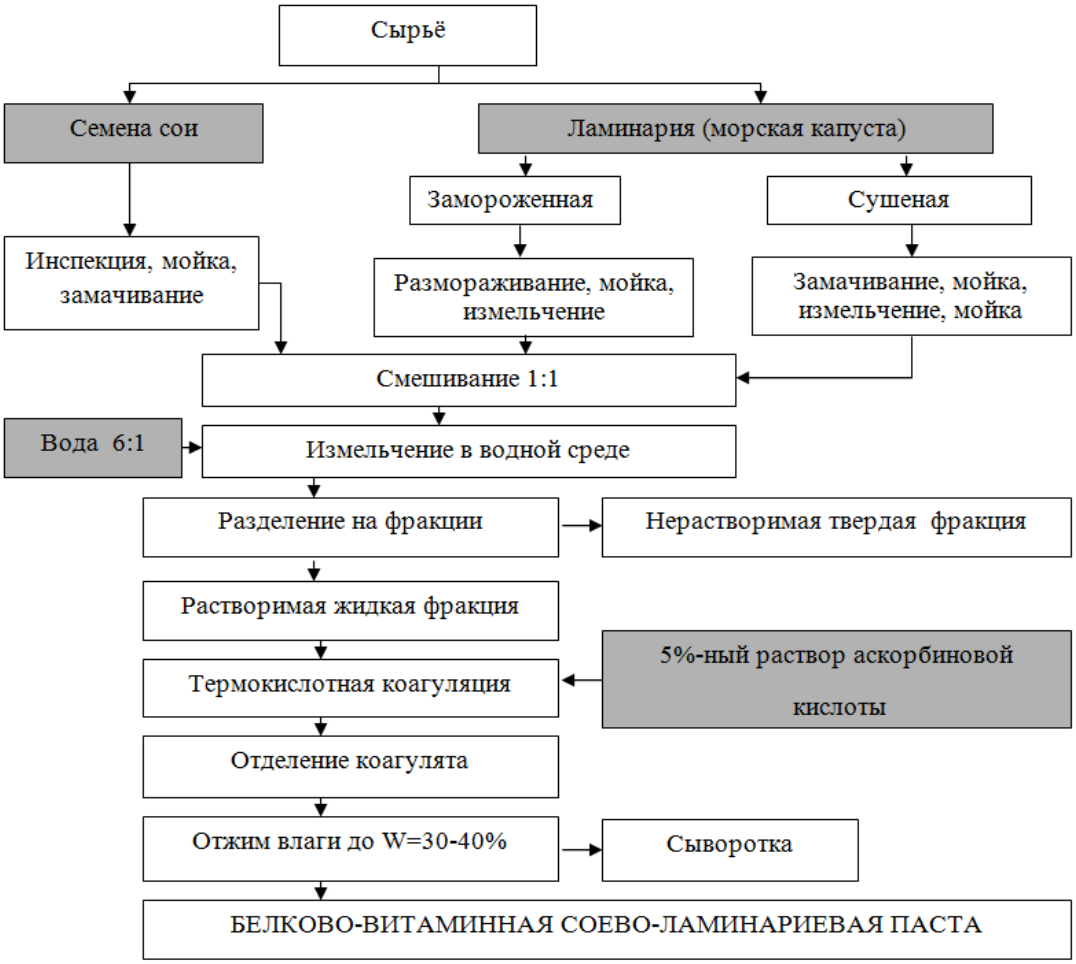


Рисунок 1. Технологическая схема производства белково-витаминной соево-ламинариевой пасты

Таблица 2

Сравнительный биохимический состав и энергетическая ценность белково-витаминной пасты

Наименование продукта	Массовая доля воды, % не более	Массовая доля белка, % не менее	Массовая доля жира, % не более	Массовая доля углеводов, %, не более	Массовая доля минеральных веществ, %, не	Витамин С, мг/100 г, не менее	Энергетическая ценность, ккал
Соево-ламинариевая белково-витаминная паста	50,0	18,5	8,5	18,4	4,6	300	224,1
Ламинария (морская капуста) - аналог	88,0	0,9	0,2	6,8	4,1	2,0	32,6

Анализ данных, представленных в таблице 2, показывает, что соево-ламинариевый продукт в виде белково-витаминной пасты по сравнению со свежей ламинарией (морской капустой) содержит в 20 раз больше белков, в 40 раз больше жиров, 2,7 раза больше углеводов и в 150 раз больше витамина С, что свидетельствует о более высокой пищевой и биологической ценности полученного продукта по сравнению с аналогом.

После получения и исследования биохимического состава нового пищевого продукта функционального назначения проведена оценка его органолептических показателей по пятибалльной шкале оценки (таблица 3) результаты которой в виде профилограммы показаны на рисунке 2.

Таблица 3

Результаты органолептической оценки качества белково-витаминной пасты по 5-ти балльной шкале

Наименование показателя	Белково-витаминная паста
Внешний вид	4,7
Консистенция	4,4
Цвет	4,6
Запах	4,2
Вкус	4,2
Итого:	22,1

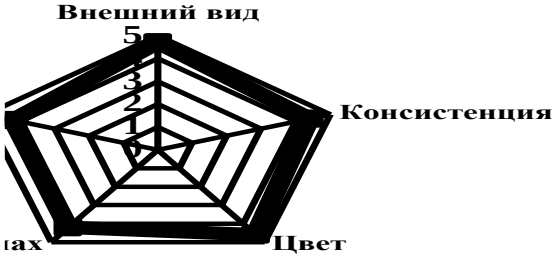


Рисунок 2. Профилограмма органолептических показателей белково-витаминной пасты

Результаты органолептической оценки показывают, что данный продукт питания обладает высокими органолептическими показателями.

На основании проведенного анализа и изучения состава и свойств морской водоросли - ламинарии, соевого сырья и аскорбиновой кислоты, обоснована возможность и целесообразность создания соево-ламинариевой белково-витаминной пасты, как продукта питания функциональной направленности.

Таким образом, проведенные исследования позволили создать технологию производства нового белково-витаминного пищевого продукта функциональной направленности с высокой пищевой и биологической ценностью, который можно отнести к продуктам здорового питания.

Список литературы:

1. Ахмедова, Т.П. Функциональные продукты на основе сырья водного происхождения / Т.П. Ахмедова // Вестник ОрелГИЭТ. - 2013. - №2(24). – С.158-161.
2. Горбачёв, Д.О. Функциональные ингредиенты, используемые в пищевых продуктах для профилактики йоддефицитных заболеваний / Д. О. Горбачев, А.В. Галицкая, Е.М. Якунова, Л.М. Бородина [и др.] // Технико- технологические проблемы сервиса. - 2014. - №1(27). – С. 91-94.
3. Доценко, С.М. Использование сои в технологии белково-витаминных и белково-углеводных продуктов / С.М. Доценко, О.В. Скрипко, В.А. Тильба // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2014. - №4. – С.45-49.
4. Патент №2437558 Российская Федерация, МПК[7] A 23 J 3/00. Способ получения белково-витаминного продукта / С.М. Доценко, О.В. Скрипко и др.; заявитель и патентообладатель ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт сои Российской академии сельскохозяйственных наук. - №2010113847/10; заявл. 08.04.2010; опубл. 27.12.2011. бюл. №36. – 4 с.
5. Патент №2482696 Российская Федерация, МПК[7] A 23 L 1/00. Способ приготовления белково-углеводных продуктов функциональной направленности / С.М. Доценко, О.В. Скрипко, Д.В. Купчак.; заявитель и патентообладатель ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт сои Российской академии сельскохозяйственных наук. - №2011135554/13; заявл. 25.08.2011; опубл. 27.05.2013. бюл. №15. – 4 с.

АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Рябов Игорь Михайлович
доктор технических наук, профессор Волгоградский Государственный Технический Университет г. Волгоград
Гудков Дмитрий Владиславович
кандидат технических наук, доцент Волгоградский Государственный Технический Университет г. Волгоград
Искаков Айдос Куаншбаевич
Магистр Волгоградский Государственный Технический Университет г. Волгоград
Кашманов Радий Яруллаевич
Магистр, Волгоградский Государственный Технический Университет г. Волгоград

Одним из основных направлений развития транспортной логистики кондитерской фабрики «Конфил» является сокращения транспортных издержек и время доставки товара, повышение качества транспортного обслуживания торговых партнеров. Важным фактором качества транспортного обслуживания является характеристика работы терминала предприятия и состояние транспортной логистики в целом.

Большинство компаний, располагающих крупным парком подвижного состава автомобильного транспорта, управляют логистикой с помощью программного обеспечения (ПО) для мастер-планирования, использующего методы линейного программирования. Для этих целей применяются программные продукты: Oracle SNO, i2, iLog и другие. Использование вышеприведенных инструментов зачастую не достаточно для полного анализа характеристик элементов логистической системы и успешной минимизации транспортных издержек.

В настоящее время практически невозможно поддерживать эффективное управление цепочками поставок без передовых технологий. При увеличении количества поставщиков, перевозчиков, экспедиторов и других участников, заметно усложняется задача управления потоками товаров и информации в цепочке поставок. Имитационное моделирование дает возможность решать сложные задачи снижения затрат и улучшения качества обслуживания клиентов, что повышает конкурентоспособность предприятия.

Для моделирования процессов транспортной логистики на предприятии нами были применены два программных продукта уже зарекомендовавших себя с положительной стороны – это AnyLogic и GPSSWorld. Для целей анализа были взяты демонстрационные версии программ с официальных сайтов.

AnyLogic представляет собой инструмент имитационного моделирования (ИМ), который поддерживает все подходы к созданию имитационных моделей: процессно-ориентированный(дискретно-событийный), системно динамический и агентный, а также любую их комбинацию.

Уникальность, гибкость и мощность языка моделирования, предоставляемого AnyLogic, позволяет учесть любой аспект моделируемой системы с любым уровнем детализации. Графический интерфейс AnyLogic, инструменты и библиотеки позволяют быстро создавать модели для широко спектра задач от моделирования производства, логистики, бизнес-процессов до стратегических моделей развития компании и рынков.[1]

Помимо Anylogic, при моделировании представляет интерес программный продукт GPSSWorld.GPSS - Универсальная Система Моделирования (General Purpose Simulation System). GPSS World разработан для оперативного получения достоверных результатов с наименьшими усилиями. В соответствии с этими целями в GPSS World хорошо проработана визуализация процесса моделирования, а также встроены элементы статистической обработки данных. Сильная сторона GPSS World – это его прозрачность для пользователя.

Система GPSS World, прежде всего, была предназначена для расширения возможностей пользователя. GPSS World сочетает в себе функции дискретного и непрерывного моделирования. Возможность перехода из дискретной фазы моделирования в непрерывную фазу и обратно обеспечивает тесную связь с непрерывным моделированием. В непрерывной фазе могут быть установлены пороговые значения, управляющие созданием транзактов в дискретной фазе.

Использование GPSS World дает возможность оценить эффект конструкторских решений в чрезвычайно сложных системах реального мира.[2]

В задачах нашего исследования рассматривается процесс обработки транспортного средства на терминале предприятия.В качестве исходных данных принимаются следующие схемы процессов на терминале:

Территория терминала A, примыкающая городская территория — B;

1. Транспортное средство (автомобиль), прибывающий на терминал с грузом или без груза, попадает на терминал по дороге общего пользования C. В случае отсутствия мест на парковке D терминала, дорога становится накопительным буфером (очередь с дисциплиной FIFO);
2. Если имеется свободное место, транспортное средство въезжает на парковку, водитель выходит и с документами идет в офис E. Процедура парковки занимает около 2 мин.;
3. В офисе водитель дожидается своей очереди на обслуживание у одного из окошек. Дождавшись, он оформляет документы на въезд. Получив их, он возвращается к своему автомобилю. Оформление документов занимает, вместе с перемещением пешим ходом, около 10 мин. Одновременно на терминал отсылается заявка на обслуживание данного автомобиля;
4. Если ворота F имеют свободную полосу, автомобиль подъезжает на полосу досмотра. Здесь у него проверяют разрешение на въезд и проводят физический досмотр транспортного средства (наличия пломб, повреждений, отсутствия посторонних лиц и пр.). Досмотр занимает около 2 мин;
5. Автомобиль следует на оперативную парковку H, расположенную рядом с зоной погрузки-разгрузки I1,I2,I3,I4,I5. Среднее время движения 2 мин. Этот участок дороги внутри терминала может использоваться как накопительный буфер, если нет свободных мест на парковке у зоны погрузки;
6. Автомобиль становится на парковку H и ожидает своей очереди на погрузку (разгрузку) (с момента выполнения заявки на его обслуживание, отправленной на шаге 3). Среднее время выполнения заявки составляет 10 мин.

   В случае, когда терминал готов принять транспортное средство для его погрузки (разгрузки) (заявка на обслуживание автомобиля выполнена), и имеется свободная ячейка для обработки автомобиля в зоне H, автомобиль подъезжает к свободной ячейке для погрузки. Среднее время движения 2 мин. Если заявка была выполнена до приезда автомобиля и имеется свободная ячейка, автомобиль может непосредственно подъехать к ячейке, минуя парковку 6. Среднее время обслуживания автомобиля 5 мин.
7. Обслуженный автомобиль по терминальному проезду подъезжает к выездным воротам терминала J. Среднее время движения 2 мин.
8. После осмотра автомобиль покидает терминал. Среднее время осмотра 2 мин.

В рамках нашего анализа были разработаны имитационные модели и получены результаты функционирования терминала в течение 8 ч. Выходные данные процессов моделирования работы терминала следующие:

- количество обработанных автомобилей;
- среднее время обработки одного автомобиля;
- коэффициент обработки автомобилей терминалом;

– показатели использования элементов терминала.

Как видно из таблицы 1, основные характеристики процессов в терминале, полученные при моделировании в 2-х программах практически не отличаются друг от друга.

В отличие от выходных характеристик, полученных при моделировании,длительность машинного времени моделирования (ожидания результатов) в Anylogicв 29 раз меньше чем GPSSWorld при рассмотрении одного и того же временного интервала работы терминала (8-ми часовая смена).

Результаты моделирования процессов в терминале сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Результаты моделирования программ Anylogic и GPSSWorld

Показатели	Система Моделирования	
	Anylogic	GPSS World
Количество обработанных автомобилей	53,249	53,314
Среднее время обработки одного автомобиля	63,975	63,489
Коэфф. обработки автомобилей терминалом	1	1
Коэфф. Использования зоны E	0,222	0,222
Коэфф. Использования зоны F	0,044	0,044
Коэфф. Использования зон I	0,079	0,079
Коэфф. Использования зоны Z	0,554	0,556
Очередь max в E	5	5
Очередь max в F	1	5
Очередь max в I	18	7
Очередь max в Z	1	2
Машинное время моделирования	41,1 с	19 мин 52 с

В процессе моделирования был проведен анализ восприимчивости пользователей к программамAnylogici GPSSWorld.

Благодаря удобному интерфейсу, в Anylogic, довольно быстро можно сориентироваться, где какие инструменты, кнопки, параметры и за что они отвечают. В основном, все модели строятся с помощью объектов (блок-схем), которые позволят представить, как будет проходить события, уже при построении модели. Непосредственно уже в самих объектах, можно указать нужные параметры (законы распределения, исходные данные, логику действий и прочее). Программа содержит справку, которая расскажет значение и объекта и как действует. Плюс ко всему, в интернете, есть большое количество учебных пособий, обучающих видео. Также, большое преимущество Anylogicперед сравниваемыми инструментами систем имитационного моделирования, это возможность моделирования события с сопровождением презентации.

Рассматривая GPSS World, можно отметить, что по сравнению с Anylogic, в данной программе нет возможности создавать модели с помощью объектов (блок-схем). Модель GPSS World состоит из сети блоков, представляющих необходимые действия или задержки транзактов (клиентов транспортных средств и другое), которые последовательно проходят через блоки.. Входя в блок, транзакт вызывает определяемую типом блока подпрограмму, которая обрабатывает соответствующее событие. Далее транзакт в общем случае пытается войти в следующий блок. Продвижение продолжается до тех пор, пока не окажется, что очередной блок должен выполнить одну из следующих функций:

– удалить транзакт из модели,
– временно заблокировать его в предыдущем блоке до выполнения некоторых условий,
– задержать его на определяемое моделью время.

Тогда начинается продвижение другого транзакта и т. д. - до завершения моделирования.

Все эти операции легко проведет опытный программист, однако не каждый пользователь способен быстро овладеть анализируемым программным продуктом. ПоGPSSWorld в интернете есть справочная литература и относительно Anylogicснемного обучающего видео.

В результате анализа программного обеспечения на примере Anylogici GPSSWorld, можно сделать следующие выводы:

– Anylogicслегче в освоении пользователем, чем GPSSWorld;
– анимация процессов в Anylogic позволяет лучше анализировать моделируемые процессы;
– структура модели, представленная в Anylogic в виде блок-схем, наглядно показывает как проходит процесс.Программа GPSSWorld, в свою очередь, представляет результатыв виде записи выходных данных.

В заключении необходимо отметить, что при окончательном выборе программного обеспечения пользователь обязан принимать в расчет конкретные, устраивающие его возможности той или иной системы моделирования, включая вопросы поддержки программного продукта, стоимость владения и другие факторы, не рассмотренные в нашем анализе.

Список литературы:

1. [Электронный ресурс]. - [2014]. - Режим доступа: http://www.anylogic.ru/features
2. [Электронный ресурс]. - [2014]. - Режим доступа: http://www.exponenta.ru/soft/others/gpss/gpss.asp

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Изотов Е.А

Экологическая безопасность определяется как состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий.Исходя из этого, промышленные предприятия обязаны соблюдать требования экологической безопасности:

- придерживаться утвержденных технологий и требований в области охраны окружающей среды, восстановления природной среды, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов;
- соблюдать нормативы качества окружающей среды;
- принимать меры по восстановлению природной среды, рекультивации земель, благоустройству территорий в соответствии с законодательством.

В зависимости от деятельности организации должны проводиться и разрабатываться:

Экологический аудит - независимая, комплексная, документированная оценка соблюдения субъектом хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды, требований международных стандартов и выработка рекомендаций, направленных на улучшение такой деятельности.

Задачи экологического аудита:

- Сбор информации о производственной деятельности объекта и формирование выводов о его действительном экологическом состоянии.
- Содействие недопущению социального и экономического ущерба, как результата экологических инцидентов.
- Аудиторское обслуживание может проводиться в отношении любого предприятия и организации, воздействующего на состояние окружающей природной среды.

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)- документ, дающий всестороннее описание всех видов воздействия предприятия, хозяйствующего субъекта на окружающую среду.

ОВОС способствует принятию экологически ориентированного управленческого решения о хозяйственной деятельности, путем оценки возможных неблагоприятных воздействий, определения экологических последствий, учета общественного мнения, а также разработки мероприятий, направленных на сведение к минимуму негативных воздействий.

ОВОС представляет собой правовую процедуру, являющуюся обязательной при разработке любого процесса, способного оказывать прямое или косвенное влияние на окружающую среду. Поэтому главной целью ОВОС выступает предотвращение или уменьшение воздействия намечаемой деятельности предприятия на окружающую среду, в том числе и возможных последствий, которые могут носить социальный, экологический или экономический характер.

В соответствии с п.3 ст.18 Федерального Закона "Об отходах производства и потребления" индивидуальные предприниматели и юридические лица, в результате хозяйственной и иной деятельности которых образуются отходы (исключая субъекты малого и среднего предпринимательства), обязаны разрабатывать проекты нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР).

Для субъектов малого и среднего предпринимательства, результат хозяйственной и иной деятельности которых влечет за собой образование отходов, необходимо предоставление в уполномоченные органы власти отчетности об образовании, использовании, обезвреживании, и размещении отходов в строго уведомительном порядке.

К основным задачам при разработке ПНООЛР относятся:

- определение (расчет) годовых нормативов образования отходов;
- определение (расчет), согласно принятым нормативам образования отходов и полученного объема произведенной продукции (оказанных услуг, произведенных работ) годовое количество отходов;
- обоснование количества отходов, которые предполагается размещать определенным способом в течение установленного периода времени в конкретных объектах размещения, учитывая экологическую обстановку на территории.

НДС - нормативы, которые устанавливаются для субъектов хозяйственной и иной деятельности в соответствии с показателями массы химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов, допустимых для поступления в окружающую среду от стационарных, передвижных и иных источников в установленном режиме и с учетом технологических нормативов, и при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества окружающей среды (ст.1 Федерального закона от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ "Об охране окружающей среды").

Нормативы предельно допустимых сбросов используются при государственном контроле за использованием и охраной водных объектов; определении размеров платежей за пользование водными объектами; наложении штрафов в случаях нарушения водного законодательства; оценке уровня эффективности природоохранных мероприятий.

В соответствии с Федеральным Законом от 04.05.1999 № 96-ФЗ "Об охране атмосферного воздуха" всем юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям, имеющим стационарные источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, в обязательном порядке необходимо обеспечивать проведение инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и разработку проекта предельно допустимых выбросов. В противном случае на владельца предприятия будет наложен штраф, а деятельность источников выбросов будет приостановлена.

Разработка проекта предельно допустимых выбросов ведется согласно с "Методикой расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий" ОНД-86, ГОСТ 17.2.3.02-78 и другими нормативно-правовыми и методическими документами.

Промышленные объекты, создающие загрязнения, уровень которых за пределами производственной пло-

щадки превышает 0,1 ПДК (и/или ПДУ), являются источниками негативного воздействия на среду обитания и здоровье человека. Для защиты конкретных объектов и окружающей среды в целом устанавливаются санитарно-защитные зоны (СЗЗ) – территории, размер и режим использования которых позволяет уменьшить влияние загрязнений до значений, установленных гигиеническими нормативами и до величин приемлемого риска для здоровья населения.

Контроль соблюдения санитарно-эпидемиологических требований на федеральном уровне осуществляет Роспотребнадзор. Надзорные функции в каждом конкретном регионе поручены Территориальным отделам Территориального Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Организация СЗЗ осуществляется с целью отделения источников негативного воздействия от территорий, показатели качества среды обитания в которых подлежат нормированию, в том числе от мест нахождения и проживания людей.

В соответствии со ст.14 Федерального Закона от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления" и Приказу МПР России от 02.12.2002 г. № 785 "Об утверждении паспорта опасного отхода", хозяйствующие субъекты в процессе деятельности, которых происходит образование отходов I-IV класса опасности, обязаны подтвердить отнесение отходов к конкретному классу опасности.

По итогам процедуры паспортизации отходов выдаются следующие документы:

Паспорт опасного отхода - составляется на отходы, обладающие свойствами токсичности, пожароопасности, взрывоопасности, высокой реакционной способностью, содержат возбудителей инфекционных болезней, а также на отходы I-IV класса опасности. Причем для отходов, зарегистрированных в ФККО (Федеральный классификационный каталог отходов) срок действия паспорта не устанавливается, а для не зарегистрированных отходов срок действия соответствует периоду регистрации отхода в классификаторе.

Свидетельство о классе опасности отхода для окружающей природной среды – источник информации об опасности отходов для окружающей природной среды.

Экологическая сертификация - действие третьей стороны по подтверждению соответствия сертифицируемого объекта предъявляемым к нему экологическим требованиям (Основные положения системы сертификации по экологическим требованиям для предупреждения вреда окружающей природной среде (системы экологической сертификации).

В России различают две формы подтверждения соответствия:

Добровольная экологическая сертификация: проводится в случаях, когда в законодательных актах РФ не предусмотрено проведение обязательной сертификации. То есть, если продукция не внесена в Единый перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации (Постановление Правительства от 01.12.2009 г. № 982), то не нужно проводить обязательную сертификацию, но при желании можно оформить добровольный сертификат.

Обязательная экологическая сертификация: согласно ст.23 Федерального закона от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ "О техническом регулировании" проводится исключительно для продукции (объект сертификации) и только на соответствие требованиям, установленным техническими регламентами.

Каждый технический регламент содержит конкретные требования, формы и схемы, подтверждающие соответствие. Подтверждение соответствия проводят специально аккредитованные в установленном порядке органы по сертификации, которые сотрудничают с испытательными лабораториями, также имеющими аккредитацию.

Лицензии на обращение отходов I-IV класса опасности. Федеральным законом от 25.06.2012 г. № 93-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам государственного контроля (надзора) и муниципального контроля" внесены изменения в Федеральный закон от 04.05.2011 г. № 99-ФЗ "О лицензировании отдельных видов деятельности", в соответствии с которыми лицензированию подлежит деятельность по обезвреживанию и размещению отходов I-IV классов опасности.

Таким образом, деятельность любого промышленного предприятия в определенной степени представляет опасность как для граждан, находящихся на предприятии или на прилегающей к нему территории, и их имущества, так и для окружающей среды.

В связи с этим государство путем принятия или установления условий, запретов, ограничений и других обязательных требований в международных соглашениях, а также в федеральных законах и иных нормативных правовых актах и в нормативных технических документах регулирует деятельность промышленных предприятий, делая ее безопасной для граждан и окружающей среды.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СУДОВЫХ ТОЛКАЕМЫХ СОСТАВОВ ПРИ СЕВЕРНОМ ЗАВОЗЕ (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ЛЕНА)

Кабаков Борис Анатольевич,
Аспирант, Московская академия водного транспорта, г.Москва

Использование ресурсов северных регионов страны требует обеспечения гарантированного северного завоза.

В настоящее время общий объем северного завоза по р.Лена составляет порядка 500 тыс.т. Учитывая планируемое развитие Северного морского пути и включение водных путей реки Лена в единую транспортно-технологическую систему, грузооборот по водным путям этого бассейна имеет явную перспективу к значительному росту.

Существующая структура транспортного флота, оперирующая в Ленском бассейне, по своему качественному составу и, в первую очередь, по своему возрастному составу не в полной мере обеспечивает решение этой задачи. Так средний возраст сухогрузов «река-море» превышает нормативный срок (24 года) на 37,5%, танкеров «река-море» на 25%.

Это определяет необходимость обновления флота, способного решать указанные задачи с учетом особенностей, присущих Ленскому бассейну. Так, на боковых притоках течения р.Лена – Витиме, Алдане, Вилюе продолжительность навигационного периода составляет в среднем 132 - 138 суток. Однако эксплуатационный период на этих реках значительно отличается от навигационного и составляет на р.Витим - 75 суток (участок Лужки - Устье), на р.Алдан - 50 суток (участок Джебарики-Хая - Учур), на р.Вилюй - 35 суток (участок р.Мархa - Устье). При этом существенно разнятся и эксплуатационные условия по возможностям использования флота, в первую очередь по глубине судового хода.

В этих условиях целесообразно применение судовых составов, обеспечивающих более рациональное использование дорогой пропульсивной установки (буксир-толкач) за счет исключения ее простоев на якорных стоянках в ожидании места погрузки/разгрузки и в портах при проведении грузовых операций. При использовании судовых составов создаются условия для обслуживания одним энергетическим модулем нескольких грузовых модулей.

При выборе типа состава следует иметь в виду, что толкаемые составы обладают, особенно в речных условиях, существенными преимуществами по сравнению с буксирными составами:

1. Толкаемый судовой состав имеет меньшую длину, что однозначно повышает безопасность плавания.
2. Толкаемый состав может остановиться самостоятельно, используя главные двигатели энергетического модуля. Буксируемая баржа не может остановиться самостоятельно.
3. При толкании состава скорость движения выше, чем при буксировке.
4. Толкаемый состав имеет существенно лучшую маневренность (его характеристики маневренности аналогичны характеристикам обычных грузовых судов).
5. Толкаемый судовой состав может, подобно самоходным судам, самостоятельно швартоваться к причалу, тогда как проведение швартовных операций с буксируемой баржей требует значительного времени и сопряжено с проведением трудоемких и опасных работ.
6. Толкаемые составы устойчивы на курсе, тогда как для буксируемых составов характерна рыскливость.
7. В случае эксплуатации нескольких барж на коротком плече важна минимизация затрат времени на смену баржи. На буксируемом составе смена баржи занимает 30-40 минут, при этом на борту баржи необходимо присутствие как минимум одного члена экипажа. На толкаемом составе смена баржи осуществляется в течение нескольких минут, отпадает необходимость присутствия команды на барже. Это преимущество позволяет увеличить число круговых рейсов.
8. На баржах толкаемого судового состава не требуется установка рулевого устройства. Баржи, буксируемые на канате, обычно оборудуются рулевым устройством, для управления которым на борту должен находиться член экипажа.

Перечисленные преимущества толкаемых судовых составов обеспечивают возможность их широкого применения на линиях с устойчивым грузопотоком. По оценке [6] переход от буксировки к толканию позволяет повысить скорости движения составов на 10-15%

При определении параметров судовых толкаемых составов необходимо учитывать особенности судовых ходов и существующей инфраструктуры:

- длины причалов портов,
- габариты акваторий портов,
- характеристики морских каналов,
- гарантированные глубины,

и т.д.

Среди этих ограничений выделим два наиболее критичных.

Во-первых, ограничения по гарантированным глубинам. В соответствии с «Программой гарантированных габаритов судовых ходов, категорийности и сроков деятельности судоходной обстановки по Ленскому государственному бассейновому управлению водных путей и судоходству» судовой ход на участке Усть-Кут - Киренск должен иметь глубину не менее 1,75м, на участке Киренск - устье р.Витим - не менее 1,90м, на участке устье р.Витим – Якутск - не менее 2,20 м, на участке Якутск - Быков мыс - не менее 2,55 м.

В условиях, когда увеличивать осадку и ширину судна не позволяют габариты судового хода, толкаемые судовые составы обладают несомненными преимуществами по сравнению с самоходными судами [2,4].

Во- вторых, судовой ход р.Лена имеет сильно искривленный фарватер (см.таблицу 1).

Таблица 1

Гарантированные радиусы закругления судового хода R_{min}, реки Лена

Участок реки	Радиус закругления судового хода R_{min}, м
Усть-Кут	300
Киренск - устье р.Витим	400
устье р.Витим - Якутск	400
Якутск - Быков мыс	600

В соответствии с [5], проверка удовлетворения толкаемых составов требованиям норм управляемости производится по двум критериям:

- по критериям поворотливости судов для случая в полном грузу;
- по критериям управляемости судов при ветре для случая хода состава в балласте при посадке на ровный киль (в том числе при движении порожнего состава при ветре).

Поворотливость толкаемого состава должна удовлетворять требованиям свободного прохождения всех лимитирующих поворотов судового хода, имеющихся в водном бассейне, в котором предполагается эксплуатация, и эффективного маневрирования состава в эксплуатационных условиях.

По сравнению с одиночными транспортными самоходными судами, при одинаковой грузоподъемности, судовые толкаемые составы не уступают им по навигационным качествам, а в ряде случаев могут их существенно превосходить.

Значительного улучшения маневренных качеств толкаемых составов можно достичь за счет их изгибания. Использование изгибаемых составов возможно благодаря

применению сцепных устройств, устанавливаемых в кормовой оконечности баржи, обеспечивающих принудительный изгиб судового состава (одно из таких технический решений предложено автором [3]). Благодаря использованию составов с принудительным изгибанием возможна эксплуатация большегрузных судов на затруднительных участках рек с радиусом закругления судового хода до 170 м.

Изгибаемые составы имеют значительные эксплуатационные преимущества. Грузоподъемность изгибаемых составов, обеспечивающих перевозки грузов в равных путевых условиях, может быть в 1,5 – 2 раза больше, чем грузоподъемность обычных грузовых судов [1]. Отмеченные преимущества изгибаемых толкаемых составов являются исключительно важными для обоснования флота для линий «река-море» плавания.

Список литературы:

1. Амелин В.С., Павленко В.Г. Изгибаемые составы с носовыми рулями в Московском и Сухонском пароходствах. Сб.: Передовой опыт и новая техника. М.: Изд. ЦБНТИ МРФ, 1976, № 11/35. С. 3-7.
2. Богданов Б.В., Алчуджан Г.А., Жинкин В.Б. Проектирование толкаемых составов и составных судов.-Л.:Судостроение, 1981.
3. Кабаков Б.А. Изгибающее устройство для сцепки буксира-толкача с судном. Патент на изобретение №4692823, 1990г.
4. Проблемы определения и оптимизации проектных характеристик составных судов. Автореф. Семенов Ю.Н. Ленингр.корабл.институт. Ленинград,1977, 20 с.
5. РТМ 212.0126-86 "Временные нормы управляемости толкаемых составов внутреннего плавания".
6. Ходкость и управляемость судов. Под редакцией Павленко В.Г., Москва, Транспорт, 1991.с 397.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЙ СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ БОТОВ

Каличенок Дмитрий Александрович
Магистрант кафедры автомобильного транспорта,
Пачурин Герман Васильевич
д.т.н., профессор кафедры производственной безопасности, экологии и химии,
Филиппов Алексей Александрович
к.т.н., доцент кафедры производственной безопасности, экологии и химии, г. Нижний Новгород, НГТУ им. Р.Е. Алексеева

Любой автомобиль содержит большое количество крепежных соединений, например с помощью болтов. В автомобильной промышленности используются как обычные штампованные болты, применяемые в менее ответственных узлах, так и специальные автомобильные болты, характеризующиеся мелким шагом резьбы для уменьшения вибраций, структурой металла и степенью закалки. Сейчас очень часто поднимается вопрос о модернизации и оптимизации крепежных деталей и соединений в автомобильной технике, поскольку это важный аспект для повышения надежности и долговечности автомобиля в целом.

Производство отечественного автомобильного крепежа сформировалось ещё в период плановой экономики СССР, и основной его объём приходился вначале на завод «Красная Этна» (г. Нижний Новгород), а впоследствии (с появлением «АвтоВАЗа») – завод «Автонормаль» (г. Белебей). Эти же предприятия были основными поставщиками крепежа классом прочности 8.8 ($\sigma_в$=800 МПа и выше) [10, с. 6].

Характерно, что в зарубежной промышленности производство высокопрочных крепежных изделий (класс прочности 8.8 и выше) составляет 90–95%от общего объема изготавливаемого крепежа, тогда как в РФ этот показатель непревышает 18%. Низкая доля применения упрочнённого крепежа представляется негативным технико-экономическим показателем как промышленности, производящей эту продукцию, так и промышленности, производящей конструкции, использующие данный крепёж. Для первой – это неоправданное повышение материалоёмкости производства деталей. Для второй – нерациональное завышение массы конструкций и, соответственно, ухудшение их эксплуатационных качеств. В обоих случаях применение неупрочненного крепежа негативно отражается на конкурентоспособности выпускаемой продукции [4, с. 34].

Существующая проблема расширения производства упрочнённого крепежа представляет собой актуальную задачу, как для отечественного машиностроения в целом, так и автомобильной промышленности, в частности. Для ее решения в НГТУ им. Р.Е. Алексеева проводились исследования, приоритетным направлением которых явилось снижение стоимости производственного крепежа, при сохранении эксплуатационных свойств, за счет рационализации технологии упрочняющей обработки крепежа и минимизации стоимости стали.

Рационализацию упрочняющей обработки исследователи связали с максимальным использованием упрочнения, возникающим при холодном пластическом деформировании металла, применяемом в процессе изготовления готовых длинномерных деталей крепёжного назначения. Причём предполагается достижение такого же уровня упрочнения, который достигается закалкой и отпуском готовых деталей, что позволит исключить их из производственного цикла изготовления крепежа [7, с. 29].

В плане минимизации стоимости стали предпочтительной представляется сталь 40Х. На волочение проката в холодном состоянии сталей с содержанием углерода свыше 0,2% (стали 35, 40, 45), а также легированных конструкционных сталей (35Х, 38ХА,40Х.), большое влияние оказывает размер и ориентировка зерен и структура стали. При значительном размере зерен структуры калиброванного проката, используемого для холодной объемной штамповки (ХОШ), возможны скалывание и расслоение головки болтов. При очень мелком зерне возрастает усилие деформации. Для этих сталей при высадке болтовых

изделий наиболее благоприятной является структура, определяемая числом зернистого перлита 70-80 [2, с. 90].

Данная марка стали стандартизована (ГОСТ 10702-78), она традиционно имеет наибольшее распространение для упрочняемых крепёжных изделий и зарекомендовала себя легко осваиваемой метизным производством любой степени массовости. И, наконец, соответствующее содержание углерода и легирование хромом (достаточно экономное) упрощают реализацию предлагаемого технического решения во всех его технологических компонентах [10, с. 9].

Эксплуатационные показатели проката, предназначенного для изготовления стержневых изделий, формируются на всех стадиях металлургического передела, начиная с выбора шихтовых материалов для выплавки металла и заканчивая обработкой готовой проволокои [1, с. 113].

Целью данного исследования явилось решение актуальной научно-технической задачи разработки ресурсосберегающей термомеханической подготовки стальных заготовок на основе изучения совместного влияния изотермической (патентирования) и пластической (волочения) обработки на структурное состояние и механические характеристики для дальнейшего получения длинномерных болтов.

В работе на основании результатов исследования влияния различных режимов термомеханической подготовки на структуру и механические характеристики горячекатаного (г/к) проката; степени обжатия на структуру и механические характеристики проката; температуры патентирования на структуру и механические характеристики проката; совместного влияния изотермической и пластической обработок на структуру, пластические и прочностные характеристики, твердость проката разработана ресурсосберегающая технологическая схема термомеханической подготовки проката стали 40Х для дальнейшего изготовления из него упрочненных длинномерных болтов с низкой обрезной головой, соответствующих классу прочности 9.8 [10, с. 10].

Волочение проката производилось на однократном волочильном стане ВС/1-750, соответственно со степенями обжатия 5, 10, 20, 30, 40 и 60%. В качестве технологической смазки использовалась мыльная стружка [6, с. 34].

Сравнительные схемы производства проката 40Х приведены на рис. 1 [10, с. 129].

Рисунок 1. Сравнительные технологические схемы производства проката 40Х

Из полученного проката (по предложенной технологии) методом холодной высадки изготовлены длинномерные болты с небольшой шестигранной обрезной головой. При высадке длинномерных болтов наибольший прирост сопротивления пластической деформации наблюдался непосредственно в самой цилиндрической головке. Степень сжатия головки $\varepsilon = \ln [12{,}4/6] = 0{,}73$. Все образцы калиброванного проката выдержали сжатие со степенью деформации $\varepsilon > 0{,}73$ [8, с. 189].

В работе требуемые механические характеристики, соответствующие классу прочности 9.8, на калиброванном прокате и готовых длинномерных болтах из стали 40Х получены без их закалки и отпуска. По данной технологии подготовки калиброванного проката под высадку болтов получен патент на изобретение № 2380432 [9, с. 136]. Результаты исследований опробованы на производстве и приняты кдальнейшему использованию при изготовлении болтов класса прочности 8.8, 9.8 и 10.9. Предполагается достижение такого же уровня упрочнения, как и при термическом упрочнении, что позволит исключить его из производственного цикла изготовления готовых деталей [3, с 190].

Однако предлагаемое техническое решение не исключает полностью термическое упрочнение, которое остается как предварительная термическая обработка –

патентирование, упрочняющий эффект которого усиливается в результате последующего окончательного волочения [5, с. 29].

Список литературы:

1. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Анализ качества проката для холодной высадки крепежных изделий // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. №8 (часть 2). С. 111-116.
2. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Влияние химического состава и структуры стали на качество проката для изготовления болтов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. №8 (часть 2). С. 87-93.
3. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Упрочняющая обработка проката для крепежа с целью снижения его стоимости // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. №8 (часть 2). С. 107-111.
4. Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Основные направления развития производства высокопрочного крепежа // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. №8 (часть 4). С. 30-36.
5. Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Ресурсосберегающая подготовка стального проката к холодной высадке крепежных изделий // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. №8 (часть 4). С. 23-30.
6. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Влияние степени деформации с последующим патентированием на механические характеристики горячекатаной стали 40Х // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. №10 (часть 3). С. 33-41.
7. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Устойчивость аустенита при разных температурах и механические свойства горячекатаной стали 40Х // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. №10 (часть 3). С. 27-33.
8. Филиппов А.А., Пачурин Г.В. Влияние температуры патентирования после обжатия с разной степенью на механические свойства проката стали 40Х // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. №11 (часть 2). С. 182-191.
9. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Чиненков С.В. Формирование структурно-механических свойств стальных заготовок для упрочненных болтов: Монография. – НГТУ. – Н. Новгород, 2012. – 151 с.
10. Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Чиненков С.В., Власов В.А., Меженин Н.А. Ресурсосберегающая подготовка заготовок для упрочненных болтов: учеб. Пособие / А.А. Филиппов [и др.]; под общей редакцией Г.В. Пачурина, Нижегород. Гос. Техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2013. – 154 с.

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТОРМОЗНЫХ ЛОКОМОТИВНЫХ КОЛОДОК ИЗ СЕРОГО ЧУГУНА

Климов Анатолий Александрович
канд.техн.наук, доцент кафедры «Эксплуатация железных дорог» КрИЖТ ИрГУПС, г.Красноярск
Домнин Сергей Владимирович
преподаватель Красноярского техникума железнодоржного транспорта, г.Красноярск
Хацкевич Денис Сергеевич
инженер по электропоездам Красноярского ЭВРЗ, аспирант КрИЖТ ИрГУПС, г.Красноярск

Наиболее важными показателями, определяющими нормальный износ трибологической пары «колесо-колодка» является твердость тормозной колодки [1], стабильность этого показателя по сечению колодки и небольшой разброс твердости по отдельным колодкам. Это определяется тем, что твердость колодки определяет величину износа, изменения твердости по сечению приводит к качественному изменению процессов трения, а большой разброс твердости по колодкам приводит к недоиспользованию материала части колодок.

Твердость тормозных чугунных колодок зависит от внутренней структуры. Основные составляющие этой структуры феррит, перлит, графит, цементит, кроме того присутствующие в чугуне примеси, образуют карбиды, а фосфор образует фосфидные эвтектики.

В соответствии с ГОСТ 30249-97 [2] в локомотивных колодках типа «М» допускаются отклонения в содержании углерода от 2,7 до 3,4%, при этом перлит имеет стабильную твердость, а изменения твердости материала определяются в основном свободным цементитом и фосфидными эвтектиками. При этом увеличение содержания углерода сказывается на количестве свободного цементита. Твердость тормозной локомотивной колодки для чугуна марки «М», согласно тому же стандарту, должна соответствовать 229 – 302 НВ.

На основании массовых проверок твердости новых и изношенных колодок на Красноярской железной дороге установлено, что их брак по твердости достигает 25%, при этом около 4 % имеют твердость на глубине 2 мм до 600НВ [3]. В процессе эксплуатации таких колодок происходит повышенный износ поверхности катания бандажа сопровождаемый сильным искрением при торможении. При их эксплуатации выявляется высокая степень трещинообразования, выкрашивание металла. Их структура представляет собой белый или отбеленный чугун, что свидетельствует о нарушениях технологического процесса литья.

Наряду с колодками повышенной твердости до 12-13% колодок имеют твердость заниженную иногда до 100НВ, что приводит к повышенному расходу материала колодок в условиях трения. Досрочная замена колодок сильно искрящих при торможении (особенно твердых) и сильно изношенных (очень низкой твердости) приводит к потере рабочего времени (экономическим потерям), потере чугуна из-за различной степени износа колодок.

Для снижения износа бандажей внедряются новые материалы из дорогостоящей хромистой стали [4]. Повышенные износы бандажей с искажением поверхности катания приводят к необходимости проточки [5], а это еще более уменьшает срок службы бандажей.

На основании предварительных теоретических разработок было установлено, что, не изменяя химический состав исходного чугуна и технологию производства, добиться стабильной твердости можно только переводом структуры колодки в феррито - графитовую. При этом твердость феррита будет стабильной, а изменения содержания углерода приведет к количественному изменению графитовой составляющей за счет перевода свободного цементита и цементита, связанного в перлите в свободный графит.

Ферритная металлическая матрица будет составлять до НВ230, за счет легирования этой матрицы присутствующими в составе кремнием, марганцем фосфором может достигать НВ230, что соответствует нижнему пределу стандартной твердости.

Для исследования влияния структуры и твердости тормозных локомотивных колодок на износ бандажей в условиях эксплуатации нами были проведены сравнительные исследования на одном электровозе-толкаче на станции Бискамжа Красноярской железной дороги. Для исследования были отобраны 48 тормозных колодок и разделены на три группы (по 16 шт) по твердости:

1 группа - среднестатистическая твердость, 248НВ;

2 группа – повышенная твердость, 295НВ;

3 группа – средняя твердость (для изготовления экспериментальной структуры) 263НВ.

Третья группа колодок была обработана высокотемпературным графитизирующим отжигом при температуре 950°С с выдержкой 2 часа и охлаждением вместе с печью. В результате такой обработки была получена экспериментальная структура чугуна феррито-графитная.

Максимальная сравнимость износа бандажей каждой группой колодок достигалась их расстановкой на электровозе (рис. 1).

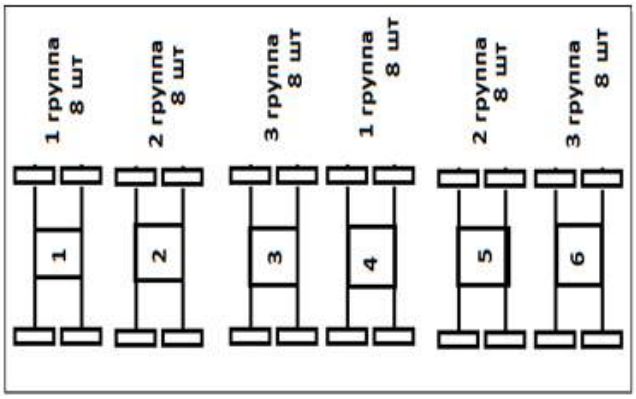


Рисунок 1. Схема установки колодок на электровозе.

Перед установкой тормозных колодок:

Измерялась величина фактического износа геометрических параметров (толщина бандажа, толщина гребня, величина проката) бандажей всех колесных пар. Места измерений отмечались рисками на боковой поверхности бандажа краской желтого цвета. Входные измерения проведены 03.07.2013. Электровоз, оборудованный экспериментальными колодками, работал на ст. Бискамжа в течение срока испытаний с 3 июля по 20 августа. На каждом ТО-2 производились замеры износа тормозных колодок. Износ бандажей измерялся на ТО-2 30 августа 2013 года. Все измерения вносились в журнал учета.

В результате эксплуатационных исследований на электровозе-толкаче до полного износа было установлено, что в первой группе колодок средний износ составил 1,525 мм, во второй группе – 2,7 мм, в третьей группе - 0,788 мм (рис.2).

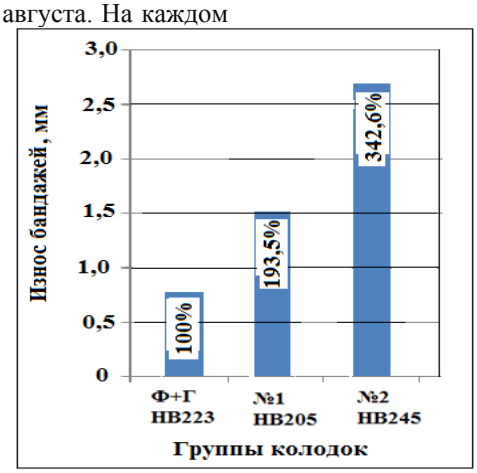


Рисунок 2. Износ бандажей в среднем по группам колодок.

Таким образом, износ толщины бандажей колодками второй группы в 3,5 раза, а колодками первой группы почти в 2 раза больше, чем колодками с экспериментальной структурой. Кроме того, износ бандажей колодками с экспериментальной структурой более стабильный, с меньшим разбросом по отдельным колодкам: максимальный износ бандажа в первой группе достигал 3,7 мм (в 2,4 раза больше среднего), во второй группе – 5,6 мм

(в 2,1 раза больше среднего), в группе экспериментальных колодок 1,1 мм (в 1,4 раза больше среднего).

В результате измерений толщины гребней колес до и после эксперимента было установлено, что в первой группе колодок средний износ составил 1,575 мм, во второй группе – 1,75 мм, в третьей (экспериментальной) группе -1,025 мм (рис.3). Следовательно, средний износ толщины гребней в первой группе тормозных колодок в 1,54 раза, а во второй группе в 1,71 раза выше, чем в группе экспериментальных колодок.

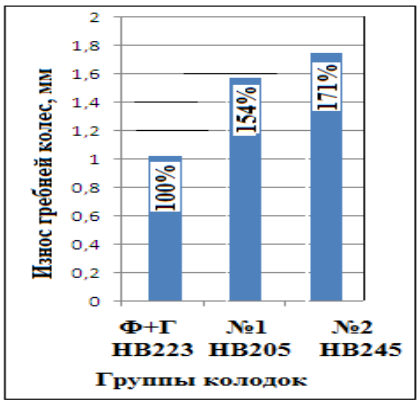


Рисунок 3. Износ гребней колес в среднем по группам колодок.

Для анализа влияния твердости колодок и структуры на качество износа нами были проведены исследования поверхности износа колодок. Были измерены площади притиров (синие пятна) и выявлены следы задиров (наличие металла бандажа на поверхности износа колодок).

В результате было установлено, что в первой труппе колодок (стандартная структура пониженной твердости) на каждой из них количество притиров изменялось от 3 до 11 и составило в среднем по группе 8 штук. Площадь притиров изменялась от 23,25 см^2 до 101,02 см2, средняя площадь составила 44,14 см^2. Площадь притиров изменялась от 6,73% до 29,45% от рабочей площади колодки, в среднем составила 13%. 25% колодок имели наслоение металла от бандажа колеса (задиры) (рис. 4).

Исследование трещинообразования на поверхности износа отработанных в процессе эксплуатационных испытаний тормозных колодок до предельного износа на электровозе-толкаче показало, что трещинообразование материала колодок напрямую зависит от количества связанного углерода и микроструктуры.

Рисунок 4. Зависимость количества следов износа на поверхностях исследованных колодок от твердости (в среднем по группам).

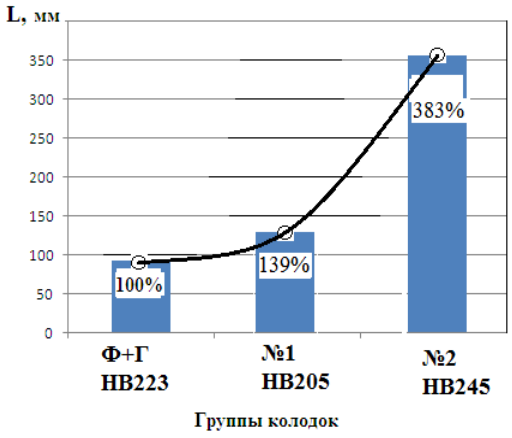


Рисунок 5. Средняя длина трещин на поверхности колодок.

На рис. 5 приведен график изменения средней суммарной длины трещин для трех групп колодок. Как видно из представленного графика с повышением твердости колодок со стандартной структурой резко повышается трещинообразование, повышение твердости на 20% приводит к увеличению трещинообразования на 283%. Структура Ф+Г тормозных колодок имеет высокую степень равномерности, это доказывает изучение характера трещин. Если на поверхности колодок №1 и №2 образуются множество мелких трещин, образующих сеточную структуру, то на поверхности экспериментальных колодок это трещины поперечные, возникшие от неравномерных радиальных усилий, являющихся следствием плохого прилегания спинки колодки.

Анализ остаточного ресурса тормозных колодок по толщине показывает, что он зависит от твердости независимо от структуры. Также можно сделать вывод о том, что в процессе эксплуатации в совершенно одинаковых условиях ресурс тормозных колодок со структурой Ф+Г недоиспользован на 17%, а ресурс тормозных колодок повышенной твердости со стандартной структурой (вторая группа) недоиспользован на 33%.

Результаты измерения остаточного ресурса тормозных колодок по толщине приведены на рис. 6.

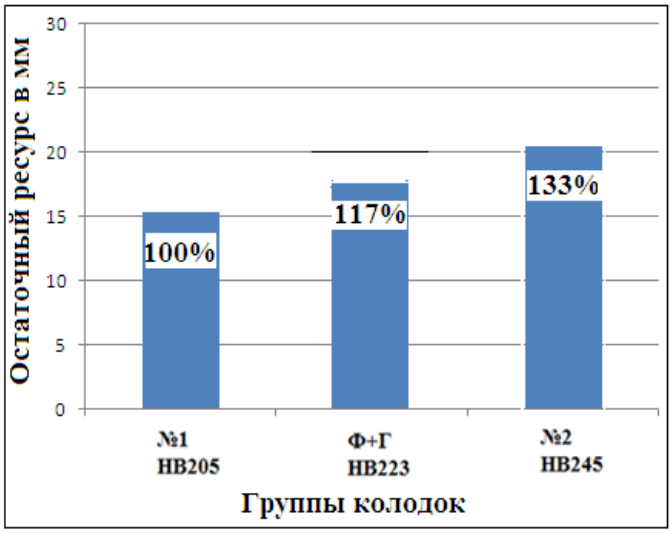


Рисунок 6. Остаточный ресурс колодок по толщине в среднем по группам колодок в мм.

В результате проведенных сравнительных эксплуатационных исследований локомотивных тормозных чугунных колодок со стандартной структурой (П+Г+Ц+Ф.э) и экспериментальной структурой (Ф+Г) было установлено:

1. Применение стабильной структуры Ф+Г тормозной колодки положительно сказывается на улучшении всех трибологических показателей:
   - износ толщины бандажей колодками второй группы в 3,5 раза, а колодками первой группы почти в 2 раза больше, чем колодками с экспериментальной структурой;
   - средний износ толщины гребней в первой группе тормозных колодок в 1,54 раза, а во второй группе в 1,71 раза выше, чем в группе экспериментальных колодок.
2. Остаточный ресурс материала по толщине колодки зависят от твердости и не зависят от структуры, при этом одновременное использование (на одном локомотиве) тормозных колодок разной твердости приводят к недоиспользованию их материала до 33%.
3. Увеличение твердости тормозных локомотивных колодок за счет увеличения связанного углерода не приводят к увеличению их прочности, наоборот, при этом увеличивается трещинообразование и разрушение материала колодок. Изменение структуры чугуна на более устойчивую, феррито-графитовую, обеспечивает стабильность твердости по сечению колодки и существенное увеличение прочности чугуна, а значит более эффективное использование материала колодок.

Список литературы

1. Коротаев Б.В. Основы трибологии. Ч.2. Виды изнашивания деталей машин: учебное пособие. – Иркутск: ИрГУПС, 2009. – 104 с.
2. Колодки тормозные чугунные для локомотивов. Технические условия: ГОСТ 30249-97. Межгосударственный стандарт. – Введ. 1999-07-01. - Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: ФГУП «Стандартинформ», 2005. – 11 с.
3. Климов А.А., Домнин С.В. Отчет по НИР. рег. №И130625053745. КрИЖТ ИрГУПС Красноярск. 2013. 57с.
4. Сухов А.В. и др. «Локомотивные бандажи марки 4» ж. «Железнодорожный транспорт» №2, 2012, с. 58-61.
5. Бисерикан М.И. и др. «Совершенствование обточки колес подвижного состава с усталостными дефектами». Омский научный вестник. №2, 2012, с. 120-124.

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ СОВРЕМЕННОЙ ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ В АВТОШКОЛЕ

Кораблин Анатолий Викторович
Доцент, канд.техн. наук, ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань, зав. кафедрой «Техника и технологии наземного транспорта»
Джахъяева Светлана Борисовна
Канд.техн. наук, ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань, доцент кафедры «Техника и технологии наземного транспорта»
Климова Екатерина Владимировна
Канд.техн. наук, ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный технический университет», г. Астрахань, ст. преподаватель кафедры «Техника и технологии наземного транспорта»

За последние десятилетия проблема обеспечения безопасности движения в Российской Федерации стала особенно острой из-за значительного роста в транспортном потоке доли легковых и легких грузовых автомобилей, увеличения интенсивности движения, которые значительно усложняют процесс движения смешанного транспортного потока. Ежегодно на автомобильных дорогах страны происходит свыше 150 тысяч дорожно-транспортных происшествий, в которых гибнет в среднем более 30 тысяч и получают ранения примерно 200 тысяч человек [4, с. 109]. В 70 - 80% случаев причиной происшествий становится человеческий фактор. Социальные и экономические потери при такой аварийности на дорогах трудно переоценить.

В этих условиях первым шагом к снижению рисков аварийных ситуаций по вине человека следует считать оценку уровня профессионально важных психологических качеств (ПВК). Как следствие, остро встает вопрос о качестве подготовки водителей с учетом современных условий. В 2014 году были обновлены нормативно-правовые акты, ужесточившие требования к организации обучения водителей. В частности обязательной стала психологическая подготовка кандидатов в водители.

Психические и физиологические особенности человека влияют на мышление, определяют его поведение, внимание, реакции и восприимчивость к окружающей среде, оказывая значимое влияние на действия водителя в дорожных условиях.

Так, благодаря ощущению, как исходному психическому процессу приема информации, водитель обнаруживает предметы и явления и судит об их свойствах. На основе ощущений формируется более сложный психический процесс - восприятие, посредством которого в сознании отражаются свойства предметов и явлений во взаимосвязи в виде единого образа [3, с. 203]. Например, в результате комплекса ощущений (зрительных, слуховых, вибрационных и мышечно-кожных) у водителя формируется так называемое «чувство машины», при котором водитель воспринимает даже небольшое изменение в положении автомобиля или скорости его движения.

Мышление дает возможность предвидеть предстоящий ход событий в результате своих действий и действий других людей. Для водителей характерно так называемое оперативное мышление, возникающее в ходе практической деятельности и направленное на достижение ближайшей цели. Особенность мышления в условиях интенсивного движения заключается в том, что время для осмысливания дорожной обстановки и выработки решения крайне ограничено, а принятое решение должно быть немедленно выполнено [7, с. 331]. Для оценки дорожной обстановки водитель должен воспринять ее элементы и их взаимное расположение, после чего сравнить с подобной ситуацией, наблюдавшейся им раньше и сохранившейся в памяти. Такое сравнение дает возможность сделать правильное заключение.

Еще один необходимый элемент водительского мастерства – прогнозирование. В его основе лежит умозаключение, являющееся высшей формой мышления [2, с. 98]. Оно позволяет предвидеть изменение дорожной обстановки и с помощью целенаправленных действий предупредить возникновение опасных ситуаций.

Для точного запоминания особенностей нового маршрута, ориентирования на знакомой местности, отделения существенной информации от несущественной важна хорошая долговременная, кратковременная и зрительная память, выбор формы которой зависит от конкретной задачи. Развитие двигательной памяти позволяет формировать и автоматизировать двигательные навыки, что особенно важно при движении на высокой скорости в сложных условиях.

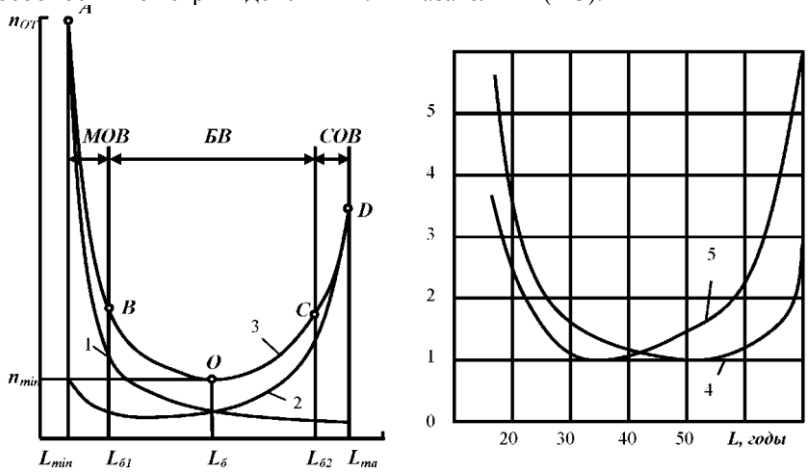
Безопасность на дороге зависит от быстроты действий, выполняемых в ответ на различные раздражители. Так, водитель автоматически нажимает на педаль тормоза или педаль управления дроссельной заслонкой, поворачивает рулевое колесо, переключает передачи, нажимает кнопку сигнала и т. п. Такие ответные действия называют психомоторными реакциями [3, с. 177]. Реакции водителя при управлении автомобилем характеризуются правильностью, точностью, своевременностью и скоростью. Эффективность ответных действий зависит от скорости их формирования, оцениваемой временем реакции, и исполнения. Время реакции включает промежутки времени, необходимые водителю для приема и переработки информации, поэтому, зная его, можно оценить основные психофизиологические свойства водителя как оператора. Время реакции может изменяться по мере приобретения профессионального опыта, а также в результате тренировки.

Время реакции состоит из двух периодов: латентного (скрытого), который измеряется временем от момента появления раздражителя до начала движения, и моторного, измеряемого временем движения [2, с. 201]. В течение латентного периода протекают процессы, связанные с ощущением и восприятием, оценкой и прогнозированием обстановки, а также выработкой решения. Примерная продолжительность латентного периода простой реакции на свет составляет 0,2с, а на звук - 0,14с [2, с. 202]. Латентный период зависит от индивидуальных психофизиологических особенностей водителя, его состояния и опыта, а также от характера дорожно-транспортной ситуации. Время моторного периода зависит от сложности выполняемого действия, возраста водителя, а также от степени неожиданности сигнала. Среднее время моторного

периода простой реакции водителя (в лабораторных условиях) на красный сигнал светофора в возрасте 18-22 лет равно 0,48-0,56с, в возрасте 45-60 лет - 0,78-1,96с, а сложной реакции - соответственно 1,05-1,96 и 1,59-2,61с [6, с. 95].

Изменение возраста водителя определяет две тенденции, влияющие на качество вождения. Его оценивают по как отношение числа ДТП к суммарному пробегу автомобилей за определенный срок. Одна из тенденций - неопытность и азарт молодого водителя, приводящие к увеличению числа ДТП (рост кривой 1, рис. 1) [7, с.197]. Другая - возможность молодых водителей принимать решения (латентный период) и реализовывать их (моторный период) в более короткие сроки. Это объясняется возможностью быстро принимать и перерабатывать информацию о дорожной обстановке, умением «читать» и предвидеть ее развитие, а также от способности к быстрым действиям. С увеличением возраста водителя моторный период начинает расти, и накопленный за годы опыт вождения перестает его компенсировать (рост кривой 2, рис. 1). Возрастная характеристика водителей (суммарная кривая 3, рис. 1) имеет четко выраженные минимум и максимум при малом и значительном возрасте водителя.

На возрастной характеристике водителей можно выделить следующие характерные точки: A, D - максимум ДТП и O - минимум ДТП; кроме того, точки B и C определяют границы приемлемого повышения уровня ДТП по сравнению с минимальным. Возрастная характеристика водителя позволяет определить не только возрастные интервалы «безопасного водителя», но коэффициенты опасности, показывающие, во сколько раз увеличивается число ДТП при том или ином возрасте водителя (например, МОВ или СОВ) по сравнению с лучшими для них показателями (ВС).



а) б)

Рисунок 1. Возрастные характеристики водителей
а – общая характеристика: МОВ и СОВ - соответственно младший и старший опасный возраст; БВ - безопасный возраст; б – средняя характеристика: 4 – мужчины, 5 – женщины.

Установлено, что нижняя граница безопасного возраста водителей мужчин 26 - 34 года, для женщин - водителей безопасный возраст наступает уже с 23 - 27 лет. Возраст, когда число тяжелых ДТП достигнет минимума, наступает сравнительно поздно и составляет 45 - 53 года у мужчин и 36 - 43 года у женщин [7, с. 203]. Это совпадает с наблюдаемым па практике возрастом наиболее надежных и безопасных водителей.

Описанные выше факторы обуславливают надежность водителя. Под данным термином понимают его способность безошибочно управлять автомобилем в любых дорожных условиях в течение всего рабочего времени. К основным параметрам, определяющим надежность водителя, относятся его профессиональная пригодность, подготовленность и работоспособность.

Профессиональное мастерство - это умение водителя быстро и точно оценить дорожную обстановку, спрогнозировать ее развитие, своевременно и правильно использовать технические возможности автомобиля в самых сложных и неожиданных дорожных ситуациях. Высокая значимость профессионального мастерства для безопасности дорожного движения подтверждается большим количеством ДТП, возникающих из-за ошибок молодых неопытных водителей.

Пригодность водителей определяется состоянием здоровья (при медицинском освидетельствовании) и психофизиологическими качествами. Психофизиологическая пригодность - это соответствие психофизиологических и личностных качеств, требованиям водительской деятельности. Нередко такие качества водителей, как воля, самообладание, смелость, решительность, быстрая сообразительность, скорость восприятия и реакций решают исход аварийной ситуации. В основе этих и других важных для надежной деятельности водителя качеств лежат особенности протекания его психических процессов.

Подготовленность водителей определяется уровнем их профессиональных знаний и навыков, которые приобретаются в процессе обучения и последующей профессиональной деятельности. Хорошая подготовка водителей выражается в наличии широкого диапазона навыков, обеспечивающих правильные и своевременные действия в критических дорожных ситуациях. Она позволяет максимально использовать технические возможности автомобиля и безошибочно, с минимальной затратой сил управлять им; правильно оценивать и своевременно предвидеть возможные изменения дорожной обстановки и предупреждать возникновение аварийных ситуаций; управлять автомобилем в сложных условиях.

Надежность водителя в значительной степени зависит от таких его нравственных качеств, как дисциплинированность, чувство ответственности, коллективизм. Трудолюбие, чуткое отношение к людям, скромность – качества, присущие хорошим и надежным водителям.

Недисциплинированность водителя чаще всего проявляется в игнорировании требований Правил дорожного движения. Водитель должен заботиться не только о

личной безопасности, но и о безопасности других участников движения. Очень важна взаимная предупредительность участников движения, отсутствие которой связано не только с нарушением предписаний Правил, но и свидетельствует об отсутствии или недостатках воспитания, что характерно для многих водителей. Вежливый водитель всегда считается с другими участниками движения при выборе приемов вождения, владеет собой, старается по возможности избегать осложнений, а при возникновении их пытается разрешить ситуацию безопасным путем. Вежливый водитель - это, прежде всего, думающий и внимательный водитель.

Управление транспортным средством – главенствующая и наиболее ответственная часть деятельности водителя. Он является главным звеном системы «водитель — автомобиль — дорога — среда» - ее оператором. Трудовые процессы, выполняемые им при движении автомобиля, типичны для деятельности операторов других сложных систем (дежурный пульта управления энергосистемой, пилот и др.) [1, с. 49]. Однако в отличие от других операторов, которые полагаются на показания высокоточных приборов, водитель получает информацию путем непосредственного наблюдения за дорожной обстановкой. В данном аспекте индивидуальные психофизиологические особенности часто становятся решающим фактором при принятии решений на дороге, от которых зависит безопасность движения.

Ежегодно растет частный автомобильный парк и число лиц, впервые примеривших на себя новую специальность водителя. Автошколы по всей стране активно выпускают новых обладателей заветного удостоверения на право управления транспортным средством. Единственным условием для поступления в автошколу является отсутствие медицинских противопоказаний, в остальных случаях автошкола не имеет право отказать в обучении. Возможность подбора учеников среди претендентов у автошкол отсутствует.

Для повышения уровня адаптивности к новым условиям, в которые будет погружен начинающий водитель на дороге, необходима психологическая подготовка с учетом индивидуальных особенностей личности ученика. Реализовать ее в условиях автошколы возможно посредством аппаратно-программного комплекса (АПК). Такой подход при подготовке водителей, машинистов железнодорожного транспорта и при осуществлении предрейсового контроля в автопарках на наземном транспорте практикуется в течение 15 лет в некоторых регионах страны и дает положительные результаты [1, с. 50; 5, с. 47].

АПК предназначен для тестирования и развития психофизиологических качеств кандидатов в водители. Посредством данного комплекса можно критериально определить психофизиологические и психологические особенности и соответствие кандидата требованиям профессиональной деятельности водителя, а также его потребности, мотивацию, особенности характера и поведения, межличностные отношения и другие психологические характеристики обследуемого.

В автошколе ООО «Импульс» г. Астрахани на начальном и завершающем этапах обучения кандидатов в водители проводится психодиагностическое исследование на АПК УПБК-МК ТА-2. Данный комплекс в рамках процедуры психофизиологического обследования позволяет сделать «зримыми» ПВК и уровень психологической готовности к дорожным условиям. Тренировочные методики комплекса содержат задания, требующие своевременно обнаруживать и правильно реагировать на различные сигналы в условиях отвлекающих факторов и дефицита времени на принятие решения. Способность к точному восприятию и своевременному реагированию совершенствуется с помощью тренировки избирательности и концентрации внимания, распределения и переключения внимания, памяти на образы и символы, навыков самоконтроля, гибкости темпа действий, устойчивости к монотонии [1, с. 50].

Проведение тестирования кандидатов в водители в автошколе ООО «Импульс» на начальном этапе обучения позволяет определить уровень развития необходимых ПВК. В период исследования (январь – ноябрь 2014г.) при входном контроле более 35% кандидатов показали слабо выраженные ПВК. Для учеников, показавших по отдельным характеристикам результаты ниже нормы, психологом индивидуально разрабатывается специальная психологическая корректировка и тренировка ПВК.

На завершающем этапе обучения психологом автошколы проводится повторное тестирование обучающихся. В результате исследования за 2014г. в 85 - 90% случаях у кандидатов в водители выявлена положительная динамика их психоэмоционального состояния и повышение уровня психологической готовности к сложным ситуациям на дороге. В конце обучения за тот же период выявлено 10 - 15% лиц со слабовыраженными ПВК.

Мерой, повышающей эффективность психофизиологической диагностики в автошколе, является разработка рекомендаций для инструкторов с учетом индивидуальных особенностей учеников. Таким образом, практическое обучение инструкторы проводят с дополнительной наработкой индивидуально необходимых навыков для уверенного поведения на дороге. Данный подход позволяет дополнительно снизить количество учеников со слабыми ПВК до 4 – 5%.

Накопленный положительный опыт использования психофизиологического комплекса УПБК-МК ТА-2 в автошколе ООО «Импульс» г. Астрахани дает основания судить о перспективности и целесообразности дальнейшей разработки этого направления психологических методов высококачественной подготовки водителей. Однако в настоящее время на законодательном уровне не закреплена необходимость использования подобного оборудования в автошколах. Вместе с тем широкое внедрение АПК позволит выявлять под контролем специалистов характеристики личности обучаемых. Это даст возможность специалисту разработать рекомендации с учетом возрастных и психических особенностей кандидата в водители, позволяющие скорректировать работу инструктора в процессе индивидуального обучения практическому вождению. Кроме того, тестирование позволит использовать профессиональные методы для подготовки обучающихся к психологически грамотному поведению в условиях интенсивного дорожного движения и дать рекомендации ученику по наработке отдельных качеств, необходимых для безопасного управления транспортным средством.

Список литературы:

1. Бонч-Бруевич В.В., Кремез С.А., Чирков Б.П. Развитие профессионально важных навыков с помощью психофизиологического тренажера / Автоматизация в промышленности. №6. 2008. – С. 49 – 51.
2. Дружинин В.Н. Психология общих способностей. Серия: Мастера психологии. И.: Питер, 1999. – 355с.

3. Карвасарский Б.Д. Клиническая психология: учебник. И.: СПб, 2002. –956с.
4. Кравченко Л.А., Науменко М.А., Берека И.А. Влияние дорожных условий на надежность работы водителя // Проблемы автомобильно-дорожного комплекса России: организация автомобильных перевозок и безопасность дорожного движения: Материалы X международной заочной научно-технической конференции. Ч.1 - Пенза. 2014. – С. 109 – 113.
5. Кремез А.С., Бонч-Бруевича В.В. Психологические аспекты безопасности деятельности оперативного персонала технологических установок / Автоматизация в промышленности. №7, – 2011. – С. 43 - 48
6. Управляемость и активная безопасность автомобиля (водителю, механику, инженеру) / И.В.Ходес. – Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2010. –140 с.
7. Чванов В.В. Методы оценки и повышения безопасности дорожного движения с учетом условий работы водителя. М.: ИНФРА, 2010. – 416 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕННОСТИ В ПРОЕКТАХ ДЛЯ ИХ УЧАСТНИКОВ

Крючкова Анна Андреевна
Аспирантка кафедры системного анализа и логистики Одесского национального морского университета, г. Одесса, Украина.

Вступление. Ценностью можно назвать то, что обладает особой важностью для человека, и то, что он готов оберегать и защищать от посягательств и разрушения со стороны других людей. Свои личностные ценности есть у каждого человека. Среди этих ценностей есть уникальные, характерные только для данного индивида, и ценности, которые объединяют его с определенной категорией людей. Наличие общих ценностей помогает людям понимать друг друга, сотрудничать и оказывать помощь и поддержку. Отсутствие общих ценностей, или противоречие ценностей разделяет людей по лагерям, превращает их в оппонентов, соперников и противников. Именно поэтому современная теория и практика управления проектами уделяет серьезное внимание вопросам управления ценностями в проектах.

Исследованию ценности в проектах посвящены работы Ф.А. Ярошенко, С.Д. Бушуева, Т.А. Воркут, Г.Ю. Кучерук, А.В. Бондарь, Н.Ю. Ожерельева и др. Но оценка ценности в проектах для каждого участника логистической системы так и не проводилась.

Постановка задачи. Целью статьи является научный анализ и определение ценности для участников проекта.

Результаты. Ценность проекта связана с выгодами, которые продукт проекта формирует, при условии удовлетворенности всех требований миссии проекта. Ценность является многомерным индикатором. Управление ценностью проектов максимизирует ценность для заинтересованных сторон. Проект выступает как обязательство создать ценность, основанную на миссии проекта, которая должна быть выполнена в определенный период, в рамках согласованного времени, ресурсов и условий эксплуатации, рис. 1.

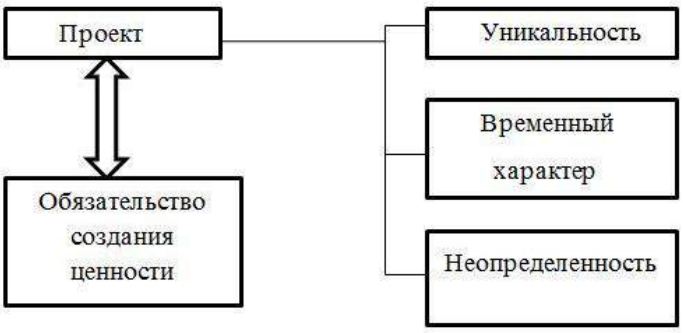


Рисунок 1. Миссия проекта с позиции создания ценности

Проекты являются неповторимыми и уникальными. «Проект реализует определенную миссию и цели собственника согласно его позиции, что ведет к созданию новой ценности, обогащенной уникальностью, отличительными чертами и инновациями. Действия, создающие ценность проекта, можно определить как действия, направленные на создание ценностей, удовлетворяющих потребности людей, государства, промышленности и общества, осуществляемых индивидом или группой людей на основе интеллектуальных, физических и финансовых ресурсов» [1, с. 21-22].

В практике управления ценностью, как правило, рассматривают следующие три функции:

– выявить ценность - идентифицировать ценность продукта проекта или его результата;
– скопировать носитель ценности - имитация и копирование продукта, несущего в себе ценность - физического носителя ценности. Суть такого подхода — производить то, что заведомо пользуется спросом и экспериментировать с таким продуктом, пытаясь найти свою исключительную ценность и стоимость, определяющие уникальную рыночную нишу;
– навязать ценность – используется субъективное свойство ценности. Если потребитель не видел продукт с необходимыми потребительскими качествами, то он для него ценности не представляет. Для того чтобы потребители стали покупать определенные продукты их следует убедить, что совокупность потребительских качеств такого товара

является жизненно важной с точки зрения характеристик.

«Управление ценностями как элемент управления человеческими ресурсами включает в себя выявление, формирование и культивирование ценностей, которые, с одной стороны, соответствуют стратегии компании, с другой стороны, разделяются теми, кто представляет собой человеческий ресурс реализации выбранной стратегии. Управление ценностями ориентировано на внешнюю среду и на внутреннюю среду компании» [1, с. 1].

Участники проекта — основной элемент его структуры, так как именно они обеспечивают реализацию его замысла. В зависимости от типа проекта, в его реализации могут принимать участие от одной до нескольких десятков, иногда сотен организаций. У каждой из них свои функции, степень участия в проекте и мера ответственности за его будущность.

Главный участник — заказчик — будущий владелец и пользователь результатов проекта. В качестве такового может выступать и физическое, и юридическое лицо. При этом заказчиком бывает как одна единственная организация, так и несколько, объединивших усилия, интересы и капиталы для реализации проекта и использования его результатов.

Заказчиками (застройщиками) могут быть инвесторы, а также иные физические и юридические лица, уполномоченные инвесторами осуществлять реализацию инвестиционных проектов.

Не менее важная роль принадлежит инвестору — стороне, вкладывающей средства в проект. В некоторых случаях это — одно лицо с заказчиком. Если инвестор и заказчик — не одно и то же лицо, инвестор заключает договор с заказчиком, контролирует выполнение контрактов и осуществляет расчеты с другими участниками проекта. Инвесторами могут выступать:

- органы, уполномоченные управлять государственным и муниципальным имуществом;
- организации и предприятия, предпринимательские объединения, общественные организации и другие юридические лица всех форм собственности;
- международные организации, иностранные юридические лица;
- физические лица — граждане Украины и иностранные граждане.

Проектно-сметную документацию разрабатывают специализированные проектные организации, обобщенно называемые проектировщиком. При этом ответственной за выполнение всего комплекса этих работ обычно является одна организация, называемая генеральным проектировщиком. Материально-техническое обеспечение проекта (закупки и поставки) обеспечивают организации-поставщики, которые можно объединить под общим названием - поставщик.

Подрядчик — юридическое лицо, несущее ответственность за выполнение работ в соответствии с контрактом.

В последние годы реалии рыночной экономики и методы управления проектами заставили дополнить состав участников проекта новыми лицами.

В первую очередь, это фирмы и специалисты, привлекаемые на контрактных условиях для оказания консультационных услуг другим участникам проекта по всем вопросам его реализации. Их обобщенно называют - консультантом. Следует упомянуть еще о лицензиаре — юридическом или физическом лице — обладателем лицензий и «ноу-хау», используемых в проекте. Лицензиар предоставляет, как правило, на коммерческих условиях, право использования в проекте необходимых научно-технических достижений.

Также следует отметить важнейшую роль банка — одного из основных инвесторов, обеспечивающих финансирование проекта. В обязанности банка входит непрерывное обеспечение проекта денежными средствами, а также кредитование генподрядчика для расчетов с субподрядчиками, если у заказчика нет необходимых средств.

Особое место в осуществлении проекта занимает его руководитель. Это — юридическое лицо, которому заказчик, инвестор, или другой участник проекта делегируют полномочия по руководству работами по проекту: планированию, контролю и координации работ участников проекта.

Вывод. Управление проектами должно основываться на профессиональных способностях и действиях, создающих ценности для достижения целей проекта и решения его задач. Для развития таких компетенций необходимо сформировать общее видение и понимание сфер знаний, лежащих в основе управления проектами.

В управлении проектами также чрезвычайно важно гармонизировать широкий спектр целей заинтересованных сторон: спонсоров проекта, инвесторов, владельцев проекта, членов команды проекта, подрядчиков, субподрядчиков, регулирующих органов, общественных организаций, которые в большей или меньшей степени относятся к проектному сообществу. Разнообразие целей отражает различные ожидания участников проекта от реализации миссии проекта. Ценность проекта может быть создана в момент достижения этих целей.

Таким образом, проблема определения ценности в проектах, является одной из наиболее актуальных и первоочередных при его создании.

Список литературы:

1. Ярошенко Ф.А., Бушуев С.Д., Танака Х. Управление инновационными проектами и программами на основе системы знаний P2M: монография. К.: «Саммит-Книга», 2012. – 272 с.
2. Яхонтова Е.С. Управление ценностями как элемент управления человеческими ресурсами компании: статья. Электронный ресурс – Режим доступа:http://www.mevriz.ru/articles/2003/4/1784.html . – Загл. с экрана.

ЗВУКОПОГЛОЩАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА

Кочетов Олег Савельевич
Профессор, д.т.н., Московский государственный университет приборостроения и информатики

Шум является одним из вредных производственных факторов, оказывающих негативное влияние на операторов [1, с.25]. Автором разработана программа расчета уровней звукового давления на ПЭВМ в среде «Excel» [4, с.65]. Расчет выполнен для производственного помещения резиноплеточного цеха АООТ « Московская чулочная

фабрика им. Н.Э.Баумана», имеющего размеры: D×W×H (длина, ширина, высота цеха) =11,75×5,75×2,7 (м), в котором установлены 3 резиноплеточные машины типа ОРН-1 с габаритными размерами: длина $l_{мах}$ = 4,2 м; ширина l = 0,6 м; высота h = 1,8 м. Для определения уровней звукового давления на рабочих местах до акустической обработки помещения – L_1, дБ, проводились замеры акустических характеристик в цехе согласно требованиям ГОСТ 12.1.028-80 с помощью аппаратуры фирмы Брюль и Къер (Дания): микрофон 4131, шумомер 2203, октавные фильтры 1613 при режиме работы веретен – 9000 об/мин.

Исходными данными для расчета являются:

L_1 – уровни звукового давления на рабочих местах до акустической обработки помещения, дБ, $S_{опр}$ = 12 м^2 – площадь оконных и дверных проемов в цехе, $S_{огр}$ = 229,6 м^2 – площадь ограждающих поверхностей цеха, $S_{обл}$ = 150 м^2 – площадь звукопоглощающей облицовки стен и потолка, q = 0,044 шт/м^2 – плотность установки станков, $N_{общ}$ – общее число станков в цехе, $N_{пр}$ – число простаивающих станков (находящихся в капитальном ремонте или простаивающих по причине отсутствия сырья).

На рис.1 представлена схема акустической конструкции для снижения шума производственного помещения [2, с.17]. Она включает в себя каркас цеха (рис.1а), оконные 9 и дверные 10 проемы и акустические ограждения 1,2,3,4,5,6 в виде жестких и перфорированных стенок, между которыми расположен звукопоглощающий материал, а также штучные звукопоглотители 7 и 8, установленные над шумным оборудованием 11.

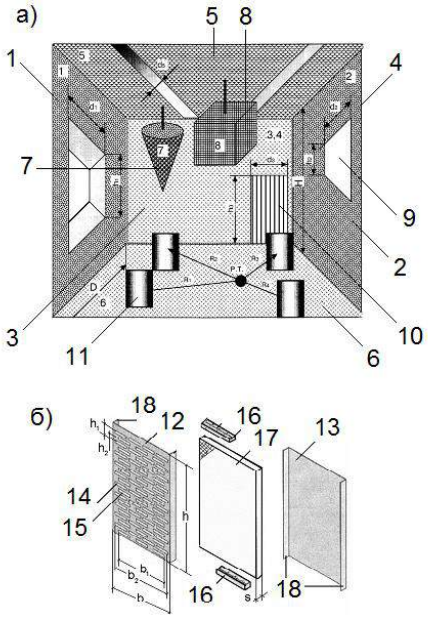


Рис.1. Схема акустической конструкции для снижения шума производственного помещения: а) – общий вид, б) - акустические шумопоглощающие панели

Оборудование 11 установлено на виброизолирующие опоры, а оконные проемы 9 содержат вакуумные звукоизолирующие стеклопакеты, при этом акустические ограждения выполнены в виде собранных в секции акустических шумопоглощающих панелей (рис.1б).

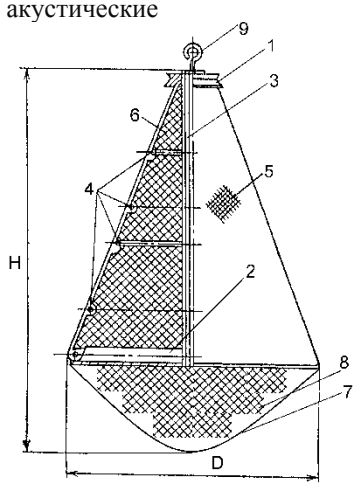


Рис.2. Конический штучный звукопоглотитель.

Акустические шумопоглощающие панели состоят из каркаса, который выполнен в виде параллелепипеда, образованного передней и задней 13 стенками панели, каждая из которых имеет П-образную форму, причем на передней стенке имеется щелевая перфорация 14 и 15, коэффициент перфорации которой принимается равным или более 0,25, а стенки панели фиксируются между собой вибродемпфирующими крышками 16, а в качестве звукопоглощающего материала звукопоглощающего элемента 17 используются плиты из минеральной ваты на базальтовой основе типа «Rockwool», или минеральной ваты типа «URSA». Боковые ребра 18 увеличивают жесткость

ограждения в целом. Звуковая энергия от оборудования 11, находящегося в помещении, пройдя через перфорированную стенку 12 ограждений 1,2,3,4,5,6 попадает на слои звукопоглощающего материала 17 (который может быть, как мягким, например из базальтового или стеклянного волокна, так и жестким, например камня-ракушечника). На рис.2 представлена схема конического штучного звукопоглотителя.

Конический штучный звукопоглотитель [3, с.24] состоит из жесткого каркаса, образованного фланцами 1 и 2, стянутыми стяжкой 3 и прикрепленными к каркасу кольцами 4. Каркас подвешивается за крючья 4 на тросах либо непосредственно крепится к потолку производственного здания. Внутри каркаса расположен звукопоглощающий материал 6, обернутый сетчатой капроновой тканью 5 или стеклотканью. В некоторых случаях поверх стеклоткани 5 к каркасу может быть прикреплен просечно-вытяжной стальной лист (на чертеже не показан). К нижнему фланцу 2 каркаса прикреплена полусфера или часть сферы 7 также содержащая звукопоглощающий материал, обернутый сетчатой капроновой тканью или стеклотканью, причем заполнение звукопоглощающим материалом может быть как с воздушными полостями 8, расположенными на периферии полусферы, так и внутри ее в шахматном порядке по трем координатным плоскостям. Отношение высоты поглотителя к его диаметру H:D лежит в оптимальном интервале величин H:D = 2:1…2:0,5. Каркас 1 подвешивается за крючья 9. При подвешивании должны соблюдаться оптимальные соотношения размеров: b – от центра каркаса до точки подвеса к потолку и m – расстояние между осями соседних каркасов, причем отношение этих размеров должно находиться в оптимальном интервале величин: b:m = 1:1…4:1.

При проведении расчетов на ПЭВМ исследовалась возможность применения (конструктивного размещения) и эффективность снижения шума по вышеизложенному методу с помощью облицовочных звукопоглощающих конструкций (стены и потолки, колонны) раздельно или в совокупности со штучными звукопоглощающими конструкциями на примере производственного помещения АООТ « Московская чулочная фабрика им. Н.Э.Баумана». При расчете по ориентировочному методу (с учетом плотности установки оборудования q, шт/м^2,) величины $\alpha_{обл}$ и $A_{шт}$ входят как составные части в величину площади ΔA дополнительного звукопоглощения в цехе. Для рассматриваемых условий размещения оконных и дверных проемов и оборудования (три станка модели ОРН-1) в цехе величина $S_{обл}$ является постоянной и максимальной (технически достижимой). Была исследована возможность как раздельного применения в цехе этих конструкций, так и совместного. Работа проводилась в три этапа.

Первый этап исследования заключался в возможности применения в качестве средств снижения шума только облицовочных звукопоглощающих конструкций, т.е. без применения штучных подвесных звукопоглотителей (Nшт =0), причем при расчетах варьировались акустические характеристики ($\alpha_{обл}$) различных конструкций звукопоглощающих облицовок. Из результатов расчета можно сделать вывод о том, что при равных условиях размещения в цехе, наиболее эффективными являются облицовки из супертонкого стекловолокна: № 11 и № 25 (см.табл.4.14 [1,с.105]), при этом рассматриваемая акустическая конструкция имеет более высокую эффективность в широком спектре частот на 2...3 дБ.

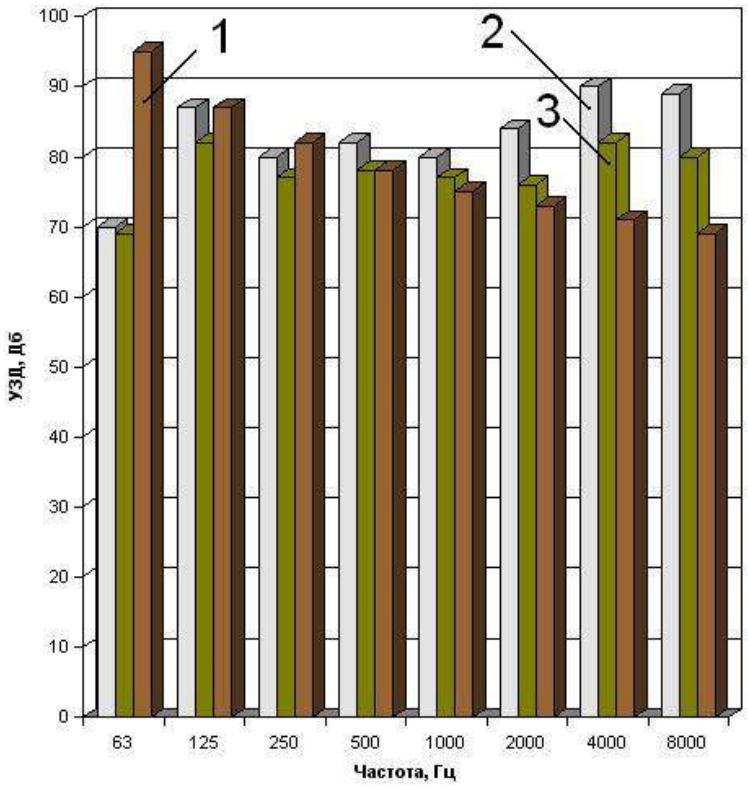


Рис.3. Уровни звукового давления, дБ, измеренные на рабочих местах исследуемого производственного помещения: 1 – санитарно-гигиенические нормативы, 2 – уровни звукового давления, дБ, акустически не обработанного помещения, 3 – уровни звукового давления, дБ, с использованием разработанных звукопоглощающих конструкций.

Второй этап исследования заключался в возможности применения в качестве средств снижения шума только штучных подвесных звукопоглотителей, т.е. без применения облицовок ($\alpha_{обл}$ =0), причем при расчетах варьировались как акустические параметры известных кубических и призматических штучных звукопоглотителей под № 1,9,13,17 (см.табл.4.15 [1, с.107]), так и их количество $N_{шт.}$

Анализируя результаты расчетов на ПЭВМ можно сделать вывод о том, что применение некоторых конструкций штучных звукопоглотителей в небольшом количестве еще не приводит к снижению шума в цехе, и наоборот чрезмерное их увеличение с какого-то числа (оптимума) уже не приводит к дальнейшему снижению шума. Так, например использование конструкции №17, в количестве Nшт = 6 – не приводит к снижению шума в цехе, а в количестве Nшт = 24 шт – приводит к снижению шума в полосе частот 250...8000 Гц на 4...6 дБ. Применение предлагаемой конструкции штучного звукопоглотителя приводит к снижению шума в широкой полосе частот на 6...8 дБ.

Третий этап исследования заключался в возможности применения в качестве средств снижения шума комбинированного варианта, т.е. совместного применения штучных подвесных звукопоглотителей и звукопоглощающих облицовок, причем при расчетах варьировались как акустические параметры штучных звукопоглотителей, так и их количество $N_{шт.}$

Анализируя результаты расчетов на ПЭВМ можно сделать вывод о том, что при использовании предлагаемых звукопоглощающих конструкций существенно снижается величина L_2, причем при увеличении Nпр (уменьшении количества работающих станков в цехе) можно подобрать такое сочетание параметров облицовки и штучных поглотителей, что уровни звукового давления на рабочем месте будут соответствовать допустимым санитарно-гигиеническим нормам.

На рис.3. приведены уровни звукового давления, измеренные на рабочих местах исследуемого в машинном эксперименте на ПЭВМ производственного помещения. Эффективность снижения шума с использованием разработанных звукопоглощающих конструкций составляет порядка 2…10 дБ в широком спектре частот. Экспериментальная проверка результатов расчета подтвердила регламентированную погрешность ориентировочного метода, которая находится в пределах 2 дБ.

Список литературы:

1. Сажин Б.С., Кочетов О.С. Снижение шума и вибраций в производстве: Теория, расчет, технические решения. – М., 2001.–319с.
2. Кочетов О.С. Акустическая конструкция для производственных помещений. /Патент РФ № 2366785, Б.И. № 25 от 10.09.2009г.
3. Кочетов О.С. Конический штучный звукопоглотитель. /Патент РФ № 2282004, Б.И. №23 от 20.08.2006г.
4. Гетия И.Г., Леонтьева И.Н., Кочетов О.С. Звукоизолирующие ограждения для производственного оборудования // М.: МГУПИ, «Вестник МГУПИ», серия «Машиностроение», № 45, 2013. С.63-71.

КОДОИМПУЛЬСНЫЙ СЕЙСМОИСТОЧНИК С ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТОЙ ВОЗБУЖДЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН

Колчина Наталья Анатольевна
ТГУ, г. Тол ьятти
Чуркин Иван Михайлович
к.т.н., доцент кафедры «Промышленная электроника» г. Тольятти

Среди различных способов проведения сейсморазведочных работ на нефть и газ наибольший интерес представляет кодоимпульсный способ. Он занимает промежуточное положение между импульсным и вибрационным методами. От импульсного он отличается лучшей помехоустойчивостью и производительностью, а от вибрационного – простотой реализации на практике и существенно меньшей стоимостью оборудования для проведения и обработки результатов сейсморазведочных работ. Например, для реализации вибрационного способа сейсморазведки требуются вибраторы специальной конструкции, стоимость которых за 24 млн. рублей. Для проведения аналогичных работ методом кодо-импульсной сейсморазведки используются сейсмоисточники, цена которых не превышает 8 млн. рублей. Если учесть, что в каждой сейсмопартии при группировании используются четыре сейсмоисточника, то не трудно определить, что при вибрационном методе сейсморазведки для приобретения четырех вибраторов потребуется 96 млн. рублей, что далеко не по «карману» даже сравнительно крупным сейсмопартиям. При кодо-импульсной сейсморазведке стоимость четырех сейсмоисточников составит примерно 32 млн. рублей, что в пределах возможностей даже небольших сейсмопартий.

В 70-80-х годах в Тольяттинском государственном университете (в прошлом Тольяттинский политехнический институт) нами был разработан, совместно с СКТБПЭ г. Харьков изготовлен и доведен до серийного выпуска кодо – импульсный сейсмоисточник ИКИ-10/40. По результатам полевых и сравнительных испытаний с американским вибратором на полигоне г. Гаврилов Ям (Ярославская область) была дана высокая оценка сейсмической эффективности сейсмоисточника ИКИ - 10/40. Они долгое время эксплуатировались на Украине, в Костромской, Астраханской и других областях России. На ВДНХ СССР сейсмоисточник ИКИ - 10/40 и его разработчики были удостоены серебряной медалью ВДНХ СССР. Развал СССР, в результате которого изготовители (г. Харьков) оказались в одном, а разработчики - в другом государстве стал основной причиной прекращения производства и усовершенствования экономически и сейсмически выгодны сейсмоисточников ИКИ - 10/40.

Основной недостаток сейсмоисточника ИКИ-10/40 это сравнительно невысокая частота повторения силовых воздействий на поверхность грунта, не выше 23 Гц. Такая частота затрудняет получение качественной картины сейсмических исследований в сложных геологических условиях. Принцип построения сейсмоисточника

ИКИ- 10/40 такой, что не позволял получать более высокую частоту повторения силовых воздействий. Необходим был принципиально новый подход к разработке конструкции кодо – импульсного сейсмоисточника на повышенную частоту. И такой подход был найден. Это использование принципа плавающей инерционной массы с применением энергии гравитационного поля для возбуждения сейсмических волн.

Принципиальная схема сейсмоисточника с плавающей массой на повышенную частоту возбуждения сейсмических волн приведена на рис.1.

Сейсмоисточник состоит рис.1 из гидроцилиндра 1, внутри которого расположен поршень 2. Под поршнем 2 расположена полость 5, заполненная жидкостью, а над поршнем - полость 3, заполненная газом. На противоположном от поршня 2 конце штока 11установлена плита 4, на которой закреплена инерционная масса 10. Полость 5 через обратный клапан 9 соединена с гидронасосом 6 и через него с гидрорезервуаром7. Параллельно этой ветви полость 5 соединена с резервуаром 7 через быстродействующий управляемый клапан 8. Для возбуждения сейсмических волн насосом 6 через обратный клапан 9 нагнетают жидкость в полость 5 гидроцилиндра 1. При этом поршень 2, шток 11 с плитой 4 и массой 10 поднимают в верхнее крайнее положение. При открытии быстродействующего клапана 8 элементы 2,4,10 и 11 гидросистемы в режиме близком к свободному падению падают вниз на некоторое расстояние

$$h = \frac{\Delta W}{mq},$$

где ΔW - необходимая энергия единичного силового воздействия на грунт, m - величина падающей массы, q – земное ускорение. В падающей массе при таком падении запасается энергия ΔW, которая при закрытии клапана 8 передается в грунт в виде энергии сейсмических волн. При повторном открытии клапана 8 процессы при срабатывании сейсмоисточника будут повторяться. Таким образом, при каждом открытии клапана 8 в грунте будут возбуждаться сейсмические волны с частотой повторения, равной частоте открытия клапана.

Определим максимальную частоту возбуждения сейсмических волн или максимальную частоту работы такого сейсмоисточника из следующих соображений.

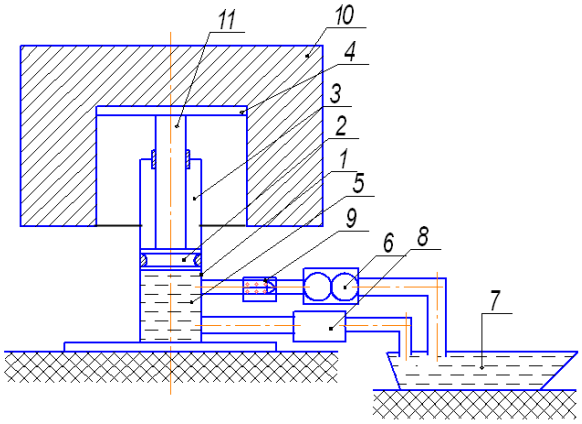


Рисунок 1. Кодо-импульсный сейсмоисточник, работающий на энергии гравитационного поля

При работе известного кодо-импульсного сейсмоисточника ИКИ-10/40 энергия $\Delta W = 50 Дж$. Современной сейсморазведке требуется энергия ΔW единичного воздействия в пределах 100Дж. При массе m = 5000 $кг$ получим $h = \frac{\Delta W}{mq}$,

$$h = \sqrt{\frac{100}{5000 \cdot 9.8}} \approx 2 \cdot 10^{-3} м.$$

Время t, за которое масса m упадет с высоты $h = 2 \cdot 10^{-3} м$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{q}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{9.8}} \approx 20 \cdot 10^{-3} c..$$

Время открытия и закрытия клапана составит примерно $t_{ср} = 5 \cdot 10^{-3} c$. Тогда предельная частота работы сейсмоисточника будет равна

$$fпр = \frac{1}{t + t_{ср}} = \frac{1}{25 \cdot 10^{-3}} = 40$$ Гц. Скорость массы m в конце падения с высоты $h = 2 \cdot 10^{-3}$ $м$ будет равна

$$V = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 0{,}2 м/с.$$

Ускорение торможения массы при закрытии клапана за время $\Delta t = 2{,}5 \cdot 10^{-3} c$ будет

$$a = \frac{V}{\Delta t} = \frac{0{,}2 м/с}{2{,}5 \cdot 10^{-3}} \approx 80 м/с^2.$$

Тогда усилие при торможении, т.е. сила, действующая на грунт при торможении массы $m = 5000 кг$ будет равна

$$F = m \cdot a = 5000 \cdot 80 = 40 m.c.$$

Была изготовлена и смонтирована на испытательном стенде действующая модель кодо-импульсного сейсмоисточника по схеме рис.1.

На рис 2. показан испытательный стенд, где 1-инерционная масса,2- гидроцилиндр со штоком, 3- гидростанция с насосом, 4- управляемый и обратный клапаны. В процессе испытаний измерялись перемещение якоря двигателя управляемого клапана, т.е. осциллографировалась динамика управляемого клапана и ускорение инерционной массы при открытии и закрытии управляемого клапана, а также давление в полости 5 гидроцилиндра 1 рис1. Давление в полости 5 измерялось для контроля правильности определения силы, развиваемой сейсмоисточником.

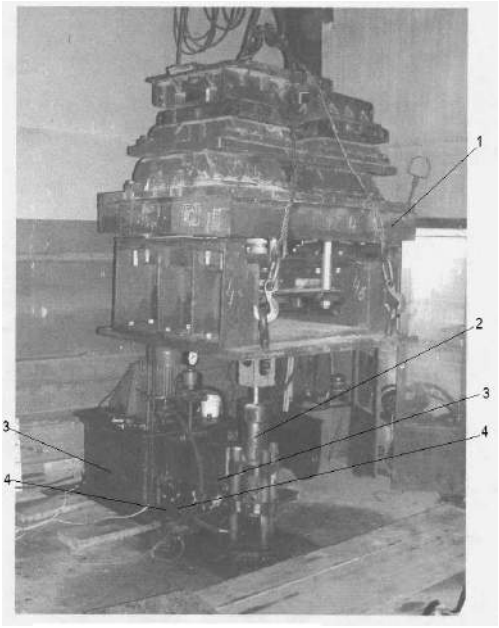


Рисунок 2. Стенд для испытаний сейсмоисточника

В качестве источника питания электромагнитного привода был использован генератор импульсов тока [1], [3], рис.3.

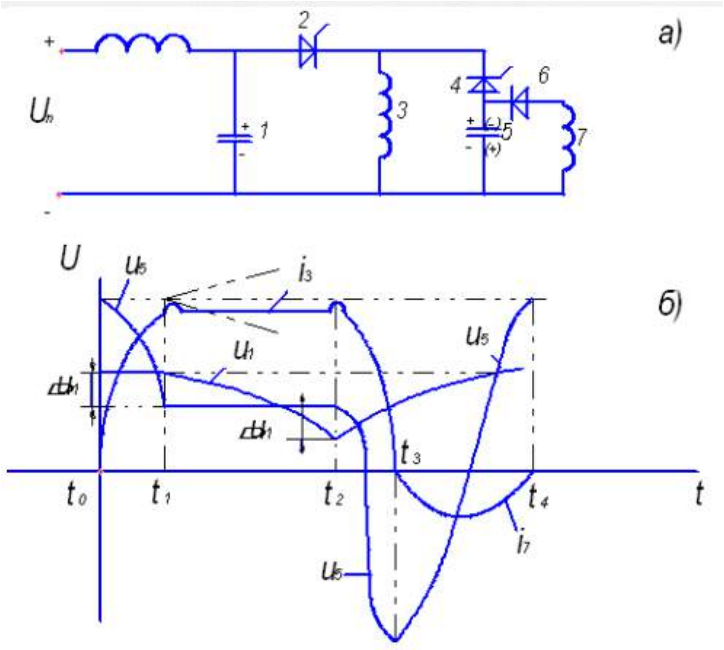


Рисунок 3. Генератор импульсов тока для питания электромагнитного клапана и кривые токов и напряжений на его элементах

Экспериментальные исследования лабораторного образца проводились в лабораторных условиях при работе сейсмоисточника на бетонном основании.

Динамика якоря двигателя клапана, а стало быть и самого клапана, осциллографировалась путем снятия сигнала с датчика перемещения серии CLPR 13-50 R = 10кОм LIN ± 0,5% производства фирмы Megatron Munchen

(Япония). Ускорение инерционной массы регистрировалось с датчика ускорения фирмы Motorolla, выполненного на микросхеме MMA 3201D G 002. Вес инерционной массы рассчитывался по статическому давлению в полости 5 (рис1) гидроцилиндра, которое измерялось эталонным манометром.

На рис 4,а приведена механическая схема испытуемого сейсмоисточника.

Осциллограммы динамики якоря управляемого клапана приведены на рис4,б и 4,в. Полученные осциллограммы однозначно свидетельствуют о том, что время на открытия и закрытия клапана равны и составляют (2,5÷3) $\cdot 10^{-3}$ с. Якорь клапана за это время перемещается на расстояние $\delta = 5 \cdot 10^{-3}$ м. Время Δt , в течении которого клапан находился в открытом состоянии, задавалось схемой управления системой питания двигателя клапана. На рис 4,б время $\Delta t \approx$

$\approx 2 \cdot 10^{-3}$ с, а на рис 4,в это время $\Delta t = 30 \cdot 10^{-3}$ с. Естественно, чем больше время Δt , тем большую энергию запасает масса при падении, тем больше будет усилие воздействия на грунт при закрытии клапана, тем выше глубинность зондирования или регистрации отраженных волн.

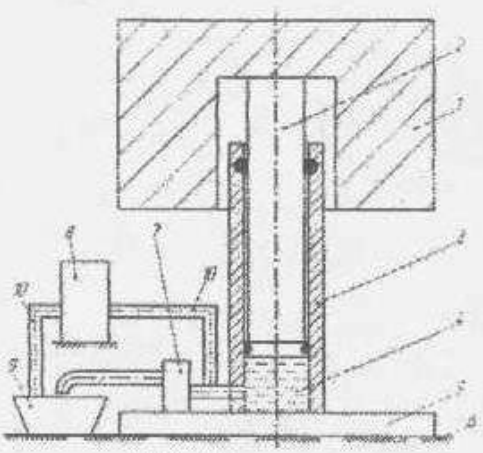


Рис. 4а

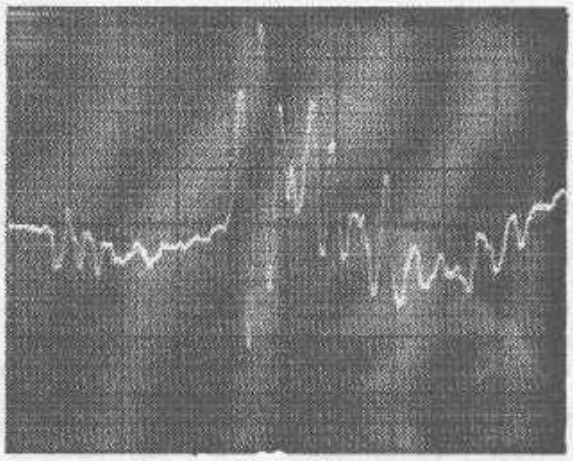


Рис. 4г

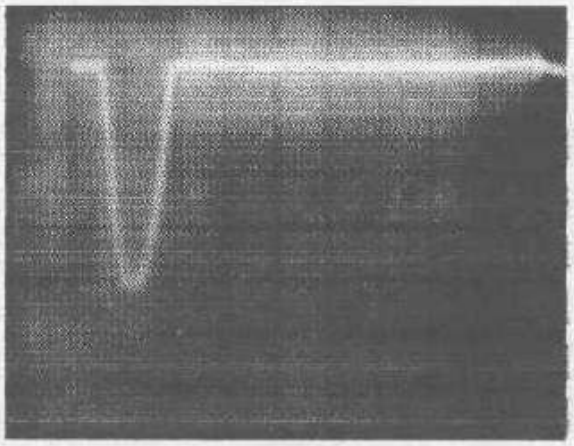


Рис. 4б

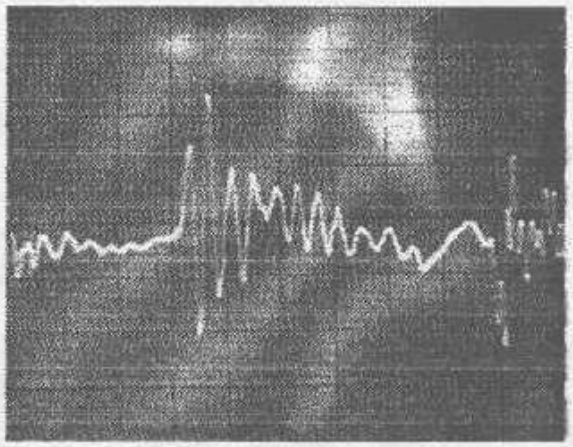


Рис. 4д

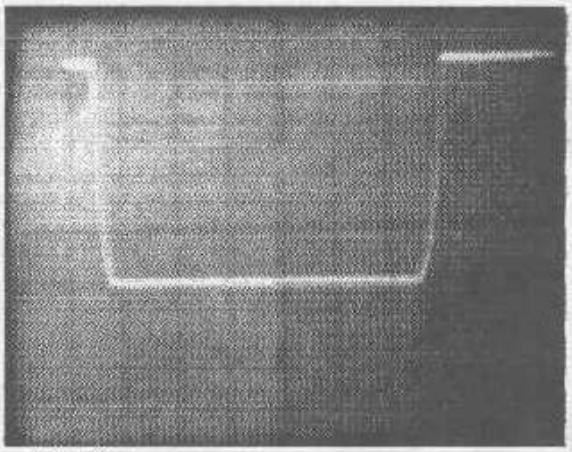


Рис. 4в

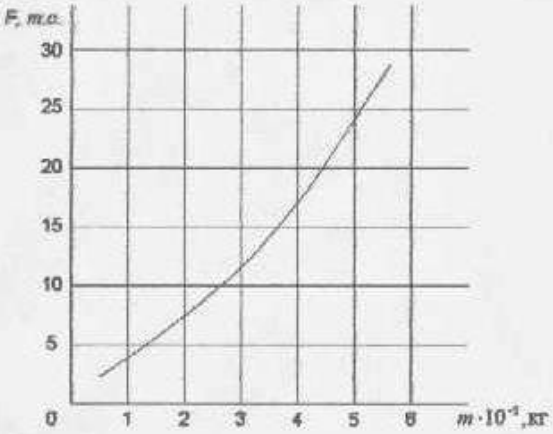


Рис. 4е

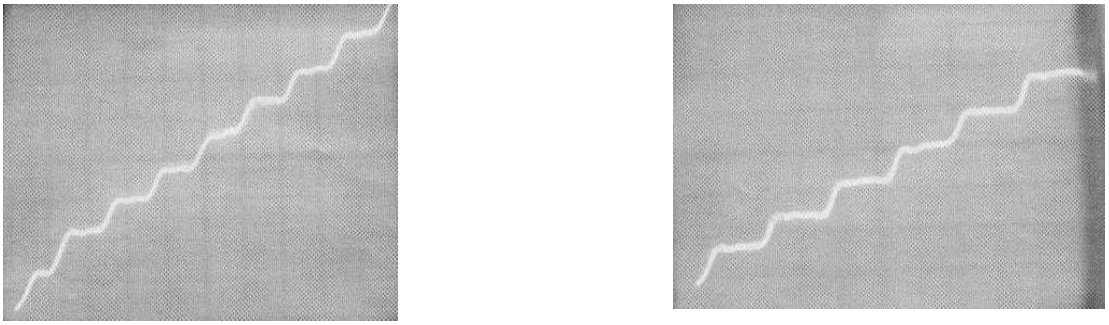
Рисунок 4. Некоторые результаты испытаний кодо-импульсного сейсмоисточника. Масштабы $\mu t = 5 \cdot 10^{-3}$ с/кл, $\mu\delta = 1{,}25 \cdot 10^{-3}$ *м / кл,* $\mu\alpha = 2q$/кк

На осциллограммах рис 4,г и 4,д приведены ускорения инерционной массы величиной m = 3500кг при времени открытого состояния управляемого клапана Δt = $20 \cdot 10^{-3}$ с. и Δt = $15 \cdot 10^{-3}$ с. соответственно. Анализ и расчет осциллограмм рис4,г и 4,д показывает, что максимальные развиваемые сейсмоисточником усилия равны примерно 25 т.с. и 17,5 т.с. соответственно.

Естественно, что развиваемые сейсмоисточником усилия будут, при прочих равных условиях, зависить от величины инерционной массы. На рис 4,е приведена обоб-

щающая кривая зависимости развиваемого сейсмоисточником усилие F т.с от величины инерционной массы $m \cdot 10^{-3}$ кг. Результаты получены при времени Δt от момента начала открытия управляемого клапана до полного его закрытия, равного $25 \cdot 10^{-3}$с. Величина инерционной массы измерялась дискретно в пределах $1{,}5 \cdot 10^3$ кг; $2{,}7 \cdot 10^3$ кг; $4 \cdot 10^3$ кг и; $5{,}2 \cdot 10^3$ кг. Анализ рис 4,е показывает, что при массе $m = 5 \cdot 10^{-3}$ кг, развиваемое усилие находится в пределах 25т.с., что несколько ниже расчетных параметров. Обусловлена такая погрешность влиянием гидродинамического сопротивления управляемого клапана.

На рис 5 приведены осциллограммы, иллюстрирующие динамику инерционной массы при частоте повторения силовых воздействий сейсмоисточником на грунт $f_{пр}$= 24 Гц (а) и $f_{пр}$= 13,5 Гц (б).



а) б)

Рисунок 5. Динамика инерционной массы при частоте работы сейсмоисточника $f_{пр}$= 24 Гц (а) и $f_{пр}$= 13,5 Гц (б). Масштаб $\mu t = 50$мс/кл

Анализ полученных экспериментальных исследований показывает, что амплитудно-частотные и другие характеристики сейсмоисточника зависят не только и не столько от конструкции сейсмоисточника, сколько от частотных характеристик управляемого клапана, вернее от его быстродействия. Чем лучше быстродействие, т.е. чем меньше время срабатывания клапана, тем лучше спектр возбуждаемых колебаний, основная доля энергии в котором должна приходится в частотном диапазоне от 60 до 100 Гц. При этом важно обеспечить высокое быстродействие (малое время) и при открытии клапана и при его закрытии, т.е. как в процессе формирования переднего фронта сейсмического сигнала, так и в процессе формирования его заднего фронта. Но, поскольку, в процессе открытия клапана скорость истечения жидкости через выходной канал гидроцилиндра не велика, то наиболее важно обеспечить высокое быстродействие при закрытии клапана, когда формируется импульс возмущающей силы, деформирующей грунт и обеспечивающей необходимую скорость деформации грунта.

Важно обеспечить малое гидродинамическое сопротивление всех элементов гидросистемы сейсмоисточника. Оно, как и быстродействие клапана, определяет максимальную скорость смещения массы, а потому и ускорение торможения массы при закрытии клапана. В идеальном случае гидродинамическое сопротивление открытых элементов гидросистемы сеймоисточника должно приближаться к нулю. Только в этом случае инерционная масса при ее падении будет ускоряться в режиме свободного падения, обеспечивая тем самым высокие технические характеристики.

Реализация таких условий возможна, если система питания управляемого клапана будет отвечать высоким требованиям получения режима форсировки возбуждения и гашения электромагнитного поля магнитной системы клапана. Выполнение этого условия позволит получить высокое быстродействие клапана.

Учитывая широкие избирательные свойства грунтов, схема питания клапана должна обеспечивать высокие его регулировочные свойства. Это позволит варьировать параметрами сейсмоисточника при его работе на самых различных по механическим свойствам грунтах, расширяя его технические возможности.

Как следует из приведенных осциллограмм предельная частота работы сейсмоисточника лежит в пределах (40-45) Гц. При этом обеспечивается высокая повторяемость возбуждаемых сейсмоисточником сигналов, т.е. коэффициент повторяемости Кс ≈ 1.

Таким образом, выше приведенные исследования показывают, что рассматриваемый в настоящей статье кодо-импульсный сейсмоисточник с электрогидравлическим управлением, построенный на принципе падающей массы, удовлетворяет высоким требованиям современной сейсморазведки. Его характеристики, а именно коэффициент повторяемости возбуждаемых сигналов Кс ≈ 1, предельная частота повторения силовых воздействий

$f_{пр}$ = 40Гц, амплитуда развиваемого усилия $F_m \approx 25$ т.с. Такие параметры соответствуют техническому заданию на разработку кодо-импульсных сейсмоисточников.

Список литературы:

1. Чуркин И.М., Колчина Н.А., Коржев В.П. Применение дросселя насыщения в генераторах импульсов тока для возбуждения мощных магнитных полей//Вектор наук ТГУ. Тольятти, №2 (24) 2013.
2. 2.Чуркин И.М. Разработка и исследование индукционно-динамических двигателей и их систем импульсного питания для возбуждения источников сейсмических волн: дис. канд.тех.наук. Тольятти: Изд-во ТПИ, 1980.263 с.
3. Чуркин И.М. Источник сейсмических волн. Авт. свид. на изобретение №1824608. Опубл. Б.И. 30.06.1993 №24.
4. Чуркин И.М., Ивашин В.В. Генератор импульсов тока. Авт.свид. на изобретение № 911685. Опубл. Б.И. №9.1982.

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ДНИЩ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Михаил Георгиевич Лагуткин
Доктор тех. наук, профессор Университета машиностроения, г. Москва
Андрей Викторович Колодный
Соискатель Университета машиностроения, ген. Директор ООО «НТЦ Диапром», г. Москва

В химической промышленности серная кислота нашла самое широкое применение, в первую очередь, в производстве минеральных удобрений [1, с. 360; 4, с. 528]. Например, для производства 1 т сульфата аммония расходуется около 750 кг серной кислоты. Производительность цеха контактного производства серной кислоты может достигать 1000 т в сутки, что требует для хранения многотонных резервуаров.

Обычно на складах серной кислоты используются вертикальные резервуары рисунок 1 с плоским днищем [1, с. 360; 5, с. 744]. Резервуары устанавливаются на каркас из продольных и поперечных балок, которые в свою очередь размещаются на ленточном фундаменте в специальных облицованных кислотоупорной плиткой и снабженных насосами поддонах, чтобы устранить последствия возможных протечек кислоты. В ряде случаев днище только прихватывается к каркасу, а в других проектах закладывается приварка днища к опорным балкам сплошным швом.

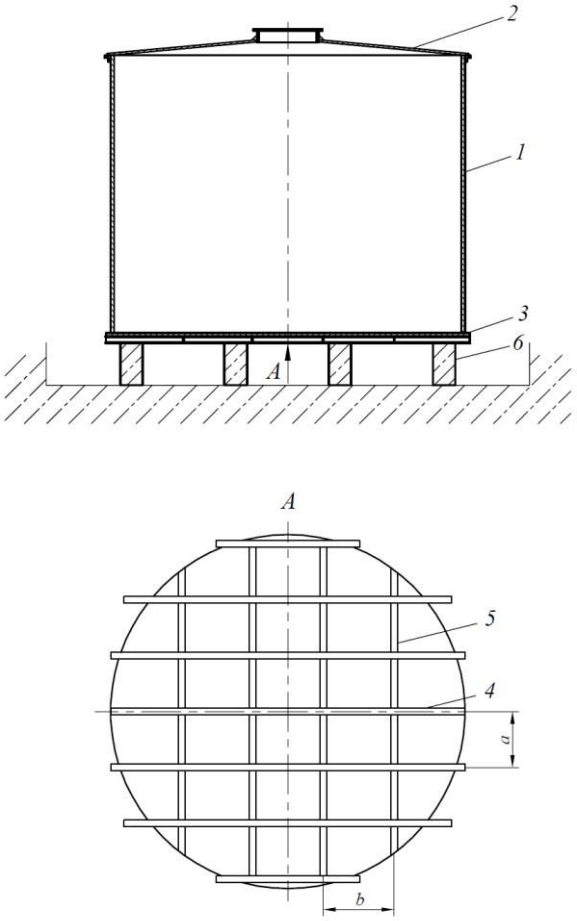


Рисунок 1. Резервуар серной кислоты
1 – обечайка, 2 – кровля, 3 – днище, 4 – продольные опорные балки, 5 – поперечные балки, 6 – ленточный фундамент

Максимальные напряжения, возникающие в плоской пластине свободно опертой и жестко закрепленной по всему контуру, определяются, соответственно, по формулам [2, с. 904]:

$$\sigma = \frac{0{,}75pa^2}{\left[1+1{,}61\left(\frac{a}{b}\right)^2\right](S-c)^2}, \qquad (1)$$

и

$$\sigma = \frac{0{,}5pa^2}{\left[1+0{,}632\left(\frac{a}{b}\right)^6\right](S-c)^2}, \qquad (2)$$

где S – исполнительная толщина стенки днища резервуара, c – прибавка к расчетной толщине [3], a и b – расстояние между продольными и поперечными балками, соответственно (рисунок 1).

Рассмотрим конкретный пример: высота налива серной кислоты 8м, плотность 1840 кг/м^3, толщина стенки

плоского днища 12 мм, расстояние между полками продольных балок 475 мм, допускаемое напряжение для стали марки В Ст3 сп – 154 МПа.

В системе MathCad построим график изменения максимальных напряжений, возникающих в плоском днище резервуара, от расстояния между полками поперечных балок (рисунок 2) для случая, когда днище только прихвачено к каркасу (свободно опертая плоская пластина) и приварено сплошным швом к каркасу (пластина жестко закрепленная по всему контуру).

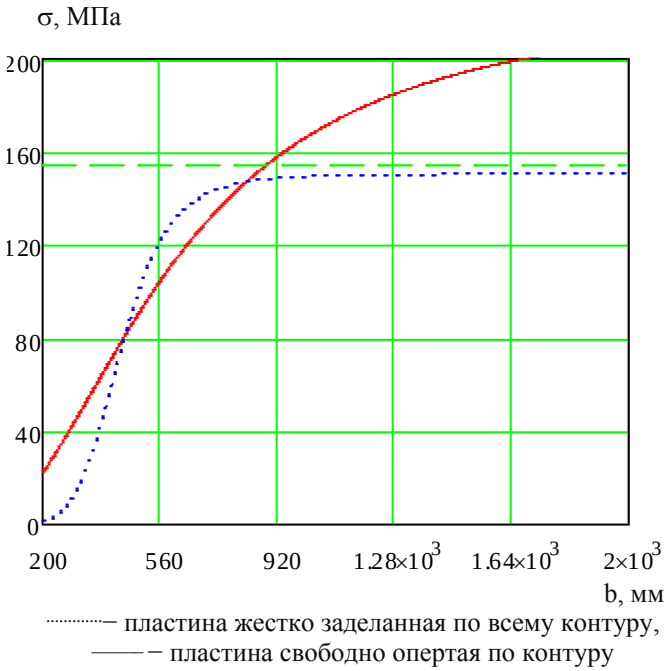


Рисунок 2. График зависимости максимальных напряжений в плоской пластине от расстояния между поперечными балками

Из графика следует, что напряжения в пластине жестко заделанной по контуру меньше, чем у пластины свободно опертой. Причем условия прочности при жесткой заделке выполняются, а при свободной установке резервуара на опорные балки возникающие напряжения превышают допускаемое значение – 154 МПа. Таким образом, плоские днища резервуаров для хранения серной кислоты целесообразно приваривать сплошным швом к каркасу из продольных и поперечных балок.

Из рисунка 2 также следует, что максимальные напряжения в днище, в случае приварки его к каркасу, возникают при расстоянии между поперечными балками 1280 мм. Отношение расстояния между поперечными балками к расстоянию между продольными балками составит 2,844. При дальнейшем увеличении расстояния между поперечными балками напряжения в днище не возрастают. Обычно поперечные балки устанавливают друг от друга на расстоянии, составляющим три расстояния между продольными балками, что в соответствии с приведенными данными не целесообразно. Можно вообще не устанавливать поперечные балки или ограничиться двумя по краям продольных балок для фиксации расстояния между последними.

Приведенные данные следует учитывать при расчете и проектировании вертикальных резервуаров для хранения серной кислоты и других агрессивных сред.

Список литературы:

1. Амелин А.Г. Технология серной кислоты, М.: Химия, 1983. – 360 с.
2. Бабицкий И.Б., Вихман Г.Л., Вольфсон С.И. Расчет и конструирование аппаратуры нефтеперерабатывающих заводов. Под ред. Вихмана Г.Л., 2-е перераб. допол. издание, М.: Недра, 1965. – 904 с.
3. ГОСТ Р 52857.1-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.
4. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология. Учебник для технических вузов – 3-е изд., перераб. М.: Академкнига, 2004 г. – 528 с.
5. Справочник сернокислотчика, издание 2-е дополненное и переработанное, под ред. Малинина К.М., М.: Химия, 1971. – 744 с.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ОГРАНИЧЕНИЯ ПРАВ ДОСТУПА К ОБЪЕКТАМ БАЗЫ ДАННЫХ КОМПЛЕКСА «1С: ПРЕДПРИЯТИЕ 8»

Комарова Ирина Эриковна
К.т.н., доцент кафедры проектирования и безопасности компьютерных систем, г.Санкт-Петербург
Смирнов Дмитрий Сергеевич
Студент кафедры проектирования и безопасности компьютерных систем, г.Санкт-Петербург

Широкомасштабная автоматизация информационных процессов сбора, обработки и хранения персональных данных обуславливает актуальность решения задачи защиты информации, а также разработки методов и алгоритмов построения информационных систем в защищенном исполнении. «Комплексная защита конфиденциальной информации имеет целью решение двух задач: защиту права организации на конфиденциальную информацию…; предотвращение угроз информационной безопасности организации, их выявление и существенное ослабление на основе реализации совокупности согласованных по цели, месту и времени применения правовых, организационных и технических мер защиты, образующих систему защиты конфиденциальной информации»[1, с. 1]. Однако, нормативно-правовая база Российской Федерации, регламентирующая обработку и требования к обеспечению защиты персональных данных, однозначно не определяет методику построения информационных систем конфиденциальной информации и персональных данных в защищенном исполнении. Очевидно, что для бизнес-структур показатели качества, скорости, гибкости и безопасности функционирования информационной системы оказывают непосредственное влияние на эффективность деятельности предприятия.

«На сегодняшний день существует целый набор потенциально опасных каналов, через которые могут происходить утечки конфиденциальной информации из корпоративной сети. Некоторые из них очевидны, … другие же каналы утечек часто выпадают из внимания и остаются не защищенными.

Степень угрозы у каждого из возможных каналов разная. …При этом ситуация не статична, она постоянно изменяется. Появляются новые потенциально опасные каналы утечки информации, изменяется популярность старых» [2, с. 1]. Анализ проблемы обеспечения информационной безопасности, являющейся одной из приоритетных при построении надежной информационной структуры предприятия на базе ЭВМ, показал, что одной из важнейших является проблема учета множества неочевидных факторов, сказывающихся на работе системы в целом: в частности, в БД эта проблема охватывает наряду с физической, защиту и от несанкционированного доступа к информации, передаваемой по линиям связи и хранящейся на накопителях, являющегося результатом деятельности посторонних лиц или вредоносных программ-вирусов. В понятие защиты БД включаются вопросы сохранения целостности данных и управления доступа к ним.

Программное обеспечение, представленное на рынке прикладных программ, обеспечивающих (регламентирующее) работу с БД, достаточно разнообразно как по ценовым характеристикам, так и по набору предоставляемых функциональных возможностей («Дебет Плюс», «Ананас», «Галактика», «Парус» и пр.). Одной из наиболее популярных среди потребителей является система «1С: Предприятие», однако, на наш взгляд, встроенные в данный комплекс механизмы аутентификации несовершенны.

К широко распространенным программным настройкам безопасности относится так называемый набор разрешений на чтение/запись для различных групп пользователей, а также включение/исключение конкретного пользователя из группы, что используется, например, в операционной системе Windows AD. В типовом функционале программы «1С: Предприятие» существует встроенная система прав доступа, допускающая описание набора прав, которая соответствует должностным полномочиям или роду производственной деятельности пользователя (объект конфигурации «Роли»). Для роли можно настроить права на доступ к объектам конфигурации (при назначении нескольких ролей для одного пользователя полномочия по доступу к объектам суммируются). В дополнение к статической системе действует вторая динамическая система прав доступа RLS, санкционирующая разделение прав для пользователей в режиме динамически трансформирующихся данных. Самый распространенный вид настройки RLS – это ограничение «видимости» для пользователя в контексте организаций или клиентов – пользователи могут даже не догадываться о существовании в системе иных данных. Платформа при построении запроса разработчика в БД дополняет его дополнительными условиями, а любое изменение настройки данного функционала требует обновление БД и перезапуска сеанса (нередко при отсутствии текущих сеансов) пользователя, что существенно задерживает процесс применения новых настроек и приводит к падению общей производительности системы.

Решение проблемы защиты и усовершенствования БД для предприятия выявило необходимость создания нетипового объекта доступа к объектам конфигурации в виде справочника «Оперативные права доступа», включающего информацию о том, кому и какие объекты конфигурации доступны в текущий момент времени.

Данные для справочника состоят из реквизитов и табличной части. Реквизит «Пользователь» предназначен для выбора групп и элементов, реквизит «Ответственный» - для определения владельца созданного списка ограничения прав, реквизит «Общая дата» - для реализации необходимости установления ограничения до конкретной даты. Для вывода на экран монитора наименования справочников и документов предусмотрена форма элемента с табличной частью - «Принадлежность», служащая для определения типа ссылки, типа данных (которые могут принимать значения «Истина» и «Ложь»), а в отсутствии данных в реквизите «Общая дата» позволяющая установить дату ограничения доступа для фиксированного объекта.

Табличная часть «Принадлежность» реализует следующие функции: вывод наименований справочников и объектов на форму, определения типа ссылок, определение и изменение типа данных и введение интервала наложенного на объект ограничения (в случае незаполненного реквизита «Общая дата»).

С помощью «Форм справочника» (объектов, созданных для ввода/просмотра информации и управления различными процессами) программа запрашивает у пользователя необходимую для ее дальнейшей работы информацию или предоставляет ему данные для просмотра или редактирования. Структурная схема разработанного модуля предусматривает наличие четырех основных форм. На «Форме элемента» присутствуют два реквизита и табличная часть «Принадлежности». Вместо реквизита «Ответственный» используется форма «При открытии», заполняемая значением «Текущего пользователя», взятым из параметров сеанса. Указанный прием позволяет осуществлять проверку на запись в справочнике: при попытке изменить в нем записи и сохранить внесенные без права доступа изменения, система выдает предупреждение и отказ в записи, а внесенные изменения ликвидируются. Смысл указанных процедур состоит в том, что при создании новой записи в справочнике «Оперативные права доступа» система позволяет единожды заполнить значение

реквизита «Ответственный», которое в дальнейшем становится недоступным для редактирования за исключительным правом пользователя, который изначально создавал в нем записи.

Для выбора объекта, на который следует наложить ограничения, используется «Форма выбора», вызываемая из события «Начало выбора» из реквизита табличной части «Принадлежности». На форме добавлен список значений с данными: «Список справочников» и «Список документов», которые заполняются списком всех объектов, имеющих тип «Справочник.Ссылка» и «Документ.Ссылка». В событие «Формы выбора» справочника «Перед открытием» вызывается процедура «Заполнить список объектов», в которой осуществляется перебор по циклу метаданных с типом «Документы и справочники» и добавление этой выборки в список значений. Для передачи выбранного значения владельцу формы система осуществляет запоминание и передачу выбора пользователя на основную форму с отображением результата в табличной части «Принадлежности». После закрытия «Формы выбора» система заполняет значение реквизита «Представление объекта» в табличной части «»Оперативные права доступа». Внутри процедуры «Обработка выбора» параметру «Стандартная обработка» присваивается значение «Ложь» во избежание открытия стандартного и ограниченного списков.

В «Форме списка» осуществляется списочное отображение данных, занесенных в форме элемента. Для того, чтобы установить отбор только по текущему пользователю, вводится недоступный для просмотра реквизит «Ответственный» (для регистрации пользователя, ответственного за ранее созданную запись).

«Форма ввода пароля (Аутентификация)» назначена основной формой списка справочника, что позволяет открывать ее первой и при успешно пройденной аутентификации перевести справочник в «Форму списка». Реквизит формы «Введите пароль» имеет тип строка с неограниченной длиной. Введенный пароль пользователя не требует сохранения, вычисляется его хеш-функция по алгоритму MD5, а полученный результат помещается специальный регистр сведений. Следующим шагом является проверка пользователя и хеша, хранимого в регистре сведений и хеша, вычисленного из введенного пароля пользователя. В случае наличия у пользователя роли «полные права», то при открытии справочника «Оперативные права доступа» ему необходимо создать свой пароль.

Хранение имеющейся для решения прикладной задачи информации, состав которой развернут по определенной комбинации значений, а при необходимости – и во времени, является основной задачей регистра сведений. В общем случае регистр сведений представляет собой многомерный массив данных, необходимый для реализации функции выдачи информации по определенному набору аргументов. Регистр сведений разработанного программного модуля имеет непериодический тип и уникальность записей по набору измерений, что гарантирует в системе наличие только одной записи с определенным «Хешем» и «Пользователем». Доступ к регистру сведений имеют только пользователи, для которых установлены «Полные права». Созданная в модуле набора записей регистра сведений процедура «Перед записью» определяет условие на запись по проверке текущего пользователя и редактируемых в текущий момент времени данных. При попытке записать измененные значения пользователем, не заданным в регистре сведений, осуществляется отказ в осуществлении указанной операции и выдача соответствующего предупреждения. Процедура позволяет оградить систему от несанкционированных вторжений и корректировок содержащихся в ней сведений.

В регистре сведений содержатся две основные формы: «Форма записи» (реквизиты: «Пользователь», «Пароль», «Хеш») и «Форма списка» (список всех записей пользователей, имеющих пароль). Проверка пользователя и пароля осуществляется записанной в общем модуле «S» экспортной процедурой «Проверка Хеш()». В процедуре осуществляется запрос к регистру сведений о пользователях и хешах с проверкой на соответствие вновь введенного и хранящегося в регистре хеша. При несовпадении сведений, система отказывает в праве доступа к справочнику и выводит сообщение на экран монитора, при положительном исходе (корректном пароле) пользователь получает форму списка справочника «Оперативные права доступа». Для каждого нового пользователя система предлагает создать пароль посредством процедуры вызова из справочника «Оперативные права доступа» формы ввода пароля для события «При изменении» реквизита «Введите пароль» с передачей параметров «Пользователь», «Пароль», «Эта форма».

Для контроля доступа к объектам справочника «Оперативные права доступа», на которые наложены ограничения, разработана специальная процедура, вызываемая из общего модуля «S». Процедура позволяет осуществить обращение к табличной части справочника «Оперативные права доступа», где критериями отбора являются пользователь, и тип значения открываемого на данный момент времени объекта (справочника или документа). В случае, если в системе зарегистрирован данный пользователь или их группа, производится проверка на объект, который пытается открыть пользователь, а при найденном значении в соответствие с условием «Не открывать» или «Не изменять», система выполнит процедуру и будет выведено на экран соответствующее предупреждение. Данная процедура вызывается из объекта в событии «Перед открытием» перед открытием формы до момента показа ее пользователю. В обработчике события предусмотрен отказ от открытия формы. В качестве передаваемых параметров процедуры служат «Объект», «Форма», «Отказ».

Основной функционал разработанных программных модулей соответствует поставленной цели - недопущения факта «утечки» конфиденциальной информации. На основании выполненных аналитических исследований осуществлена модернизация исходной системы путем введения новых программных модулей, призванных решить следующую задачу: рассматривая целостность системы в качестве основного критерия защищенности, а БД как специфичный источник защиты с набором выявленных уязвимостей, возникающих в процессе обработки информации, получить обоснованное проектное решение по нейтрализации возникающих угроз.

Значение полученных результатов исследования для практики подтверждается тем, что результаты внедрены в научно-производственной компании ООО «ВМПАВТО» с 2014 года.

Список литературы:

1. Разработка системы защиты конфиденциальной информации – 2011. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://bre.ru/security/20864.html, свободный.
2. Каналы утечки конфиденциальной информации – 2012. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.antimalware. ru/reviews/leak-channels, свободный.

ТЕХНОЛОГИЯ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТОМЫШЬЯКОВОГО СЫРЬЯ

Копылов Николай Иванович
доктор технических наук, ведущий научный сотрудник ИХТТМ СО РАН
Каминский Юрий Дмитриевич
кандидат технических наук, руководитель группы ИХТТМ СО РАН

Ещё в конце XX столетия в нашей стране основная масса (более 70%) золота добывалась из россыпей, в то время как в зарубежной практике ~ 98% золота получали из коренных золоторудных и комплексных месторождений и только ~ 2% – из россыпных. Однако уже в то время разведанные запасы отечественного россыпного золота составляли лишь 19% от общих запасов и не могли на перспективу обеспечить необходимую для страны добычу ценного металла. В то же время примерно три четверти золотого потенциала России (в том числе 90% запасов коренного золота) приходятся на районы Сибири и Дальнего Востока, на районы, где слабо развита инфраструктура, имеется дефицит рабочей силы и квалифицированных кадров, назрели социальные и экологические проблемы [1,с.6]. Чтобы сохранить темпы добычи ценного металла, России, по примеру зарубежья, необходимо основное внимание уделить отработке коренных золоторудных месторождений. Решение этой задачи связано с преодолением не только перечисленных проблем. Наиболее существенным препятствием здесь является отсутствие разработанных на промышленном уровне эффективных, энергосберегающих и экологически безопасных технологий переработки данного сырья.

Установлено, что на ближайшую перспективу ~ 75% прогнозируемых ресурсов и ~ 50% запасов золота сосредоточено в различного рода рудном сырье. Отсюда, очевидно, что стратегия развития данной отрасли в наступившем столетии будет целиком определяться переработкой рудного сырья, значительную часть которого представляют упорные мышьяксодержащие руды. Так, например, концентраты Нежданинского и Кучусского месторождений Якутии при концентрации в них 21-150 и ~40 г/т золота содержат до 7 и 5% мышьяка в форме арсенопирита и лёлленгита [2,с.60].

Данный тип сырья, в котором значительная часть золота, как показали многочисленные исследования [3,с.60-65; 4,с.36-41; 5,с.4-7; 6,с.43-63; 7,с.98-99; 8,с.463-487], находится в виде так называемого «невидимого» золота (тонкодисперсного, коллоидного состояния или входит непосредственно в кристаллическую решётку матричных минералов пирита и арсенопирита), не может быть переработан традиционными способами. Без предварительного вскрытия минералов извлечение золота возможно в пределах от 10 до 70% в зависимости от состава сырья [9,с.16-18; 10,с.159-164 и др.]. В случае их переработки на золотоизвлекательных фабриках (ЗИФ) с переводом арсенопирита в хвосты в них концентрируется и уходит в отвал всё «невидимое» золото, а при сохранении арсенопирита в концентрате мышьяк поступает в технологический передел и необходима дополнительная операция по его выводу из процесса. Для полного извлечения золота и удаления из процесса мышьяка в большинстве используют окислительный обжиг [2,с.70; 9,с.30] с применением различных вариантов печных агрегатов и технологий: в многоподовых, барабанных печах, кипящем слое (КС), или проводят кислотное вскрытие, хлорирующий обжиг [2,с.59; 11,с.250-251]. Для более полного извлечения металлов процесс кислотного вскрытия предложено вести в автоклавах [12,с.15-20].

В конце XX столетия получили развитие работы с использованием биовыщелачивания для вскрытия сульфидных и арсенидно-сульфидных руд и концентратов тяжёлых цветных и благородных металлов [13,с.14-18,с.20-23,с.46-48,с.66-70]. Данная технология начала осваиваться в ряде стран зарубежья, в России компанией «Полюс» на Олимпиадинском (Иркутская обл.) и Нежданинском (Якутия) месторождениях золота. Серьёзным недостатком этой технологии является её экстенсивность. Кроме этого она требует дополнительного тонкого измельчения материала, выполнения жёстких температурных и временных режимов. Для сокращения длительности процесса ведутся разработки по замене чановых ёмкостей на аппараты колонного типа.

При окислительном обжиге мышьяк в конечном итоге в виде арсената кальция направляется в отвал на захоронение. Во всех других перечисленных процессах мышьяк выводится в форме скородита или его гидроксосолей (с содержанием от 8 до 23% As) и захоранивается в отвалах или прудах-отстойниках обогатительных фабрик. Все получаемые малорастворимые соли мышьяка в условиях хранения в насыпных отвалах или прудах-отстойниках подвергаются гипергенезу с образованием растворимых форм мышьяка с последующей его миграцией в окружающую среду и её заражением. Поэтому, для их складирования необходима организация спецмогильников [2,с.70-71]. Особенной опасности подвергается окружающая среда регионов с суровыми климатическими условиями, регионов зоны вечной мерзлоты, гидрологические особенности которой вносят существенные коррективы в динамику природного кругооборота мышьяка, способствуя накоплению его соединений в почве, поверхностных водах в районах рудодобычи и складирования отходов.

В этой связи разработка и внедрение в золотодобывающую практику безотходной, экологически чистой, комплексной технологии переработки упорного золотомышьякового сырья может обеспечить перспективы развития не только регионов добычи (особенно удалённых от промышленных центров), но и отрасли в целом. Данная технология включает операцию вывода мышьяка из концентрата в голове процесса окислительно-сульфидизирующим обжигом в форме нетоксичного (IV класса опасности) сульфида мышьяка [10,с.159-164; 14,с.30-31 и др.] и последующую плавку на коллектор получаемого после обжига огарка совместно с шихтующим материалом. При плавке на коллектор в качестве шихтующего материала могут служить промпродукты свинцового производства (глёт купелирования, свинцовые пыли и др.), вторичное свинцовое сырьё (аккумуляторный и прочий свинцовый лом). Огарок также может быть переработан подшихтовкой его в шихту современных плавильных агрегатов получения тяжёлых цветных металлов (свинца, меди, сурьмы) [1,с.76-84;11,с.256]. При плавке на свинцовый коллектор благородные металлы переходят в свинцовый расплав, после купелирования которого, концентрируются в сплаве Доре, а при введении огарка в шихту основного металлургического процесса также концентрируется в расплаве металла (свинца, сурьмы) или медного штейна с последующим извлечением его на последующих стадиях технологической схемы.

Технология окислительно-сульфидизирующего обжига прошла основательную теоретическую и лабораторную проработки, опытные и промышленные испытания на целом ряде концентратов Казахстана и Сибири. Была внедрена на Нежданинском руднике (Якутия). Получаемые возгоны сульфида мышьяка с содержанием от 60 до 70 % As, сплавленные или сбрикетированные, покрытые упаковочной плёнкой или слоем битума, могут храниться в обычном сухом складе или под навесом неограниченное время, а также транспортироваться в обычном порядке как сырьё для производства товарной продукции. В последующие годы работы в этом направлении начали проводиться также и в зарубежье, например [15].

В рамках концепции регионального развития золотодобывающей отрасли с комплексным использованием всех добываемых ресурсов благородных и цветных металлов были проведены исследования, лабораторные и укрупнённые опыты по плавке на коллектор огарков, полученных при окислительно-сульфидизирующем обжиге концентратов, хвостов и других промпродуктов Токурского (Амурская обл.), Нежданинского и Аллах-Юньского (Якутия) месторождений. Исходными составляющими шихты для получения коллекторного расплава металла (свинца) использовали промпродукты свинцового производства (глёт купеляции, возгоны, свинцовые пыли, свинцовый лом), а также богатую свинцовую руду месторождения Менкече (Якутия) [1,с.82;11,с.257]. Были получены высокие показатели по извлечению благородных металлов в сплав Доре, а свинца в его расплав. Вариант плавки огарка с концентратом или рудой, месторождение которого находится вблизи золотоносного месторождения (на примере, близлежащих месторождений Нежданинское и Менкече) представляется наиболее перспективным в плане комплексного освоения природных ресурсов регионов, отдалённых от промышленных центров.

Опыты по окислительно-сульфидизирующему обжигу и последующей плавке огарка на коллектор на пробах хвостов и концентрата Джалиндинского месторождения (север Амурской обл.) показали возможность использования в качестве коллектора серебра и золота штейн, образующийся при плавке сульфидного огарка. При этом извлечение золота и серебра достигает 95-99%, а цветных металлов (меди, висмута и др.) ~ 90%.

Одним из важных достоинств данной технологии (как показали опыты на хвостах Аллах-Юньских концентратов) является высокое извлечение благородных металлов в сплав Доре (96-98%) независимо от наличия в материале в форме высокодисперсных (<< 50 мкм) частиц коллоидного или химически связанного золота в структуре арсенопирита. Как известно, частички золота такой крупности в концентратах существующими технологиями (цианированием, амальгамированием и др.) не извлекаются.

Положительные результаты также были получены в опытах при совместной плавке огарка нежданинского концентрата и сурьмяных штуфной руды и концентрата Сантычанского месторождения (Якутия) с переводом золота в сурьмяный коллектор.

Таким образом, в условиях истощения сырьевой базы существующие технологии золотодобычи становятся малорентабельны и экологически опасными. Это вынуждает обратиться к разработке нетрадиционных технологий переработки бедного и упорного сырья, новых процессов, исключающих применение потенциально опасных для окружающей среды (ОС) реагентов: цианидов, ртути, галогеноксидов, а также образование по ходу процесса высокотоксичных соединений, в частности, оксидов и солей мышьяка. Разрабатываемые технологии должны отвечать комплексности, высокой степени извлечения, снижения объёмов отвалов и экологической чистоте. Этим требованиям отвечают технологии, основанные на совмещении переработки золотого сырья с концентратами и промпродуктами полиметаллов, и включают предварительную стадию деарсенизирующего обжига с выводом мышьяка в голове процесса в форме компактного и хранимого сульфида мышьяка.

В зависимости от состава исходного сырья оно может быть переработано совместно с полиметаллическими концентратами или вторсырьём на свинцовый, сурьмяный или штейновый коллектор по схемам современных процессов. Особенно эффективной может стать комплексная переработка с организацией на месте добычи современного металлургического производства на базе свинцового, сурьмяного сырья и золотомышьяковых упорных концентратов всех близлежащих предприятий золотодобычи региона. Характерным примером такой организации может быть золотодобывающие районы Якутии, в частности, по совместной переработке золотомышьяковых руд Нежданинского, Аллах-Юньского месторождений и богатой свинцовой руды Менкече. С переходом на данные технологии возможно полностью отказаться от высокотоксичных переделов: амальгамирования, цианирования, а также от дорогостоящей транспортировки полупродуктов золота за пределы района добычи для их доработки.

Выведенный в голове процесса мышьяк в качестве товарной продукта может быть использован для производства на месте добычи в большом объёме препаратов пропитки древесины и защиты от вредителей продукции лесокомплексов. Это может на порядок и более повысить рентабельность деревообрабатывающих предпрятий при реализации их продукции на международном рынке. Проводимые в настоящее время работы открывают также перспективу многотоннажного использования получаемого сульфида мышьяка в производстве противообрастающих покрытий корпусов морских судов и гидросооружений [2,с.128-163; 16].

На основании результатов большого объёма совместных исследований, проведенных Институтом химии ДВО РАН (г.Владивосток), институтом «Гидроцветмет» МЦМ СССР и в последующем институтом ХТТМ СО РАН (г.Новосибирск) были разработаны тех.условия на получение и использование новой термопластичной краски ТП-БК-37 [2,с.160-161]. Эта краска может обеспечить при её нанесении в один слой защиту от коррозии и обрастания корпуса судов портового, внутрирейдового флота и малых плавсредств, гидротехнические сооружения, а также трубопроводы и других конструкции, прокладываемые и функционируемые в биоактивных грунтах, от биоповреждений.

При этом следует отметить уникальный экологический фактор использование данных противообрастающих покрытий для морских судов. Используемые в покрытии в качестве биоцида соединения мышьяка, обладая свойством метаболизма, не аккумулируется в биосистемах. Поступая с покрытия в пограничный ламинарный водный слой и выполнив свои защитные функции, мышьяк взаимодействует с растворёнными в морской воде минеральными солями и образует сложные нерастворимые комплексы. И, таким образом, минуя все локальные этапы природного круговорота, мышьяк сразу переходит в устойчивую хранимую форму океанических отложений [11,с.277].

Использование мышьяка в народохозяйственной деятельности может обеспечить большую рентабельность производства золота и цветных металлов и экологическую безопасность для окружающей среды, особенно районов Севера и Сибири с резко континентальным климатом и условиями вечной мерзлоты. На перспективу данная технология может обеспечить безотвальное ведение процессов, сокращение и постепенную ликвидацию отвалов и других объектов захоронения мышьяковых отходов на территории сырьевых регионов, например, Якутии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каминский Ю.Д. Технологические аспекты извлечения золота из руд и концентратов / Ю.Д. Каминский, Н.И. Копылов – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999 – 124с.
2. Копылов Н.И. Проблемы мышьяксодержащих отвалов / Н.И. Копылов – Новосибирск: Академ. изд-во «ГЕО», 2012 – 182с.
3. К вопросу о форме нахождения «невидимого» золота в арсенопирите и пирите / В.Н. Войцеховский, Б.Л. Берковский, О.А. Ящуржинская и др. // Изв. высших учебных заведений. Цветная металлургия, 1975, №3 – С.60-65.
4. Меретуков М.А. Природные наноразмерные частицы золота / М.А.Меретуков // Цветные металлы, 2006, №2 – 36-41.
5. Меретуков М.А. Природные наночастицы золота в мышьяковистом пирите / М.А. Меретуков // Там же, 2011, №3 – 4-7.
6. Гамянин Г.Н. Нежданинское золотоносное месторождение – уникальное месторождение Северо-Востока России / Г.Н. Гамянин, Н.С. Бортников, В.В. Алпатов – М.: ГЕОС, 2001 – 230с.
7. Гамянин Г.Н. Минералого-генетические аспекты золотого оруденения верхоянско-колымских мезозоид / Г.Н. Гамянин – М.: ГЕОС, 2001 – 222с.
8. Genkin A. A multidisciplinary Stady of invisible in arsenopirite from mesothermal deposit in Siberia, Russia Federation / A. Genkin, N. Bortnikov, L.Cabri et al. // Economic Geology, 1998, Vol.93 – P.463-487.
9. Лодейщиков В.В. Извлечение золота из упорных руд и концентратов / В.В. Лодейщиков – М.: Наука, 1968 – 204с.
10. Исабаев С.М. Физико-химические основы сульфидирования мышьяксодержащих соединений / С.М. Исабаев, А.С.Пашинкин, Э.Г. Мильке, М.И. Жамбеков – Алма-Ата: Наука, 1986 – 184с.
11. Копылов Н.И. Мышьяк / Н.И. Копылов, Ю.Д. Каминский – Новосибирск: Сиб. универ. изд-во, 2004 – 367с.
12. 12.Шнеерсон Я.М. Тенденция развития автоклавной металлургии цветных металлов / Я.М.Шнеерсон, С.С. Набойченко // Цветные металлы, 2011, № 3 – С.15-20.
13. 13.Биотехнология и выщелачивание золота из золотосодержащих руд / Мат-лы I-го Междунар. симпозиума – Красноярск: КрГАЦ МЗ, 1997 – 334с.
14. Об извлечении золота из упорных мышьяксодержащих концентратов / Исабаев С.М., Ковальчук В.А., Мильке Э.Г., КлименкоВ.А. // Цветные металлы, 1983, №2 – С.30.
15. Способ выделения золота и серебра из комплексных сульфидных концентратов: патент №1433419 СССР / Оутокумпу – Финляндия, БИ, 1988, №9.
16. Биоцид для противообрастающего покрытия: патент №2433154 Российской Федерации. Приор.: 29.04.2010, опубл. 10.11.2011, Бюл. №31.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ

Корябкин Владислав Владимирович,
Драчева Елена Евгеньевна
Студенты ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный радиотехнический университет», г. Рязань

В современном мире существуют, так называемые, системы поддержки принятия решений (СППР) – компьютерные автоматизированные системы, целью которых является помощь людям, принимающим решение в сложных условиях для полного и объективного анализа предметной деятельности [2]. СППР решает две основные задачи:

- выбор наилучшего решения из множества возможных (оптимизация)
- упорядочение возможных решений по предпочтительности (ранжирование)

Причем в качестве решаемой задачи может выступать почти любая реальная задача. Например, оптимизация транспортных поставок или принятие решения об экономичной закупке комплектующих частей для готовой продукции.

Для анализа и выработок предложений в СППР используются разные методы. Это могут быть:

- информационный поиск,
- интеллектуальный анализ данных,
- поиск знаний в базах данных,
- рассуждение на основе прецедентов,
- имитационное моделирование,
- эволюционные вычисления и генетические алгоритмы,
- нейронные сети,
- ситуационный анализ,
- когнитивное моделирование и др.

Некоторые из этих методов были разработаны в рамках искусственного интеллекта.

Автоматизированные системы экспертной оценки (АСЭО) являются частным случаем систем поддержки принятия решений. АСЭО – компьютерные автоматизированные системы, основанные на анализе оценок экспертов в решении поставленных задач [1].

Укажем основные свойства АСЭО, отличающие ее от других интеллектуальных систем, и, в частности, от СППР:

1. АСЭО - сложная многоуровневая система, позволяющая организовать проведение экспертизы от формирования целей и конкретного содержания до определения результата и его анализа. В АСЭО при организации и проведении экспертизы предусматривается взаимодействие экспертов, аналитической группы, операторов. Поэтому обязательным эле-

ментом АСЭО является технологический граф организации и проведения экспертизы, в котором определена последовательность экспертных процедур, процедур информационного обеспечения, обработки и анализа результатов экспертизы, а также регламентирована деятельность в процессе проведения экспертизы экспертов, аналитической группы, операторов [1].

2. АСЭО позволяют осуществлять достаточно полную разностороннюю оценку объектов экспертизы с помощью высококвалифицированных специалистов. Процесс экспертного оценивания должен быть информационно обеспечен. Поэтому АСЭО обязательно снабжены базами данных, в которых содержится вся необходимая экспертам и организаторам экспертизы информация об объектах экспертизы.
3. В АСЭО должна быть предусмотрена оценка качества эксперта, как априорная, так и апостериорная, получаемая на основании оценки результатов участия эксперта в проведенных ранее экспертизах. Наиболее конструктивным способом оценки качества эксперта, с нашей точки зрения, является расчет его рейтинга. Рейтинг эксперта может как служить основанием для приглашения специалиста в состав экспертной комиссии, так и учитываться при определении размеров оплаты труда эксперта, в особенности отложенных поощрений.
4. В АСЭО для каждого эксперта предусматривается оценка степени его профессионального знакомства с каждым из объектов экспертизы.
   – АСЭО позволяют избежать достаточно распространенной ошибки, когда эксперт вынужден оценивать не только объекты, с которыми он знаком профессионально, но и объекты, с которыми он по тем или иным причинам знаком недостаточно. Эксперту предоставляется возможность формировать перечень объектов, которые он предлагает оценивать в процессе экспертизы.
   – При формировании перечня объектов для оценки каждым экспертом могут учитываться и такие факторы, как нецелесообразность оценки экспертом тех объектов, которые представлены организацией, в которой он работает, либо выполненных при его непосредственном участии, либо в положительной (отрицательной) оценке которых он может быть заинтересован [3].
5. АСЭО обеспечивают возможность достаточно гибкого оценивания объектов экспертизы. Например, для оценки эффективности деятельности фирмы в целом используются одни критерии, для отдельного её подразделения - другие, для оценки эффективности специалистов различных профилей - сотрудников фирмы также требуются различные оценочные системы. Поэтому в АСЭО предусматривается в качестве обязательного элемента наличие развитой оценочной системы с возможностью ее настройки при оценке того или иного конкретного объекта экспертизы.

1. Оценочная система включает набор критериев, информацию об их сравнительной весомости, о шкалах для оценки значений по каждому из критериев. В оценочную систему может включаться также информация о сравнимости критериев, зависимости критериев, о наличии эффекта доминирования одной группы критериев над другой. Оценочная система может иметь иерархическую структуру критериев.
2. В оценочных системах АСЭО предусмотрена возможность формирования индивидуальных оценочных подсистем экспертов, если это необходимо в соответствии с принятой процедурой проведения экспертизы.
3. В проведении экспертиз предполагается участие высококвалифицированных специалистов. Поэтому в АСЭО включаются АРМы эксперта, позволяющие эксперту непосредственно за компьютером в интерактивном режиме осуществлять оценку объектов экспертизы, а при необходимости настраивать индивидуальную оценочную систему, определять степень знакомства с объектами экспертизы, формировать индивидуальный перечень объектов для оценки каждым экспертом.
4. При проведении многих экспертиз требуется не только оценка одного отдельно взятого эксперта, но и оценка коллектива экспертов, представляющих наиболее квалифицированных специалистов в рассматриваемой области, возможно принадлежащих различным школам. Поэтому в АСЭО предусматривается возможность коллективной оценки объектов экспертизы при использовании различных методов организации и проведения экспертиз [4].
5. После получения индивидуальных экспертных оценок в АСЭО предусмотрены процедуры обработки экспертной информации, позволяющие получать результирующую экспертную оценку -коллективное мнение экспертной комиссии. В частности, в АСЭО содержатся алгоритмы получения результирующих количественных и качественных оценок, результирующих ранжирований, классификаций и т.д.
6. В АСЭО предусматривается анализ результатов экспертизы. В частности, предполагается оценка согласованности экспертов по результатам оценки объектов экспертизы (по результатам ранжирований, страфикаций и т.д.) с последующей классификацией экспертов- выделением коалиций единомышленников, давших объектам близкие оценки. В АСЭО предоставляется возможность определения результирующей экспертной оценки отдельно для каждой из групп экспертов- единомышленников с последующим анализом. В рамках системы может быть предоставлена возможность оценки непротиворечивости экспертных суждений, их точности и надежности.

В АСЭО могут быть предусмотрены также этапы получения предварительной экспертной оценки с целью выявления и исключения заведомо неконкурентоспособных объектов, не соответствующих предъявляемым требованиям, определения степени дублирования объектов экспертизы с целью более рационального распределения средств, установления соответствия запрашиваемых объемов финансирования и материального обеспечения предполагаемому объему работ. Укажем основные этапы создания АСЭО.

При разработке АСЭО следует также учитывать поддержку интеграции со сторонними информационными системами и базами данных, так как в настоящее время система, не имеющая возможности обмениваться данными с уже существующими системами, обречена на неудачу.

Ярким представителем АСЭО является библиотечно-информационный центр Библиотеки по естественным наукам (БЕН) РАН, который обеспечивает через свою сеть библиотек в академических институтах информационную поддержку научных исследований, проводимых РАН в области естественных наук. Комплектование фондов библиотек, входящих в централизованную библиотечную систему (ЦБС) БЕН РАН, базируется на двух основных принципах [2]:

- обеспечение максимальной информативности заказываемых изданий;
- поддержка сбалансированного обеспечения литературой научных направлений РАН.

Множество примеров АСЭО встречается в различных областях деятельности:

Пример психолингвистической экспертной системы:

Ваал(R) позволяет прогнозировать эффект неосознаваемого воздействия текстов на массовую аудиторию, анализировать тексты с точки зрения такого воздействия, составлять тексты с заданным вектором воздействия, выявлять личностно-психологические качества авторов текста, проводить углубленный контент-анализ текстов и делать многое другое. Система разрабатывается с 1992 г.

Примеры экспертной системы в экономике:

S&PCBRS. Разработчиком данной экспертной системы является Chase Manatten Bank, Standart & Poor's Corp. S&PCBRS была разработана для решения следующих задач: оценка рейтинга ценных бумаг по данным о фирмах эмитентах; формирование корректной рейтинговой шкалы. Экспертная система имеет следующие характеристики: представление задачи оценки рейтинга как задачи классификации; отбор данных о фирмах эмитентах и формирование обучающего материала; выбор нейроклассификатора, его обучение и тестирование; сравнение с оценками экспертов; использование нейросетевой парадигмы Couter-Propagation. Вероятность правильного предсказания рейтинга экспертной системы S&PCBRS составляет 84%.

Nereid. Разработчиком данной экспертной системы является NTT Data, The Tokai Bank, Science Univercity of Tokyo. Данная система была разработана для поддержки принятия решений для оптимизации работы с валютными опционами. Система облегчает дилерскую поддержку для оптимального ответа из возможных представленных вариантов. Nereid более практична и дает лучшие решения, чем обычные системы принятия решений. Данная система разработана с использованием фреймовой системы CLP, которая легко интегрирует финансовую область в приложение ИИ. Предложен смешанный тип оптимизации, сочетающий эвристические знания с техникой линейного программирования [4].

Пример экспертной системы в торговле:

РЕМОРАМА ЭС создана ООО "Медиасофт" и реализована как коммерческий продукт. РЕМОРАМА подбирает стройматериалы под заданные пользователем параметры и производит расчёт их стоимости. Предполагается использование обычными людьми, не прошедшими специального обучения. ЭС устанавливается на сенсорные киоски в торговых залах строительных гипермаркетов. Итогом решения ЭС становится чек с перечнем, количеством и стоимостью материалов, которые удовлетворяют условиям задачи. С помощью этого чека покупатель осуществляет набор материалов и оплачивает их на кассе (одно сканирование для покупки комплекта материалов). Программа предлагает, как основные, так и сопутствующие товары для решения задачи [4].

Пример экспертных систем в военном деле:

HASP/SIAP SIAP обнаруживает и идентифицирует различные типы океанских судов, используя преобразованные в цифровую форму данные от сетей гидрофонов. Данные имеют вид сонограмм, являющихся аналоговыми записями спектров принятой датчиками звуковой энергии. Для их интерпретации система применяет знания о характерных особенностях сонограмм различных типов кораблей. SIAP пытается идентифицировать суда и сгруппировать их в более крупные единицы, например флоты. Система обеспечивает анализ в режиме реального времени и корректировку ситуации с учетом непрерывно поступающих данных. Знания представлены в виде правил в рамках архитектуры доски объявлений с применением иерархически организованной схемы управления. На этапе предварительного изучения система называлась HASP [или SU/X]; и на ее основе была разработана система SIAP. Она реализована на языке INTERLISP и создана совместными усилиями Станфордского университета и компании Systems Control Technology. Она доведена до уровня исследовательского прототипа. (Surveillance Integration Automation Project)

Пример экспертной системы в компьютерных системах:

MIXER. Экспертная система оказывает помощь программистам в написании микропрограмм для разработанной Texas Instruments СБИС TI990. По заданному описанию микропрограммы система получает оптимизированные микропрограммы для TI990. MIXER содержит знания по микропрограммированию для TI990, взятые из руководства и из анализа микропрограммы управляющего ПЗУ TI990. Сюда относятся знания о том, как преобразовывать введенные описания в наборы промежуточных операций, как выделить соответствующие регистры под переменные и как преобразовать промежуточные операции в наборы микроопераций. MIXER использует эти знания, чтобы определить, какие микрооперации являются лучшими для реализации микропрограммы. Система представляет знания в виде правил и данных, обладает унификацией, управляемой механизмом вывода, и динамическим возвратом. MIXER реализована на языке Пролог. Она была разработана в Токийском университете и доведена до уровня демонстрационного прототипа.

ExpSystem PC 1.4.2. Эта экспертная система поможет людям не столь хорошо разбирающихся в комплектующих для персонального компьютера подобрать себе приемлемую конфигурацию будущего компьютера. В программу вводятся данные о требовании к системе и максимальной сумме денег, предполагаемой для покупки. Так же данная экспертная система пригодится для менеджеров компьютерных салонов что бы автоматизировать свою работу и сделать автоматизированное рабочее место для своих покупателей. Для подбора комплектующих используется два алгоритма расчета: для "богатого" и "бедного" покупателя. Данная ЭС была разработана в декабре 2006 года

ACE - Экспертная система ACE определяет неисправности в телефонной сети и дает рекомендации по необходимому ремонту и восстановительным мероприятиям. Система работает без человеческого вмешательства, анализируя сводки-отчеты о состоянии, получаемые ежедневно с помощью программы, следящей за ходом ремонтных работ в кабельной сети. ACE обнаруживает неисправные телефонные кабели и затем решает, нуждаются

ли они в планово-предупредительном ремонте и выбирает, какой тип ремонтных работ вероятнее всего будет эффективным. Затем ACE запоминает свои рекомендации в специальной базе данных, к которой у пользователя есть доступ. Система принимает решения, применяя знания относительно телефонных станций, сообщения системы и стратегии анализа сетей. Представление знаний в системе основано на правилах; используется схема управления посредством прямой цепочки рассуждений. Она разработана в Bell Laboratories. ACE прошла опытную эксплуатацию и доведена до уровня коммерческой экспертной системы [2].

Список литературы:

1. Джарратано Д., Райли Г. «Экспертные системы: принципы разработки и программирование»: Пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. — 1152 стр. с ил.
2. Ларичев О. И., Петровский А. В. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы их развития. // Итоги науки и техники. Сер. Техническая кибернетика. — Т.21. М.: ВИНИТИ, 1987, с. 131—164.
3. Сараев А. Д., Щербина О. А. Системный анализ и современные информационные технологии //Труды Крымской Академии наук. — Симферополь: СОНАТ, 2006. — С. 47-59
4. Терелянский, П. В. Системы поддержки принятия решений. Опыт проектирования: монография / П. В. Терелянский; ВолгГТУ. — Волгоград, 2009. — 127 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИИ ОТВЕРСТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ПРОШИВКИ

Кратюк Наталья Анатольевна
аспирант, МАТИ – Российский государственный технологический университет имени К.Э.Циолковского (МАТИ), г. Москва

Обработка глубоких отверстий малого диаметра является актуальной задачей при изготовлении деталей ГТД. Об этом говорит тенденция к повышению числа охлаждающих и функциональных отверстий в различных деталях из труднообрабатываемых материалов (стали, сплавы на основе титана и никеля и др.). Диапазон диаметров таких отверстий составляет 0,2…3,0 мм при глубине до 50 мм (в ряде случаев отношение глубины к диаметру свыше 100). Помимо очевидных технологических трудностей, связанных со свойствами обрабатываемых материалов и обработкой глубоких отверстий, возникают сложности с достижением высокой геометрической точности отверстий (точность профиля, конусность), расположением отверстий под острым углом (менее 20°) к торцевой поверхности, сложным профилем отверстий и другими особенностями конструкции. Несмотря на совершенствование традиционных лезвийных методов обработки, многие из рассмотренных задач данными методами решать неэффективно, затруднительно, а в ряде случает и невозможно [1; 4]. В таких случаях единственной альтернативой является обработка отверстий физико-химическими методами, среди которых, как один из наиболее оптимальных, можно выделить метод электроэрозионной прошивки отверстий [2; 3].

Целью данной работы является получение некоторых качественных и количественных показателей геометрии отверстий, полученных методом электроэрозионной прошивки, а также формулирование некоторых теоретических положений, позволяющих обоснованно подходить к выбору того или иного материала электрода-инструмента для достижения наибольшей точности геометрии получаемых отверстий.

Постановка задачи

Для достижения поставленных целей были определены следующие задачи:

- обработка отверстий методом электроэрозионной прошивки в образцах из различных материалов;
- получение фотографических изображений и измерение прошитых отверстий;
- обработка полученных экспериментальных данных.

Экспериментальное исследование

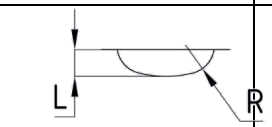
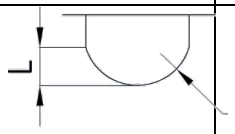
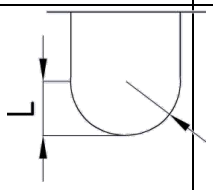
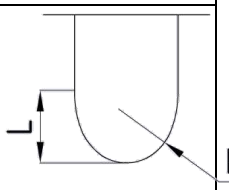
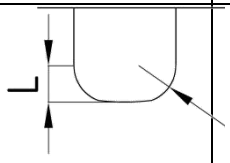
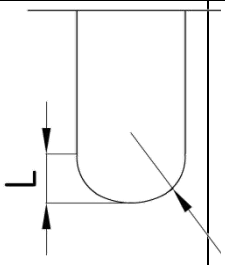
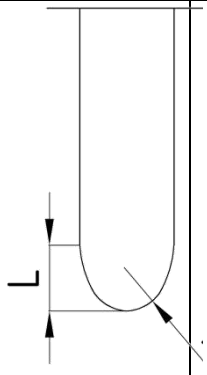
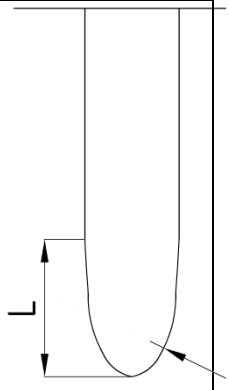
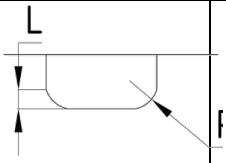
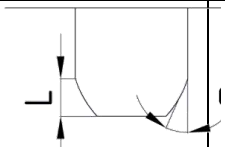
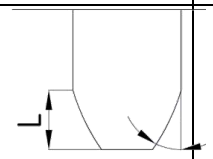
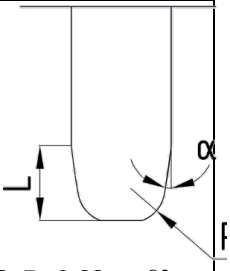
Все эксперименты, результаты которых представлены в данной работе, проводились на установке ELFA 731 в диапазоне следующих технологических режимов: ток короткого замыкания $I_к$ = 6,4…16 А, длительность импульса T_i = 3…20 мкс, скважность q = 5 – 10, емкость C = 1…20 мкФ. В качестве выходных (контролируемых) параметров были приняты: глубина, диаметр (для сквозных отверстий на входе и на выходе) и форма прошитого отверстия. При исследовании прошивки глухих отверстий и прослеживании динамики изменения формы отверстия в функции времени и технологических режимов использовались составные образцы, в которых отверстия обрабатывались на их стыке. Такой подход исключил необходимость разрезания образцов в месте прошивки, что значительно снизило трудоемкость получения экспериментальных данных.

На основании полученных данных были выведены следующие зависимости: изменение формы получаемого отверстия в зависимости от времени обработки и материала электрода-инструмента; изменение конусности получаемого отверстия в зависимости от материала при прямой и орбитальной подаче электрода-инструмента.

В процессе изучения изменения формы получаемых отверстий в зависимости от времени обработки и материала электрода-инструмента отверстия обрабатывались в составных образцах из стали 30ХГСА, после чего измерялись и анализировались их фотографические изображения. В таблице 1 представлены эскизы полученных отверстий и некоторые количественные показатели их геометрии, среди которых: R – радиус у дна отверстия, α – угол наклона стенок к дну отверстия (измерялся при минимальных значениях R) и L – высота искаженного участка профиля отверстия (указана в процентном соотношении от общей глубины обработанного отверстия). В данном случае считаем, что конусность у обработанных отверстий отсутствует.

Таблица 1

Анализ формы полученных отверстий

	Интервал времени, мин			
	4	**8**	**12**	**16**
Медный электрод	 L=100%; R=0,64	 L=54%; R=1,15	 L=42%; R=1,1	 L=48%; R=1,6
Латунный электрод	 L=37%; R=0,64	 L=25%; R=1,2	 L=22%; R=2,1	 L=38%; R=2,29
Вольфрамовый электрод	 L=33%; R=0,54	 L=33%; α=24°	 L=40%; α=26°	 L=33; R=0,66; α=8°

В ходе проведения эксперимента было отмечено, что форма получаемых отверстий напрямую зависит от характера износа электрода-инструмента. Отверстия, полученные медным электродом-инструментом, обладают наибольшей высотой искаженного участка профиля отверстия - 50…100 % от общей глубины отверстия. Отверстия, обработанные латунным и вольфрамовым электродами, имеют приблизительно равные значения искажения профиля по глубине отверстия – от 20 до 40 %. Радиус у дна отверстия зависит от времени обработки и износа электрода-инструмента. Наибольшие значения данного параметра наблюдаются при прошивке отверстий латунным электродом, а наименьшие – при прошивке электродом из вольфрама (в некоторых случаях радиус был незначителен, поэтому его значение заменено на угол наклона стенок к дну отверстия).

Изучение изменения конусности отверстия в зависимости от материала и траектории движения электрода-инструмента проводилось для двух общих случаев – с прямой подачей и при орбитальном движении электрода-инструмента.

Для измерения конусности при прошивке с прямой подачей обрабатывались сквозные отверстия в образцах толщиной 10 мм из стали 30ХГСА и титанового сплава ВТ20 стержневыми электродами Ø 1,5 мм из меди и вольфрама, с непрерывной подачей в зону обработки рабочей жидкости (вода) методом полива. Полученные выходные данные представлены в виде диаграммы на рисунке 1.

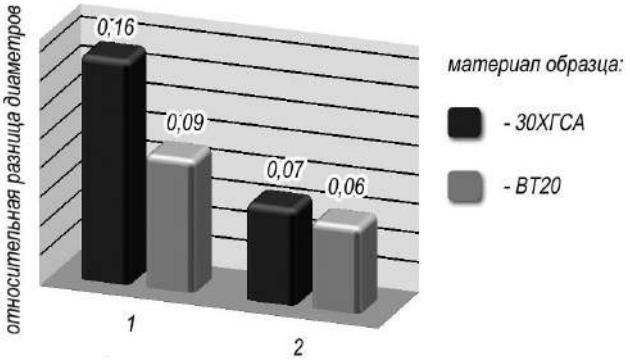
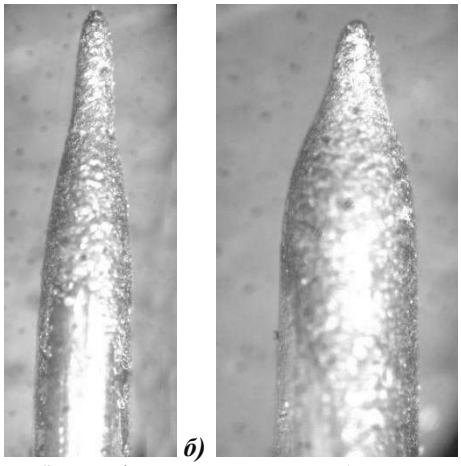


Рис. 1 Относительная разница диаметров сквозных отверстий, полученных в образцах из различных материалов электродами из меди (1) и вольфрама (2).

Для обоих образцов видно, что наименьшей конусности удалось достичь при обработке вольфрамовым электродом. Также было определено, что при прошивке титанового сплава время обработки значительно возрастает, что обусловлено окислением материала образца. На производительность обработки также повлиял характер износа электрода-инструмента – обработка отверстия производится заостренным концом электрода, затем диаметр отверстия увеличивается и калибруется его конической частью (см. рисунок 2).



а) *б)*

Рис. 2 Характер износа а) медного и б) вольфрамового электрода-инструмента при прошивке сквозного отверстия в образце из ВТ20

Эксперимент по определению конусности при орбитальном движении электрода-инструмента проводился стержневым электродом Ø0,5 мм из вольфрама в образце из стали 30ХГСА с непрерывной подачей в зону обработки рабочей жидкости (вода) методом полива. В данном случае обрабатывались глухие отверстия Ø1,5 мм за равные интервалы времени (15 и 30 минут) с «пеньком» и без «пенька» в центре отверстия. Полученные выходные данные эксперимента представлены в виде диаграммы на рисунке 3.

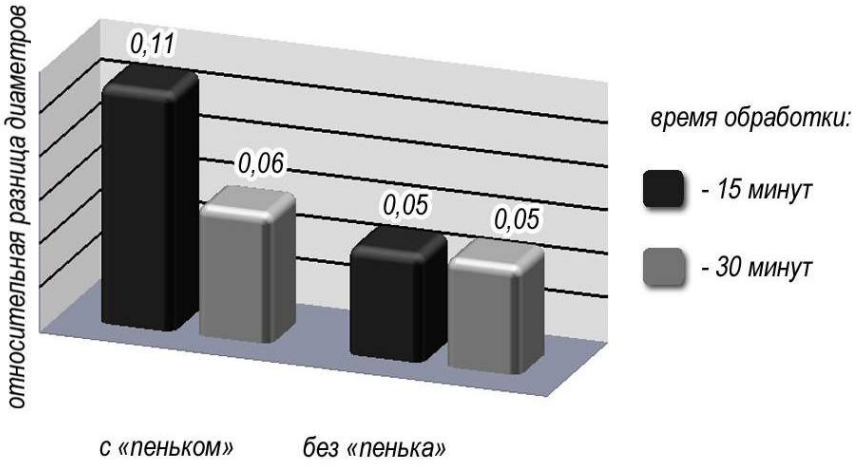


Рис. 3 Отношение разницы диаметров на входе и у дна отверстия к глубине в зависимости от времени обработки и наличия «пенька» в центре отверстия.

Из полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что обработка без образования «пенька» предпочтительнее с точки зрения конусности отверстия, чем с образованием «пенька».

Выводы

На основании полученных экспериментальных данных получены следующие общие рекомендации:

- для получения глухих отверстий с наиболее правильной геометрией вольфрамовые электроды использовать предпочтительнее, чем медные или латунные;
- для достижения наименьшей конусности отверстий также предпочтительнее использование электродов из вольфрама;
- при орбитальном движении электрода-инструмента можно достичь меньших значений конусности, чем при прямой подаче (при этом предпочтительнее схема обработки без образования «пенька»).

Список литературы:

1. Бойцов А.Г., Ковалев А.П., Новиков А.С. и др. Процессы механической и физико-химической обработки в производстве авиационных двигателей. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 584 с.: ил.
2. Моргунов Ю.А., Панов Д.В., Саушкин Б.П., Саушкин С.Б.; под ред. Б.П. Саушкина. Наукоемкие технологии машиностроительного производства. Физико-химические методы и технологии: учебное пособие. М.: ФОРУМ, 2013. 928 с.: ил.
3. Ставицкий И.Б. Электрофизические и электрохимические методы обработки. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2005.
4. Уткин Н.Ф., Кижняев Ю.И., Плужников С.К. и др. Обработка глубоких отверстий. Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1988. 269 с.: ил.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕННОСТИ В ПРОЕКТАХ ДЛЯ ИХ УЧАСТНИКОВ

Крючкова Анна Андреевна
Аспирантка кафедры системного анализа и логистики Одесского национального морского университета, г. Одесса, Украина.

Вступление. Ценностью можно назвать то, что обладает особой важностью для человека, и то, что он готов оберегать и защищать от посягательств и разрушения со стороны других людей. Свои личностные ценности есть у каждого человека. Среди этих ценностей есть уникальные, характерные только для данного индивида, и ценности, которые объединяют его с определенной категорией людей. Наличие общих ценностей помогает людям понимать друг друга, сотрудничать и оказывать помощь и поддержку. Отсутствие общих ценностей, или противоречие ценностей разделяет людей по лагерям, превращает их в оппонентов, соперников и противников. Именно поэтому современная теория и практика управления проектами уделяет серьезное внимание вопросам управления ценностями в проектах.

Исследованию ценности в проектах посвящены работы Ф.А. Ярошенко, С.Д. Бушуева, Т.А. Воркут, Г.Ю. Кучерук, А.В. Бондарь, Н.Ю. Ожерельева и др. Но оценка ценности в проектах для каждого участника логистической системы так и не проводилась.

Постановка задачи. Целью статьи является научный анализ и определение ценности для участников проекта.

Результаты. Ценность проекта связана с выгодами, которые продукт проекта формирует, при условии удовлетворенности всех требований миссии проекта. Ценность является многомерным индикатором. Управление ценностью проектов максимизирует ценность для заинтересованных сторон. Проект выступает как обязательство создать ценность, основанную на миссии проекта, которая должна быть выполнена в определенный период, в рамках согласованного времени, ресурсов и условий эксплуатации, рис. 1.

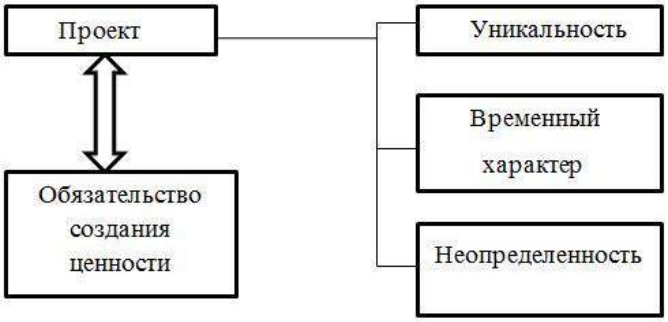


Рисунок 1. Миссия проекта с позиции создания ценности

Проекты являются неповторимыми и уникальными. «Проект реализует определенную миссию и цели собственника согласно его позиции, что ведет к созданию новой ценности, обогащенной уникальностью, отличительными чертами и инновациями. Действия, создающие ценность проекта, можно определить как действия, направленные на создание ценностей, удовлетворяющих потребности людей, государства, промышленности и общества, осуществляемых индивидом или группой людей на основе интеллектуальных, физических и финансовых ресурсов» [1, с. 21-22].

В практике управления ценностью, как правило, рассматривают следующие три функции:

- - выявить ценность - идентифицировать ценность продукта проекта или его результата;
- - скопировать носитель ценности - имитация и копирование продукта, несущего в себе ценность - физического носителя ценности. Суть такого подхода — производить то, что заведомо пользуется спросом и экспериментировать с таким продуктом, пытаясь найти свою исключительную ценность и стоимость, определяющие уникальную рыночную нишу;
- - навязать ценность – используется субъективное свойство ценности. Если потребитель не видел продукт с необходимыми потребительскими качествами, то он для него ценности не представляет. Для того чтобы потребители стали покупать определенные продукты их следует убедить, что совокупность потребительских качеств такого товара является жизненно важной с точки зрения характеристик.

«Управление ценностями как элемент управления человеческими ресурсами включает в себя выявление, формирование и культивирование ценностей, которые, с одной стороны, соответствуют стратегии компании, с другой стороны, разделяются теми, кто представляет собой человеческий ресурс реализации выбранной стратегии. Управление ценностями ориентировано на внешнюю среду и на внутреннюю среду компании» [1, с. 1].

Участники проекта — основной элемент его структуры, так как именно они обеспечивают реализацию его замысла. В зависимости от типа проекта, в его реализации могут принимать участие от одной до нескольких десятков, иногда сотен организаций. У каждой из них свои функции, степень участия в проекте и мера ответственности за его будущность.

Главный участник — заказчик — будущий владелец и пользователь результатов проекта. В качестве такового может выступать и физическое, и юридическое лицо. При этом заказчиком бывает как одна единственная организация, так и несколько, объединивших усилия, интересы и капиталы для реализации проекта и использования его результатов.

Заказчиками (застройщиками) могут быть инвесторы, а также иные физические и юридические лица,

уполномоченные инвесторами осуществлять реализацию инвестиционных проектов.

Не менее важная роль принадлежит инвестору — стороне, вкладывающей средства в проект. В некоторых случаях это — одно лицо с заказчиком. Если инвестор и заказчик — не одно и то же лицо, инвестор заключает договор с заказчиком, контролирует выполнение контрактов и осуществляет расчеты с другими участниками проекта. Инвесторами могут выступать:

- органы, уполномоченные управлять государственным и муниципальным имуществом;
- организации и предприятия, предпринимательские объединения, общественные организации и другие юридические лица всех форм собственности;
- международные организации, иностранные юридические лица;
- физические лица — граждане Украины и иностранные граждане.

Проектно-сметную документацию разрабатывают специализированные проектные организации, обобщенно называемые проектировщиком. При этом ответственной за выполнение всего комплекса этих работ обычно является одна организация, называемая генеральным проектировщиком. Материально-техническое обеспечение проекта (закупки и поставки) обеспечивают организации-поставщики, которые можно объединить под общим названием - поставщик.

Подрядчик — юридическое лицо, несущее ответственность за выполнение работ в соответствии с контрактом.

В последние годы реалии рыночной экономики и методы управления проектами заставили дополнить состав участников проекта новыми лицами.

В первую очередь, это фирмы и специалисты, привлекаемые на контрактных условиях для оказания консультационных услуг другим участникам проекта по всем вопросам его реализации. Их обобщенно называют - консультантом. Следует упомянуть еще о лицензиаре — юридическом или физическом лице — обладателем лицензий и «ноу-хау», используемых в проекте. Лицензиар предоставляет, как правило, на коммерческих условиях, право использования в проекте необходимых научно-технических достижений.

Также следует отметить важнейшую роль банка — одного из основных инвесторов, обеспечивающих финансирование проекта. В обязанности банка входит непрерывное обеспечение проекта денежными средствами, а также кредитование генподрядчика для расчетов с субподрядчиками, если у заказчика нет необходимых средств.

Особое место в осуществлении проекта занимает его руководитель. Это — юридическое лицо, которому заказчик, инвестор, или другой участник проекта делегируют полномочия по руководству работами по проекту: планированию, контролю и координации работ участников проекта.

Вывод. Управление проектами должно основываться на профессиональных способностях и действиях, создающих ценности для достижения целей проекта и решения его задач. Для развития таких компетенций необходимо сформировать общее видение и понимание сфер знаний, лежащих в основе управления проектами.

В управлении проектами также чрезвычайно важно гармонизировать широкий спектр целей заинтересованных сторон: спонсоров проекта, инвесторов, владельцев проекта, членов команды проекта, подрядчиков, субподрядчиков, регулирующих органов, общественных организаций, которые в большей или меньшей степени относятся к проектному сообществу. Разнообразие целей отражает различные ожидания участников проекта от реализации миссии проекта. Ценность проекта может быть создана в момент достижения этих целей.

Таким образом, проблема определения ценности в проектах, является одной из наиболее актуальных и первоочередных при его создании.

Список литературы:

1. Ярошенко Ф.А., Бушуев С.Д., Танака Х. Управление инновационными проектами и программами на основе системы знаний P2M: монография. К.: «Саммит-Книга», 2012. – 272 с.
2. Яхонтова Е.С. Управление ценностями как элемент управления человеческими ресурсами компании: статья. Электронный ресурс – Режим доступа:http://www.mevriz.ru/articles/2003/4/1784.html . – Загл. с экрана.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПОВЫШЕННОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ

Скрипко Ольга Валерьевна
доктор техн. наук, зав. лабораторией технологии переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБНУ ВНИИ сои, г. Благовещенск
Кубанкова Галина Викторовна
Научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИ сои
Кодирова Галина Александровна
Кандидат тех. наук, научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИ сои

В настоящее время ученые направляют свои усилия на создание продуктов питания повышенной пищевой и биологической ценности. При этом особую практическую значимость для решения данной проблемы представляют продукты питания, ежедневно употребляемые в пищу, такие как хлеб и мучные кондитерские изделия.

Одним из путей восполнения дефицита белка и физиологически ценных ингредиентов в пище является повышение эффективности использования сырьевых ресурсов за счет внедрения ресурсосберегающих и безотходных технологий, ликвидации производственных потерь, привлечения для выработки пищевых продуктов новых компонентов из вторичного сырья, богатого питательными веществами, безвредного и легко поддающегося различным видам переработки [1, с. 50].

В качестве такого компонента нами использована соевая белково-углеводная мука, приготовленная путем измельчения вторичного соевого сырья (ВСС), получаемого при производстве соевой необезжиренной муки, объём которого составляет 15% и более. Преимущество

данного вида соевого сырья по сравнению с другими соевыми аналогами (концентратами, изолятами, обезжиренной соевой мукой), заключается в том, что оно содержит в себе совокупность физиологически ценных ингредиентов [4, с. 71].

Указанный продукт разработан с учетом возможности и целесообразности его использования в составе продуктов общественного питания функциональной направленности в определенном соотношении.

Проведенный анализ состава данного вторичного соевого сырья показал, что он характеризуется наличием следующих фракций: 40% оболочки, 50% дробленых семядолей в виде крупки и 10% зародыша соевых семян. Так как эта композиция состоит из естественных частей семян сои, то она содержит относительно высокое количество белков, липидов, минеральных веществ, витаминов и пищевых волокон, в совокупности являющихся комплексом незаменимых эссенциальных факторов питания.

Химический состав данной естественной композиции на 100 г, при содержании влаги 5,0-6,0 г, представлен следующим количеством: белков – 24,3-25,6 г, липидов – 5,0-5,7 г, углеводов – 56,4-59,9 г; в том числе 44,0-45,0 г клетчатки, и минеральных веществ – 3,9-4,2 г, витамина Е – 15,5 мг. Энергетическая ценность композиции составляет 368,1-393,66 ккал/100 г.

Использование данного белково-углеводно-витаминного комплекса в составе с пшеничной или другого вида муки, может обеспечить повышение пищевой биологической ценности готовых хлебобулочных и мучных кондитерских изделий [2, с. 2].

С целью обеспечения возможности использования данного вида сырья в составе пшеничной муки, осуществляли его измельчение до тонкодисперсного состояния.

Технологическая схема производства муки показана на рисунке 1.

Получаемая соевая белково-углеводная мука представляет собой однородную, мелкодисперсную, сыпучую массу, без посторонних включений, приятного орехового вкуса и запаха, коричневого цвета (рисунок 2).

Рисунок 1. Технологическая схема производства соевой белково-углеводной муки из ВСС
* О - оболочка; З – зародыш; ДС – дробленные семядоли

Рисунок 2. Соевая белково-углеводная мука

Целью исследований является получение готового пищевого продукта в виде блинчиков повышенной биологической ценности, с относительно высокими органолептическими показателями.

Проведенные нами исследования позволили разработать технологию получения блинной муки и кулинарных изделий с ее использованием, включающую следующие операции. Соевую белково-углеводную муку смешивают с пшеничной мукой в соотношении 1:1. Сюда же добавляют и другие рецептурные компоненты согласно технологической схеме (рисунок 3), получая блинную муку. На основе блинной муки готовят блинное тесто и

выпекают блины на предварительно прогретой сковороде в присутствии масла [3, с. 3].

Использование соевой белково-углеводной муки в рецептуре позволяет получить заданный состав блинов с содержанием клетчатки 77% от суточной физиологической потребности (СФП), а также требуемые органолептические показатели: вкус, запах и консистенцию (таблица 1).

Таблица 1

Сравнительный химический состав продуктов с соевой мукой и без нее

Продукт	Содержание, г/100г					Энергетическая ценность, ккал/100г
	белки	жиры	углеводы (клетчатка)	% клетчатки от СФП*	минеральные вещества	
Мучные изделия «Блинчики»	10,3	2,2	65,4 (0,5)	2,0	0,8	323,0
Мучные изделия «Блинчики с соевой белково-углеводной мукой»	16,1	5,3	60,0 (19,25)	77,0	2,5	351,7

**СФП – суточная физиологическая потребность*

Результаты исследований аминокислотного состава двух видов муки представлен в таблице 2. Анализ данных, представленных в таблице 2, показывает, что соево-пшеничная мука имеет более высокую биологическую ценность по сравнению с пшеничной мукой – аминокислотный скор у соево-пшеничной муки по лизину 70%, а у пшеничной муки 48%.

Таблица 2.

Содержание незаменимых аминокислот в белке блинной, г/100г

Незаменимая аминокислота (НАК)	Шкала ФАО/ВОЗ		Содержание			
			пшеничная мука		соево-пшеничная мука	
	А, г/100г	С, %	А, г/100г	С, %	А, г/100г	С, %
Валин	5,0	100	5,5	110	5,66	113
Лейцин	7,0	100	8,13	116	7,84	112
Лизин	5,5	100	2,65	48	3,87	70
Метионин+цистин	3,5	100	4,0	114	3,56	102
Фенилаланин+тирозин	6,0	100	8,8	146	8,3	136
Триптофан	1,0	100	1,2	120	1,2	120
Изолейцин	4,0	100	5,3	132	5,22	130
Треонин	4,0	100	3,18	80	3,47	86
∑ НАК	36,0	100	38,76	107	39,12	108
Лимитирующая аминокислота	-	-	Лизин - 48 Треонин - 80		Лизин - 70 Треонин - 86	

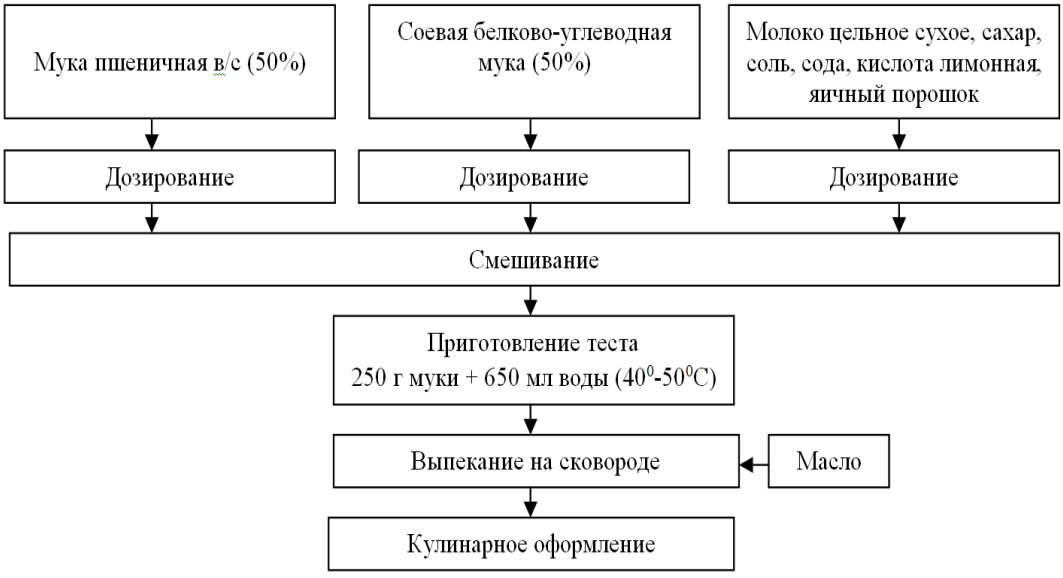


Рисунок 3. Технологическая схема производства кулинарных изделий с соевой белково-углеводной мукой

Таким образом, проведенные исследования позволили создать технологию производства белково-углеводной муки на основе вторичного соевого сырья, а также научно обосновать возможность и целесообразность ее использования в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий повышения их пищевой и биологической ценности.

Список литературы:

1. Доценко С.М.,Скрипко О.В., Иванов С.А., Кубанкова Г.В. Разработка технологии получения белково-углеводной добавки в виде муки / Техника и

технология пищевых производств. 2014. - № 2. – С.50-55.
2. Патент № 2522696 Российская Федерация, МПК[7] A 21 D 2/38. Способ получения мучных изделий повышенной биологической ценности /Доценко С.М., Иванов С.А., Кубанкова Г.В., Коршенко Л.О., заявитель и патентообладатель ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт сои. - № 2012150819/13., заявл. 27.11.2012., опуб. 20.07.2014. бюл. № 20.- 4 с.
3. Патент № 2522710 Российская Федерация, МПК[7] A 21 D 2/38. Способ приготовления теста повышенной биологической ценности / Доценко С.М., Иванов С.А., Кубанкова Г.В., Коршенко Л.О., заявитель и патентообладатель ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт сои. - № 2012150820/13., заявл. 27.11.2012., опуб. 20.07.2014. бюл. № 20. – 4 с.
4. Чижикова О.Г. Соя. Пищевая ценность и использование. Владивосток, 2001. – 148 с.

ПОИСКОВЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ

Кузнецова Ольга Алексеевна
Канд. техн. наук, доцент, ТулГУ, г. Тула

Опыт проектирования и эксплуатации реальных промышленных систем управления показывает, что работа систем управления связана с неопределенностью внешних нагрузок и с изменением значений параметров в процессе работы объекта. Поэтому системы управления, имеющие PID регуляторы, модульную настройку или подчиненную систему регулирования могут терять устойчивость [1,3,21]. Проектирование средств управления применительно к различным динамическим объектам является многокритериальной задачей, в которой необходимо учитывать неопределенность изменения внешних факторов и параметров объекта.

Л.А. Растригин ввел в рассмотрение определения сложного объекта, структуры, модели, параметров модели и объекта [17,18]. Использование определения модели позволяет строить управление u, переводящее сложный динамический объект (СДО) в требуемое заданное состояние, для которого необходимо выполнение критериальных ограничений. Вопросы использования определения структуры модели СДО подробно рассмотрены в работах [4,12,13]. Определение структуры управления СДО с учетом многокритериальности является сложной задачей.

Известно, что аналитическое решение при синтезе системы управления возможно только для определенного класса объектов и для математических моделей, допускающих оптимальное управление, определяемое свойствами задачи.

Современное развитие вычислительной техники, достижения программирования и соответствующий математический аппарат, позволяют разрабатывать численные поисковые методы формирования структуры управления СДО.

А.И. Дивеевым [8,16] и его учениками [9,10] предложен новый метод поиска математического выражения для управления СДО.

В настоящей работе предлагается рассмотреть возможность использования $ЛП_\tau$ – поиска [5,6,12,14] для численного формирования функции управления СДО с учетом многокритериальности задачи и принятия решения из множества Парето.

Во многих работах по исследованию систем управления и динамических объектов используют теорию графов [11,18,19] для графического и математического описания структуры st при формировании закона управления $U = \langle st, a \rangle$ исследуемого объекта. Однако, несмотря на преимущества и развитой вычислительный аппарат, использование ориентированного графа вызывает определенные трудности при подготовке списка варьируемых параметров. $ЛП_\tau$ – поиск связан с применением точек $ЛП_\tau$ – последовательности, с вычислением варьируемых параметров по точкам последовательности и кодированием расчетных вариантов. Программный комплекс [2,15] предусматривает применение базового варианта расчета, который в таблицах испытаний (ТИ) и упорядоченной (ТИУ) введен под номером (-1). Данный прием обеспечивает эффективное сравнение полученных результатов расчета с исходным базовым вариантом.

Исходя из перечисленных особенностей, при разработке оптимизирующей последовательности $N(i_{rq})$, оказалось целесообразным использование численного метода синтеза структуры, разработанного А.И. Дивеевым [8-10,16]. Считаем, что искомое математическое выражение $u = f\left(st(x,a),\ a\right)$ определяется ориентированным графом $G_u(X,Z)$, обладающим свойствами [16] и матрицей $\Xi_i(l,k),\ l=1,m_\xi,\ k=l+1,m_\xi$. Для графа X – узлы, Z – дуги, а для матрицы l – строка, k – столбец, m_ξ – размер матрицы. Матрица $\Xi_{-1}(l,k)$ – соответствует расчетному базовому варианту $N(i_{rq}) = -1$, $\Xi_i(l,k)$ – расчетные варианты i_{rq}. Элементы $d(l,k)$ определяют матрицу $\Xi_{-1}(l,k)$. Элементы $d(l,l)$ главной диагонали матрицы $\Xi_{-1}(l,k)$ соответствуют координатам системы x, варьируемым параметрам a, узлам действий υ и выходным координатам $U(x)$.

С помощью элементов матрицы, расположенных выше диагонали ($\Xi_i(l,k)$, $l \neq k,\ k > l$), выполняются вычисления по законам $\zeta(j),\ j=1,k_r$ (

$=,\sqrt{x},|x|,sin(x),x^2,e^x,\ldots)$, где k_r – число операторов. Вычисление управления $U(x)$ формируется в элементах матрицы, которые соответствуют узлам $U(x)$. При определении размерности $\Xi(l,k)$ принимаем, что мощность множества элементов координат - m_x, мощность множества варьируемых параметров - m_{vp}, возможное число узлов операций - m_υ и число узлов управления - m_u. Тогда размерность

$$m_\xi = m_x + m_{vp} + m_\upsilon + m_u.$$

Элементы $d(l,k)$ матрицы $\Xi(l,k)$ для варьируемых параметров m_{vp} на диагонали при $l=k$ вычисляются следующим образом:

$$\text{если } \Xi_{-1}(l,l)=0,\ l^{'}=m_{vp},\ l=1,m_\xi,\quad k=l+1,m_\xi,$$
$$\delta(l,l)=a^{*}_{i,j}+q_{i,j}\left(a^{**}_{i,j}-a^{*}_{i,j}\right),$$

где $a^{*}_{i,j}$, $a^{**}_{i,j}$ - нижний и верхний предел варьируемых параметров, $q_{i,j}$ - направляющие числа $ЛП_\tau$ – последовательности [20], i,j - номера точки и параметра.

$$q_{i,j}=e_1V_j^{(1)}*e_2V_j^{(2)}*\ldots*e_mV_j^{(m)},\quad i=\overline{1,n}.$$

В выражении знак * определяет функцию поразрядного сложения.
Арифметический алгоритм приведен в [20].
По заданному i вычисляем:

$$q_{i,j}=\sum_{i=k}^{m}2^{-k+1}\left\{\frac{1}{2}\sum_{i=k}^{m}\left[2\left\{i2^{-l}\right\}\right]\left[2\left\{r_j^{(l)}2^{nk-1-l}\right\}\right]\right\},$$
$$m=1+[ln\,i/ln\,2],$$

а затем для $j=\overline{1,n}$.

Скобки [ ] и { } определяют соответственно целую и дробную часть содержимого этих скобок.

Элементы $\delta(l,k)$ матрицы $\Xi(l,k)$ для узлов m_d, выполняющих действия умножения, сложения на диагонали, при $l=k$, вычисляются следующим образом:

$$\text{если } \Xi_{-1}(l,l)\neq 0,\ l^{'}=m_{vp},\ l=1,m_\xi,\quad k=l+1,m_\xi,$$

$$\delta(l,l)=\begin{cases}\sum_{1}^{l}\delta(l,k), & если\ \ d(l,l)=1;\\ \prod_{1}^{l}(\delta(l,k)>0), & если\ \ d(l,l)=2;\\ 0, & если\ \ d(l,l)=0.\end{cases}$$

Элементы матрицы, расположенные выше диагонали, вычисляются следующим образом:

$$\text{если } \Xi_{-1}(l,k)\neq 0,$$
$$l=1,m_\xi,\quad k=l+1,m_\xi,\ j=1,k_r,$$

$$\delta(l,k)=\begin{cases}\zeta(j)(\delta(l,k)), & если\ \ d(l,k)=j,\\ 0.\end{cases}$$

Если при решении задачи многокритериальной оптимизации $ЛП_\tau$ – поиском учитывается неопределенность СДО, то задача поиска оптимизирующей последовательности $N(i_{rq})$ является адаптационной [18].

В качестве примера рассматривается задача оптимизации управления СДО из [7]. В [7] установлен перечень основных элементов функции управления $U(x)$. Предварительно строится ориентированный граф, узлам присвоен порядковый номер, дуги имеют индекс j, связанный с выполнением закона $\zeta(j)$. Для полученного графа $G_u(X,Z)$ строится исходная матрица $\Xi_{-1}(l,k)$.

Свойства управляющего воздействия согласно оператору $G_u(X,Z)$ отражены в матрице $\Xi_{-1}(l,k)$.

$$\Xi_{-1}(l,k)=\begin{bmatrix}
0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1&0\\
0&0&0&0&0&0&0&0&2&0&0&0&1\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&2&0&0&1\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&2&0&1\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&2&1\\
0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&0&1
\end{bmatrix}.$$

На диагонали матрице $\Xi_{-1}(l,k)$ расположены узлы, которые определены координатами системы ($x_3, M_{sop}, \dot{x}_3, x_3^*$), варьируемые параметры (a_1, a_2, a_3, a_4), узлы, определяющие действие υ ($+,*$) и узел выходной координаты $U(x)$. Не диагональные элементы матрицы ($\Xi_{-1}(i,j)\, i \neq j, j > i$) определяют вид закона преобразования переменной величины. Выходная величина U по матрице $\Xi_{-1}(l,k)$ определяется

$$U(x) = a_3 x_3 + a_2 M_{sop} + a_3 \dot{x}_3 + a_4 x_3^*.$$

Следовательно, оптимальное решение, сформированное $ЛП_\tau$ – поиском на множестве Парето, отражает структуру $st = f\left(\Xi_{i_{rq}}(l,k)\right)$ и значения оптимальных параметров (a_1, a_2, a_3, a_4), которые при оптимизации изменялись в заданном диапазоне $a_{i,j}^* \le a_{i,j} \le a_{i,j}^{**}$.

Поиск оптимизирующей последовательности $N(i_{rq})$ связан с изменением структуры S. Для этого устанавливают порядок на множестве S. Если количество структур невелико, то за счет введения кода структуры в качестве варьируемого параметра $ЛП_\tau$ – поиском можно осуществлять решение оптимизационной задачи. Для случая, когда известна исходная структура (базовый вариант по определению [18]), целесообразно использовать "мутацию" структуры δS и правило отбора последовательности улучшающихся структур.

$$S_0 \to S_1 \to \ldots \to S_N \to S_{N+1} \to \ldots,$$

обладающих свойством $S_N \succ S_{N-1} \quad N = 1, \ldots$.

Для отбора используют близость расчетного варианта i_{rq} к множеству Парето P [12,18]. Для изменения st системы управления СДО используем мутацию графа $G_u(X,Z)$, определяемого матрицей $\Xi(l,k)$. Каждая вариация графа приводит к построению новой матрицы $\Xi_i(l,k)$, которая описывает новое математическое выражение. Построение множества $S = f(\Xi(l,k))$ требует использования большого объема памяти вычислительных машин для хранения целочисленных матриц, поэтому для формирования множества применим метод вариации относительно расчетного базового варианта $\Xi_{-1}(l,k)$, $N(i_{rq}) = -1$ [10,12].

Матрицу $\Xi_i(l,k)$ представим вектором вариации

$$W = [W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, a_1, a_2, a_3, a_4]^T,$$

где W_1 - вид мутации (0 – структура не изменяется, 1 – изменение закона $\zeta(j)$ операции на дуге графа, 2 – изменение действий υ операции в узле графа, 3 – добавление дуги, 4 – удаление дуги, 5 – удаление узла, 6 – добавление узла) $W_2 = l,\ l = 1, m_\xi$, $W_3 = k,\ k = l+1, m_\xi$, W_4 – закон изменения $\zeta(j),\ j = 1, k_r$, W_5 - арифметическое действие.

При вычислении имеем:

$$\Xi_i(l,k) = W_i \circ \Xi_{-1}(l,k),$$

где Ξ_{-1} - матрица расчетного варианта $i_{rq} = -1$.

Значения вектора вариации получаем также с использованием $ЛП_\tau$–последовательности.

$$W_{1i}^{*} \le W_{1i} \le W_{1i}^{**},\quad i = \overline{1,7},\ W_{2l}^{*} \le W_{2l} \le W_{2l}^{**},\quad l = 1, m_\xi,$$
$$W_{3k}^{*} \le W_{3k} \le W_{3k}^{**},\quad k = 1, m_\xi,\ W_{4j}^{*} \le W_{4j} \le W_{4j}^{**},\quad j = 1, k_r.$$

Предложенным способом поиска оптимальных расчетных вариантов системы управления СДО, принадлежащих множеству Парето с учетом нескольких критериев, получено уточненное решение для управления следующего вида

$$St = a_3 x_3 - a_2 M_{sop} - a_3 \dot{x}_3 |\dot{x}_3| + a_4 x_3^{*}.$$
$$U(x) = 1{,}11 x_3 - 0{,}25 M_{sop} - 0{,}0077 \dot{x}_3 |\dot{x}_3| + 0{,}238 x_3^{*}.$$

Полученное решение обеспечивает выполнение всех критериальных ограничений и монотонный характер переходного процесса упругого момента [7].

При решении задачи многокритериальной задачи оптимизации СДО $ЛП_\tau$ – поиском введено математическое описание структуры задачи в виде специальной матрицы $\Xi_i(l,k)$. Для каждого расчетного варианта i_{rq} устанавливается соответствие математическому выражению. Принимаемое решение из множества расчетных вариантов, оптимальных по Парето, определяет численное значение варьируемых параметров и выражение закона управления $U(x)$ в виде математического выражения координат состояния и варьируемых параметров.

Список литературы:

1. Александров А.Г., Паленов М.В. Состояние и перспектива развития адаптивных ПИД-регуляторов // Автоматика и телемеханика. 2014, № 2. - С. 16-30.
2. Афанасьева С.М., Кузнецова О.А. Программный комплекс многокритериальной оптимизации // Сборник научных трудов SWorld. Выпуск 1. Том 9. Одесса: КУПРИЕНКО, 2013. - С. 22-24.
3. Aidan O'Dwyer. Handbook of PI and PID controller tuning rules, 3nd Edition. London: Imperial College Press, 2009.
4. Грязев М.В., Кузнецова О.А. Возможность использования $ЛП_\tau$ – поиска при решении задач оптимального управления динамическим объектом // Известия ТулГУ. Естественные науки. Вып. 2. Ч.1. Тула, Изд-во ТулГУ, 2013, - С. 137-147.
5. Грязев М.В., Кузнецова О.А. Применение $ЛП_\tau$ – последовательности при оптимизации динамического объекта // Известия ТулГУ. Естественные науки. Вып. 1. Тула, Изд-во ТулГУ, 2013, - С. 142-153.
6. Грязев М.В., Кузнецова О.А. $ЛП_\tau$ – поиск при решении задач оптимального управления динамическим объектом с упругими связями // Известия ТулГУ. Естественные науки. Вып. 2. Ч.1. Тула, Изд-во ТулГУ, 2013, - С. 148-160.
7. Грязев М.В., Кузнецова О.А., Сушкин В.А. Многокритериальная оптимизация управления двухмассовой электромеханической системы // Электромеханические системы и комплексы. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. № 21. - С 60-70.
8. Дивеев А.И. Численный метод сетевого оператора для синтеза системы управления с неопределенными начальными значениями // Известия РАН. Теория и системы управления, 2012, №2. - С. 63-78.
9. Дивеев А.И., Пупков К.А., Шмалько Е.А., Софронова Е.А. Синтез системы управления методом сетевого оператора на основе аппроксимации множества оптимальных траекторий // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. Москва, 16-19 июня 2014 г.: Труды. [Электронный ресурс] М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. - С. 8024-8033.
10. Дивеев А.И., Софронова Е.А. Задача структурного синтеза системы автоматического управления // Вестник РУДН, сер. Инженерные исследования, 2007. №1. - С. 48-58.
11. Корнеенко В.П. Методы оптимизации. М.: Выш. шк. 2007. - 664 с.
12. Кузнецова О.А. Адаптивный метод исследования пространства параметров. Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. - 288 с.
13. Кузнецова О.А. Многокритериальная оптимизация электромеханических систем с асинхронным двигателем // Приводная техника. 2010. №6, - С 20-25.
14. Кузнецова О.А. Формирование управления в пространстве варьируемых параметров // Сборник научных трудов Sworld. Одесса: Черноморье. 2010. Т.5. №3. - С.61-62.

15. Кузнецова О.А., Сушкин В.А. Диалоговая система многокритериальной оптимизации и синтеза оптимальных законов управления // Сборник научных трудов Sworld. Одесса: Черноморье, 2010. Т. 4. - С. 47-55.
16. Пупков К.А., Фам С.Ф., Дивеев А.И. Синтез оптимального управления динамическим объектом со случайными начальными значениями // Наука и образование, 2012, №3. http://technomag.edu.ru/doc/376455.html
17. Растригин Л.А. Современные принципы управления сложными объектами. М.: Сов. радио, 1980. - 232 с.
18. Растригин Л.А. Адаптация сложных систем. Рига.: Зинатне, 1981. - 375 с.
19. Растригин Л.А., Эренштейн Р.Х. Метод коллективного распознавания. М.: Энергоиздат, 1981. - 80 с.
20. Соболь И.М., Статников Р.Б. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями: учебное пособие для вузов. М.: Дрофа, 2006. - 175 с.
21. Хлебников М.В., Поляк Б.Е., Кунцевич В.М. Оптимизация линейных систем.

РЕШЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ЗАДАЧИ СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ОБЪЕКТОВ С УПРУГИМИ СВЯЗЯМИ

Кузнецова Ольга Алексеевна
Канд. техн. наук, доцент, ТулГУ, г. Тула

Применение средств многокритериальной оптимизации обеспечивает комплексный подход при проектировании, модернизации и исследовании различных машин и установок, имеющих упругие элементы. Многокритериальная оптимизация позволяет комплексно учитывать свойства электрической и механической части и системы управления электроприводом. Проведенные исследования электропривода горных машин средствами многокритериальной оптимизации [17] позволили установить, что в сложной динамической системе с упругими связями возникают взаимосвязанные динамические процессы, которые определяются парциальными системами и коэффициентами связи этих парциальных систем [14]. Коэффициент связи парциальных систем определяет колебательный процесс, уровень энергии (энергетические свойства систем) и управляемость каждой подсистемой. Колебания в механической части управляемого динамического объекта поддерживаются за счет обмена энергией между источником и механической частью через обратную связь по ЭДС, от механической части к электрической части через скорость, которая получает информацию о расходе механической энергии, и таким образом, определяется соответствующий уровень потребления электроэнергии [18]. Обмен энергии связан с колебательным процессом в системе [8-9].

Использование парциальных систем позволяет обоснованно подходить к созданию регулируемых динамических объектов. Если парциальные системы имеют коэффициент связи, близкий к нулю, то взаимное влияние таких систем на динамические процессы объекта мало и поведение этих систем будет соответствовать изолированным парциальным системам. Задача оптимизации в этом случае сводится к поиску оптимальных конструктивных параметров, которые обеспечивают снижение динамических нагрузок в малых пределах. Для систем, имеющих коэффициент связи, отличный от нуля, можно управлять динамическими процессами за счет изменения режима работы одной из парциальных систем. Система управления динамическим объектом должна содержать контур, обеспечивающий управление парциальной системой. Задача оптимизации сводится к синтезу закона управления динамическим объектом и отысканию оптимальных параметров системы управления. В этом случае управление обеспечивает качественное и количественное изменение динамических процессов.

Г.Я. Пятибратовым в работе [16] для динамических процессов электромеханической системы с выделенными упругими связями сформулирована проблема управления усилиями и направления ее решения:

– демпфирование упругих колебаний системы [5],
– активное демпфирование электроприводом выходных координат или ограничение динамических нагрузок в элементах передачи [5,6],
– адаптивное управление усилиями [7,15].

Адаптивное управление усилиями существенно влияет на динамические процессы в упругой системе и связано с реализацией третьего направления, в котором необходимо выделять инвариантный способ управления усилиями.

В.А. Мищенко в [15] привел определение инвариантного управления моментом независимо от скорости и условие его преобразования.

В работах [1,3,11-13] приведено обоснование применения численного $ЛП_\tau$ – поискового метода с использованием оптимизирующей последовательности $N(i_{rq})$ ($N(i_{rq})$ – номера расчетных точек в таблице испытаний [9]), для определения параметров системы управления, выполняющего отыскание оптимальных параметров самой системы и формирование оптимального управления применительно к динамическому объекту, реализующего оптимальные режимы, в которых изменения внешних факторов и параметров определены неточно. При этом необходимо выполнение требуемых показателей качества и условий для инвариантного управления объектом.

Рассмотрим в качестве примера динамический объект, представленный двухмассовой системой с упругой связью и с управляемым двигателем по схеме ТП-ДПТ НВ [3,6,8]. С учетом введения фазовых координат и общепринятых обозначений система уравнений, описывающая динамический объект с упругими связями, представлена в следующем виде:

$$\dot{x}_1 = a_{11}\, x_4 - a_{12}\, x_3,$$
$$\dot{x}_2 = a_{21}\, x_3 - a_{22}\, M_{sop},$$
$$\dot{x}_3 = a_{31}\, x_1 - a_{32}\, x_2,$$
$$\dot{x}_4 = a_{41}\, x_5 - a_{42}\, x_4 - a_{43} x_1,$$
$$\dot{x}_5 = a_{51} U_y - a_{52}\, x_5,$$

где $x_1 = \omega_1$, $x_2 = \omega_2$, $x_3 = M_{12}$, $x_4 = I$, $x_5 = E_n$ - фазовые координаты, $a_{11} = c\Phi_н / J_1$, $a_{12} = 1/J_1$, $a_{21} = a_{22} = 1/J_2$, $a_{31} = a_{32} = c_{12}$, $a_{41} = 1/R_s T_s$, $a_{42} = 1/T_s$, $a_{43} = \Delta\Phi / R_s T_s$,

$a_{51} = K_{ТП} / T_{ТП}$, $a_{52} = 1/T_{ТП}$ - конструктивные параметры, ω_0 – частота вращения заданная, β – статическая жесткость характеристики.

Переходные характеристики системы относительно упругого момента $x_3(t)$ имеют явно выраженный колебательный характер, определяемый параметрами системы J_1, J_2, c_{12}. Управление упругим моментом $x_3(t)$ выполняется изменением $U_m(x)$, которое обеспечивает заданный режим работы.

Предлагаемый $ЛП_\tau$ – поисковый метод оптимизации системы (1) рассматривает две задачи: синтез управления $U_m(x) = a_{11} x_4$ для механической части динамического объекта и синтез управления $U_y(x)$ всей системы. При $ЛП_\tau$ – поиске оптимального $U_m(x)$ применяем метод синергетического управления [2,7]. Уменьшение значения отклонений упругого момента достигается за счет введения требуемого инвариантного многообразия Ψ_1.

$$\Psi_1 = x_3 - x_3^* = 0, \quad (2)$$

где x_3^* - желаемое значение упругого момента.

Требуемое движение системы (1) на инвариантном многообразии Ψ_1

$$T_1 \dot{\Psi}_1 + \Psi_1 = 0. \quad (3)$$

Движение системы с учетом макропеременной ξ, которая обеспечивает требуемую траекторию скорости первой массы

$$\Psi_2 = x_1 - \xi = 0, \quad (4)$$
$$T_2 \dot{\Psi}_2 + \Psi_2 = 0. \quad (5)$$

При постановке задачи многокритериальной оптимизации приняты следующие критерии:

$$\Phi_1 = \int_0^{t_y} \left(T_1^2 \dot{\Psi}_1^2 + \Psi_1^2 + T_2^2 \dot{\Psi} 2_1^2 + \Psi_2^2 + U^2 \right) dt \to min,$$

$$\Phi_2 = \int_0^{t_y} \Psi_1^2 dt \to min, \; \Phi_3 = \int_0^{t_y} \Psi_2^2 dt \to min, \; \Phi_4 = \int_0^{t_y} H dt \to min, \quad (6)$$

где H - энергия системы.

Для обеспечения необходимых свойств механической системы дополнительно введены критерии, учитывающие:

- перерегулирование координат $\sigma(x_1)$ и $\sigma(x_3)$.

При формировании закона $U_m(x)$ управления механической частью целесообразно использовать ограничения:

- на заданную величину $x_3^* \le 200{,}0$,

- на скорость $\sigma(x_1) \le 1{,}5$,

- на управление $max\, U_m(x) \le 130{,}0$,

- на кратность динамических нагрузок

$$k_m = \frac{max\, x_3}{\bar{x}_3} \le 5{,}0.$$

Так как первое уравнение системы (1) и критерий Φ_1 (6) содержат управляющее воздействие $U(x)$, математическое выражение которого неизвестно, то для решения задачи оптимизации динамического объекта необходимо построить математическую модель структуры st управляющего воздействия $U(x)$ и определить числен-

ные значения варьируемых параметров. Каждая механическая часть требует своего управления т.е. знания st и ее параметров. Для рассматриваемой задачи с критериями и ограничениями получить аналитическое решение не возможно.

Применение принципа декомпозиции расширенной системы позволяет определить структуру управления за счет обратных действий с макропеременными (2,4), уравнениями (3,5) и системой уравнений (1). Результатом может служить закон управления, представленный в общем виде

$$u = \sum_{i=1}^{n} a_i\, x_i + \sum_{j=1}^{r} c_j\, z_j . \qquad (7)$$

Поисковый $ЛП_\tau$ метод предусматривает процедуру уточнения закона управления. Процедура основана на предполагаемом описании структуры управлением ориентированным графом, дуги которого отражают математические действия $\zeta_j(d)$. Поиск оптимального математического описания $U(x)$ обеспечивается мутацией параметров графа. Общий вектор варьируемых параметров состоит из двух частей. Первая – вариации графа [4], вторая – варьируемые параметры системы

$$VP = [W_1, W_2, W_3, W_4, W_5, a_1, a_2, a_3, a_4]^T ,$$

где W_1 - вид мутации (0 – структура не изменяется, 1 – изменение закона $\zeta(j)$ операции на дуге графа, 2 – изменение действий υ операции в узле графа, 3 –добавление дуги, 4 – удаление дуги, 5 – удаление узла, 6 – добавление узла) $W_2 = l,\ l = 1, m_\xi$, $W_3 = k,\ k = l+1, m_\xi$, W_4 – закон изменения $\zeta(j),\ j = 1, k_r$, W_5 - арифметическое действие.

Общее решение исходной задачи (1-6) выполняется $ЛП_\tau$ – поиском с использованием равномерного зондирования пространства параметров A точками $ЛП_\tau$ – последовательности и определяется оптимальным множеством Парето, на основе которого окончательно принимается решение относительно значений вектора управления $u = \langle st, A \rangle$. В уравнении (7) для обеспечения устойчивого счета вместо выражения $x_1 - x_2$ используется производная

$$\dot{x}_3 = c_{12}\left(x_1 - x_2\right).$$

Таким образом, решается задача аппроксимации управляющего воздействия математическим выражением, отвечающим заданным требованиям функционирования. Модель оптимизационного расчета имеет постоянные параметры $J_1 = 0{,}1\,кгм^2$, $J_2 = 0{,}4\,кгм^2$, $c_{12} = 2000\,\frac{Нм}{рад}$, $\omega_0 = 150\,\frac{1}{с}$, $M_{sop} = 30\ Нм$; число критериев – 6, число параметров – 9, ограничений – 4, время расчета – 3 с. Варьируемые параметры вектора VP изменяются в следующих пределах:

$$0{,}8 \le a_1 \le 1{,}2;\ 0{,}15 \le a_2 \le 0{,}4;\ 0{,}005 \le a_3 \le 0{,}01;\ 0{,}1 \le a_4 \le 0{,}4,$$
$$0{,}5 \le W_1 \le 3{,}5;\ 0{,}0 \le W_2 \le 13{,}0;\ 0{,}0 \le W_3 \le 13{,}0;\ 0{,}0 \le W_4 \le 10{,}0.$$

Выполнен численный эксперимент для рассматриваемой задачи с числом переменных параметров 9 и числом расчетных вариантов 1024.

После выполнения сформирована оптимизирующая последовательность

$$N(22{,}82{,}192{,}196{,}199{,}509{,}534{,}668{,}711{,}727).$$

Последовательность определила следующие структуры управления

$$st_1 = a_1 x_3 + a_2 M_{sop} + a_3 \dot{x}_3 + a_4 x_3^*,$$
$$st_2 = a_1 x_3 - a_2 M_{sop} \cos(x_3) + a_3 \dot{x}_3 + a_4 x_3^*,$$
$$st_3 = a_1 x_3 + a_2 M_{sop} + a_3 |\dot{x}_3| + a_4 x_3^*,$$
$$st_4 = a_1 x_3 + a_2 M_{sop} + a_3 \dot{x}_3\, sign(x_3^*) + a_4 x_3^*.$$

Из рассматриваемой последовательности $N(i_{rq}) = 10$ на основании работы [10] принят к рассмотрению вариант $i_{rq} = 727$ с параметрами

$$U_m(x) = 1{,}05 x_3 - 0{,}2378 M_{sop} - 0{,}0077 \dot{x}_3 + 0{,}285 x_3^*. \qquad (8)$$

Для управления (8) на рис. 1 приведены временные зависимости x_1, x_3.

Изменения x_3, U_{mo} при ступенчатом изменении задающего момента x_3^* и M_{sop} приведены на рис. 2. Более сложным вопросом является случай, когда изменение M_{sop} является неизвестным. Считаем, что M_{sop} изменяется в пределах $M_{sop}^* \le M_{sop} \le M_{sop}^{**}$.

Применяя теорию построения наблюдателя, получаем зависимость для восстановленного $\hat{M}_{sop}$.

$$\hat{M}_{sop} = T_3 C_{12}(x_1 - x_2) + x_3.$$

Отыскание выражения структуры st вектора управления U осуществляем на основе инвариантного решения задачи для ДПТ НВ, где входным воздействием является оптимальное значение $M_d = U_{mo}$, а выходом напряжение.

U_e якорной цепи с учетом передаточной функции двигателя $k_o c_m / (T_e p + 1)$

$$U_e = U_{mo} / c_m k_o + \dot{U}_{mo} T_e / c_m k_o.$$

Напряжение на выводе ТП с учетом ЭДС двигателя

$$E_n = c_\omega x_1 + U_e.$$

Производную оптимального воздействия $\dot{U}_{mo}$ представим следующим образом

$$\dot{U}_{mo} = e_1 x_3 - e_2 x_4 + e_3 \dot{x}_3 - e_4 M_{sop}.$$

Опуская промежуточные преобразования, получаем значение U_e для формирования управления

$$U_e = b_1 x_3 + b_2 \dot{x}_3 - b_3 x_4 + b_4 x_3^* - b_5 M_{sop},$$

где $b_1 = 3{,}641$, $b_2 = 0{,}003$, $b_3 = 2{,}173$, $b_4 = 2{,}173$, $b_5 = 1{,}173$.

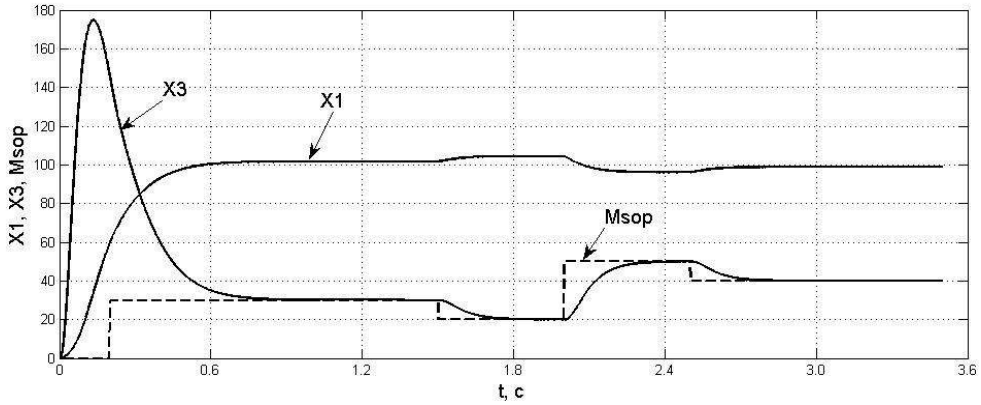


Рисунок 1. Временные зависимости x_1, x_3, M_{sop}

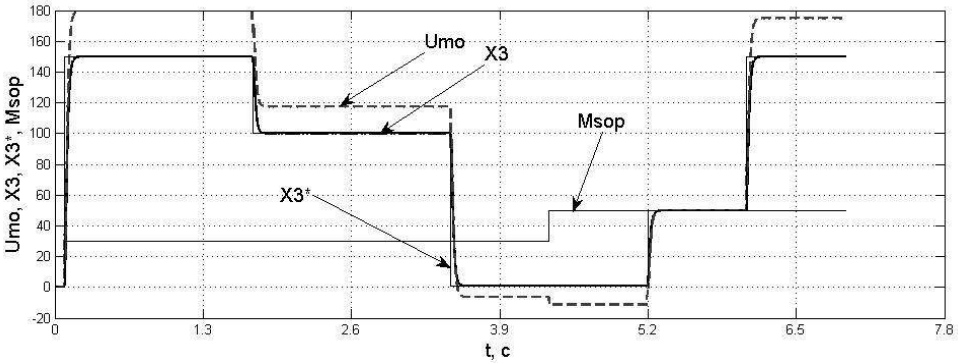


Рисунок 2. Временные зависимости x_3, U_{mo} ***при изменении*** x_3^*

Полученные результаты при исследовании системы электропривода с ДПТ НВ и упругим звеном показывают, что разработка и применение способа регулирования обеспечивает значительное снижение динамической нагрузки в элементах при действии неопределенных внешних возмущений.

Список литературы:

1. Грязев М.В., Кузнецова О.А. Применение $ЛП_\tau$ – последовательности при оптимизации динамического объекта // Известия ТулГУ. Естественные науки. Вып.1. Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. - С. 142-153.

2. Грязев М.В., Кузнецова О.А. Структурно-параметрический синтез системы управления с учетом инвариантного множества // Известия ТулГУ. Естественные науки. Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. Вып.2. - С. 225-237.
3. Дивеев А.И. Численный метод сетевого оператора для синтеза системы управления с неопределенными начальными значениями // Известия РАН. Теория и системы управления, 2012, №2. - С. 63-78.
4. Задорожний Н.А., Задорожняя И.Н. Корневые оценки качества регулирования электроприводов со свойствами электромеханической совместимости // Вестник НТУ ХПИ, вып. 12, том 2. - Харьков: НТУХПИ, 2002 - С. 445-447.
5. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1985. - 560 с.
6. Колесников А.А. Синергетические методы управления сложными системами: Теория системного синтеза. М.: КомКнига, 2006. - 240 с.
7. Кузнецова О.А. Многокритериальная оптимизация асинхронного электропривода / под ред. В.А. Сушкина. Тула: Изд-во ТулГУ, 2009. - 104 с.
8. Кузнецова О.А. Адаптивный метод исследования пространства параметров. Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. - 288 с.
9. Кузнецова О.А. Многокритериальная концепция энергоэффективных режимов электроприводов / Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 6: Ч.1. - Тула: Изд-во ТулГУ, - 2011. - С.191-196.
10. Мандельштам Л.И. Полное собрание трудов: т. IY. Изд-во АН ССР, 1955. – 512 с.
11. Мищенко В.А. Теория, способы и системы векторного и оптимального векторного управления электроприводами переменного тока. М.: Информэлектро, 2002. - 168 с.
12. Пятибратов Г.Я. Ресурсосберегающее управление усилиями в упругих передачах и исполнительных устройствах электромеханических систем и комплексов./ Труды V Международной (16 Всероссийской) конференции по автоматизированному электроприводу АЭП-2007. Санкт-Петербург: СПбГПУ, 2007. - С. 58-60.
13. Сушкин В.А. Многокритериальная оптимизация основных параметров при проектировании струговых установок для выемки угля: Автореф. дис. канд. техн. наук. Тула: Тульский политехн. ин-т, 1983. - 24 с.
14. Уайт Д.С., Вудсон Г.Х. Электромеханическое преобразование энергии, перев. с англ., М.-Л., Издательство Энергия, 1964, - 528 с.

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ УСИЛИТЕЛЯ МОЩНОСТИ НА ДОСТОВЕРНОСТЬ ПРИЕМА РЕТРАНСЛИРОВАННОГО СИГНАЛА 4ФМ

Сизякова Анна Юрьевна
к.т.н., доцент, кафедра «Радиотехнических систем», Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва
Лыу Хай Нам
аспирант, кафедра «Радиотехнических систем», Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва

Введение

Усилители мощности на лампах бегущей волны (ЛБВ), используемые в передатчиках спутников-ретрансляторов, имеют существенную нелинейность амплитудной характеристики (АХ) и значительную неравномерность фазоамплитудной характеристики (ФАХ). Эта комплексная нелинейность приводит к появлению в спектре выходного сигнала усилителя ретранслятора составляющих на комбинационных частотах – интермодуляционных помех. При МДЧР интермодуляционные компоненты могут существенно искажать спектр группового сигнала. Математическое описание интермодуляционных помех сложно и громоздко, поскольку необходимо использовать аппроксимацию нелинейных характеристик усилителей, приводящую к системе нелинейных уравнений с комплексными коэффициентами [1, с. 66-72; 2, с. 74-81; 3, с. 27-30].

В статье проведена оценка влияния крутизны АМ/ФМ-преобразования при использовании нелинейных УМ для усиления группового сигнала ретранслятора при МДЧР на изменение уровней квадратурных составляющих полезного канального сигнала 4ФМ в демодуляторе приемника, а также на вероятность битовой ошибки на выходе демодулятора. Метод исследования – имитационное цифровое моделирование нелинейного усиления группового сигнала 4ФМ в одночастотном (N = 1), двухчастотном (N = 2) и многочастотном (N = 5) режимах при МДЧР.

Для аналитического описания нормированных нелинейных амплитудной и фазоамплитудной характеристик использованы выражения [4, с. 1715-1720]:

$$A(r) = \frac{a_r r}{1 + b_r r^2}, \ \phi(r) = \frac{a_\phi r^2}{1 + b_\phi r^2},$$

где $r^2 = P_{вх}/P_{вх.нас}$, a_r = 1,9638; b_r = 0,9945; a_ϕ = 2,5293; b_ϕ = 2,8168.

В качестве аргумента и функции применены нормированные входная и выходная мощности, отнесенные к значениям мощности насыщения: $P_{вх}/P_{вх.нас}$ (Input Power Back Off, IBO) и $P_{вых}/P_{вых.нас}$ (Output Power Back Off, OBO).

На рис. 1 показаны АХ усилителя (сплошная линия) и зависимости относительной суммарной мощности – OBO – усиленных сигналов от нормированной входной мощности – IBO.

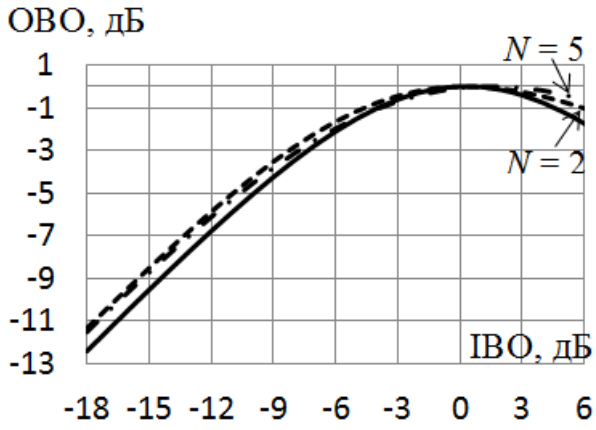


Рисунок 1. Характеристики АМ/АМ преобразования для нелинейного УМ при N = 1 (сплошная линия), N = 2 (пунктир) и N = 5 (штрихпунктир)

По амплитудной характеристике УМ определяют точку IP1 (Intercept Point 1st order), равную значению $P_{вх1дБ}/P_{вх\ нас}$ входной мощности, нормированной к входной мощности насыщения, при котором в усилителе из-за амплитудной компрессии коэффициент передачи снижается на 1 дБ по отношению к малосигнальному значению. В модели точка IP1 соответствует значению IBO = минус 12 дБ.

В нелинейных УМ на ЛБВ наблюдается амплитудно-фазовая конверсия (АФК). При этом изменение огибающей входного группового сигнала, состоящего из N сигналов 4ФМ, вызывает изменение фазы каждого из этих сигналов на выходе УМ. Это означает, что при изменении уровня входного сигнала возникает их дополнительная фазовая модуляция. При изменении уровня входного сигнала от малого (режим линейного усиления) до сильного (режим насыщения) фаза сигнала на выходе ЛБВ изменяется от 0° до 60°… 80° [5, с. 232-241].

На рис. 2 построены характеристики АМ/ФМ преобразования. Параметром является крутизна $K_{АФК}$ амплитудно-фазовой конверсии, определенная для IBO = минус 18 дБ.

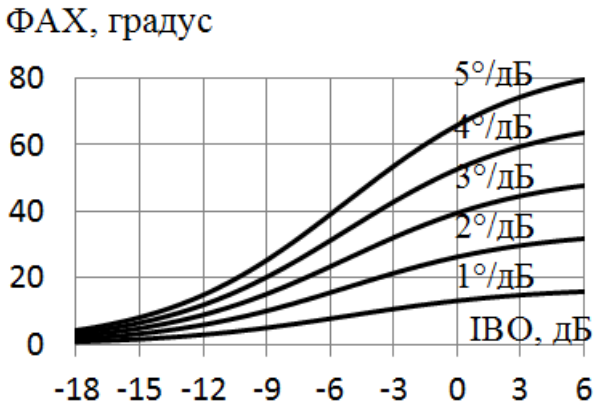


Рисунок 2. Характеристики АМ/ФМ преобразования для нелинейного УМ.

Влияние крутизны фазоамплитудной характеристики УМ на вращение точек сигнального созвездия

Поясним постановку задачи. На вход спутникового ретранслятора в системе с МДЧР поступают N равномощных независимых сигналов 4ФМ. После усиления в бортовом нелинейном УМ групповой сигнал излучается бортовой антенной в направлении земных станций, каждая из которых принимает один сигнал $s_r(t)$ из группового. Анализируются искажения значений отсчетов квадратур 4ФМ сигнала $s_r(t)$ в квадратурном приемнике земной станции. Эти пары отсчетов рассматриваются как координаты точек сигнального созвездия [6, с. 248-251]. На рис. 3 (группа точек 0) построено сигнальное созвездие для сигнала 4ФМ в отсутствие помех и искажений. Каждая из сигнальных точек на плоскости располагается вблизи линии, повернутой на угол ±45º, ±135º относительно положительного направления оси абсцисс, и одинаково удалены от начала координат. Из рис. 3 видно, что областью правильного приема сигнала является один из четырех квадрантов сигнальной плоскости. Границы этих областей совпадают с обеими осями [7, с. 39-40].

На рис. 3 также построены сигнальные созвездия для одного из сигналов $s_r(t)$ при усилении группового сигнала в УМ ретранслятора в режиме насыщения. На рисунке обозначен угол φ – угол «смещения» точек сигнального созвездия при усилении в УМ с АФК. При $K_{АФК} = 0$ угол φ = 0°; при $K_{АФК} = 1°/дБ$, φ = 13° (группа точек 1); при $K_{АФК} = 2°/дБ$, φ = 26° (группа точек 2), что является достаточно большим значением. Если ввести понятие запаса по углу $\Delta_\varphi = 45° - \varphi$, то для $K_{АФК} = 0$ величина $\Delta_\varphi = 45°$ (максимальное значение); при $K_{АФК} = 1°/дБ$ значение $\Delta_\varphi = 32°$; при $K_{АФК} = 2°/дБ$ величина $\Delta_\varphi = 19°$. Запас по углу позволяет охарактеризовать близость точек сигнального созвездия к границам областей правильного приема сигнала.

Чем меньше запас, тем больше требуемое отношение сигнал-шум для обеспечения заданной вероятности ошибки приема сигнала. На рис. 4 построен график зависимости от IBO максимального значения $K_{АФК}$, при котором точки сигнального созвездия достигают границы области правильного приема в отсутствии шума, когда запас по углу $\Delta_\varphi = 0$. При больших значениях $K_{АФК}$ возникают существенные ошибки при приеме сигнала.Из графика видно, что в точке насыщения (IBO = 0 дБ) при $N = 1$ в отсутствии шума возможен безошибочный прием сигнала при малой АФК с коэффициентом $K_{АФК} \leq 3{,}5°$/дБ и $K_{АФК} \leq 3{,}2°$ /дБ, если $N = 5$. На рис. 5 построены зависимости запаса по углу $\Delta_\varphi = 45° - \varphi$ от IBO в отсутствие шума, рассчитанные по сигнальному созвездию.

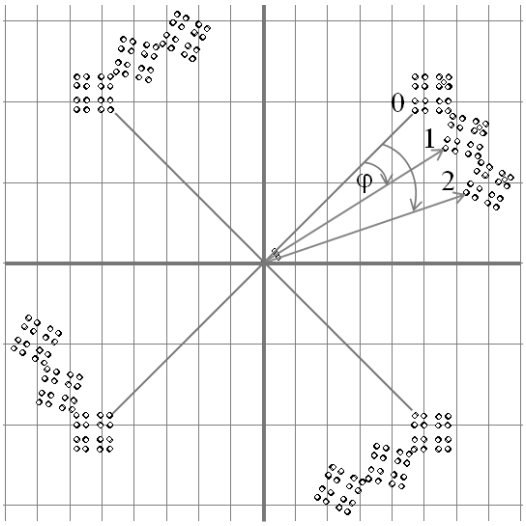


Рисунок 3. Сигнальные созвездия для4ФМ сигнала, IBO = 0 дБ. 0 – $K_{АФК}$ = 0;1 – $K_{АФК}$ = 1°/дБ; 2 – $K_{АФК}$ = 2°/дБ

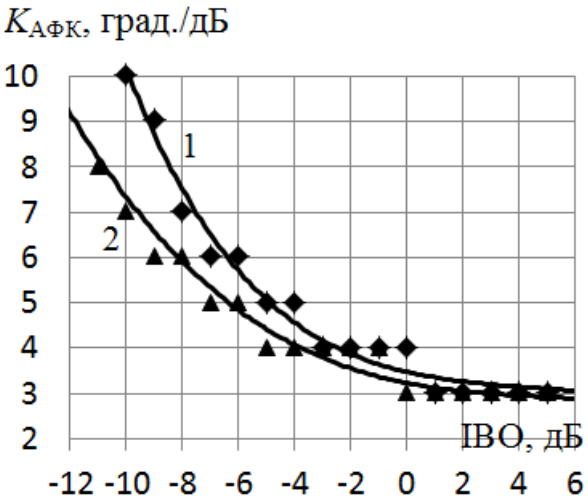


Рисунок 4. Зависимость максимального $K_{АФК}$ от IBO, 1 – при N = 1; 2 – при N = 5

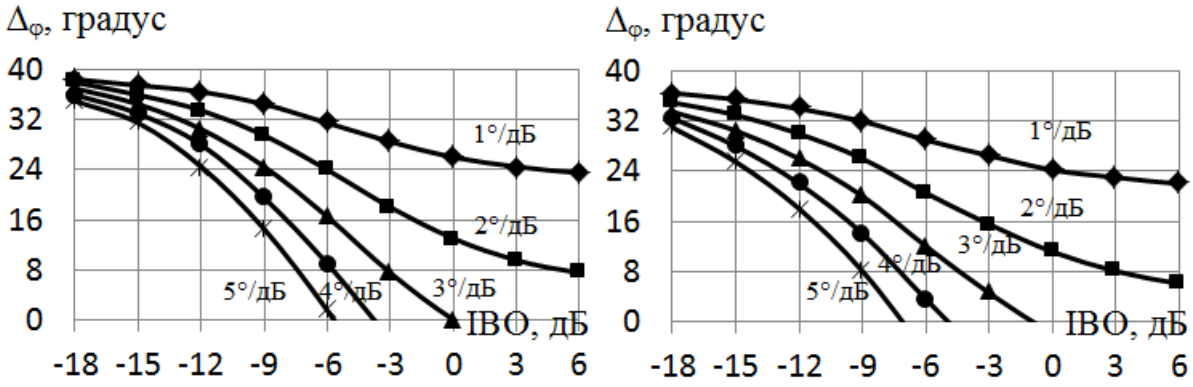


Рисунок 5. Зависимость запаса по углу Δ_φ от IBO в отсутствие шума,

а) N = 1, б) N = 5В одночастотном режиме, если при $K_{АФК} = 1°$/дБ в точке насыщения угловой запас Δ_φ не менее 26°, в точке IP1 Δ_φ не менее 36°, то при $K_{АФК} = 3°$/дБ в точке насыщения $\Delta_\varphi = 0$ и в точке IP1 Δ_φ не меньше 30°. Показано, что при $K_{АФК} = 5°$/дБ величина Δ_φ больше 0 при IBO < –6 дБ.

В многочастотном режиме ($N = 5$) при $K_{АФК} = 1°$/дБ в точке насыщения угловой запас $\Delta_\varphi \geq 24°$, а в точке IP1 $\Delta_\varphi \geq 34°$, то при $K_{АФК} = 3°$/дБ точке IP1 $\Delta_\varphi \geq 26°$. Показано, что при $K_{АФК} = 5°$/дБ величина $\Delta_\varphi < 4°$ при IBO ≥ –10 дБ, а в точке IP1 $\Delta_\varphi \geq 18°$.

Также рассчитана зависимость (рис. 6) запаса по углу Δ_φ от отношения E_b/N_0 при АФК, построенная для уровня сигнала, полученного при усилении в нелинейном УМ ретранслятора в точке IP1. Отношение E_b/N_0 – это удельные затраты энергии сигнала на 1 бит информации.

В одночастотном режиме без учета шума приемника (рис. 5,а) запас Δ_φ равен: 36,5° ($K_{АФК} = 1°$/дБ); 30,5° ($K_{АФК} = 3°$/дБ); 24,5° ($K_{АФК} = 5°$/дБ). При значении E_b/N_0 = 12 дБ (рис. 6,а) запас Δ_φ оказывается значительно меньшим: $\Delta_\varphi = 12{,}5°$ при $K_{АФК} = 1°$/дБ; $\Delta_\varphi = 7{,}5°$ при $K_{АФК} = 3°$/дБ; $\Delta_\varphi = 2{,}5°$ при $K_{АФК} = 5°$/дБ.

В многочастотном режиме ($N = 5$) без учета шума приемника (рис. 5,б) запас Δ_φ равен: 34° ($K_{АФК} = 1°$/дБ); 26° ($K_{АФК} = 3°$/дБ); 18° ($K_{АФК} = 5°$/дБ). При значении E_b/N_0 = 12 дБ (рис. 6,б) запас Δ_φ оказывается еще меньшим: 11,5° при $K_{АФК} = 1°$/дБ; 6,5° при $K_{АФК} = 3°$/дБ; 0° при$K_{АФК} = 5°$/дБ.

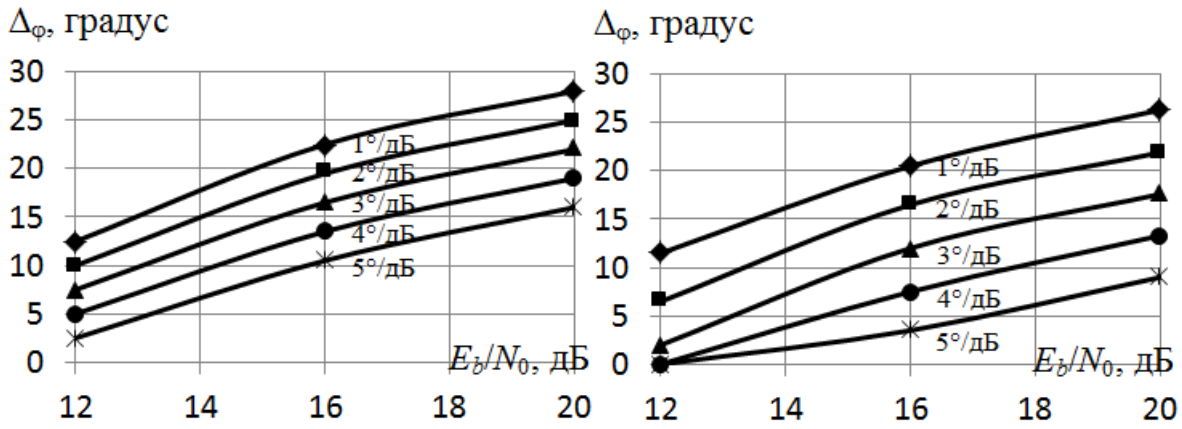


Рисунок 6. Зависимость запаса по углу Δ_φ от E_b/N_0, а) N = 1, б) N = 5

В отличие от случаев, рассмотренных выше, здесь совместно рассматривается «размытие» точек сигнального созвездия из-за наличия шума и поворот этих точек из-за АФК.

Отметим, что в модели увеличение отношения E_b/N_0 достигается за счет уменьшения уровня шума.

Влияние нелинейности УМ передатчика РТР на достоверность приема сигнала земной станцией

Эта задача решена в той же постановке, при которой решена задача оценки влияния крутизны фазоамплитудной характеристики УМ на вращение точек сигнального созвездия. Различие заключается в том, что если в предыдущем разделе статьи рассмотрено изменение значений квадратурных отсчетов сигнала в приемнике, то в настоящем разделе наблюдается искажение последовательности демодулированных бит. Для этой последовательности рассчитана зависимость вероятности битовой ошибки $P_{ош}$ от отношения E_b/N_0 (рис. 7). Мощности входного сигнала приемника и ИМИ определены тем, что групповой сигнал в нелинейном УМ ретранслятора усиливается в точке IP1. Как и ранее, рассмотрено усиление в одночастотном и многочастотном режимах.

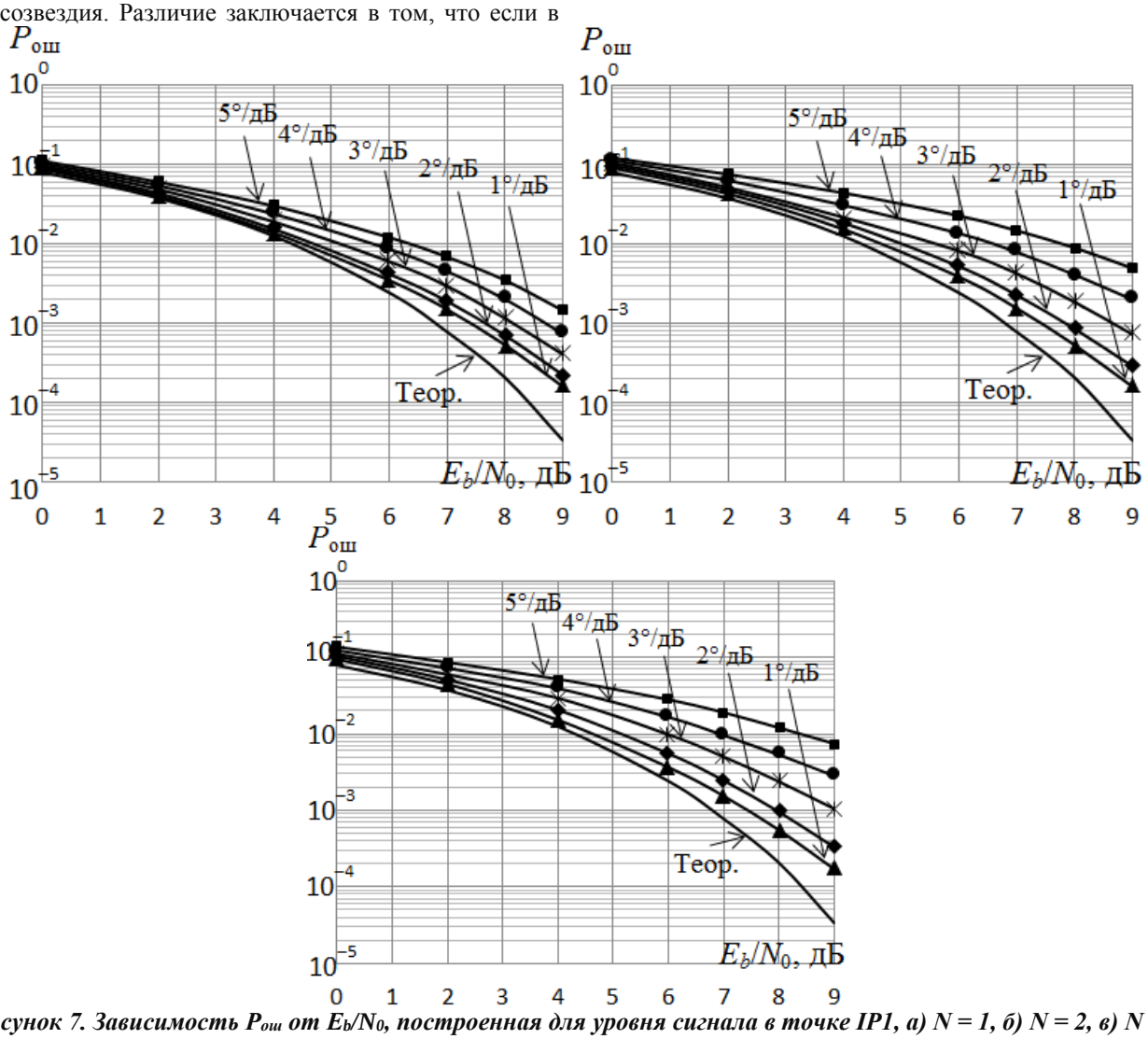


Рисунок 7. Зависимость $P_{ош}$ от E_b/N_0, построенная для уровня сигнала в точке IP1, а) N = 1, б) N = 2, в) N = 5

Результаты моделирования (рис. 7) показывают, что в одночастотном и многочастотном режимах при фиксированном значении отношения E_b/N_0 при увеличении $K_{АФК}$ вероятность ошибки $P_{ош}$ становится больше.На рис. 8 приведены графики зависимостей $P_{ош}$ от $K_{АФК}$ для значений отношения E_b/N_0 от 6 дБ до 9 дБ. Групповой сигнал усиливается в УМ ретранслятора в точке IP1. Из рис. 8 видно, что в одночастотном и многочастотном режимах $P_{ош}$ возрастает с ростом $K_{АФК}$. Если разработчиком наложено ограничение на вероятность битовой ошибки на вы ходе демодулятора 4ФМ сигнала $P_{ош} \le 10^{-2}$, то $K_{АФК}$ не может превышать 3^0/дБ для многочастотного режима усиления группового сигнала. Для достижения меньших значений $P_{ош}$ необходимо использовать УМ с меньшим коэффициентом $K_{АФК}$.

Далее рассмотрено изменение вероятности ошибки на выходе демодулятора при приеме одного из ретранслированных сигналов 4ФМ в одночастотном и многочастотном режимах. При моделировании изменялось значение мощности группового входного сигнала УМ РТР, что обеспечивало изменение рабочей точки на нелинейной характеристике УМ. На входе приемника поддерживалось фиксированное значение E_b/N_0 = 9 дБ путем изменения спектральной плотности мощности шума N_0.

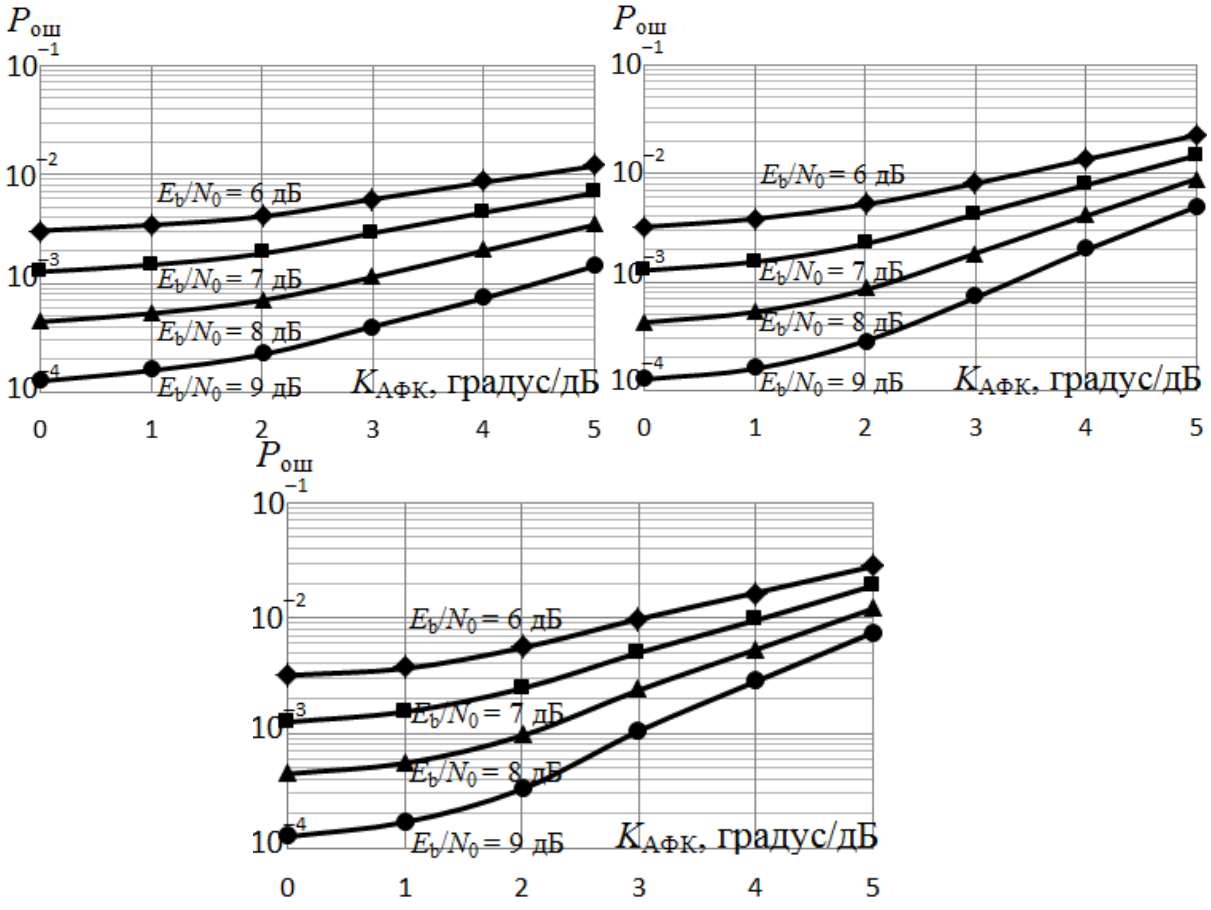
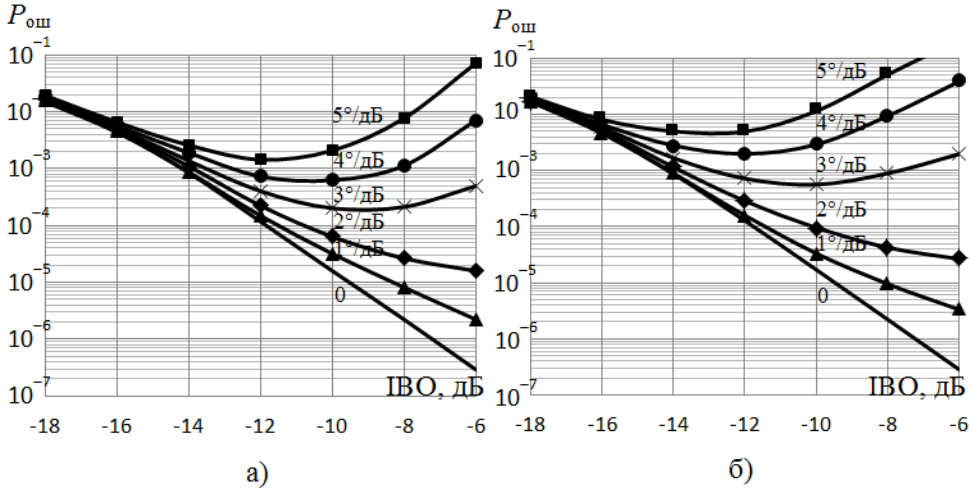


Рисунок 8. Зависимость $P_{ош}$ от $K_{АФК}$, а) N = 1, б) N = 2, в) N = 5



а) б)

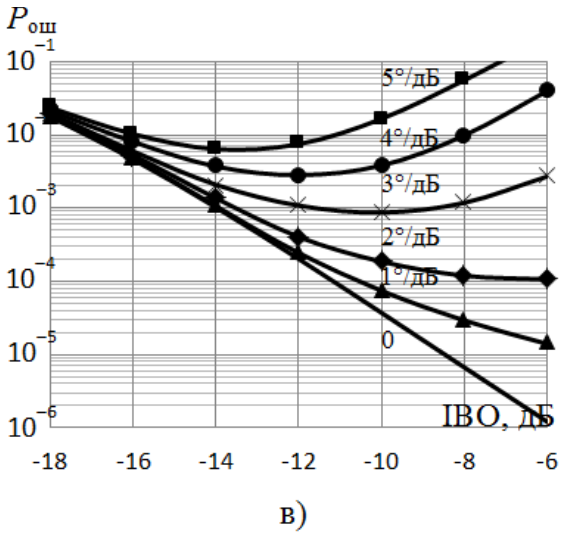


Рисунок 9. Зависимость $P_{ош}$ от IBO для фиксированного значения E_b/N_0 = 9 дБ, а) N = 1, б) N = 2, в) N = 5

На рис. 9 приведены зависимости вероятности ошибки $P_{ош}$ от IBO при изменении $K_{АФК}$ для одно- и многочастотного режимов усиления группового сигнала в нелинейном УМ ретранслятора.

Из рис. 9 видно, что при увеличении IBO и работе УМ РТР в малосигнальном режиме, вероятность ошибки $P_{ош}$ уменьшается. При дальнейшем увеличении IBO вероятность ошибки начинает возрастать. Из графиков видно, что зависимости имеют ярко выраженный пологий минимум, значение которого существенно зависит от параметра $K_{АФК}$.

Отметим, что чем больше N, тем меньшего значения вероятности ошибки $P_{ош\ min}$ можно достичь. Так при N = 1 минимальная вероятность $P_{ош\ min} = 3 \cdot 10^{-4}$ может быть достигнута при усилении группового сигнала в точке IP1 + 3 дБ при использовании усилителя с $K_{АФК}$ = 3°/дБ. При N = 5 минимальную вероятность $P_{ош\ min} = 10^{-3}$ можно получить при усилении группового сигнала в точке IP1 + 2 дБ при использовании того же усилителя с $K_{АФК}$ = 3°/дБ. Интересно, что при многочастотном режиме усиления в УМ РТР можно получить вероятность $P_{ош\ min} = 10^{-4}$ при выборе рабочей точки УМ РТР IP1 + (4…7) дБ, близкой к режиму насыщения УМ с $K_{АФК}$ = 2°/дБ.

Выводы

Наличие АФК существенно искажает спектр группового сигнала на выходе нелинейного УМ, но более сильное влияние оказывает нелинейность АХ.

На основании анализа запаса по углу Δ_φ сделан предварительный вывод о том, что использование УМ с коэффициентом $K_{АФК}$ амплитудно-фазовой конверсии, большим 3°/дБ, нецелесообразно, так как заведомо приводит к значительному повышению числа ошибочно демодулированных бит в приемнике.

Показано, что важным и единственным показателем качества, по которому может и должно оцениваться качество работы УМ ретранслятора, является вероятность битовой ошибки на выходе демодулятора приемника земной станции. Анализ полученных зависимостей (рис. 4, 5) показал, что при предварительный вывод о допустимости использования УМ с коэффициентом амплитудно-фазовой конверсии $K_{АФК}$ = 3°/дБ является оптимистическим. На основании результатов моделирования приемника земной станции получено уточнение. При многочастотном (N = 5) режиме усиления группового сигнала в точке IP1 + 2 дБ УМ РТР при демодуляции одного сигнала вероятность $P_{ош\ min} = 10^{-3}$ можно получить при использовании того же усилителя с $K_{АФК}$ = 3°/дБ. Интересно, что при многочастотном режиме усиления в УМ РТР можно получить вероятность $P_{ош\ min} = 10^{-4}$ при выборе рабочей точки УМ РТР IP1 + (4…7) дБ, близкой к режиму насыщения УМ с $K_{АФК}$ = 2°/дБ. Следовательно, можно использовать существенно нелинейный режим УМ РТР, если на входе приемника отношение сигнал-шум достаточно велико (E_b/N_0 > 8 дБ) и коэффициент АФК УМ РТР, не превышает $K_{АФК}$ = 2°/дБ.

При работе с нелинейными бортовыми усилителями с большей АФК необходимо использовать линеаризаторы комплексной характеристики нелинейного УМ.

Список литературы

1. Сизякова А.Ю., Лыу Хай Нам. Многокритериальный подход к аппроксимации нелинейных характеристик СВЧ усилителей. //Радиотехнические тетради, 2014, № 52, с. 66–72.
2. Сизякова А.Ю., Лыу Хай Нам. Оценки мощности интермодуляционных составляющих радиосигнала на выходе нелинейного усилителя при точной аппроксимации его характеристики. //Международный научный журнал. – М.: Издательство ООО "Спектр". 2014, № 4, с. 74–81. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-25311 от 11 августа 2006 г.
3. Касымов А.Ш., Когновицкий Л.В., Касымов Ш.И. Бесселевая и полиномиальная аппроксимации передаточных характеристик СВЧ-устройств с комплексной нелинейностью. //Электромагнитные волны и электронные системы, 2005, № 4, с. 27–30.
4. Saleh A.A.M., Frequency-Independent and Frequency-Dependent Nonlinear Models of TWT Amplifiers. //IEEE Transactions on Communications, 1981, vol. COM-29, № 11, pp.1715–1720.
5. Спилкер Дж. Цифровая спутниковая связь. Пер. с англ. /под ред. В.В. Маркова. – М.: Связь, 1979. — 591 с.
6. Скляр Б. Цифровая связь. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. — 1104 с.
7. Чистяков Н.И. К вопросу о модели амплитудно-фазовой конверсии. //Радиотехника, 1979, № 10, т. 34, с. 39–40.

МНОГОЗОННЫЙ ИНТЕГРИРУЮЩИЙ РАЗВЕРТЫВАЮЩИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

Лопухова Елена Александровна
магистр кафедры электропривода ЮУрГУ «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ), г. Челябинск)
Цытович Леонид Игнатьевич
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой электропривода «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ), г. Челябинск)
Брылина Олеся Геннадьевна
канд. технических наук, доцент кафедры электропривода ЮУрГУ «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ), г. Челябинск)

Базовый принцип построения многозонного интегрирующего развертывающего преобразователя МРП [1] основан на реализации в системе частотно-широтно-импульсной модуляции выходного сигнала, которая, обладая высокими энергетическими показателями, уступает широтно-импульсной модуляции (ШИМ) по динамическим характеристикам [2]., а также имеет достаточно сложную программно-аппаратурную цифровую реализацию.

Построение МРП с ШИМ возможно путем модуляции порога переключения релейного элемента сигналом пилообразной развертывающей функции от внешнего генератора [3].

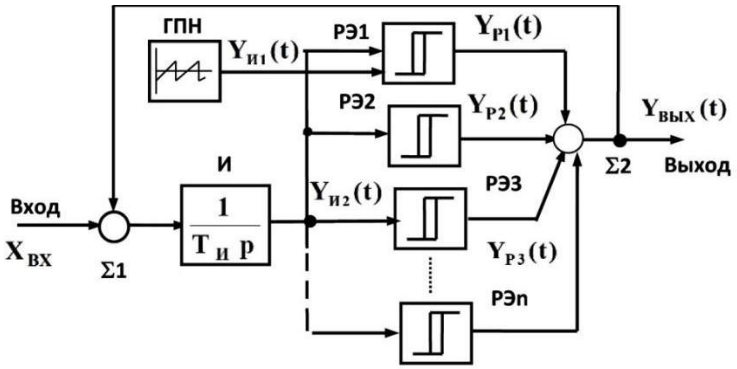


Рисунок 1. Структурная схема МРП с внешней синхронизацией от генератора ведущей пилообразной развертывающей функции

МРП (рисунок 1) содержит сумматоры Σ1, Σ2, интегратор И с постоянной времени $T_{И}$, группу релейных элементов РЭ1…РЭn с симметричной неинвертирующей петлей гистерезиса и порогами переключения, удовлетворяющими условию $|\pm b_1| < |\pm b_2| < \ldots < |\pm b_n|$, где индекс при «b» соответствует порядковому номеру РЭ. Выходной сигнал всех РЭ меняется дискретно в пределах $\pm A/n$. Генератор пилообразного напряжения ГПН формирует сигнал ведущей развертывающей функции $Y_{И1}(t)$.

Временные диаграммы, поясняющие работу МРП при трех релейных элементах РЭ1 – РЭ3, получены с помощью математического пакета MatLab+Simulink.

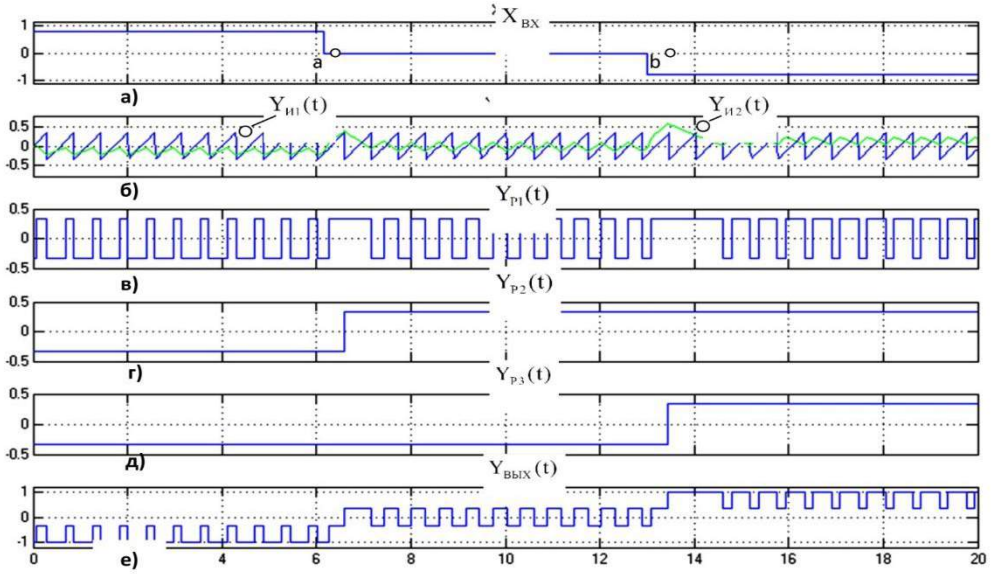


Рисунок 2. Временные диаграммы МРП с внешней синхронизацией от генератора ведущей пилообразной развертывающей функции

При входном сигнале $0 \le X_{BX} < |A/3|$ (рисунок 2 а, участок a-b) МРП переходит в режим вынужденных переключений с частотой выходного сигнала ГПН, когда выходной сигнал формируется в первой модуляционной зоне $-A/3 \le Y_{ВЫХ}(t) \le A/3$ (рисунок 2 е). Релейные элементы РЭ2 и РЭ3 находятся в противоположных по знаку выходных сигналов состояниях (рисунок 2 г, д). Длительность положительного и отрицательного выходных импульсов МРП определяется как результат последовательного взаимодействия ведущей $Y_{И1}(t)$ с выхода ГПН и ведомой $Y_{И2}(t)$ с выхода интегратора И развертывающих функций. При этом один из фронтов выходных импульсов МРП всегда совпадает с дискретным фронтом пилообразного напряжения с выхода ГПН.

При подаче входного сигнала $|A/3| < |X_{BX}| < |A|$ (рисунок 2 а, участки 0-a, b-c) происходит последовательное смещение ведомой развертки $Y_{И2}(t)$ пропорционально величине X_{BX}, но в направлении противоположном знакувходного сигнала (рисунок 2 а, б). МРП переходит во вторую модуляционную зону (рисунок 2 е), а релейные элементы РЭ2, РЭ3 ориентируются в идентичное по знаку их выходных сигналов состояния (рисунок 2 г, д). Учитывая замкнутый характер структуры МРП, среднее значение его выходных импульсов устанавливается на уровне, пропорциональном X_{BX}.В случае необходимости повышение быстродействия МРП достигается методом параллельной амплитудной коррекции сигнала ведущей развертки, рассмотренным в работе [4].

В системах промышленной автоматики МРП может быть использован для управления группой параллельно работающих механизмов, например, электроприводов [2], в частности, с автоматическим резервированием каналов регулирования, термонагревателей, в качестве аналого-цифровых преобразователей, а также аналоговых регуляторов с повышенной помехоустойчивостью [2].

В заключении рассмотрим один из примеров практического применения МРП в системах управления технологическими процессами.

В металлургической промышленности достаточно широкое распространение получили установки, оснащенные низкотемпературными электродуговыми плазмотронами (ЭДП), с помощью которых достигается требуемая температура процесса плавки металлов. Однако подобного рода установки отличаются низкой надежностью из-за того, что помимо рабочей дуги на переходе «катод – анод» плазмотрона в нем возникают шунтирующие дуги на переходах «катод-сопло» или «сопло – анод» (процесс двойного дугообразования). Это приводит к интенсивному износу элементов плазмотрона и резко сокращает ресурс его безотказной работы.

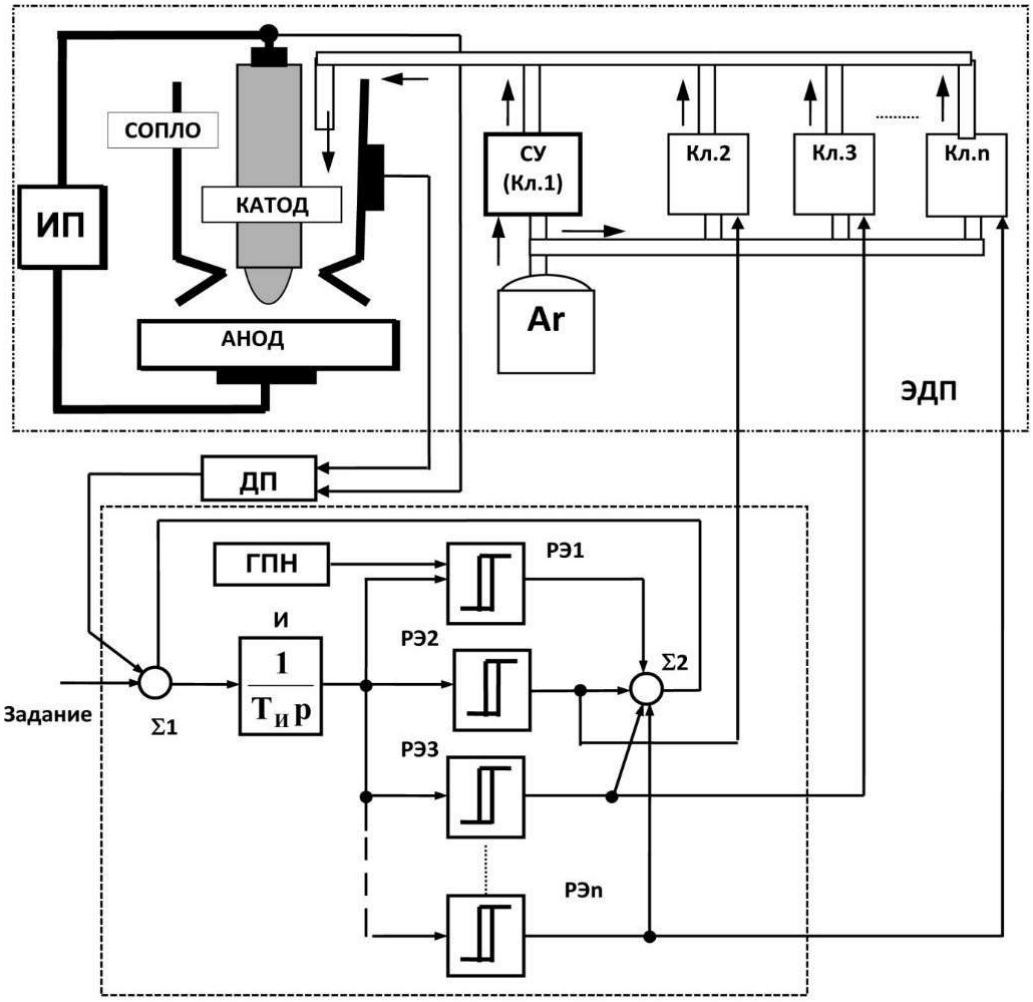


Рисунок 3. Электродуговой плазмотрон с многозонной системой газодинамического предупреждения процесса двойного дугообразования

Одним из наиболее эффективных методов борьбы с процессом двойного дугообразования является газодинамический метод, основанный на дискретном изменении потока плазмообразующего газа [5] (рисунок 3).

В состав ЭДП входят катод, анод, сопло, источник электропитания ИП, источник плазмообразующего газа (аргона) Ar , система управления подачей аргона СУ (Кл.1) и группа электроклапанов Кл.2 - Кл.n, управляемые выходными сигнала релейных элементов МРП. Система управления содержит также датчик проводимости ДП перехода «катод-сопло» ЭДП.

В исходном состоянии, когда на переходе «катод-сопло» отсутствует шунтирующая дуга, выходной сигнал ДП практически равен нулю, так как сопротивление контролируемого перехода ЭДП достаточно велико. С помощью сигнала задания МРП переводится в старшую модуляционную зону, где знак выходного сигнала РЭ1 - РЭn обеспечивает выключенное состояние электроклапанов Кл.2-Кл.n. Требуемый поток аргона задается системой СУ(Кл.1), причем, как правило, дискретно.

При снижении сопротивления перехода «катод-сопло», что является предпосылкой зарождения процесса двойного дугообразования, увеличивается выходной сигнал ДП, а МРП переходит в более младшую модуляционную зону, включая один или несколько клапанов из группы КЛ.2 - Кл.n. Поток аргона дискретно увеличивается, а сопротивление контролируемого перехода ЭДП вновь возрастает.

Как показали экспериментальные исследования, многозонный метод регулирования потока плазмообразующего газа увеличивает срок службы ЭДП в десятки раз при одновременном снижении расхода аргона в 4-7 раз по сравнению с однозонными системами аналогичного функционального назначения.

Список литературы:

1. А.с. 1183988 СССР, G06G7/12. Развертывающий усилитель / Цытович Л.И. (СССР).- № 3734334/24; Заявлено 27.04.84; Опубл.07.10.85, Бюл. № 37.
2. Терещина О.Г. Электроприводы с параллельными каналами регулирования на основе многозонных интегрирующих развертывающих преобразователей. Дис....канд. техн. наук.- Челябинск: ЮУрГУ, 2006.- 235 с.
3. Мартяшин А.И., Шахов Э.К., Шляндин В.М. Преобразователи электрических параметров для систем контроля и измерения. – М.: Энергия.– 1967. – 390 с.
4. TsytovichL..I, Maurer V.G., Tsytovich P.L. Pulse-Width-Modulated Integrating Sweep Converter with Amplitude Dynamic Characteristics // Electronics and Radio Engineering, Instruments and Experimental Techniques. Vol. 40, №3, USA, 1997, pp. 374-377.
5. А.с. 1530066 СССР, H05B7/18. Плазменно-дуговая установка / Ахлюстин В.А., Вяткин Г.П., Цытович Л.И. и др. (СССР).- № 4232532/07; Заявлено 21.04.87., Опубл.07.07.91, Бюл.№ 25.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ «ОСТРОГО ДУТЬЯ» К ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА ПРИ ГОРЕНИИ УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ

Аскарова Алия Сандыбаевна

доктор ф.-м. наук, профессор Казахского Национального университета имени аль-Фараби, г.Алматы

Болегенова Сымбат Алихановна

PhD, старший научный сотрудник НИИ экспериментальной и теоретической физики, г. Алматы

Максимов Валерий Юрьевич

PhD, старший научный сотрудник НИИ экспериментальной и теоретической физики, г. Алматы

Ергалиева Айгуль Болатовна

магистр т.н., преподаватель Казахского Национального университета имени аль-Фараби, г.Алматы

APPLICATION OF TECHNOLOGY "OVERFIRE AIR" TO THE STUDY OF HEAT AND MASS TRANSFER PROCESSES IN COMBUSTION OF COAL DUST

Askarova Aliya, Doctor of Science, professor of al-Farabi Kazakh National University, Almaty

Bolegenova Symbat, PhD, Senior Researcher of SRI of Theoretical and Experimental Physics, Almaty

Maximov Valeriy, PhD, Senior Researcher of SRI of Theoretical and Experimental Physics, Almaty

Ergalieva Aigul, Master of Science, Teacher of al-Farabi Kazakh National University, Almaty

АННОТАЦИЯ

Проведены вычислительные эксперименты с применением технологии «Overfire Air» при горении пылеугольного факела в камере сгорания котла БКЗ-160 Алматинской ТЭС, которые позволяют достичь снижения вредных выбросов оксидов NO_x и минимизировать потери энергии. Приведены результаты вычислительных экспериментов по влиянию подачи дополнительного воздуха (OFA –технология) на основные характеристики тепломассопереноса. Проведено сравнение с базовым режимом горения твердого топлива, когда подача дополнительного воздуха отсутствует (OFA=0%).

ABSTRACT

Computational experiments with the use of technology «Overfire Air» by burning coal-dust flame in the combustion chamber of the boiler BKZ - 160 Almaty TPP was carried out, which can achieve lower emissions of carbon dioxide CO2 oxide NO and nitrogen dioxide NO2, and minimize energy losses. Show the results of computational experiments on the effect of supply of additional air (OFA-technology) on the main characteristics of heat and mass transfer. Results are compared with basic mode of combustion of solid fuels, when the supply of additional air is missing (OFA = 0%).

Ключевые слова: турбулентный тепломассоперенос; численное моделирование; вычислительный эксперимент; аэродинамика; теплофизика; химическая кинетика.

Keywords: turbulent heat and mass transfer; numerical modeling; computational experiment; aerodynamics; thermal physics; chemical kinetics.

Проблема выброса вредных веществ в атмосферу, посредством энергетических предприятий, может быть решена только на основе физического, математического и

химического моделирования. В этой связи численный эксперимент становится одним из наиболее экономичных и удобных способов для детального анализа сложных физических и химических явлений, происходящих в топочной камере. Использование современных супер-ЭВМ (SUN) позволяет решать эти задачи для конкретных энергетических установок (ТЭС, ГРЭС и т.д.) и для любого энергетического топлива [1].

Разработанный метод 3D моделирования [2-3] был применен для проведения компьютерных экспериментов по применению новейших технологий «Overfire air - OFA» для снижения выбросов оксидов азота.

Метод OFA, или как его еще называют «метод острого дутья», включает в себя подачу всего объема воздуха для горения (первичного и вторичного) в два этапа: 70-90% воздуха подается в горелки, а остальное его количество подается в топочное устройство над горелкой «острое дутье» (рисунок 1). При смешивании в горелке топлива с контролируемым потоком воздуха создается относительно низкотемпературная, обедненная кислородом и обогащенная топливом зона горения в нижней части топочного устройства, которая помогает снизить образование NO_x из азота, содержащегося в топливе (топливные NO_x).

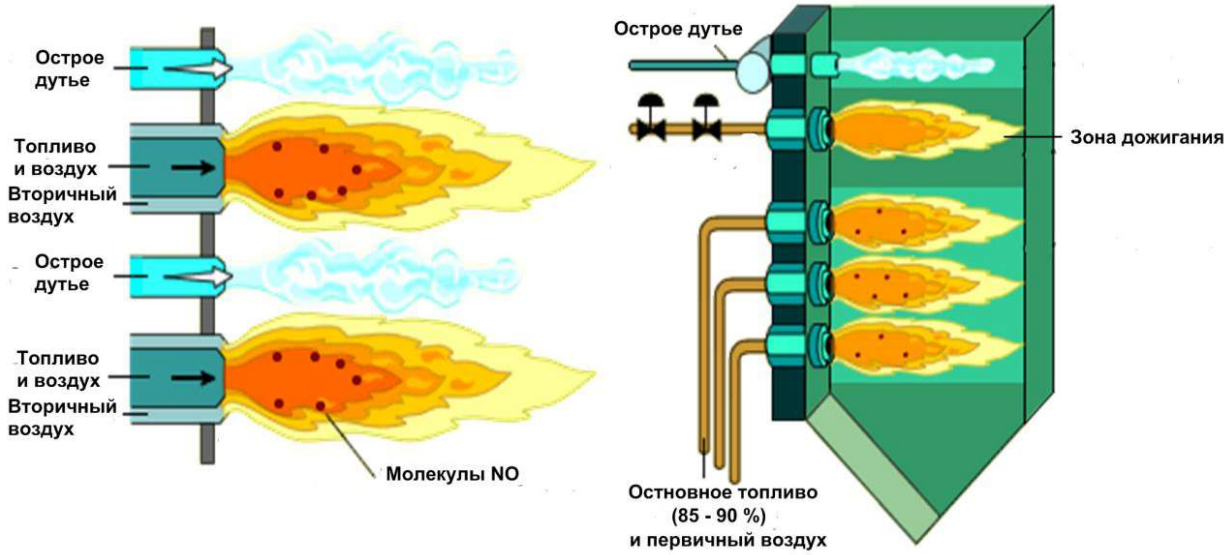


Рисунок 1. Различные варианты компоновки OFA инжекторов

«Острое дутье» подается над зоной основного горения в несколько воздушных каналов, расположенных на передней и задней стенках камеры сгорания над верхним уровнем горелок, для достижения как можно более полного сгорания топлива. Относительно низкая температура в обогащенной кислородом зоне дожигания обуславливает пониженное образование NO_x из воздуха (термические NO_x) [4].

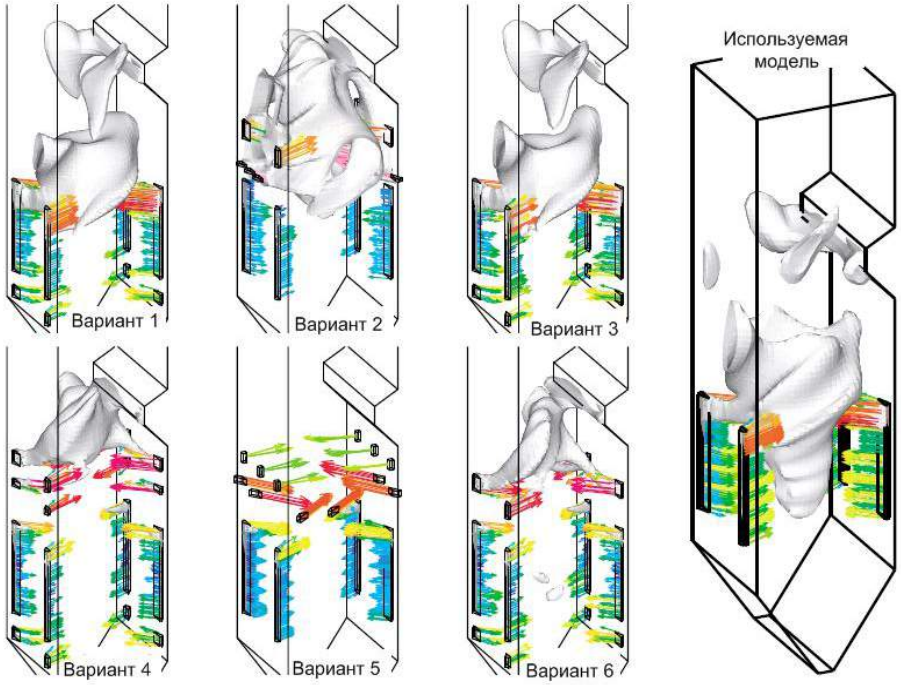


Рисунок 2. Аэродинамическая картина введения в камеру сгорания воздушных дополнительных потоков по методу «Overfire Air»

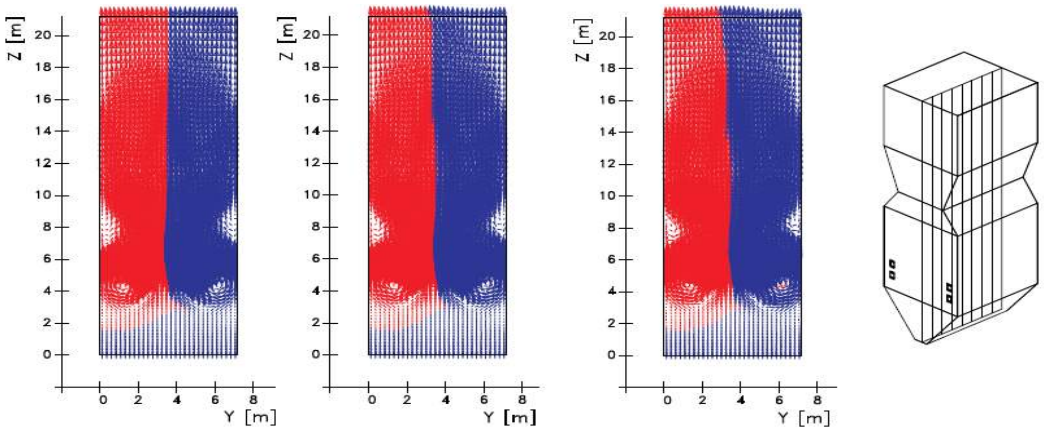
На рисунке 2 представлены аэродинамические особенности возможных методов организации процесса горения с использованием «Overfire air» в реальной камере сгорания с тангенциальной схемой подачи топлива и окислителя. Видно, что преимущество данного метода заключается в том, что для широкого выбора компоновки инжектирующих источников, возможно обеспечить минимальные затраты при реорганизации существующего режима.

Численное моделирование процесса сжигания твердого топлива в пылеугольном состоянии проводилось нами на основе нелинейных дифференциальных уравнений, записанных с учетом химических реакций и состоящих из уравнений неразрывности и движения вязкой среды, уравнений распространения тепла и диффузии для компонентов реагирующей смеси и продуктов реакции с учетом теплового излучения и многофазности среды, уравнений k-ε -модели турбулентности, а также уравнения состояния и уравнений химической кинетики, определяющих интенсивность нелинейных источников энергии и вещества [4-5].

Первичные инжектируемые потоки представляют собой первичный воздух (примерно 70-90 % от общего базового объема воздуха), который подается в камеру сгорания в смеси с твердым топливом, при относительно невысокой температуре (порядка 400 – 600 К). При этом удается достичь образования в области горелок богатой топливом зоны с пониженным содержанием кислорода, что способствует умеренному образованию топливных NO_x.

Вторичные инжектируемые потоки (примерно 10-30% от общего базового объема воздуха) вводятся дополнительно выше зоны сгорания через специальные инжекторы с воздушными портами, которые устанавливаются в плоскости выше основных горелок. Местоположение таких дополнительных инжекторов зависит от конфигурации камер сгорания. В этой области основной процесс горения практически завершается. Следовательно, относительно низкая температура в области вторичного инжектирования ограничивает образование тепловых NO_x.

На рисунках 1– 7 приведены результаты вычислительных экспериментов по влиянию подачи дополнительного воздуха (OFA –технология) на основные характеристики тепломассопереноса. Здесь же проведено сравнения с базовым режимом горения твердого топлива, когда подача дополнительного воздуха отсутствует (OFA=0%).



а) б) в)

Рисунок 3. Распределение векторов полной скорости в продольном сечении камеры сгорания БК3160: а) OFA-0%, б) OFA - 10%, в) OFA – 20%

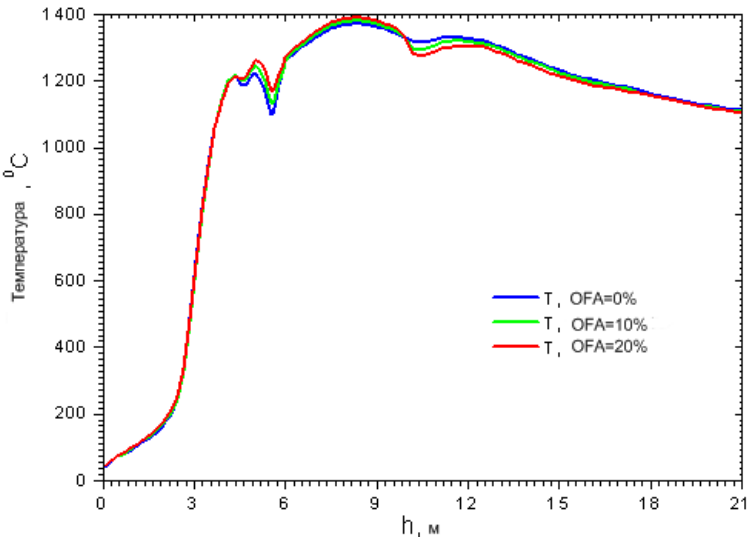


Рисунок 4. Влияние OFA на распределение температуры в объеме камеры сгорания БК3160 Алматинской ТЭЦ

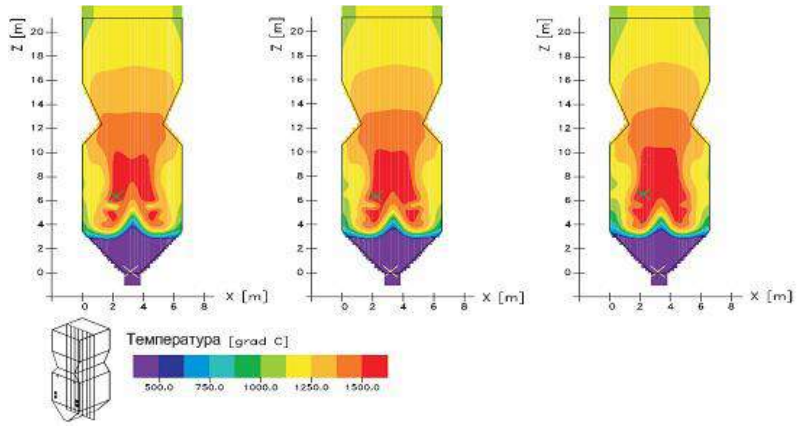


Рисунок 5. Влияние OFA на распределение температуры в продольном сечении камеры сгорания БК3160: а) OFA - 0%, б) OFA - 10%, в) OFA – 20%

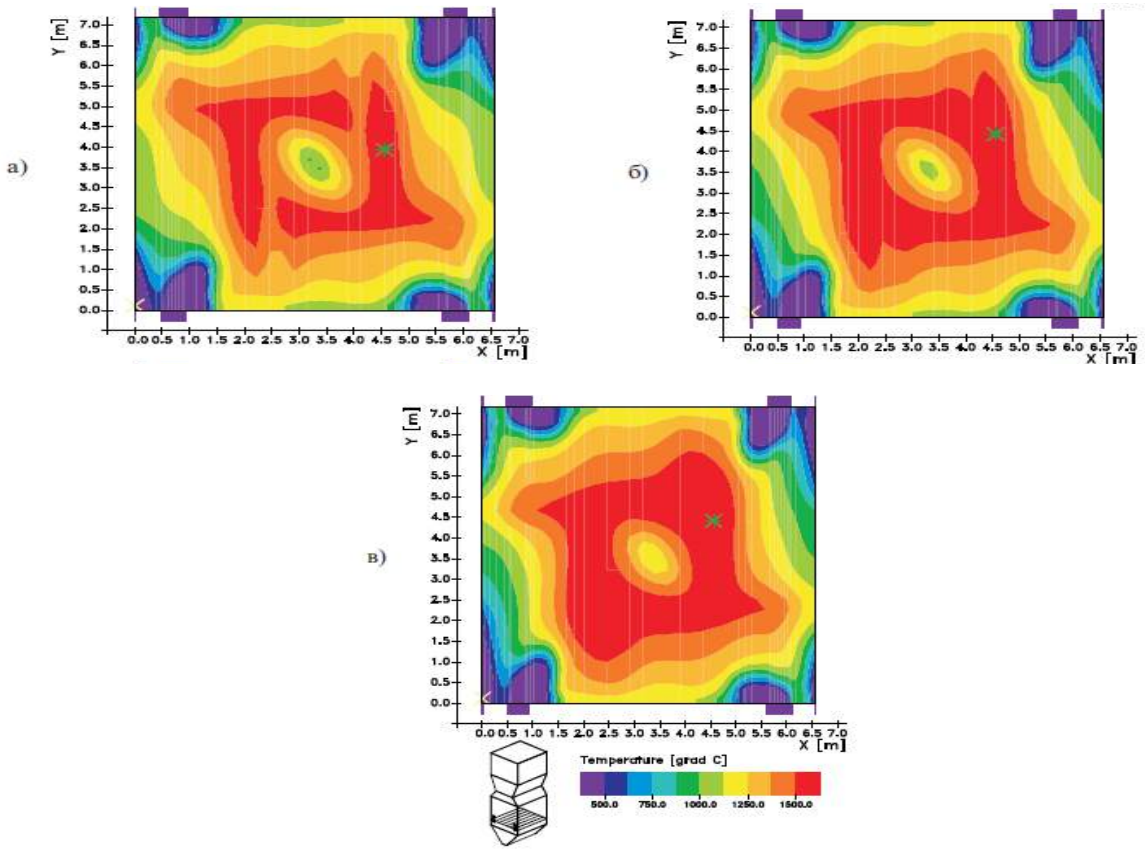


Рисунок 6. Влияние OFA на распределение температуры в поперечном сечении камеры сгорания БК3160: а) OFA - 0%, б) OFA - 10%, в) OFA – 20%

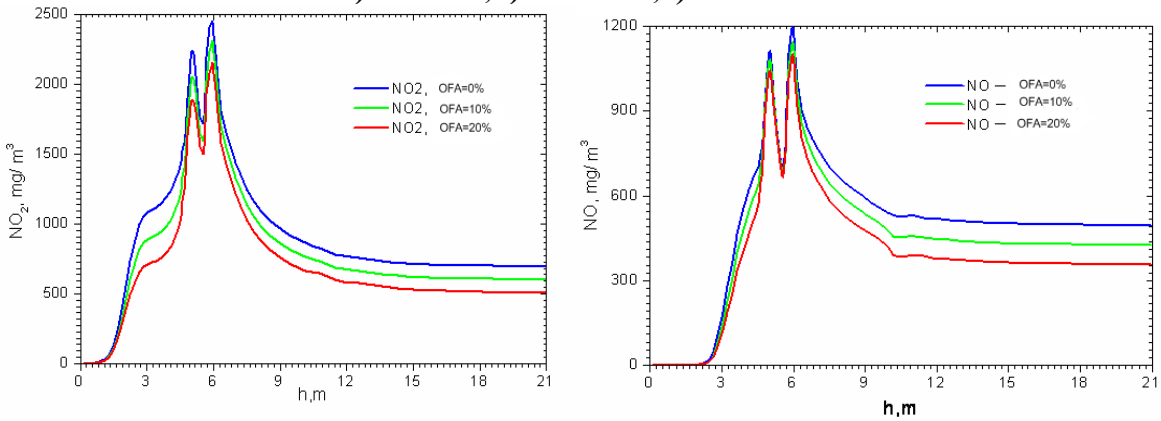


Рисунок 7. Влияние OFA на распределение концентрации оксидов азота NO_2 и NO в объеме камеры сгорания БК3160

Список литературы:

1. A. Askarova, Y. Heierle, R. Leithner, H. Mueller CFD Code FLOREAN for Industrial Boilers Simulations // WSEAS TRANSACTIONS on HEAT and MASS TRANSFER, Issue 4, Volume 4, 2009, ISSN: 1790-5044, pp.98-107, 10 p.
2. A. Askarova, S. Bolegenova, V. Maximov, A. Bekmuhamet Mathematical simulation of pulverized coal in combustion chamber // Journal "Procedia Engineering". - Volume 42 – 2012. -P.1150-1156.
3. A. Askarova, S. Bolegenova, V. Maximov, A. Bekmuhamet Numerical research of aerodynamic characteristics of combustion chamber BKZ-75 mining thermal power station // Journal "Procedia Engineering". - Volume 42. – 2012. - P.1250-1259.
4. A. Askarova, S. Bolegenova, V. Maximov, A. Bekmuhamet M. Beketaeva Numerical experimenting of combustion in the real boiler of CHP // International Journal of Mechanics. - Issue 3, Volume 7. -2013. - P.343-352.
5. A. Askarova, S. Bolegenova, A. Bekmukhamet, Sh. Ospanova, Z. Gabitova Using 3d modeling technology for investigation of conventional combustion mode of BKZ-420-140-7c combustion chamber // Journal of Engineering and Applied Sciences, ISSN:1816-949X. - Volume 9. - P.24-28.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА НА СВОЙСТВА НАПЛАВЛЕННОГО ХРОМОВОЛЬФРАМОВОГО МЕТАЛЛА ВЫСОКОЙ ТВЕРДОСТИ

Малушин Николай Николаевич
Канд. техн. наук, доцент, инженер КХП ОАО ЕВРАЗ, г. Новокузнецк
Гизатулин Ринат Акрамович
Доктор техн. наук, профессор кафедры металлургии черных металлов ЮТИ филиал ТПУ, г.Юрга
Осетковский Василий Леонидович
Начальник КХП ОАО ЕВРАЗ, г. Новокузнецк

Повышение температуры нагрева (температуры аустенитизации) в основном оказывает влияние на те свойства закаленного и отпущенного наплавленного хромовольфрамового металла, которые связаны с увеличением растворения карбидов и ростом аустенитного зерна. В основном температура нагрева оказывает влияние на твердость наплавленного металла.

Нами было исследовано влияния максимальной температуры термического цикла наплавки хромовольфрамового быстрорежущего металла на процессы растворения карбидной фазы, рост аустенитного зерна с целью обеспечения его высокой твердости.

Исследование влияния максимальной температуры термического цикла наплавки на процессы растворения карбидной фазы и рост аустенитного зерна проводилось нами на установках тепловой микроскопии «АЛА–ТОО» (ИМАШ–20–75), «Киргизстан» (ИМАШ–5С–69) при непосредственном наблюдении за микроструктурой образцов из быстрорежущей стали Р18, наплавленного металла типа стали Р18 и стали 3Х2В8. Рентгеновский анализ фазового состава производили на дифрактометре ДРОН–2 в Fe Kα – излучении при съемке со шлифа [1, с.143]. Влияние температуры нагрева на свойства наплавленного металла оценивали по изменению твердости исследуемых образцов.

Рентгеновский фазовый анализ состава шлифов из быстрорежущей и штамповой сталей показал, что основной карбид в этих сталях – сложный карбид Me_6C. В вольфрамовых сталях средний состав карбида отвечает формуле Fe_3W_3C и изменяется от Fe_2W_4C до Fe_4W_2C. Поэтому даже в одной стали содержание вольфрама в разных карбидах и период их решетки могут немного различаться. По данным [2,с.328,333] содержание углерода, указываемое формулой, соответствует идеальной структуре. В действительности, в решетке имеется дефицит атомов углерода в количестве ~15 %, и средний состав карбида ближе отвечает формуле Fe_2W_2C. Карбид имеет кубическую решетку, период которой изменяется от 11,01 до 11,10 А. Хром и ванадий замещают в карбиде атомы вольфрама; из 48 положений, отведенных вольфраму в элементарной ячейке карбида, 34 заняты атомами вольфрама, 7 – атомами ванадия и 7 – атомами железа и хрома. По данным [2, с.333] лишь незначительное число положений в ячейке замещается атомами ванадия, а железо и хром в больших количествах замещают вольфрам. Твердость карбида по данным [2, с 349] HV 1200–1300 (HRC 72–73), в его присутствии возрастает износостойкость. При повышении температуры нагрева выше точки Ас карбиды постепенно растворяются, причем мелкие карбиды стремятся раствориться в первую очередь, в то время как крупные частицы (особенно имеющие угольчатую форму), растворяются много медленнее. В результате, при определенных условиях нагрева общее количество растворенной карбидной фазы при наличии крупных карбидов будет меньше, чем при мелких, равномерно распределенных карбидах сферической формы.

Нами было проведено исследование влияния температуры аустенитизации на распределение элементов между карбидами и твердым раствором. Влияние температуры аустенитизации на распределение элементов между карбидами и твердым раствором приведено в таблице 1.

Карбиды из наплавленного металла выделяли электрохимическим методом. Изолирование фаз проводили при растворении образцов металла, служащих анодом в электролите 15 % хлористого натрия и 2,5 % винной кислоты. Исследуемые образцы помещали в полупроницаемые мембраны из коллодия. В этих условиях практически не происходит загрязнение анодного осадка продуктами гидролиза. Выделенные осадки подвергали химическому анализу. При помощи химических реагентов проводили разделение фаз, которые затем проверяли на чистоту рентгеноструктурным анализом. Увеличение температуры аустенитизации приводит к растворению карбидов и увеличению содержания легирующих элементов. [1, с. 147].

Основным признаком мартенситного превращения, определяющим и все другие особенности, является своеобразный механизм образования кристаллов новой фазы, а именно, кооперативное и закономерное перемещение атомов, протекающее так, что они смещаются один

относительно другого на расстояния, не превышающие межатомные; в результате же перестройки атомов получается макроскопический сдвиг, внешним признаком такого механизма является рельеф на полированной поверхности, образующийся в результате превращения. Кооперативность, т. е. взаимосвязанность и упорядоченность атомных перемещений при перестройке, обусловливает возможность превращения при низких температурах, при которых диффузионные перемещения атомов весьма редки.

Таблица 1

Влияние температуры аустенитизации на распределение элементов между карбидами и твердым раствором наплавленного металла Р18Ю

Температура аустенитизации, ℃	Содержание элементов в карбидах, %			Содержание элементов в твердом растворе, %		
	C	Cr	W	C	Cr	W
800	0,45	1,7	6,87	0,09	2,3	3,13
900	0,4	0,58	5,8	0,14	3,42	3,2
1000	0,38	0,5	5,44	0,16	3,5	3,56
1100	0,34	0,3	5,14	0,2	3,7	3,86
1200	0,3	0,2	5,0	0,24	3,8	4,0

Мартенситное превращение играет в упрочнении металла существенную роль. Особенности мартенситного превращения в хромовольфрамовом металле, полученном при помощи способа многослойной наплавки теплостойкими сталями высокой твердости с низкотемпературным подогревом, самым тесным образом связаны с особенностями термического цикла. [3, с. 6-10].

При наплавке тепловому воздействию сварочного источника нагрева подвергается зона термического влияния, в которой происходят видимые или невидимые структурные превращения. Температура нагрева различных участков зоны термического влияния находится в пределах от точки плавления металла до начальной температуры основного металла. Строение и размеры околошовной зоны зависят от химического состава и теплофизических характеристик наплавленного материала, а также от термического цикла наплавки. Максимальные температуры цикла и время пребывания при этих температурах оказывают существенное влияние на процессы коагуляции и растворения карбидной фазы, степень легированности аустенита и размер его зерна.

При увеличении температуры нагрева с 800 °С до 1200 °С, содержание хрома в твердом растворе возрастает с 2,30 % до 3,80 %, углерода – с 0,09 % до 0,24 % и вольфрама – с 3,13 % до 4,00 %.

Об увеличении степени легированности твердого раствора при возрастании температуры нагрева свидетельствует также увеличение параметра кристаллической решетки твердого раствора. Из рисунка 1 видно, что с ростом температуры нагрева происходит увеличение параметра кристаллической решетки с 2,856 Å до 2,876 Å. Такое увеличение параметра кристаллической решетки связано с замещением атомов углерода в твердом растворе атомами вольфрама, хрома и других элементов.

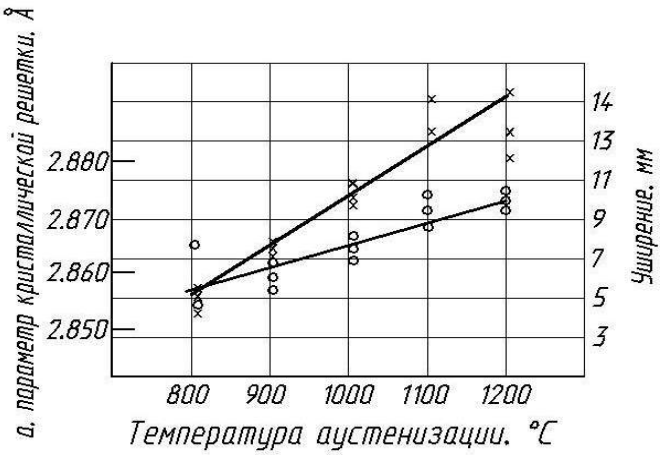
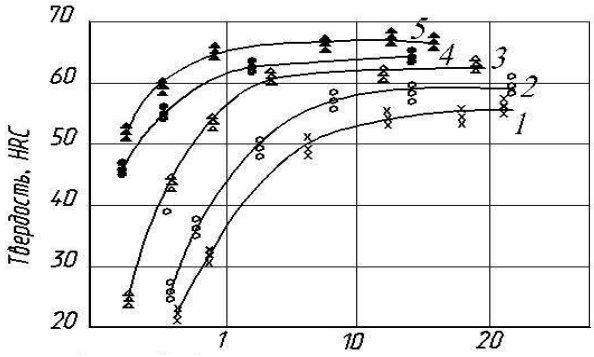


Рисунок 1. Влияние температуры нагрева на параметры решетки мартенсита стали Р18: х – параметр решетки; о – уширение

На рисунке 2 показана твердость образцов из стали Р18 в зависимости от температуры нагрева и от времени выдержки при этой температуре. Нагрев и охлаждение образцов производился в рабочей камере установки тепловой микроскопии «Киргизстан».



Время выдержки при температуре нагрева, с

Рисунок 2. Влияние температуры нагрева и времени выдержки на твердость стали Р18:1 – Тн = 800 °С; 2 – Тн = 900 °С; 3 – Тн = 1000 °С; 4 – Тн = 1100 °С; 5 – Тн = 1200 °С

Полученная твердость характеризует содержание легирующих элементов в аустените, и, следовательно, количество растворенных карбидов в закаленной стали.

Общий эффект увеличения количества растворившихся карбидов при повышении температуры очевиден из рисунка 2, но особый интерес представляет изменение твердости в зависимости от времени выдержки при какой–либо определенной температуре. Можно видеть, что твердость сначала быстро повышается с увеличением времени выдержки при данной температуре, но после достижения определенного предела твердости дальнейшее увеличение выдержки не имеет значения. Чем выше температура, тем меньше продолжительность нагрева, необходимая для достижения той степени растворения карбидов, которая обеспечивает при данной температуре максимум твердости. Времени пребывания в высокотемпературной зоне наплавленного металла менее 1 минуты достаточно для получения максимальной твердости. Увеличение количества растворившихся карбидов приводит к обогащению аустенита углеродом и легирующими элементами. Не растворившиеся карбидные частицы не участвуют в последующем превращении, но их присутствие в структуре наплавленного металла необходимо с точки зрения сопротивления износу. В некоторых случаях чрезмерное растворение карбидов может привести к недостаточной износостойкости наплавленной детали. Но обычно карбиды полностью не растворяются и обеспечивают удовлетворительное сопротивление износу. Увеличение степени растворения карбидов отражается в основном на тех свойствах стали, которые связаны с легированностью аустенита. Типичными результатами этого являются: а) более высокая твердость в наплавленном состоянии; б) более высокая твердость после отпуска; в) более низкая вязкость; г) более высокая красностойкость; д) более низкая температура начала мартенситного превращения; е) более высокое количество остаточного аустенита при комнатной температуре; ж) большая устойчивость остаточного аустенита при отпуске.

Таблица 2

Влияние температуры аустенитизации на положение критических точек стали Р18

Температура, ℃	Критические точки			
	Ac_1	Ar_1	M_H	Мк
800	790	-	400	200
900	790	880	380	150
1000	785	880	320	100

С целью подтверждения выше сказанного нами было проведено определение температур начала мартенситного превращения в зависимости от температуры нагрева. В таблице 2 показано влияние температуры аустенитизации на положение критических точек стали Р18. Для определения критических точек применялся оптический дифференциальный дилатометр Шевенара типа ДР–49. Выдержка при температурах нагрева составляла 10 минут, охлаждение образцов производилось на воздухе.

Таким образом, максимальные температуры цикла и время пребывания при этих температурах оказывают существенное влияние на процессы коагуляции и растворения карбидной фазы, степень легированности аустенита и размер его зерна. Для обеспечения максимальной твердости хромовольфрамового наплавленного необходимо ограничить время нагрева и

повышенную скорость охлаждения в области высоких температур. Для этого предлагается применять высококонцентрированные источники нагрева (плазменную наплавку) и сопутствующее охлаждение наплавляемой детали.

Список литературы:

1. Малушин Н.Н. Обеспечение качества деталей металлургического оборудования на всех этапах их жизненного цикла путем применения плазменной наплавки теплостойкими сталями / Н.Н. Малушин, Д.В. Валуев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 358 с.
2. Геллер Ю. А. Инструментальные стали / Геллер Ю.А. – М.: Металлургия, 1975. – 584с.
3. Малушин Н.Н. Наплавка с низкотемпературным подогревом теплостойкими сталями деталей металлургического оборудования/Н.Н. Малушин, В.Л. Осетковский, И.В. Осетковский // Заготовительные производства в машиностроении, 2014,№10,С.6–10.

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ХРОМОВОЛЬФРАМОВОМ НАПЛАВЛЕННОМ МЕТАЛЛЕ

Малушин Николай Николаевич
Канд. техн. наук, доцент, инженер КХП ОАО ЕВРАЗ, г. Новокузнецк
Осетковский Василий Леонидович
Начальник КХП ОАО ЕВРАЗ, г. Новокузнецк
Гизатулин Ринат Акрамович
Доктор техн. наук, профессор кафедры металлургии черных металлов ЮТИ филиал ТПУ, г. Юрга

Стойкость металла против образования холодных трещин можно в определенных пределах изменять, регулируя нарастание в нем при охлаждении временных сварочных напряжений. Наиболее простой и надежный способ такого регулирования состоит в выборе химического состава наплавленного металла, которым определяется коэффициент линейного расширения, характер и объёмный эффект структурных превращений. Эти факторы оказывают существенное влияние на развитие временных напряжений в процессе наплавки. При исследовании эффекта кинетической пластичности стали Р18 нами было также отмечено, что степень легирования оказывает известное влияние на релаксацию временных напряжений. Высказывалось предположение о возможности регулирования величины остаточных напряжений путём смещения кривой формирования временных напряжений в область более низких температур за счёт соответствующего легирования наплавленного металла. Тогда временные напряжения, накопившиеся при охлаждении металла в аустенитной области, в основном релаксируются в интервале мартенситного превращения и не получают дальнейшего развития при охлаждении до комнатной температуры вследствие малой величины интервала $М_к^{усл}$ – Тк. [1, с.162].

Ниже изложены результаты исследования влияния легирования на формирование временных напряжений в наплавленном металле с целью поисков путей уменьшения величины остаточных напряжений, а, следовательно, и снижения вероятности образования холодных трещин. Эксперименты проводились на образцах из наплавленного металла типа 3Х2В8, дополнительно легированного углеродом, хромом, вольфрамом, алюминием, путём соответствующего изменения химического состава порошковой проволоки [1, 178].

На рисунке 1 представлены данные об изменении временных термических напряжений в жестко закрепленных образцах из наплавленного металла, состав которого представлен в таблице. Температура нагрева образцов была равна 1200 °С. Из рисунка 1 видно, что в интервале мартенситного превращения временные напряжения уменьшаются примерно в два раза по сравнению с напряжениями, накопившимися при охлаждении до начала мартенситного превращения.

Таблица

Химический состав исследованных сталей

Наплавленный металл	Содержание элементов, в %					
	C	Si	Mn	Cr	W	Al
3Х2В8	0,35	0,8	0,9	2,5	8,5	-
4Х4В1ОЮ	0,42	0,8	0,9	3,78	9,2	0,44
Р18Ю	0,82	0,25	0,21	4,1	18	0,68

$Т_н$ = 1200 °С; 1- Р18Ю; 2 – 4Х4В10Ю; 3 – 3х2В8

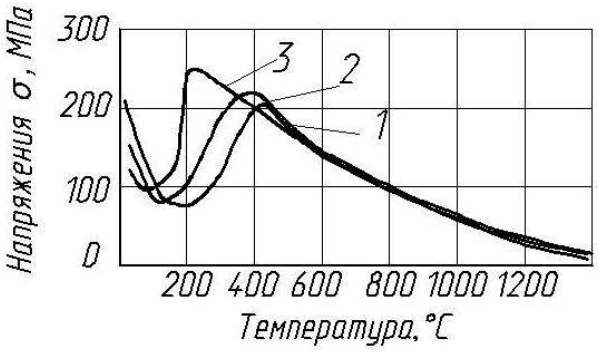


Рисунок 1. Влияние комплексного легирования на формирование временных напряжений в металле

Снижение временных напряжений в образцах из наплавленного металла обусловлено их релаксацией в момент протекания мартенситного превращения. Из данных рисунка 1 видно, что при охлаждении образцов из стали Р18 с температуры 1200 °С наблюдается эффект кинетической пластичности при фазовом превращении, который проявляется в снижении временных напряжений в интервале мартенситных температур. Максимум напряжений на кривой формирования временных напряжений в стали составляет ~ 240 °С, что довольно близко температуре начала мартенситного превращения стали Р18 при её закалке с температуры Тн = 1200 °С, а минимум 100 °С соответствует таким температурам $М_к^{усл}$, лежащим выше температуры конца мартенситного превращения $М_к$, при этом ($М_к^{усл} > М_к$), когда степень превращения уже достаточно велика, и за счет образования прочного «каркаса» из многочисленных мартенситных кристаллов возрастает предел текучести, а пластичность сплава

начинает уменьшаться. При дальнейшем охлаждении ниже температуры $М_к^{усл}$ напряжения возрастают до 200 МПа за счет некоторого увеличения количества мартенсита.

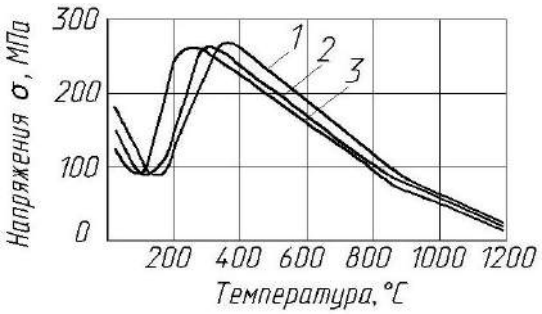
При этом остаточные напряжения при комнатной температуре в образцах из металла типа 3Х2В8 составляют 200 МПа против 100 МПа у образцов из металла типа 4Х4В10Ю. Это можно объяснить смещением положения кривой формирования временных напряжений у сплава 4Х4В10Ю в область более низких температур, что является следствием дополнительного легирования наплавленного металла углеродом, хромом и алюминием. Дальнейшее увеличение концентрации углерода и вольфрама в наплавленном металле типа Р18 привело к смещению температурного интервала Мн – $М_к^{усл}$ в область ещё более низких температур. Временные напряжения после релаксации в области мартенситного превращения не получили существенного развития, и остаточные напряжения в наплавленном металле Р18 оказались ещё ниже, чем в металле типа 4Х4В10Ю.

Как было показано выше, совместное легирование наплавленного металла углеродом, хромом, вольфрамом и алюминием способствует сохранению более мелкого аустенитного зерна, поэтому у более легированного наплавленного металла типа Р18 мартенсит намного дисперснее мартенсита стали 3Х2В8. От степени дисперсности мартенсита зависит полнота использования мартенситного превращения в качестве механизма релаксации внутренних пиковых напряжений [2,с.146]. Вероятно, этим же объясняется большая степень релаксации временных напряжений стали Р18. Характерно, что за счет малой величины температурного интервала $М_к^{усл}$ – $Т_к$, временные напряжения не успевают получить существенного развития, и при комнатной температуре в образцах из наплавленного металла Р18Ю зафиксирован самый низкий уровень остаточных напряжений.

Как показали проведенные исследования, наплавленный металл типа стали Р18 обладает достаточно высокой твердостью. Поэтому, решив задачу предотвращения холодных трещин путем дополнительного легирования стали Р18, можно рекомендовать её в качестве наплавочного материала для разработанных способов наплавки. Для подтверждения правильности вывода о том, что соответствующим легированием наплавленного металла можно регулировать уровень остаточных напряжений, а, следовательно, вероятность образования холодных трещин, наплавленный металл типа Р18Ю дополнительно легировали кобальтом и никелем. На рисунке 2 [1, 181] представлены данные о влиянии легирования кобальтом на смещение интервала мартенситного превращения и формирование временных напряжений в образцах из наплавленного металла типа Р18Ю. Как известно, легирование кобальтом приводит к смещению мартенситного превращения в область более высоких температур. Так, при отсутствии кобальта в наплавленном металле Р18Ю, точка $М_н$, определенная по положению максимума на кривой, составляет 180 °С, у легированного одним процентом кобальта она достигает 250 °С, легирование двумя процентами кобальта приводит к повышению Мн до 340 °С.

Видно также, что смещение точек $М_н$ и $М_к$ в область более высоких температур влечет за собой получение более высокого уровня остаточных напряжений.

Легирование не карбидообразующим никелем ухудшает несколько теплостойкость из-за вызываемого им снижения температур γ→α превращения [2, с.331]. Поэтому никель вводился в небольших количествах (1–2 %). Дополнительное легирование стали Р18Ю никелем привело к смещению положения кривой формирования временных напряжений в область более низких температур, и величина остаточных напряжений при этом значительно уменьшилась, а, следовательно, можно ожидать увеличения стойкости такого металла против образования холодных трещин.



1 – Р18 + 2% Со; 2 - Р18 + 1% Со; Р18

Рисунок 2. Влияние легирования наплавленного металла типа Р18 кобальтом на релаксацию временных напряжений

Результаты лабораторных испытаний были проверены при натурных испытаниях исследованных марок наплавленного металла на стойкость против образования холодных трещин. По разработанному способу производилась многослойная плазменная наплавка с низкотемпературным подогревом и принудительным охлаждением заготовок из стали 30ХГСА. Температура подогрева выбиралась немного выше точки начала мартенситного превращения стали Р18Ю, дополнительно легированной одним процентом никеля. При наплавке порошковой проволокой, легированной 2 % Со трещины, наблюдаемые визуально, образовывались при наплавке первых витков первого слоя. Уменьшение кобальта до одного процента позволяло избежать трещин только в первом слое. Проволокой Р18Ю без трещин наплавляли три слоя. Легирование никелем позволило избежать трещин при пяти – шестислойной наплавке.

Однако, в присутствии никеля намного возрастают количество и устойчивость остаточного аустенита, что несколько усложняет последующий отпуск. Поэтому при легировании желательно не вводить значительное количество никеля. Для предотвращения трещин в наплавленном металле достаточно уже одного процента никеля.

Таким образом, показано, что соответствующим легированием наплавленного металла можно повысить его стойкость против образования холодных трещин,

применяя при этом низкие (в 1,5-2,0 раза) температуры предварительного и сопутствующего подогрева при наплавке теплостойкими быстрорежущими сталями типа сталей Р18.

Список литературы:

1. Малушин Н.Н. Обеспечение качества деталей металлургического оборудования на всех этапах их жизненного цикла путем применения плазменной наплавки теплостойкими сталями / Н.Н. Малушин, Д.В. Валуев – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 358 с.
2. Геллер Ю. А. Инструментальные стали / Геллер Ю.А. – М.: Металлургия, 1975. – 584с.

СКВАЖИННАЯ ВЫЕМКА ПОДКАРЬЕРНЫХ ЗАПАСОВ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК В СЛОЖНЫХ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Маренков Иван Сергеевич
Студент 5 курса Национального минерально-сырьевого университета «ГОРНЫЙ», г. Санкт-Петербург
Иванов Михаил Сергеевич
Студент 5 курса Национального минерально-сырьевого университета «ГОРНЫЙ», г. Санкт-Петербург
Ефимова Ольга Игоревна
Студентка 4 курса Национального минерально-сырьевого университета «ГОРНЫЙ», г. Санкт-Петербург
Андреев Максим Николаевич
Канд. техн наук, ассистент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, г. Санкт-Петербург

BOREHOLE MINING OF KIMBERLITIC TUBES UNDERQUARRY DEPOSITS IN COMPLEX HYDRO-GEOLOGICAL CONDITIONS

Данная статья посвящена проблемам разработки подкарьерных запасов кимберлитовых трубок, разрабатываемых АК «АЛРОСА». В статье приведен способ извлечения подкарьерных запасов алмазных трубок Якутии, который, по мнению авторов, является наиболее эффективным и наименее затратным по времени и денежным средствам компании.

Ключевые слова: кимберлитовые трубки, подкарьерные запасы, водоносный горизонт, способ подземной разработки, гидромонитор, буровая платформа.

This article deals with kimberlite pipes developed by SC "ALROSA" underquarry deposits extraction. The paper presents a method for opening of diamond pipes underquarry deposits located in Yakutia, which according to the authors, is the most effective and least time-consuming and the company's cash.

Keywords: kimberlite pipes, underquarry deposits underground mining method, giant drilling platform.

Алмазные трубки в Якутии это уникальные месторождения кимберлитовой руды, которые разрабатываются ещё с середины прошлого века. Климат района резко континентальный с продолжительной и суровой зимой и коротким, часто жарким летом. Среднегодовая температура составляет -7,8°С. Самый холодный месяц – январь, абсолютный минимум температуры -63°С. Снежный покров устанавливается в первых числах октября и исчезает в начале мая, высота его составляет до 65 см. Месторождение расположено в зоне развития многолетнемерзлых пород, мощность которых составляет 300-330 м. [1].

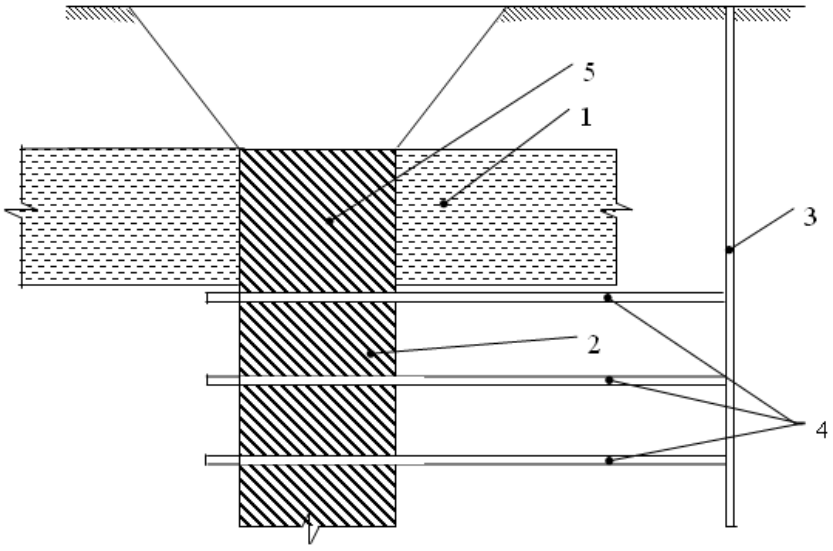


Рис. 1. Схема вскрытия рудника «Интернациональный»: 1- водоносный горизонт; 2 – рудное тело; 3 – стволы; 4 – квершлаги; 5– оставляемый по принятому проекту предохранительный целик.

Основная проблема отработки алмазных трубок АК «АЛРОСА» заключается в том, что открытым способом отрабатывать трубку уже нерентабельно, а подземным затрудняет наличие водоносного горизонта мощностью примерно 250 метров, который представляет большую опасность, так как вполне способен затопить рудник. Водоносный горизонт расположен в интервале абсолютных

отметок +40м/-150м. Подземные воды этого горизонта содержат растворенные в них газы: азот, метан, сероводород, углекислый газ. Учитывая это, при ведении горных работ должны быть приняты меры, исключающие возможность обрушения и сдвижения, как вмещающих пород, так и рудного тела. Вскрытие месторождения произведено двумя центрально-расположенными вертикальными стволами и квершлагами. Высота этажа принята 90 м, пройденные стволы имеют рассечки на горизонтах -200 м, -290 м, -380 м, -470 и -560 м. Горизонтальными выработками кимберлитовая трубка вскрыта на горизонтах -380, -290 и -268 м, пройденными для отработки блока № 6 и ликвидации незатампонированных геологических скважин [3].

Для отработки запасов трубки находящихся в водоносном горизонте, авторы предлагают использовать водонасыщенность пород, что заключается в использовании гидромонитора, для которого наличие водоносного горизонта и в принципе воды будет только положительно сказываться на бурении. Команда авторов предлагает на дно отработанного карьера, которое заполнено водой, установить плавучую буровую платформу. С установленной платформы осуществляется бурение скважин интегрированным на неё станком типа СБШ 250. Пробурив на всю высоту залежи скважину диаметром 200 мм по специальным каналам, в штангу подаётся вода для гидромонитора [2] предварительно встроенного чуть выше шарошки. Далее в восходящем порядке осуществляется разбуривание скважины до 8 метрового диаметра, при этом высота отбиваемой гидромонитором очистной камеры составляет 10 метров. Одновременно с очистной выемкой происходит подъём пульпы эрлифтом на буровую платформу, а с неё по трубопроводу на обогатительную фабрику уже в измельчённом виде. После этого платформа переезжает на бурение другой скважины в шахматном порядке, а скважина заполняется гидрофобным бетоном с другого борта платформы, тем самым уменьшаются простои в добыче. Перед тем как продолжать разбуривание скважин на всю высоту трубки необходимо дождаться схватывания гидрофобного бетона [4]. Таким образом, шаг за шагом будут отработаны все подкарьерные запасы, находящиеся в водоносном горизонте, при этом исключаются расходы на проведение подготовительных и нарезных выработок, проветривание, количество применяемой техники минимально, число рабочих так же минимально. Помимо выемки запасов данный способ обезопасит поверхность от сдвижения горных пород, так как весь извлекаемый объём будет заполнен. Наличие прослоек между скважинами позволит бетону схватываться с этими прослойками и образовывать один единый целик. Схема отработки приведена на рисунке 2, схема расположения скважин на рисунке 3.

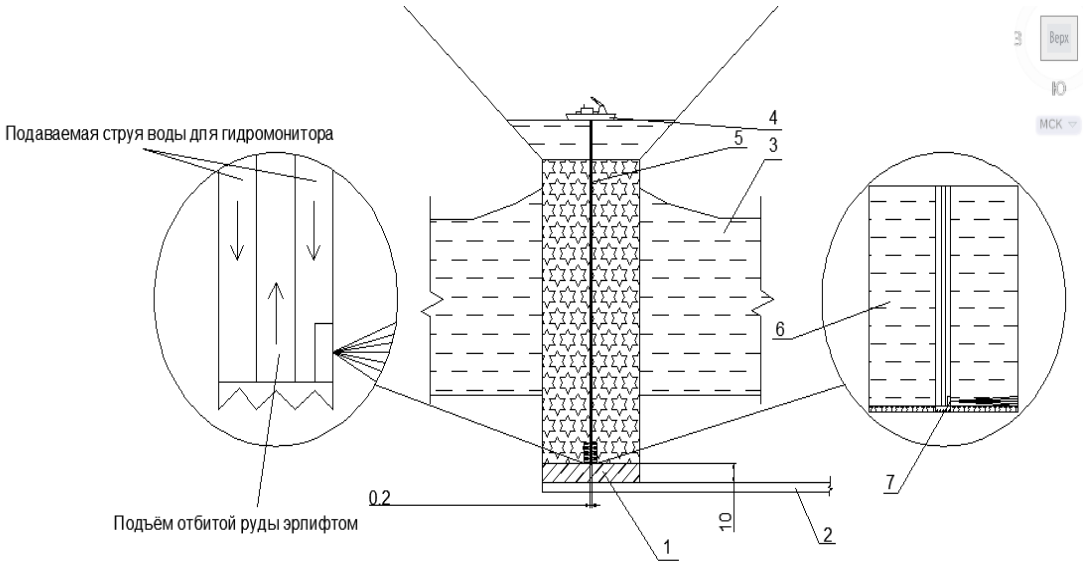


Рис. 2. Схема отработки кимберлитовой трубки в водоносном горизонте: 1 - Предохранительный целик; 2 - Горизонт -290; 3 – Водоносный горизонт; 4 – Буровая платформа; 5 – Скважина ∅ 200 мм; 6 – Разбуренная скважина ∅ 8 м; 7 – Гидромонитор.

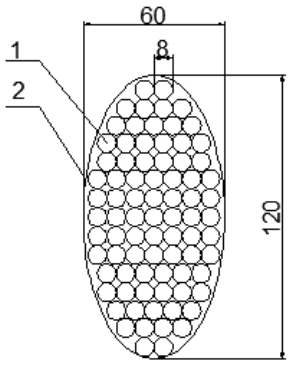
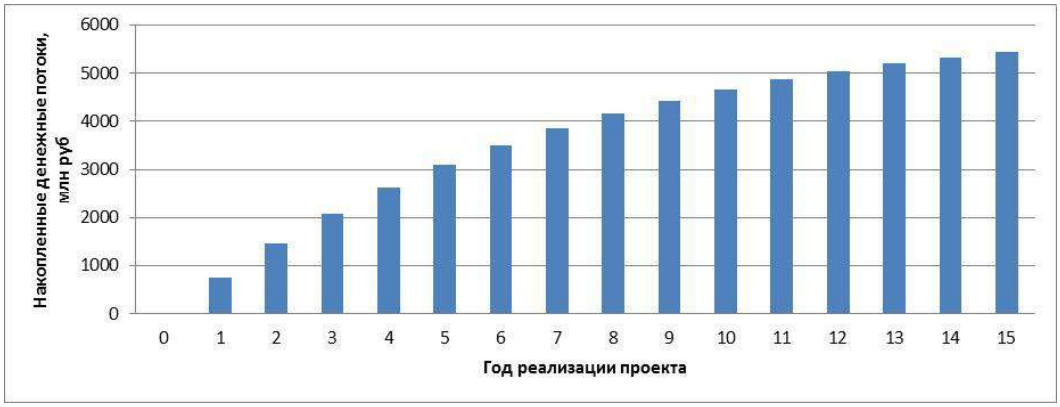


Рис. 3. Схема расположения очистных камер: 1 - Камера ∅ 8м; 2 – Кимберлитовая трубка.

Полнота извлечения при размерах эллипса 120х60 и площадью 5654 м^2 составляет 67%. Инвестиции в проект составят 80 млн. рублей в первый год отработки. В них включены расходы на закупку и монтаж необходимого для добычи оборудования. Месторождение отрабатывается за 15 лет и общий доход за этот период времени составит 19,8 миллиардов рублей. Показатели прибыли изображены на таблице 1.



Литература

1. Калитин В.Т. Алмазодобывающий комплекс России: современное состояние, проблемы и перспективы развития: Горный журнал, 2003, №1.
2. Интернет ресурс: Горная энциклопедия: http://www.mining-enc.ru/g/gidromonitor/.
3. Э.И. Богуславский, М.Н. Андреев. Технология разработки подкарьерных запасов кимберлитовых трубок: Горный информационно-аналитический бюллетень, 2011. №12.
4. Ницевич О.А, Цурло Е.Н, Янушенко А.П. Опыт проведения добычных работ методом скважинной гидродобычи: Горный информационно-аналитический бюллетень, 2010. №4.
5. Kalitin V.T. Diamond-mining complex of Russia: current status, problems and prospects of development: Mining Journal, 2003, №1
6. Internet resource: Mining Encyclopedia http://www.mining-enc.ru/g/gidromonitor/.
7. Boguslavskiy E.I., Andreev M.N.. Technology development underquarry stocks of kimberlite pipes: Mining informational and analytical bulletin, 2011. №12.
8. Nitsevych OA, Tsurlo EH, Yanushenko AP Experience in conducting mining operations by hydraulic borehole: Mining informational and analytical bulletin, 2010. №4.

УЧЕТ СПЕЦИФИКИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДУЛЕЙ ПОРОШКОВОГО ТУШЕНИЯ

Маркова Нина Борисовна

Старший преподаватель-методист отдела практического обучения учебно-методического центра СПб университета ГПС МЧС России,г. Санкт-Петербург,

Сытдыков Максим Равильевич

кандидат технических наук, заместитель начальника кафедры физики и теплотехники СПб университета ГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург

Поляков Александр Степанович

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры физики и теплотехники СПб университета ГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург,

Установки порошкового тушения (УПТ) предназначены, в основном, для защиты опасных промышленных объектов химической, нефтеперерабатывающей и нефтегазовой отраслей промышленности. Как правило, они реализованы с помощью специальных модулей - технологического оборудования для хранения и вытеснения огнетушащих порошков, конструктивно размещенного на стационарных или мобильных платформах.

Особенность предназначения и специфические особенности конструкции УПТ таковы, что к ним не могут быть отнесены классические определения эффекта и эффективности [1, приложение 4]. Имеют место случаи, когда подобная техника завершает свой жизненный цикл, не будучи использованной по целевому назначению ни разу, хотя затраты на производство и эксплуатацию – существенны [2, с.38-42].

Поэтому в этом случае целесообразно вести речь о технической эффективности, которая характеризует потенциальные возможности той или иной конструкции УПТ без учета достигаемого эффекта и затраченных средств. Именно с этих позиций в статье рассмотрена эффективность модулей порошкового тушения.

При оценке технической эффективности таких модулей, во внимание приняты показатели, представленные в таблице 1.

Для комплексной оценки их эффективности методом анализа размерности [3, с.19], по данным таблицы 1, сформированы безразмерные обобщенные комплексы (таблица 2).

Таблица 1

Показатели, влияющие на эффективность модулей порошкового тушения

Показатели	Символы	Единицы измерения
Кинематическая вязкость аэрозоля	ν	м^2/с
Масса огнетушащего порошка	M_n	кг
Расход порошка при тушении пожара	Q_n	кг/с
Дальность подачи порошка лафетным и ручным стволами	L_n	м
Рабочее давление в сосуде для огнетушащего порошка	p_n	Па
Остаток огнетушащего порошка после применения по назначению	Δm	кг

Таблица 2

Обобщенные комплексы порошковых модулей и их физическая сущность

п/п	Обобщенные комплексы (первичные)	Обобщенные комплексы (преобразованные)	Соотношения размерностей обобщенных комплексов	Физическая сущность комплексов и симплексов
	$\pi_1 = \frac{\nu \cdot p_n^2 \cdot M_n^3}{Q_n^5}$	$\pi^{-1} = \frac{Q_n^5}{\nu \cdot p_{\text{п}}^2 \cdot M_{\text{п}}^3}$	$\left[\pi_1^{-1}\right] = \left(\frac{кг/с}{кг/с}\right)^5 = 1$	Удельный расход аэрозоля
	$\pi_2 = \frac{L_n \cdot p_n \cdot M_n}{Q_n^2}$	$\pi_2 = \frac{L_n}{Q_n^2 \cdot p_n^{-1} \cdot M_n^{-1}}$	$\left[\pi_2\right] = \left(\frac{м}{м}\right) = 1$	Удельная дальность полета аэрозоля
	$\pi_3 = \frac{\Delta m}{M_n}$	-	$\left[\pi_3\right] = \frac{кг}{кг} = 1$	Удельный остаток массы аэрозоля
	$\pi_4 = \frac{\pi_2}{\pi_1 \cdot \pi_3} = \frac{L_n \cdot Q_n^3}{\nu \cdot p_n \cdot M_n \cdot \Delta m}$	-	$\left[\pi_4\right] = \frac{м \cdot \left(\frac{кг}{с}\right)^3}{м \cdot \left(\frac{кг}{с}\right)^3} = 1$	Коэффициент технической эффективности модуля порошкового тушения

Расчетные значения этих показателей получены по численным значениям единичных показателей модулей ряда автомобилей порошкового тушения (таблица 3) с учетом вязкости вытесняющего газа (сухого воздуха), равной $79{,}38 \cdot 10^{-6}$ м^2/с.

Таблица 3

Расчетные значения обобщенных комплексных показателей модулей порошкового тушения

Обобщенные комплексы	Марки АП						
	АП-5000 (53215)	АП-5000 -60 (53215)	АП-5000 (53215), мод. ПМ-567	АП-1000-40 (5301 БО)	АП-5 (53213), мод. 196	АП-4 (43105), мод. 222	АП-3 (130) мод. 148-А
	1	2	3	4	5	6	7
$\pi_1 \cdot 10^{-8}$	969	318	318	5	358	10	37
$\pi_2 \cdot 10^{-6}$	125	60	100	18	51	23	25
π_3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$\pi_4 \cdot 10^3$	13	19	31	353	15	227	69

Из данных таблицы 3 видно, что у всех модулей безразмерный комплекс $\pi_3 = 0{,}1$. Показатели π_1 и π_2 имеют существенно другие численные значения.

Следовательно, входящая в комплекс π_3 величина остатка массы Δm огнетушащего порошка (после применения модуля по назначению) затмевает влияние других единичных показателей качества, представленных в таблице 1. Этот факт иллюстрируется рисунками 1-3, где отражена взаимосвязь коэффициента технической эффективности модуля порошкового тушения π_4 с другими комплексными показателями (π_1, π_2, π_3) при довольно высокой корреляции между ними (R^2 указан на рисунках, не менее 0,7391).

Как видно из графиков, коэффициент технической эффективности модуля порошкового тушения π_4 не зависит от численных значений комплексного показателя π_3. Поэтому далее оценка эффективности дана только с использованием показателей π_1 и π_2. Для этого, перемножив π^{-1} и π_2, получили:

$$\pi_5 = \frac{L_n \cdot Q_n^3}{\quad}. \quad (1)$$

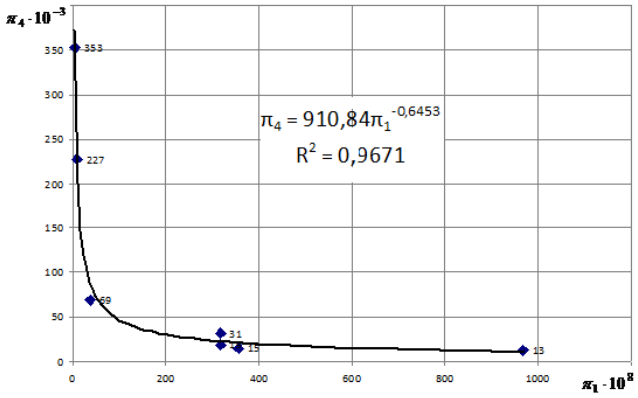


Рисунок 1. Зависимость коэффициента технической эффективности модуля порошкового тушения (π_4) от удельного расхода аэрозоля (π_1).

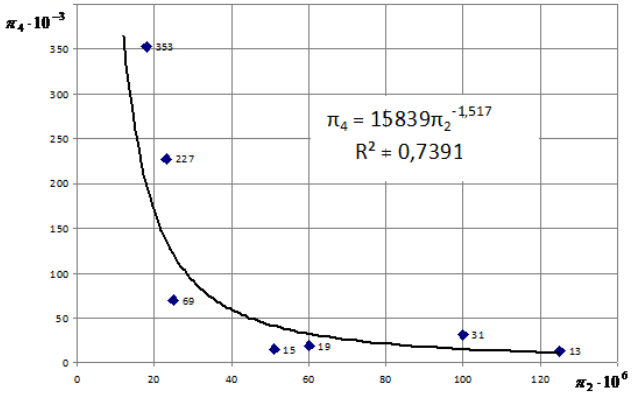


Рисунок 2. Зависимость коэффициента техническои эффективности моодуля порошкового тушения (π_4) от удельной дальности полета аэрозоля (π_2).

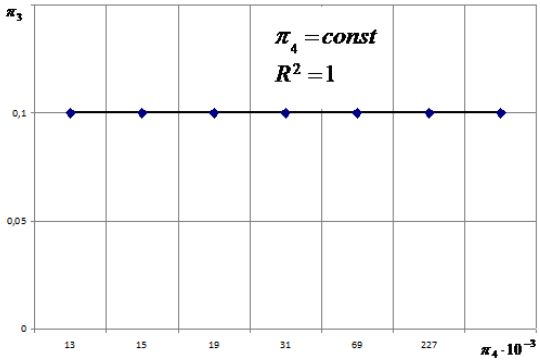


Рисунок 3. Зависимость коэффициента технической эффективности модуля порошкового тушения (π_4) от удельного остатка массы аэрозоля (π_3).

Уравнение 1, для понимания физического смысла, преобразовано к следующему виду:

$$\pi_5 = \frac{L \cdot Q_n}{p \cdot \nu \cdot M^2} \cdot \frac{1}{Q_n^{-2}} = \frac{I_k}{I_0}. \quad (2)$$

В уравнении (2), в соответствии с физической сущностью механизма истечения ОТВ, представлены:

величина $L \cdot Q = I_к$, - импульс ОТВ, долетевшего в точку гашения пламени (устье фонтана);

величина- импульс ОТВ при истечении из модуля тушения (на срезе лафетного ствола).

В этом случае можно утверждать, что величина комплексного показателя π_5 характеризует потенциальную возможность модуля средств пожаротушения: и чем она выше, тем эффективнее модуль.

На основе зависимости (2), путем сравнения импульсов модулей пожарных автомобилей ($L_n \cdot Q_n$) и требуемых для тушения факела ($L_ф \cdot Q_ф$), могут быть решены две практические задачи:

- определены области возможного применения модулей для тушения факелов соответствующего дебита;

- проведена сравнительная оценка (ранжирование) эффективности модулей.

В обоих случаях приняты значения характеристик факела (таблица 4) на основе следующих предпосылок:

$L_ф$= 60 м - по условиям безопасного удаления техники и людей от горящего факела [4];

$Q_ф$ - по необходимому расходу ОТВ (кг/с) в точке гашения пламени, при времени тушения 30 с [5, с. 49, таблица 4].

$$\frac{p \cdot \nu \cdot M^2}{Q_п^2} = I_0$$

Таблица 4.

Характеристики горящих фонтанов и ОТВ[6, с.251]

Дебит фонтана газа (млн м^3/сут) или нефти (тыс.м^3/сут)	0,5	1	2	3	4	5	6	7
Требуемая масса порошка для тушения фонтана M, кг	55	130	250	430	690	1020	1460	2000
Необходимый расход порошка, $Q_ф$, кг/с	1,8	4,3	8,3	14,3	23	34	48,7	66,7
Требуемый импульс порошка на тушение факела, $L_ф \cdot Q_ф$ (кг· м/с)	108	258	498	858	1380	2040	2922	4002

Величины Q_n и L_n заимствованы из технических характеристик серийных АП (таблица 5).

Таблица 5.

Характеристики модулей серийных АП [7, с.19]

Показатели	Характеристики модулей АП						
	АП-5000 (53215)	АП-5000 -60 (53215)	АП-5000 (53215), мод. ПМ-567	АП-1000-40 (5301 БО)	АП-5 (53213), мод. 196	АП-4 (43105), мод. 222	АП-3 (130) мод. 148-А
Расход порошка Q_n, (кг/с)	40	50	50	40	40	80	40
Дальность струи порошка L_n, м	40	30	50	35	30	45	32
Запас порошка M, кг	5000	5000	5000	1000	6300	4000	3100
Импульс порошка $L_n \cdot Q_n$, (кг·м/с)	1600	1500	2500	1400	1200	3600	1280

Оценка эффективности модулей представлена таблицей 6, в которой (на основе сравнения величин импульсов) показаны области возможного и нецелесообразного применения модулей АП.

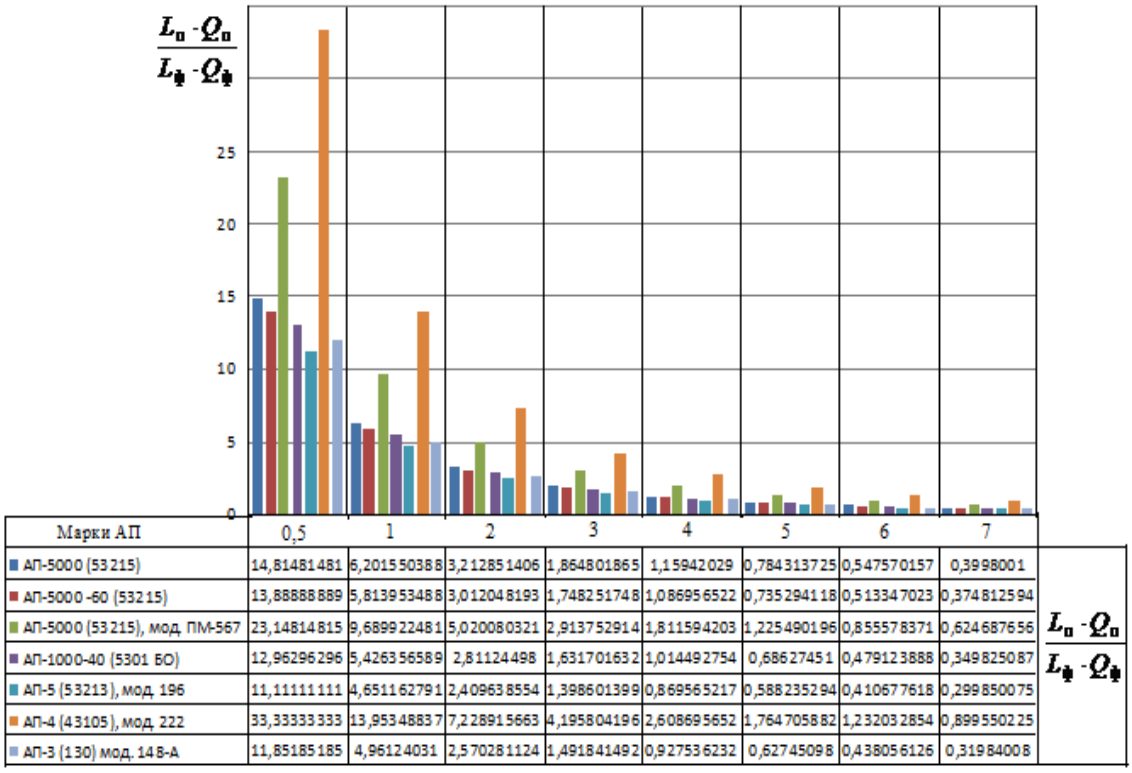
Из полученных данных видно, что оценка эффективности модулей для тушения фонтанов дана в нечетких терминологических формулировках “Применение для тушения возможно” и “Применение для тушения нецелесообразно”. Это объясняется тем, что импульс аэрозоля (движущегося ОТВ) оценен только по модулю, но фактически он является векторной величиной. Поэтому в реальной обстановке (с учетом температуры и давления окружающей среды, направления ветра, качественного состояния и расположения техники на местности, навыков личного состава в тушении пожаров этого типа, правильности оценки руководителем тушения пожара степени опасности ситуации и др.) эффективность техники может быть иной и, как правило, меньшей.

Таблица 6.

Области применения модулей для тушения горящих факелов

Характеристики модулей АП		Дебит фонтана газа (млн. м^3/сут) или нефти (тыс.м^3/сут)							
		0,5	1	2	3	4	5	6	7
		Требуемый импульс порошка для тушения фонтана, $L_ф \cdot Q_ф$, м·кг/с							
Марки АП	Импульс $L_п \cdot Q_п$ м·кг/с	108	258	498	858	1380	2040	2922	4002
АП-5000 (53215)	1600	Применение для тушения возможно					Применение для тушения нецелесообразно		
АП-5000 -60 (53215)	1500	Применение для тушения возможно					Применение для тушения нецелесообразно		
АП-5000 (53215), мод. ПМ-567	2500	Применение для тушения возможно						Применение для тушения нецелесо-образ-но	
АП-1000-40 (5301 БО)	1400	Применение для тушения возможно					Применение для тушения нецелесообразно		
АП-5 (53213), мод. 196	1200	Применение для тушения возможно				Применение для тушения нецелесообразно			
АП-4 (43105), мод. 222	3600	Применение для тушения возможно							не цел.
АП-3 (130) мод. 148-А	1280	Применение для тушения возможно				Применение для тушения нецелесообразно			

Результаты сравнения модулей по величине отношения импульсов дано на рисунке 4.



Марки АП	0,5	1	2	3	4	5	6	7
АП-5000 (53215)	14,81481481	6,201550388	3,212851406	1,864801865	1,15942029	0,784313725	0,547570157	0,3998001
АП-5000 -60 (53215)	13,88888889	5,813953488	3,012048193	1,748251748	1,086956522	0,735294118	0,513347023	0,374812594
АП-5000 (53215), мод. ПМ-567	23,14814815	9,689922481	5,020080321	2,913752914	1,811594203	1,225490196	0,855578371	0,624687656
АП-1000-40 (5301 БО)	12,96296296	5,426356589	2,81124498	1,631701632	1,014492754	0,68627451	0,479123888	0,349825087
АП-5 (53213), мод. 196	11,11111111	4,651162791	2,409638554	1,398601399	0,869565217	0,588235294	0,410677618	0,299850075
АП-4 (43105), мод. 222	33,33333333	13,95348837	7,228915663	4,195804196	2,608695652	1,764705882	1,232032854	0,899550225
АП-3 (130) мод. 148-А	11,85185185	4,96124031	2,570281124	1,491841492	0,927536232	0,627450980	0,438056126	0,319840008

$\frac{L_п \cdot Q_п}{L_ф \cdot Q_ф}$

Рисунок 4. Ранжирование модулей по эффективности тушения: на оси абсцисс порядковые номера соответствуют дебиту скважин газа (млн. м^3/сут).

Представленные в статье результаты могут быть использованы при отработке типажа средств пожаротушения для горящих газовых и нефтяных фонтанов, разработке технических требований на проектирование конкретных образцов модулей порошкового пожаротушения и подборе образцов серийных АП для защиты действующих опасных объектов нефтегазовой отрасли.

Список литературы:

1. ГОСТ 12.1.004—91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
2. Маркова Н.Б., Сытдыков М.Р., Поляков А.С. Обеспечение эксплуатационной надёжности пожарных автомобилей порошкового тушения. Научно-электронный журнал "Вестник" Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, №1 (2014).
3. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1977. – 440 с.
4. ППБО-85. Правила пожарной безопасности в нефтяной промышленности.
5. Иванников В.П., Клюс П.П. Справочник руководителя тушения пожара. М.: Стройиздат, 1987. – 288 с.: ил.
6. Повзик Я.С. Справочник руководителя тушения пожара, М., 2004. – 361 с.
7. Маркова Н.Б., Филановский А.М., Поляков А.С. Комплексная оценка технической эффективности пожарных автомобилей порошкового тушения. Научно-аналитический журнал "Проблемы управления рисками в техносфере", №3 (31), 2014, СПб.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОЦЕНКИ НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ СПУТНИКОВЫХ И ТРЕКЕРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Меерович Владимир Давидович

Ростовский Государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону

Введение. В настоящее время при решении навигационной задачи подвижных объектов на основе спутниковых измерений используются или различные модификации метода наименьших квадратов (МНК), или разнообразные варианты фильтра Калмана [1,2]. МНК используется для определения решения на текущий момент времени (мгновенное позиционирование), а фильтр Калмана – для сглаживания траектории движения и устранения «выбросов» координат относительно оцениваемой траектории движения.

Точность определения параметров движения объекта при использовании последнего оказывается выше, чем в МНК, но требует обязательного знания уравнений движения *каждого конкретного* объекта. Это принципиально затрудняет использование существующих калмановских навигационных алгоритмов в подавляющем большинстве подвижных объектов, когда неизвестны ни траектория движения, ни вид физической модели, ни характер действующих на объект возмущений и т.д. В то же время, очевидно, что применение методов стохастической фильтрации для обработки спутниковых измерений в самом общем случае их использования позволит значительно повысить точность определения навигационных параметров в силу ухода от различных упрощающих допущений (линеаризации, дополнительной информации об объекте, о помехах и т.п.), используемых в существующих алгоритмах спутниковой навигации.

1.Постановка задачи. Проанализируем принципиальную возможность апостериорного стохастического оценивания навигационных параметров подвижных объектов по спутниковым измерениям для любых подвижных объектов. Формируемые при этом алгоритмы фильтрации должны быть инвариантны к виду физической модели объекта, изменению во времени параметров его движения, характеру возмущений и пр. и не зависеть от вида используемого режима спутниковых измерений. Для подобного построения данных алгоритмов рассмотрим возможность использования кодовых и доплеровских измерений спутниковых навигационных систем (СНС). При этом решение поставленной задачи рассмотрим для СНС с высокой частотой поступления навигационных сообщений, позволяющей считать характер спутниковых измерений по отношению к динамике изменения навигационных параметров объекта непрерывным. (В настоящее время частота приема спутниковых сообщений в отдельных приемниках GPS уже составляет 100 Гц, с тенденцией к последующему ее увеличению [4].)

В наиболее общем случае информационный сигнал доплеровских измерений (псевдоскорость) Z_V может быть представлен следующим образом [1,2]:

$$Z_V = [\,(\xi_c-\xi)(V_{\xi c}-V_\xi)+(\eta_c-\eta)\;(V_{\eta c}-V_\eta)+(\zeta_c-\zeta)(V_{\zeta c}-V_\zeta)\,]\times$$
$$\times\,(\sqrt{(\xi_c-\xi)^2+(\eta_c-\eta)^2+(\zeta_c-\zeta)^2}\,)^{-1}+W_{Z_V}\,, \qquad (1)$$

где ξ_c, η_c, ζ_c – известные координаты спутника в гринвичской СК (ГСК), ξ, η, ζ - текущие координаты объекта в ГСК, $V_{\xi c}, V_{\eta c}, V_{\zeta c}$ - известные проекции вектора скорости спутника на оси ГСК, V_ξ, V_η, V_ζ - проекции вектора скорости объекта на оси ГСК, W_{Z_V} - стохастическая марковская помеха, обусловленная различными погрешностями измерения.

Очевидно, что сигналы доплеровских измерений несут информацию как о текущих координатах объекта, так и о его скорости, т.е. могут быть непосредственно использованы при синтезе алгоритмов фильтрации навигационных параметров.

2.Инвариантная непрерывная модель изменения навигационных параметров объекта.

Для возможности теоретически строгого решения задачи апостериорного оценивания вектора состояния объекта необходимо, прежде всего, иметь его уравнения состояния, записанные в стохастической дифференциальной форме Ланжевена (причем, в соответствии с вышеизложенным, - инвариантные к виду физической модели объекта, характеру его движения и виду действующих на него возмущений). Для решения этой задачи рассмотрим уравнение (1). Относительно вектора скорости объекта его можно переписать в виде:

$$[(\xi_c-\xi)V_{\xi c}+(\eta_c-\eta)V_{\eta c}+(\zeta_c-\zeta)V_{\zeta c}]-\sqrt{(\xi_c-\xi)^2+(\eta_c-\eta)^2+(\zeta_c-\zeta)^2}\ (Z_V-W_{Z_V})=$$
$$=(\xi_c-\xi)V_\xi+(\eta_c-\eta)V_\eta+(\zeta_c-\zeta)V_\zeta,$$

или в векторной форме:

$$(\varepsilon_c-\varepsilon)^T V_c-\left[(\varepsilon_c-\varepsilon)^T(\varepsilon_c-\varepsilon)\right]^{\frac{1}{2}}(Z_V-W_{Z_V})=(\varepsilon_c-\varepsilon)^T V\ , \qquad (2)$$

где $\varepsilon_c=\left|\xi_c\ \ \eta_c\ \ \zeta_c\right|^T,\quad \varepsilon=\left|\xi\ \ \eta\ \ \zeta\right|^T.$

Очевидно, что для определения всех компонентов вектора скорости объекта $V=\dot{\varepsilon}$ приведенного уравнения, полученного по доплеровским измерениям *одного* спутника, недостаточно. Для формирования недостающих уравнений предварительно введем следующие обозначения: $\varepsilon_{ci}=\left|\xi_{c_i}\ \ \eta_{c_i}\ \ \zeta_{c_i}\right|^T,\ i=1,2,3,$ – вектор координат *i*- го спутника в ГСК, $V_{ci}=\left|V_{\xi c_i}\ \ V_{\eta c_i}\ \ V_{\zeta c_i}\right|^T$ - вектор скорости *i*- го спутника в ГСК, Z_{Vi}- сигнал доплеровских измерений *i*- го спутника, $W_{Z_{Vi}}$ - погрешности доплеровских измерений *i*- го спутника.

Для возможности определения вектора скорости объекта $V=\dot{\varepsilon}$ запишем систему уравнений, аналогичных (2), но построенных уже по доплеровским измерениям *трех* спутников:

$$(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)^T V_{c_1}-\left[(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)^T(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)\right]^{\frac{1}{2}}(Z_{V_1}-W_{Z_{V1}})=(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)^T\dot{\varepsilon}\ ,$$
$$(\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)^T V_{c_2}-\left[(\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)^T(\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)\right]^{\frac{1}{2}}(Z_{V_2}-W_{Z_{V2}})=(\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)^T\dot{\varepsilon}\ ,$$
$$(\varepsilon_{c_3}-\varepsilon)^T V_{c_3}-\left[(\varepsilon_{c_3}-\varepsilon)^T(\varepsilon_{c_3}-\varepsilon)\right]^{\frac{1}{2}}(Z_{V_3}-W_{Z_{V3}})=(\varepsilon_{c_3}-\varepsilon)^T\dot{\varepsilon}\ .$$

Обозначив далее для сокращения записи $\left[(\varepsilon_{c_i}-\varepsilon)^T(\varepsilon_{c_i}-\varepsilon)\right]^{\frac{1}{2}}=\rho_i\ ,\ i=1,2,3,$

$$\rho(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},\varepsilon)=\begin{vmatrix}\rho_1 & 0 & 0\\ 0 & \rho_2 & 0\\ 0 & 0 & \rho_3\end{vmatrix},\ Z_{V0}=\begin{vmatrix}Z_{V_1}\\ Z_{V_2}\\ Z_{V_3}\end{vmatrix},\ W_{Z_{V0}}=\begin{vmatrix}W_{Z_{V1}}\\ W_{Z_{V2}}\\ W_{Z_{V3}}\end{vmatrix},$$

запишем полученную систему уравнений в векторном виде:

$$\begin{vmatrix}(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)^T V_{c_1}\\ (\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)^T V_{c_2}\\ (\varepsilon_{c_3}-\varepsilon)^T V_{c_3}\end{vmatrix}-\rho(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},\varepsilon)\ Z_{V0}+\rho\ (\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},\varepsilon)\ W_{Z_{V0}}=\begin{vmatrix}(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)^T\\ (\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)^T\\ (\varepsilon_{c_3}-\varepsilon)^T\end{vmatrix}\dot{\varepsilon}\ .$$

Данная система легко допускает разрешение относительно вектора скорости объекта $V=\dot{\varepsilon}$:

$$\dot{\varepsilon}=\begin{vmatrix}(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)^T\\ (\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)^T\\ (\varepsilon_{c_3}-\varepsilon)^T\end{vmatrix}^{-1}\left(\begin{vmatrix}(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)^T V_{c_1}\\ (\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)^T V_{c_2}\\ (\varepsilon_{c_3}-\varepsilon)^T V_{c_3}\end{vmatrix}-\rho(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},\varepsilon)\ Z_{V0}+\rho\ (\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},\varepsilon)\ W_{Z_{V0}}\right)=$$

$$=\Phi_\varepsilon(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},\varepsilon)(\Xi(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},V_{c_1},V_{c_2},V_{c_3},\varepsilon)\ -\rho(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},\varepsilon)\ Z_{V0}+\rho\ (\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},\varepsilon)\ W_{Z_{V0}}),$$
$$\varepsilon_0=\varepsilon(0),$$

где $\begin{vmatrix}(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)^T\\(\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)^T\\(\varepsilon_{c_3}-\varepsilon)^T\end{vmatrix}^{-1}=\Phi(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},\varepsilon)$ - матрица, обратная матрице $\begin{vmatrix}(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)^T\\(\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)^T\\(\varepsilon_{c_3}-\varepsilon)^T\end{vmatrix}$ (Приложение),

$$\Xi(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},V_{c_1},V_{c_2},V_{c_3},\varepsilon)=\begin{vmatrix}(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)^T V_{c_1}\\(\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)^T V_{c_2}\\(\varepsilon_{c_3}-\varepsilon)^T V_{c_3}\end{vmatrix},$$

и с учетом стохастического характера вектора помехи $W_{Z_{V0}}$ должна быть дополнена его описанием соответствующей системой нелинейных стохастических уравнений:

$$\dot{W}_{Z_{V0}}=\vartheta(W_{Z_{V0}},t)+\upsilon,$$

где $\vartheta(W_{Z_{V0}},t)$ - известная нелинейная вектор-функция, υ - центрированный белый гауссовский шум (БГШ) с известной матрицей интенсивностей D_υ.

Окончательно приведенные уравнения состояния объекта в векторной форме Ланжевена могут быть записаны следующим образом:

$$\dot{Y}=F(Y,t)+F_1\,\upsilon, \quad (3)$$

где $Y=\left|\varepsilon^T\ W_{Z_{V0}}{}^T\right|^T$, $Y_0=Y(0)$, $F_1=\begin{vmatrix}0\\E_3\end{vmatrix}$, E_3 - единичная матрица размерности 3,

$$F(Y,t)=\begin{vmatrix}\Phi_\varepsilon(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},\varepsilon)(\Xi(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},V_{c_1},V_{c_2},V_{c_3},\varepsilon)\ -\rho(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},\varepsilon)\ Z_{V0}+\rho\ (\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},\varepsilon)\ W_{Z_{V0}})\\ \vartheta(W_{Z_{V0}},t)\end{vmatrix}.$$

Принципиальными особенностями полученных уравнений (3) являются, во-первых, их общий характер (т.к. при их выводе не было сделано никаких упрощающих допущений о физической модели объекта, характере его движения и виде действующих на него возмущений), а во-вторых, возможность использования на их основе методов нелинейной стохастической фильтрации, обеспечивающих оптимальность оценок навигационных переменных при обработке информации с СНС.

3.Уравнения наблюдения и оценки вектора состояния объекта. С целью использования данной возможности необходимо получить, следуя [2,3], уравнение наблюдателя за вектором Y (т.е. аналитическую модель сигнала, несущего информацию о компонентах вектора Y). Для этого воспользуемся сигналами кодовых измерений Z_R (псевдодальностей), которые в общем виде могут быть записаны как:

$$Z_R=\sqrt{(\xi_c-\xi)^2+(\eta_c-\eta)^2+(\zeta_c-\zeta)^2}+c(\Delta\tau-\Delta T)+W_I+W_T+W_R, \quad (4)$$

где C- номинальное значение скорости света в вакууме, $\Delta\tau$ - погрешность часов приемника,

ΔT - погрешность часов спутника, W_I, W_T - погрешности, обусловленные прохождением радиосигнала через ионосферу и тропосферу, W_R- погрешности, включающие аппаратурные погрешности приемника объекта и передатчика спутника, погрешности многолучевости и случайные погрешности измерения.

Анализ наблюдателя (4) показывает, что сигналы измерения даже одного спутника явно зависят от всех координат объекта (обеспечивают их полное наблюдение), т.е. для теоретически строгого решения задачи апостериорного оценивания вектора координат объекта достаточно кодовых измерений дальностей, полученных от одного спутника. Но на практике при непосредственном использовании информационного сигнала (4) возникает проблема подавления всех вышеперечисленных помех данных измерений, мощность которых может существенно превосходить мощность полезного сигнала (истинной дальности). Для решения этой задачи в настоящее время используются различные алгоритмы компенсации погрешностей часов и погрешностей, обусловленных прохождением радиосигнала через атмосферу [1,2], а также применяется дифференциальный режим измерений по кодовым дальностям, реализуемый с помощью контрольного навигационного приёмника с известными географическими координатами – т.н. базовой станции. Но алгоритмы компенсации погрешностей, несмотря на усложнение навигационных вычислений, обеспечивают лишь частичное подавление соответствующих помех, а дифференциальный режим, в силу принципа его организации, не позволяет избавиться от ошибок, которые являются общими для базовой станции и объекта: ошибок прогнозирования часов спутников, ошибок ионосферных задержек, ошибок тропосферных задержек, имеющих место на базовой станции; ошибок смещения часов базовой станции. Более того, для организации дифрежима на базовой станции необходимо иметь навигационный вычислитель, мощность которого зависит от состава наблюдаемого спутникового созвездия.

Для устранения этих недостатков схему организации режима измерений предлагается изменить следующим образом. Во-первых, с базовой станции на объект передаются не поправки дальности, а просто сигнал псевдодальности от базовой станции до объекта Z_{RT} (т.н. ***трекерный*** сигнал):

$$Z_{RT} = \sqrt{(\xi_Б - \xi)^2 + (\eta_Б - \eta)^2 + (\zeta_Б - \zeta)^2} + c(\Delta\tau - \Delta\tau_Б) + W_{RT}, \quad (5)$$

где $\xi_Б, \eta_Б, \zeta_Б$ - известные координаты базовой станции, $\Delta\tau_Б$ - погрешность часов базовой станции, W_{RT}-погрешности, включающие аппаратурные погрешности передатчика базовой станции и приемника объекта, погрешности многолучевости и случайные погрешности измерения.

Во-вторых, с базовой станции непосредственно транслируется на объект принятый ею сигнал псевдодальности от спутника до базовой станции$Z_{RБ}$:

$$Z_{RБ} = \sqrt{(\xi_c - \xi_Б)^2 + (\eta_c - \eta_Б)^2 + (\zeta_c - \zeta_Б)^2} + c(\Delta\tau_Б - \Delta T) + W_И + W_T + W_{RБ}, \quad (6)$$

где $W_{RБ}$ - погрешности, включающие аппаратурные погрешности приемника базовой станции и передатчика спутника, погрешности многолучевости и случайные погрешности измерения.

В-третьих, в качестве сигнала измерения (используемого далее для наблюдения координатного вектора объекта) рассматривается не сигнал псевдодальности от спутника до объекта, а линейная комбинацияZ_{R*} сигналов Z_R,$Z_{RБ}$, Z_{RT}:

$$Z_{R*} = Z_R - Z_{RБ} - Z_{RT}.$$

В этом случае в соответствии с (4),(5),(6) сигнал Z_{R*} имеет вид:

$$Z_{R*} = \sqrt{(\xi_c - \xi)^2 + (\eta_c - \eta)^2 + (\zeta_c - \zeta)^2} + c(\Delta\tau - \Delta T) + W_И + W_T + W_R -$$
$$- (\sqrt{(\xi_c - \xi_Б)^2 + (\eta_c - \eta_Б)^2 + (\zeta_c - \zeta_Б)^2} + c(\Delta\tau_Б - \Delta T) + W_И + W_T + W_{RБ}) -$$
$$-(\sqrt{(\xi_Б - \xi)^2 + (\eta_Б - \eta)^2 + (\zeta_Б - \zeta)^2} + c(\Delta\tau - \Delta\tau_Б) + W_{RT}) =$$
$$= \sqrt{(\xi_c - \xi)^2 + (\eta_c - \eta)^2 + (\zeta_c - \zeta)^2} - \sqrt{(\xi_c - \xi_Б)^2 + (\eta_c - \eta_Б)^2 + (\zeta_c - \zeta_Б)^2} -$$
$$- \sqrt{(\xi_Б - \xi)^2 + (\eta_Б - \eta)^2 + (\zeta_Б - \zeta)^2} + W_R - W_{RБ} - W_{RT}.$$

Очевидно, что комбинированный сигнал Z_{R*} свободен от погрешностей, в наибольшей степени влияющих на точность спутниковой навигации: погрешностей часов объекта, базовой станции и спутника, а также погрешностей, обусловленных прохождением радиосигнала через ионосферу и тропосферу. Более того, анализируя линейную комбинацию погрешностей$W_R - W_{RБ} - W_{RT}$, можно отметить ее независимость от характерных для традиционной схемы помех, также существенно влияющих на общую точность решения навигационной задачи: аппаратурных погрешностей передатчика спутника и погрешностей многолучевости при передаче навигационных сообщений от спутника. В целом, это резко снижает уровень помех в сигнале Z_{R*}, что при использовании его для формирования наблюдателя вектора координат повышает точность оценки последнего. Обозначая далее совокупность помех$W_R - W_{RБ} - W_{RT}$ как W_{RH} и аппроксимируя ее БГШ с нулевым средним и интенсивностью D_{RH}, а также учитывая, что координаты базовой станции и всех спутников известны с высокой точностью, запишем сигнал наблюдения Z_{RH} вектора координат объекта $\varepsilon = \left| \xi \;\; \eta \;\; \zeta \right|^T$ как:

$$Z_{RH} = Z_{R*} + \sqrt{(\xi_c - \xi_Б)^2 + (\eta_c - \eta_Б)^2 + (\zeta_c - \zeta_Б)^2} = \sqrt{(\xi_c - \xi)^2 + (\eta_c - \eta)^2 + (\zeta_c - \zeta)^2} -$$
$$- \sqrt{(\xi_Б - \xi)^2 + (\eta_Б - \eta)^2 + (\zeta_Б - \zeta)^2} + W_{RH} = H_R(\varepsilon, \varepsilon_c, \varepsilon_Б) + W_{RH}, \quad (7)$$

где $\varepsilon_Б = \left|\xi_Б \;\; \eta_Б \;\; \zeta_Б\right|^T$.

Сигнал наблюдения (7) получен на основе кодовых измерений только одного спутника, но при этом обеспечивает полную наблюдаемость всех пространственных координат объекта – т.е. позволяет в полной мере использовать для их оценки методы оптимальной стохастической фильтрации [3]. Но т.к. для формирования вектора состояния объекта Y все равно необходимо наличие измерений с трех спутников, то целесообразно для увеличения информативности наблюдателя использовать при синтезе уравнений наблюдения аналогичные (7) комбинации измерений на основе измерений псевдодальностей с трех спутников:

$$Z_{RHi} = Z_{R*i} + \sqrt{(\xi_{ci} - \xi_Б)^2 + (\eta_{ci} - \eta_Б)^2 + (\zeta_{ci} - \zeta_Б)^2} = \sqrt{(\xi_{ci} - \xi)^2 + (\eta_{ci} - \eta)^2 + (\zeta_{ci} - \zeta)^2} -$$

$$-\sqrt{(\xi_Б-\xi)^2+(\eta_Б-\eta)^2+(\zeta_Б-\zeta)^2}+W_{RHi}=H_{Ri}(\varepsilon,\varepsilon_{ci},\varepsilon_Б)+W_{RHi},\ i=1,2,3.$$

В этом случае размерность наблюдателя вектора Y увеличивается до трех:

$$Z=\begin{vmatrix}Z_{RH_1}\\Z_{RH_2}\\Z_{RH_3}\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}H_{R1}(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_Б,Y)\\H_{R2}(\varepsilon_{c_2},\varepsilon_Б,Y)\\H_{R3}(\varepsilon_{c_3},\varepsilon_Б,Y)\end{vmatrix}+\begin{vmatrix}W_{RH_1}\\W_{RH_2}\\W_{RH_3}\end{vmatrix}=H(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},\varepsilon_Б,Y)+W,$$

что незначительно увеличивает вычислительные затраты, но повышает точность оценки вектора координат.

Полученное представление объекта в форме «объект-наблюдатель» (3), (8) позволяет построить для вектора состояния объекта Y апостериорную плотность $\rho_Z(Y,t)$, знание которой, по существу, решает проблему определения любых вероятностных его оценок [3]. Процедура формирования $\rho_Z(Y,t)$ в общем случае сводится к решению интегро-дифференциального уравнения с частными производными (уравнения Стратоновича), которое в общем случае не имеет аналитического решения. Поэтому в теории нелинейной фильтрации для получения оценок нелинейных процессов вида (3) используют различные приближенные (субоптимальные) методы [3], наиболее известным и востребованным из которых является обобщенный (нелинейный) фильтр Калмана. Его использование, как правило, позволяет достичь необходимого компромисса между требуемой точностью и вычислительными затратами в реальных системах навигации и не встречает никаких принципиальных трудностей как в бортовых вычислителях общего назначения, так и специализированного.

Следуя [3], уравнения (3), (8) в форме «объект-наблюдатель» позволяют записать обобщенный фильтр Калмана для вектора состояния объекта:

$$\dot{\hat{Y}}=F(\hat{Y},t)+K(\hat{Y},t)\left[Z-H(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},\hat{Y})\right],$$

$$K(\hat{Y},t)=R\frac{\partial H^T(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3},\hat{Y})}{\partial\hat{Y}}D^{-1},$$

$$\dot{R}(\hat{Y},t)=\frac{\partial F(\hat{Y},t)}{\partial\hat{Y}}R(\hat{Y},t)+R(\hat{Y},t)\frac{\partial F^T(\hat{Y},t)}{\partial\hat{Y}}+F_1\,D_\upsilon F_1^T-K(\hat{Y},t)D\,K^T(\hat{Y},t),$$

где $\hat{Y}$ - оценка вектора состояния $Y(t)$, $R(\hat{Y},t)$ - апостериорная ковариационная матрица,

$$\hat{Y}_0=M(Y_0),\ R_0=M\left\{(Y_0-\hat{Y}_0)(Y_0-\hat{Y}_0)^T\right\},\ D=\begin{vmatrix}D_{\mathrm{RH}_1}&0&0\\0&D_{\mathrm{RH}_2}&0\\0&0&D_{\mathrm{RH}_3}\end{vmatrix}.$$

По сравнению с применяемым в настоящее время для вторичной обработки спутниковой информации МНК [1,2] предложенный алгоритм обладает всеми известными преимуществами фильтра Калмана перед ним, вытекающими из дополнительного использования уравнений движения объекта и независимости от особенностей градиентной матрицы измерений, что позволяет повысить в целом точность определения параметров движения наблюдаемого объекта.

4.Минимизация спутникового созвездия. Различные неблагоприятные факторы эксплуатации подвижных объектов могут приводить к уменьшению числа наблюдаемых спутников, что, в свою очередь, вызывает неустойчивость (и даже невозможность) решения навигационной задачи по традиционным алгоритмам. В отличие от традиционной схемы рассматриваемый подход позволяет сократить минимально необходимое число спутников до двух при сохранении всех его преимуществ, изложенных выше. В этом случае навигационный приемник объекта должен обеспечивать прием доплеровских измерений не только спутников, но и базовой станции, имеющих, соответственно, вид (с учетом нулевой скорости базовой станции):

$$Z_{VT}=-[(\xi_Б-\xi)V_\xi+(\eta_Б-\eta)V_\eta+(\zeta_Б-\zeta)V_\zeta]\left(\sqrt{(\xi_Б-\xi)^2+(\eta_Б-\eta)^2+(\zeta_Б-\zeta)^2}\right)^{-1}+W_{VT},$$

где W_{VT}- погрешности доплеровских измерений базовой станции.

При подобной организации измерений для формирования уравнений навигационного вектора объекта (аналогично вышеизложенному) достаточно доплеровских измерений базовой станции и всего лишь *двух* спутников:

$$(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)^T V_{c_1} - \left[(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)^T(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)\right]^{\frac{1}{2}}(Z_{V_1}-W_{Z_{V1}})=(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)^T\dot{\varepsilon}\ ,$$

$$(\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)^T V_{c_2} - \left[(\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)^T(\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)\right]^{\frac{1}{2}}(Z_{V_2}-W_{Z_{V2}})=(\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)^T\dot{\varepsilon}\ ,$$

$$-\left[(\varepsilon_{Б}-\varepsilon)^T(\varepsilon_{Б}-\varepsilon)\right]^{\frac{1}{2}}(Z_{VT}-W_{VT})=(\varepsilon_{Б}-\varepsilon)^T\dot{\varepsilon}\ .$$

Вводя для сокращения записи дополнительные обозначения

$$\left[(\varepsilon_{Б}-\varepsilon)^T(\varepsilon_{Б}-\varepsilon)\right]^{\frac{1}{2}}=\rho_{Б},\ \rho_\tau(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{Б},\varepsilon)=\begin{vmatrix}\rho_1 & 0 & 0\\ 0 & \rho_2 & 0\\ 0 & 0 & \rho_{Б}\end{vmatrix},\ Z_{V\tau}=\begin{vmatrix}Z_{V_1}\\ Z_{V_2}\\ Z_{VT}\end{vmatrix},\ W_{Z_{V\tau}}=\begin{vmatrix}W_{Z_{V1}}\\ W_{Z_{V2}}\\ W_{VT}\end{vmatrix},$$

запишем полученную систему уравнений в векторном виде:

$$\begin{vmatrix}(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)^T V_{c_1}\\ (\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)^T V_{c_2}\\ 0\end{vmatrix}-\rho_\tau(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{Б},\varepsilon)\ Z_{V\tau}+\rho_\tau\ (\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{Б},\varepsilon)\ W_{Z_{V\tau}}\ =\begin{vmatrix}(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)^T\\ (\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)^T\\ (\varepsilon_{Б}-\varepsilon)^T\end{vmatrix}\dot{\varepsilon}\ .$$

Данная система, как и в случае полного созвездия, допускает разрешение относительно вектора скорости объекта $V=\dot{\varepsilon}$:

$$\dot{\varepsilon}=\Phi_{\varepsilon Б}(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{Б},\varepsilon)\left(\begin{vmatrix}(\varepsilon_{c_1}-\varepsilon)^T V_{c_1}\\ (\varepsilon_{c_2}-\varepsilon)^T V_{c_2}\\ 0\end{vmatrix}-\rho_\tau\ (\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{Б},\varepsilon)\ Z_{V\tau}+\rho_\tau\ (\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{Б},\varepsilon)\ W_{Z_{V\tau}}\ \right),$$

где $\Phi_{\varepsilon Б}(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{Б},\varepsilon)=\Phi_\varepsilon(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{c_3}=\varepsilon_{Б},\varepsilon).$

Сравнительный анализ полученных уравнений с системой уравнений полного созвездия показывает, что введение измерений скорости относительно базовой станции вместо доплеровских измерений одного из спутников помимо сокращения минимально необходимого числа спутников еще и упрощает уравнения объекта.

Здесь в качестве наблюдателя вектора координат можно рассматривать, аналогично вышеизложенному, непосредственно как спутниковые, так и трекерный, сигналы измерения псевдодальности объекта, но для высокоточного наблюдения наиболее целесообразно использовать приведенные выше комбинированные сигналы для двух спутников:

$$Z_M=\begin{vmatrix}Z_{RH_1}\\ Z_{RH_2}\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}H_{R1}(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{Б},Y)\\ H_{R2}(\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{Б},Y)\end{vmatrix}+\begin{vmatrix}W_{RH_1}\\ W_{RH_2}\end{vmatrix}=H_M(\varepsilon_{c_1},\varepsilon_{c_2},\varepsilon_{Б},Y)+W_M.$$

В этом случае размерность наблюдателя сокращается, что может ухудшить точность оценивания, но при этом положительным фактором является некоторое уменьшение вычислительных затрат. Фильтр, построенный на основе данного наблюдателя, будет аналогичен фильтру (9) при соответствующей замене обозначений.

Интересной особенностью описанного подхода является возможность организации многоструктурной схемы фильтрации при числе спутников *m* больше двух, вытекающая из возможности одновременного синтеза C_m^2 различных уравнений координатного вектора объекта, а также еще и C_m^2 различных наблюдателей вектора координат одного и того же объекта. Это позволяет еще больше повысить точность позиционирования путем последующей статистической обработки полученных оценок (например, с использованием робастных алгоритмов).

5.Пример. Для иллюстрации эффективности предложенного подхода было проведено моделирование алгоритма фильтрации (9) на временном интервале $t\in[0;800]\ c$ с шагом Δt=0,01с методом Рунге-Кутты 4-го порядка. Движение объекта задавалось по локсодромической кривой с азимутальным углом $42°$ из точки с долготой - $30°$, широтой $-45°$ ($\varepsilon_0=\left|2\ 254\ 963{,}52\quad 4\ 509\ 927{,}05\quad 3\ 905\ 711{,}39\right|^T$ м) и законом изменения проекции скорости объекта на плоскость меридиана: V_M = 17 (0,7+sin 0.004t) м/с. В качестве модели помех измерений был использован аддитивный гауссовский вектор-шум с нулевым матожиданием и с.к.о. для: кодовых измерений – 12м, доплеровских измерений - 0.5м/с. По окончании временного интервала моделирования максимальные ошибки компонентов навигационного вектора составили:

$\Delta\xi - 0{,}9\ м,\ \Delta\eta - 1{,}1 м,\ \Delta\zeta - 0{,}8 м,$ что сопоставимо с точностью *стационарного* режима дифференциальных измерений и свидетельствует о возможности весьма эффективного практического использования предложенного подхода.

Заключение. Рассмотренный подход к решению задачи спутниковой навигации на основе нелинейного стохастического фильтра, инвариантного к виду объекта и характеру его движения, помимо известных преимуществ фильтра Калмана перед традиционной схемой обработки спутниковых сообщений на основе МНК, позволяет также:

- сократить минимально необходимое число спутников с 4-х до 2-х,
- убрать навигационный вычислитель с базовой станции,
- обеспечить инвариантность сигнала наблюдения координат объекта к наиболее существенным помехам спутниковых измерений: погрешностям часов объекта, базовой станции и спутника, а также погрешностям, обусловленным прохождением радиосигнала через ионосферу и тропосферу.

Подобные преимущества позволяют, во-первых, значительно удешевить процесс формирования сети базовых станций, а во-вторых, повысить точность оценки текущих координат подвижных объектов независимо от характера их движения.

Список литературы:

1. Интерфейсный контрольный документ ГЛОНАСС (5.1 редакция). - М.: РНИИ КП, 2008 г.
2. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. *Перова А.И., Харисова В.Н.*– М.: Радиотехника, 2010. – 800 с.
3. Тихонов В. И., Харисов В. Н. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 608 с.
4. www.trimble.com

ПРИЛОЖЕНИЕ

При обозначениях:

$$(\xi_{c_i} - \xi) = \xi_i\ ,\ (\eta_{c_i} - \eta) = \eta_i\ ,\ (\zeta_{c_i} - \zeta) = \zeta_i\ ,\quad i = 1,2,3,$$

матрица $\Phi(\varepsilon_{c_1}, \varepsilon_{c_2}, \varepsilon_{c_3}, \varepsilon)$ имеет вид:

$$\Phi_{\varepsilon}(\varepsilon_{c_1}, \varepsilon_{c_2}, \varepsilon_{c_3}, \varepsilon) = \left\{\xi_1(\eta_2\zeta_3 - \eta_3\zeta_2) - \eta_1(\xi_2\zeta_3 - \xi_3\zeta_2) + \zeta_1(\xi_2\eta_3 - \xi_3\eta_2)\right\}^{-1} \times$$

$$\times \begin{vmatrix} \eta_2\zeta_3 - \eta_3\zeta_2 & -\eta_1\zeta_3 + \eta_3\zeta_1 & \eta_1\zeta_2 - \eta_2\zeta_1 \\ \xi_3\zeta_2 - \xi_2\zeta_3 & -\xi_3\zeta_1 + \xi_1\zeta_3 & \xi_2\zeta_1 - \xi_1\zeta_2 \\ \xi_2\eta_3 - \xi_3\eta_2 & -\xi_1\eta_3 + \xi_3\eta_1 & \xi_1\eta_2 - \xi_2\eta_1 \end{vmatrix}$$

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ ПОЛИМЕРАЗНОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Журавко Екатерина Владимировна
Д.т.н., профессор ФГБОУ ВПО «МГУПП», г. Москва
Новикова Жанна Викторовна
К.т.н., доцент ФГБОУ ВПО «МГУПП», г. Москва
Саитова Маргарита Эдуардовна
Старший преподаватель ФГБОУ ВПО «МГУПП», г. Москва

В настоящее время в мире организованно широкомасштабное производство пищевых продуктов растительного происхождения с заданными свойствами, получаемыми при помощи генетически модифицированных источников (ГМИ). В целях реализации прав потребителей на получение полной и достоверной информации о технологии производства, качестве и безопасности пищевых продуктов следует серьезно подойти к вопросу выявления ГМИ в продуктах питания [2, с. 17; 3, с. 3]. На базе научно-исследовательских институтов по всей РФ актуально организовывать специализированные лаборатории для проведения исследований пищевых продуктов на содержание ГМИ и мониторинга оборота пищевых продуктов, имеющих генетически модифицированные аналоги.

В РФ с 1996 г. разработана и функционирует законодательная и нормативная и методическая база, позволяющая регулировать оборот пищевой продукции, полученной из ГМИ. В соответствие с санитарно-эпидемиологическими правилами СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов», введена обязательная маркировка пищевых продуктов из ГМИ. Маркировке подлежит вся пищевая продукция, содержащая в своем составе более 0,9% компонентов из ГМИ.

Разработка методов определения ГМИ началась одновременно с выходом пищевой продукции из ГМИ на мировой продовольственный рынок. В настоящее время подавляющее большинство ГМИ растительного происхождения, представленных на рынке, как было сказано выше, отличается от исходного традиционного сорта растения наличием в геноме рекомбинантной ДНК — гена, кодирующего синтез белка, который определяет новый признак, и последовательностей ДНК, регулирующих работу этого гена, а также собственно нового белка. В качестве мишени для определения ГМИ в пищевом продукте могут рассматриваться как новый модифицированный белок, так и рекомбинантная ДНК. Все методы идентификации ГМИ растительного происхождения подразделяют на

3 группы: химические, иммунологические и метод полимеразной цепной реакции (ПЦР) [1, с 135].

Если в результате генетической модификации меняется химический состав пищевого продукта, для ее определения могут применяться химические методы исследования — хроматография, спектрофотомерия, спектрофлюориметрия и другие, которые и выявляют заданное изменение химического состава продукта. Эти методы могут использоваться, например, при идентификации некоторых линий генетически модифицированной сои, у которых установлены изменения в жирнокислотном составе липидов [4, с 111].

Присутствие в продукте нового белка дает возможность применять для определения ГМИ иммунологические методы. Они наиболее просты в исполнении, имеют относительно низкую стоимость и позволяют определить конкретный белок, несущий новый признак. В настоящее время разработаны тест-системы, применяя которые можно проводить количественное определение модифицированного белка в таких продуктах, как изоляты и концентраты соевого белка и соевая мука. Однако в случае анализа пищевых продуктов, при производстве которых исходное сырье подвергается значительной технологической обработке (высокая температура, кислая среда, ферментативная обработка и др.), иммунологический анализ может давать нестабильные или плохо воспроизводимые результаты из-за денатурации белка. При исследовании, например, колбасных и кондитерских изделий, продуктов детского питания, пищевых и биологически активных добавок к пище иммуноферментный анализ неприемлем.

Возможность определения белка ограничена уровнем его содержания в продукте. Так, в большинстве генетически модифицированных культур, представленных на мировом продовольственном рынке, уровень модифицированного белка в частях растений, употребляемых в пищу, ниже 0,06%, что затрудняет проведение иммуноферментного анализа. Учитывая это, в большинстве стран основные способы определения ГМИ в продуктах — методы, основанные на определении рекомбинантной ДНК, например, метод полимеразной цепной реакции (ПЦР).

Полимеразная цепная реакция (ПЦР) – экспериментальный метод молекулярной биологии позволяющий добиться значительного увеличения малых концентраций определенных фрагментов нуклеиновой кислоты (ДНК) в биологическом материале (пробе). Этот метод в настоящее время по сравнению с другими методами является:

- наиболее распространенным, так как модифицированная ДНК синтезируется во всех частях ГМИ;
- универсальным, за счет возможности определения нуклеиновой кислоты (ДНК) в любых биологических образцах;
- высокочувствительным, позволяет выявить единичные копии ДНК;
- процесс выполнения диагностики автоматизирован;
- высокая скорость проведения исследования;
- считается менее дорогим, чем другие методы исследования;
- позволяет провести как качественный, так и количественный анализ.

В настоящей работе исследованы три образца круп на содержание ГМИ методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с детекцией продуктов амплификации в режиме «реального времени» при помощи тест-системы «КВАНТУМ-П СОЯ» производства ЗАО «НПО ДНК-Технология». Эта тест-система предназначена для определения процентного содержания промотора 35S относительно геномной ДНК сои (Glycine max) в пробах пищевых продуктов и продовольственного сырья. Тест-система основана на принципах флуоресцентной детекции.

При анализе в качестве образцов использовались:

1. крупа полбяная, ООО «Партнет», РФ, Республика Татарстан, ТУ 9294-001-94319966-2010 (номер лунки **A1**);
2. крупа амарантовая, ООО «Бонфан», Нидерланды, EURO NAT F-07340, GLOBALGAP (номер лунки **A2);**
3. крупа гречневая, ОАО «Мельник», Белоруссия, ГОСТ 5550-74 (номер лунки **A3**).

На компьютере с помощью программного обеспечения «RealTime_PCR v.7.3» для детектирующих амплификаторов ДТ–96 и ДТ–322, создавался тест со следующими параметрами:

- тип проводимого анализа «ГМИ», метод – геометрический (Ср);
- типы пробирок: образец, стандарт, контроль+, контроль-;
- количество стандартов – 3 (дубли – 2);
- количество копий: Стандарт_1 – «5», Стандарт_2 – «1»; Стандарт_3 – «0,1»;
- положительных («К+») и отрицательных («К-») контролей – по 2;
- объём рабочей смеси в пробирке – 35 мкл;
- флуорофоры: FAM – специфичный продукт, HEX – внутренний контрольный образец.

Анализ результатов производился автоматически после окончания программы амплификации. Полученные результаты отображаются в виде протокола, который включает в себя итоговую таблицу (определение содержания ГМИ) и графика (зависимость флуоресценции канала FAM и HEX от номера цикла) (рис. 1).

По итоговой таблице 1, видно, что в столбце % ГМИ для каждого стандарта и образца отражаются результаты анализа в виде процентного содержания ДНК промотора 35S относительно геномной ДНК сои. В нашем протоколе у образцов нет числовых показателей (номера лунок: A1, A2, A3), что свидетельствует об отсутствии геномного ДНК в исследованных крупах.

На рисунке 1 представлены изменения флуоресцентного сигнала в каждом цикле амплификации для канала FAM (предназначен для генно-инженерной вставки) и HEX (предназначен для природного гена), но так как в образцах отсутствует геномное ДНК, видны только кривые флуоресценции стандартных образцов. Если бы удалось выявить ГМИ, то прибавились бы кривые флуоресценции образцов исследуемых круп.

Список литературы:

1. Каленик Т.К., Федянина Т.В., Танашкина Т.В. Товароведение и экспертиза пищевой продукции, полученной из генетически модифицированных источников: учеб. пособие. Ростов на Дону: «МарТ», Феникс, 2010. -224 с.
2. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года: указ Президента Российской Федерации от 12.05.2009 г. № 537 [Электронный ресурс] // Сайт Совета безопасности РФ. – Режим доступа http://www.scrf.gov.ru/documents/99.html. – Загл. с экрана.
3. Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на

период до 2020 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.10.2010 г. № 1873-р // Рос.газ. – 2010. – 3 ноября.
4. ПЦР «в реальном времени» / Ребриков Д.В., Саматов Г.А., Трофимов Д.Ю. и др.; под ред. д.б.н. Д.В.Ребрикова; предисл. Л.А.Остермана и акад. РАН и РАСХН Е.Д.Свердлова. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 223 с.

Таблица 1

Определение содержания ГМИ

Номер лунки	Идентификатор пробирки	Ср, Fam	Ср, Hex	dCp	%ГМИ
A1	2 (ГМО)				
A2	3 (ГМО)				
A3	4 (ГМО)				
A4	Стандарт_1 (ГМО)	30,3	25,5	-4,9	5,0
A5	Стандарт_1 (ГМО)	31,1	26,2	-4,9	5,0
A6	Стандарт_2 (ГМО)	33,5	26,4	-7,1	1,0
A7	Стандарт_2 (ГМО)	33,7	26,7	-6,9	1,0
A8	Стандарт_3 (ГМО)	37,4	26,3	-11,2	0,1
A9	Стандарт_3 (ГМО)	37,9	26,4	-11,5	0,1
A10	К+ (ГМО)	31,4	25,7	-5,7	2,7
A11	К- (ГМО)				

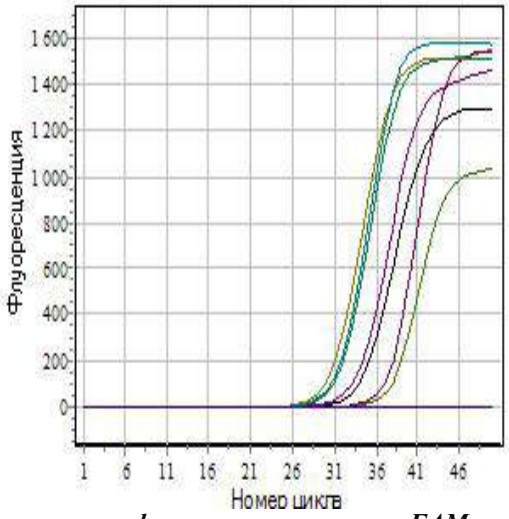


Рисунок 1. Зависимость флуоресценции канала FAM от номера цикла

МЕХАНИЗМЫ С ОСОБОЙ СТРУКТУРОЙ В АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ

Мудров Александр Григорьевич
Док. техн. наук, профессор кафедры «Дорожно-строительные машины» КазГАСУ, г.Казань
Мудрова Анна Александровна
Док. техн. наук, профессор кафедры «Дорожно-строительные машины» КазГАСУ, г.Казань

Работа посвящена пространственным шарнирным механизмам, имеющим только вращательные шарниры и их практическому использованию в автоматизированных процессах различных направлений.

Следует отметить особенность механизмов этой группы. Образовать их обычной комбинацией звеньев весьма затруднительно, даже невозможно, поскольку звенья не проворачиваются. Объясняется это тем, что механизмы с вращательными шарнирами могут существовать только при согласованных угловых и линейных параметрах звеньев, «угадать» которые обычным методом исследования практически невозможно.

В технике были известны сферические механизмы, в частности, механизм Кардана – Гука, который сейчас широко используется в технике для передачи движения, ранее использовался для подвеса морских компасов.

Можно утверждать, что механизмы этой группы создавались отдельными учеными как изобретения. Именно так был открыт теоретически в 1903 г. английским математиком Беннеттом четырехзвенный пространственный механизм, оси шарниров которых скрещены (*не параллельны и нигде не пересекаются*) под разными углами, впоследствии механизм стали называть именем ученого [1]. Беннетт пытался изготовить модель механизма, но звенья его не проворачивались, поэтому автор сомневался в практическом использовании механизма.

Статья Беннетта послужила толчком к исследованию механизма другими отечественными и зарубежными

учеными. Однако ни одному ученому не удавалось изготовить механизм Беннетта и другие механизмы не только в производственном варианте, но и в моделях. Здесь существовал существенный разрыв между теоретическими разработками ученых и практическим воплощением механизмов в технике.

Только 75 лет спустя казанским ученым Б.В.Шитикову и П.Г.Мудрову удалось найти способ изготовления моделей, а затем и производственных устройств на базе механизмов [2].

Можно отметить, что пространственные механизмы с вращательными шарнирами получили путевку «в жизнь, в производство» от ученых кафедры теории механизмов и машин Казанского государственного аграрного университета, чьи разработки являются приоритетными на мировом и отечественном уровнях [3,4,5,6,7,8,9].

Несмотря на бурное развитие техники, эта группа механизмов определилась и утвердилась практически за последние годы сотрудниками только одной кафедры. За это время разработана теория пространственных механизмов с вращательными шарнирами, в том числе:

- разработан способ структурного синтеза многозвенных механизмов, исследована как теоретически, так и экспериментально структура четырехзвенных, пятизвенных, шестизвенных, семизвенных и дифференциальных механизмов,

решена проблема создания многозвенных механизмов с наперед заданными свойствами. Предложены четыре способа образования 5, 6, 7, дифференциальных и многозвенных механизмов;

-разработаны способы кинематического и динамического исследования механизмов всех групп, исследовано внешнее давление подвижных звеньев на станину, предложено несколько способов уравновешивания механизмов;

-разработан синтез механизмов в зависимости от функционального назначения;

-разработана технология изготовления устройств для мелкосерийного и индивидуального производств;

-разработана теория создания пространственных перемешивающих устройств: четыре направления проектирования аппаратов с мешалкой, семь новых классификационных групп пространственных смесителей и семь групп объектов новой техники;

-предложено и разработано более 100 новых механизмов и устройств на их базе, защищенные 103 авторскими свидетельствами и патентами на изобретения;

-только на базе механизма Беннетта создано 34 устройств на уровне изобретений, кроме этого механизм Беннетта явился «строительным модулем» в образовании новых многозвенных механизмов и устройств на их базе;

-от механизма Беннетта началось и развилось новое научное направление в теории пространственных механизмов, которых сто лет назад было менее десяти;

-внедрено более 50 устройств на сельскохозяйственных и промышленных предприятиях России и Украины;

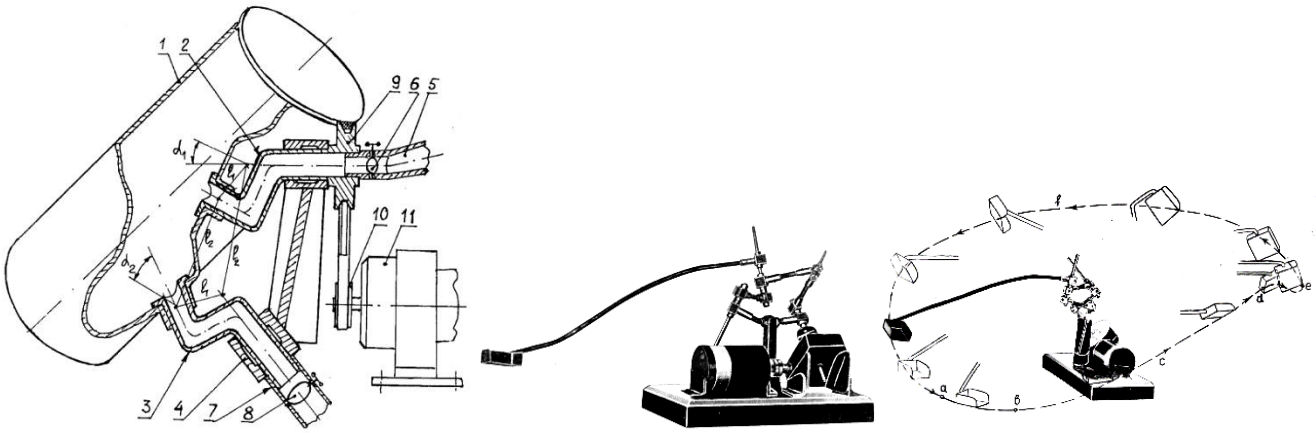


Рисунок 1- Схема смесителя на базе механизма Беннетта

Трудность становления и развития механизмов окупилась разнообразием полезных свойств, по числу которых они не имеют себе равных среди других известных механизмов, которых насчитываются тысячи.

В данной статье приведем только часть сведений о практическом использовании механизмов данной группы в производственных автоматизированных процессах.

В технологическом процессе приготовления комбикорма для птицефабрик в смесь добавляют микродобавки и витамины (2кг на 1 т комбикорма), причем процесс должен осуществляться непрерывно. Для равномерного смешения микродобавок использован пространственный смеситель на базе механизма Беннетта (рисунок 1). Он имеет емкость1, два кривошипа 2 и 3 и станину 4. Кривошипы 2 и 3 полые, с ведущим кривошипом 2 связан подающий патрубок 5, с заслонкой 6. С ведомым кривошипом 3 соединен приемный патрубок 7 с заслонкой 8.

На ведущем кривошипе 2 жестко закреплен шкив 9, второй шкив 10 закреплен на валу источника привода 11 (мотор-редуктор или электродвигатель с редуктором).

Перемешиваемый материал подается в емкость 1 через подающий патрубок 5, готовая смесь выводится через полый ведомый кривошип 3 и патрубок 7. Количество подающего и выводящего материала регулируется заслонками 6 и 8.

Данное устройство без переналадок можно использовать в линиях для очистки различных деталей в машиностроении, мойки корнеклубней в сельскохозяйственном производстве и т.п.

Механизм эффективно может копировать различные движения, например, траекторию ковша землеройной

машины (рисунок 2). Ковш жестко закреплен на продолжении шатуна механизма Беннетта, параметры которого синтезированы на заглубление ковша в грунт, захват грунта, отвод ковша с грунтом в сторону, выгрузку грунта. На рисунке 3 показана траектория ковша: на участке **ab** ковш заглубляется в грунт под острым углом, затем на участке **bc** движется горизонтально. На участке **abc** происходит заполнение ковша грунтом, на участке **cde** – выглубление ковша, отвод его в сторону и подъем на определенную высоту. На участке **ef** ковш значительно наклоняется, днище устанавливается под углом 80-85^0 к горизонтальной поверхности и резко отводится назад – происходит выгрузка массы грунта. На участке **fa** ковш возвращается в исходное положение и цикл повторяется. При этом скорость рабочего хода в 2,5…4,0 раза меньше скорости холостого хода. Дальность выгрузки можно регулировать изменением длины кривошипов и несущего рычага (шатуна). Устройство можно использовать в режиме рытья траншей.

При определенных параметрах звеньев механизма Беннетта точки его шатуна копируют движение крыла птиц при полете.

Следующий пример - использование шестизвенного механизма в роботах, манипуляторах и в грузозахватных устройствах, где необходимо осуществить точный схват предметом разнообразной формы.

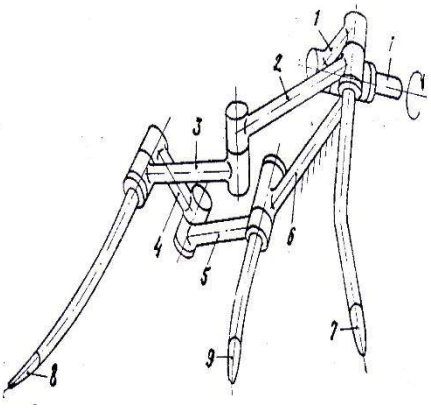


Рисунок 4- Конструкция захвата

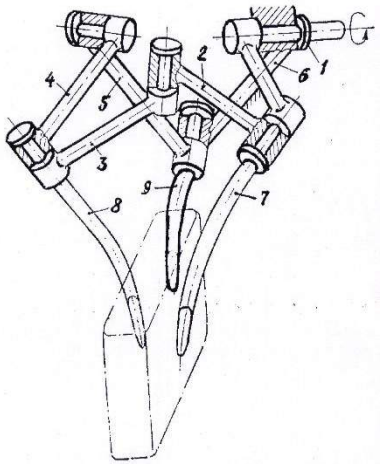


Рисунок 5- Схема раскрытого захвата

На рисунке 4 показано устройство при удержании груза, на рисунке 5 – положение захвата в раскрытом положении.

Захват состоит из ведущего кривошипа 1, соединенного шарнирно со звеньями 2,3,4,5 и станины 6. Все звенья имеют одинаковое кратчайшее расстояние между осями шарниров, т.е. $\ell_1=\ell_2=\ell_3=\ell_4=\ell_5=\ell_6=\ell$. Угол скрещивания осей шарниров нечетных звеньев 1,3,5 одинаковы, т.е. $\alpha_1=\alpha_3=\alpha_5=\alpha$ и меньше 90^0. Угол скрещивания β осей шарниров четных звеньев 2,4,6 дополняют до 180^0 угол скрещивания осей шарниров нечетных звеньев, т.е. $\beta=180^0-\alpha$ (на рисунках 4 и5 углы не показаны).

К концам нечетных звеньев 1,3 и 5 жестко крепятся зажимные губки 7.8 и 9 (губки могут выполняться заодно со звеньями, сообразуясь с технологией изготовления). Захватные части губок могут выполняться в разных вариантах: плоскими, рифлеными, фигурными, пружинными и т.д.

Схват груза осуществляется следующим образом. От источника привода вращение передается ведущему кривошипу 1 и звеньям 2,3,4 и 5, захватные губки 7,8 и 9 одновременно поворачиваются относительно звеньев 2,4 и 5, а звенья 7 и 8 будут перемещаться навстречу друг другу, т.е. захват закрывается и зажимает объект с трех сторон.

При противоположном вращении кривошипа 1 звенья движутся в обратном направлении и губки 7,8 и 9 раскрываются (рисунок 5).

Если манипулятор работает только с одним видом груза, то можно отрегулировать закрытие и открытие губок при одном направлении вращения кривошипа 1,что очень важно при автоматическом режиме работы.

Механизмы могут успешно использоваться вместо эллиптических колес, причем при пересекающихся, скрещивающихся и параллельных осях вращения.

Возникает проблемный вопрос, почему за двухтысячилетний период механизмы с большим трудом развивались и практически не использовались в технике? На наш взгляд причины следующие.

- Механизмы этой группы обычной комбинацией звеньев создать трудно и практически невозможно.
- Механизмы статически неопределимы (трижды, дважды и один раз) и формально не должны существовать, поэтому ученые и практики мало уделяют им внимание.
- Механизмы могут существовать при строго согласованных угловых и линейных параметрах и соотношениях между ними, которые необходимо определять.
- Изготовление механизмов и устройств на их базе имеет особую специфику (Ноу-Хау), без знания которой изготовление работоспособной конструкции практически невозможно.
- Ни у нас в стране, ни за рубежом нет, ни ученых, ни научных школ, которые серьезно занимались бы комплексным исследованием, изготовлением и внедрением этих механизмов в производство.
- В подготовке инженеров технического профиля имеется существенный пробел, так как в издаваемых учебниках по ТММ об этих механизмах нет даже элементарных сведений.

Выводы.

На мировом и отечественном уровнях такие механизмы пока исследуются только теоретически, нет сведений о изготовленных в металле механизмов и производственных устройств на их базе, использующихся в технике. Здесь уместно привести изречение А.В.Суворова «Теория без практики мертва …».

Создано новое научное направление в теории пространственных механизмов с одними вращательными шарнирами сотрудниками только одной кафедры ТММ Казанского государственного аграрного университета, разработки которых имеют отечественный и мировой приоритеты. Сотрудниками кафедры защищено 4 докторских диссертаций (Мудров П.Г., Мудров А.Г., Галиуллин Ш.Р., Яруллин М.Г.), 9 кандидатских (П.Г.Мудров, А.Г.Мудров, А.П. Жарковский, А.П.Мудров, М.Г.Яруллин, Ш.Р. Галиуллин, С.М.Яхин, Б.К.Хуснутдинов, И.М.Киямов), опубликовано 6 монографий, более 100 статей в различных изданиях, на 103 устройств получены авторские свидетельства и патенты, около 50 устройств внедрены в производство.

Механизмы только с вращательными шарнирами имеют обширные высокоэффективные многофункциональные свойства, которых нет у механизмов других многочисленных групп. К большому сожалению, эти механизмы пока практически не востребованы в проектных и конструкторских организациях нашей страны в виду их неизвестности.

Не только инженерно-технические кадры, но даже авторы статей и диссертаций вообще не знакомы с публикациями казанских ученых (об этом свидетельствует отсутствие в своих теоретических работах по данным механизмам ссылок на наличие более ста новых механизмов и изобретений этой группы, изготовленные и внедренные производственные устройства в различных разделах техники).

Список литературы

1. Bennett, G.T. A new mechanism. «Engineering», London, v.76, 1903, p.777-778.
2. Мудров П.Г. Пространственные механизмы с вращательными парами / П.Г. Мудров. – Казань: Изд-во Казанского государственного университета, 1976. – 264 с.
3. Мудров П.Г. Исследование пространственных шарнирных механизмов с особой структурой и их внедрение в машиностроении: Автореферат дисс. докт. техн. наук: 05.02.18 / П.Г. Мудров. - М.: ИМАШ, 1979. - 44 с.
4. Мудров А.Г. Пространственные механизмы с особой структурой / А.Г. Мудров. – Казань: РИЦ «Школа», 2003. – 300 с.
5. Мудров А.Г. Разработка пространственных перемешивающих устройств нового поколения, применяемых в сельском хозяйстве и промышленности: Автореферат дисс. докт. техн. наук: 05.02.18 / А.Г. Мудров. - Казань: КГСХА, 1999. - 44 с.
6. Мудров А.Г. Пространственные механизмы с особой структурой (Исследование) / А.Г. Мудров. – Казань: РИЦ «Школа», 2004. – 180 с.
7. Мудров А.Г. Пространственные перемешивающие устройства / А.Г. Мудров. - Казань: Таткнигоиздат, 1984. - 179 с.
8. Мудров А.Г. Механизм Беннетта и использование его в технике / А.Г. Мудров. – Казань: КГСХА, 1999. – 80 с.
9. Мудров А.Г. Практическое использование механизма Беннетта в технике/ The Eigth IFToMM International Symposium on Theory of Machines and Mechanisms. SYROM 2001. Bucharest-ROMANIA, 2001. Vol.11, pp.221-228.

РАЗВИТИЕ ТЕОРИИ И МЕТОДОВ ТРИБОМОНИТОРИНГА ФРИКЦИОННЫХ СИСТЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Озябкин Андрей Львович

Канд. техн. наук, доцент кафедры Транспортные машины и триботехника ФГБОУ ВПО РГУПС, г. Ростов на Дону

Трибомониторинг открытых узлов трения подвижного состава предназначен для повышения эффективности, безопасности и ресурса открытых узлов трения подвижного состава на основе их модельных исследований, неразрушимого контроля и формирования управляющих воздействий на фрикционный контакт, обеспечивающих реализацию номинальных и исключение аномальных режимов функционирования. Под **мониторингом** понимается постоянный систематический сбор и обработка диагностической информации о каком – либо процессе или объекте с целью выявления соответствия его параметров оптимальным (или рациональным) значениям, а также формированию соответствующего управляющего сигнала. При **динамическим мониторинге** производится диагностирование и прогнозирование динамических характеристик какого-либо объекта с целью решения задач: *а*) комплексных исследований модельной системы; б) диагностики текущего состояния модельной и натурной систем; *в*) прогнозирования изменения состояний модельной и натурной систем; *г*) управления натурной системой системами автоматического управления для предотвращения критических режимов функционирования (например, атермического или термического схватываний) или неуправляемого движения (например, боксования, юза, потери устойчивости и т.д.). Основой предлагаемой методики динамического мониторинга нелинейных (фрикционных) транспортных систем является трибоспектральная идентификация их выходных параметров [4, 5]. Под трибоспектральной **идентификацией** понимается определение *оператора*, связывающего входные и выходные координаты нормальных и тангенциальных составляющих сил фрикционного взаимодействия. Задача трибоспектральной идентификации транспортных систем не представляет трудности, если временные сигналы нормальной и тангенциальных составляющих сил фрикционного взаимодействия являются реализациями случайных стационарных процессов. Для прогнозирования состояний фрикционных подсистем, например, по критерию допустимого износа (вида изнашивания, наличия смазочного материала, его качества и т.д.), необходимо выявить параметры, которые объективно характеризуют их состояние в процессе изнашивания, и их можно было бы измерить (зафиксировать) непосредственно во время работы узла трения без остановки и разборки.

Взаимосвязь механических и фрикционных подсистем модели и объекта исследования [4] определяется идентичностью: *а*) частот и основных форм колебаний масс механических систем, *б*) частот и форм колебаний микро- и макро-шероховатостей, *в*) давлений, *г*) скоростей относительного скольжения поверхностей трения, *д*) характерных видов изнашивания поверхностей трения модельного и натурного объектов. Для этого в динамическую модель квазилинейной механической подсистемы вводится *модель реального фрикционного контакта*. На основе регистрируемых в реальном времени виброколебаний сил нормального давления, момента трения силы контактного взаимодействия представляются частотной передаточной функцией $W(i\omega)$, отображающей упругие, диссипативные и инерционные свойства

$$W(i\omega)=\frac{S_{\tau n}(i\omega)\cdot S_n(-i\omega)}{\left|S_n(i\omega)\right|^2}=\boldsymbol{A(\omega)}\cdot\boldsymbol{e}^{\,\boldsymbol{i}\,\varphi(\omega)}=\boldsymbol{P(\omega)}+\boldsymbol{iQ(\omega)}, \qquad (1)$$

где $\boldsymbol{S_{\tau n}(i\omega)}$ – взаимный спектр тангенциального и нормального силового взаимодействия, учитывающий свойства трибосреды и условия окружающей среды; $\boldsymbol{S_n(\omega)}$ – автоспектр нормального силового воздействия с учётом неуправляемого шума, возмущающего стационарные движения; частотные характеристики: $\boldsymbol{A(\omega)}$ – амплитудная, $\boldsymbol{\varphi(\omega)}$ – фазовая, $\boldsymbol{P(\omega)}$ – вещественная (ВЧХ), характеризующая упруго-инерционные свойства; $\boldsymbol{Q(\omega)}$ – мнимая (МЧХ), характеризующая диссипативные потери в системе; $\boldsymbol{\omega}$ – частота колебаний.

При регистрации частоты колебаний □ от нуля до частоты Найквиста □□ исследуемой механической системы изменяются значения $\boldsymbol{A}$(□) и □(□) в выражении (1), а на фазовой плоскости отображается годограф (рисунок 1) амплитудно – фазочастотной характеристики (АФЧХ).

Процесс трения рассматривается как *динамическая связь*, формируемая под влиянием механической системы и подсистемы фрикционного контакта через узел трения. Эта связь существует всегда: при устойчивой стационарной траектории или неустойчивой, когда в системе развиваются автоколебания.

В теории автоматического управления [6] имеется ряд *интегральных оценок* амплитудно – фазочастотных характеристик, позволяющих системам автоматического управления оперативно оценивать и реагировать на изменяющиеся условия взаимодействия. Например, стабильность фрикционных связей можно оценить по величинам запаса устойчивости по амплитуде (ограничения по инерционной составляющей) и запаса устойчивости по фазе (ограничения по диссипативной составляющей) [6] амплитудно – фазочастотных характеристик. Однако *не существует* интегральных оценок, позволяющих косвенно идентифицировать, диагностировать состояние трибосистемы и прогнозировать её изменение.

Для решения задач динамического мониторинга фрикционных систем, идентификации динамического состояния трибосистем модельной и натурной систем введены *неиспользуемые ранее интегральные оценки:* диссипации I_Q и степени диссипации $I_{□}$ трибосистем как во всём частотном диапазоне спектрального анализа АФЧХ, так и по октавным или 1/3, 1/12 и 1/24 долеоктавным полосам частот [5, 2]

$$I_Q=\int_0^{\omega_н}\left|Q(\omega)\right|d\omega; \qquad I_\gamma=\int_0^{\omega_н}\left|Q(\omega)\right|d\omega\Big/\int_0^{\omega_н}\left|P(\omega)\right|d\omega, \qquad (2)$$

где P(ω) – ВЧХ (1); Q(ω) – МЧХ (1); ω – частота колебаний.

Интегральные оценки (2) позволяют оценить соотношение упруго – инерционных и диссипативных сил фрикционного взаимодействия, выявить не рассматриваемые ранее механизмы потери устойчивости, условия необратимости в контактной области и сформулировать новое направление при построении систем динамического мониторинга состояний механической системы непосредственно в ходе их функционирования.

Первая оценка I_Q косвенно определяет ***потери на трение***, то есть диссипативные свойства механической системы и процесса трения как динамической связи: чем больше в трибосистеме потери на трение, тем выше её величина.

Вторая оценка $I_{□}$ для ФС характеризует упруго – диссипативные свойства подсистемы машины и процесса трения как ***динамической связи***. Оценке $I_{□}$ можно сопоставить величину *степени демпфирования* □ некоторой линейной механической системы, описываемой дифференциальным уравнением

$$m\ddot{y}+\beta\dot{y}+Cy=x \text{ или } \ddot{y}+2n\dot{y}+k^2y=x/m,\ \boldsymbol{\gamma}=n/k,$$

где x – внешнее воздействие; y – выходной отклик системы; k – частота собственных колебаний, $k=\sqrt{\frac{C}{m}}$; n – показатель затухания, $n=\frac{\beta}{2m}$, m – масса; β и C – коэффициенты демпфирования и жёсткости.

В качестве доказательства возможности оценки текущего состояния ФС при помощи интегральных оценок (2) на рисунке 2 представлены результаты моделирования колебательного – апериодического звена вида $7\ddot{y}+\beta\dot{y}+300y=100x$ и сравнение степени демпфирования □ с интегральной оценкой $\boldsymbol{I_{□}}$□□□□□□□□□.

Следовательно, интегральная оценка $I_{□}$ нелинейно зависит от коэффициента демпфирования Однако обе характеристики (степень демпфирования □ и интегральная оценка $I_{□}$) имеют общую точку пересечения при величине критического демпфирования $□_{кр}$. Это позволяет по величине интегральной оценки $I_{□}$ ориентировочно установить критическую величину демпфирования фрикционной подсистемы, при которой наступает апериодический характер движения.

В изменении (2) во времени отображаются динамические состояния фрикционного контакта, связанные с его триботехническими свойствами и динамическом влиянии механической системы. Наблюдение и изучение вышеназванных интегральных оценок в *октавных (долеоктавных) полосах частот* позволяет качественно и количественно определять значения текущей работы и (или)

мощности необратимых изменений подводимой энергии в узле трения.

Апробация разработанных методов динамического мониторинга мобильных фрикционных систем осуществлялись на примере системы «Подвижной состав – путь» и её фрикционной подсистемы «колесо – рельс». Выбор данной системы в качестве примера объясняется следующими факторами:

1) сотни тысяч колёсных пар эксплуатируются в системе ОАО «Российские железные дороги» и других промышленных предприятий;
2) данные узлы трения работают в режиме интенсивных динамических нагрузок, уровень контактных давлений превышает уровень пластического деформирования материалов колёс и рельсов;
3) рабочие поверхности колёс и рельсов подвержены воздействию атмосферных осадков и температуры окружающей среды;
4) колесо и рельс имеют фрикционные рабочие поверхности ***I***, где реализуется тяговый момент, и антифрикционные – контакт гребня колеса с боковой гранью рельса ***II*** (рисунок 3).

При движении подвижного состава в криволинейных участках пути малого радиуса с отрицательным или положительным непогашенным ускорением, отсутствии смазочных материалов в контакте гребней колёсных пар с боковой гранью головки рельса под действием боковых инерционных сил гребни колёсных пар контактируют с боковой гранью головки рельса. Возникающие в местах фактической площади касания нормальные и тангенциальные напряжения превышают предел текучести материалов колёс и рельсов, что приводит к пластическому деформированию гребней колёсных пар [1]. Внешними признаками повреждаемости гребней колёсных пар являются образование глубоких борозд, вырывов, рисок, наростов, оплавлений (рисунок 4).

С 1995 г. на железнодорожном транспорте широко применяются технические средства лубрикации [1], реализующие ротапринтно – контактный способ подачи твёрдых смазочных материалов в открытые узлы трения, каким является фрикционный контакт «гребень колеса – боковая поверхность головки рельса». Технические средства лубрикации уменьшают износ колёс и рельсов и повышают их технический ресурс. Однако отсутствие *систем мониторинга* работ по гребне- и рельсосмазыванию, контроля достаточного количества смазочного материала на боковой поверхности головки рельсов, снижает эффективность применения технических средств лубрикации. Перед железнодорожным транспортом в XXI веке стоят задачи по увеличению объёма перевозок грузов, снижению себестоимости перевозок. Это обусловливает повышение осевых нагрузок ***P*** подвижного состава и его скоростей ***V*** движения. Без надлежащего и эффективного использования современных технологических средств лубрикации, информационных технологий, динамического мониторинга технического состояния подсистемы «колесо – рельс» дальнейшее увеличение параметра ***PV*** приведёт к дальнейшему увеличению интенсивности изнашивания колёс и рельсов [7].

С использованием методик физико-математического моделирования и трибоспектральной идентификации процессов трения [4, 5] выполнены исследования режимов контактирования колеса с рельсом. Исследования показали, что наиболее целесообразно и эффективно для лубрикации открытых узлов трения применять *твёрдые смазочные покрытия*. Установлено, что изменение среднего значения или пик-фактора интегральных оценок (2) на характерных диапазонах частот (рисунок 5) характеризует *наличие или отсутствие смазочного материала на боковой поверхности головки рельсов, а также определить остаточный ресурс разового нанесения смазочного материала, его вид и качество*, а также фиксировать *возможные случаи термического поражения фрикционного контакта*.

Раскрыта связь необратимых процессов, протекающих во фрикционном контакте, с регистрируемыми амплитудно – фазочастотными характеристиками преобразования нормальных составляющих сил контактного взаимодействия в тангенциальные и выходными триботехническими характеристиками фрикционных систем. Интегральные оценки, определяемые на основе анализа спектральных характеристик сил нормального и тангенциального контактного взаимодействия, характеризуют упруго-диссипативную природу процессов трения в наиболее информативных октавных (долеоктавных) полосах частот и позволяют качественно и количественно определять значения текущей работы и (или) мощности необратимых изменений подводимой энергии в узле трения. Предложены методы, способы и алгоритмы динамического мониторинга, позволяющие в реальном времени возможность: *а*) наблюдения за состоянием узлов трения, *б*) прогнозирования их изменений и *в*) управления нагрузочно – скоростными режимами эксплуатации фрикционных систем, либо изменения функциональных трибохарактеристик контакта.

Технология и технологическое оборудование для модифицирования фрикционной и антифрикционной пар трения в системе «колесо – рельс» внедрены на сети дорог ОАО «РЖД» [1, 7, 3].

Список литературы:

1. Озябкин, А.Л. Повышение эффективности лубрикации в системе «подвижной состав – путь» / А.Л. Озябкин, П.В. Харламов, Э.Э. Фейзов // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 12. – С. 30–34.
2. Озябкин, А.Л. Теоретические основы динамического мониторинга фрикционных мобильных систем // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2011. – № 10. – С. 17–28.
3. Оптимизация ширины рельсовой колеи. Экспериментальное исследование сил трения, удельных давлений и температур, возникающих при взаимодействии колёс и рельсов при различных параметрах колеи и ходовых частей: отчет о НИР 19.5.002р по х/д 1057/07 / В.В. Шаповалов, А.Л. Озябкин [и др.]. – Ростов н/Д: РГУПС, 2007. – 162 с.
4. Пат. № 2343450 РФ, МПК G01N 3/56. Способ испытаний узлов трения / В.В. Шаповалов, А.Л. Озябкин [и др.]. – № 2343450; заявл. 13.06.2006; опубл. 10.01.2009, Бюл. № 1; приоритет 13.06.2006, № 2006121024/28.
5. Пат. № 2517946 РФ, МПК G 01 N 3/56 (2006.01). Способ динамического мониторинга фрикционных мобильных систем / В.В. Шаповалов, А.Л. Озябкин, П.В. Харламов [и др.]. – № 2517946; заявл. 05.04.2012; опубл. 10.06.2014, Бюл. № 16; приоритет 05.04.2012, № 2012113329/28.
6. Пупков, К.А. Методы классической и современной теории автоматического управления: учебник. В 5 т. Т. 1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд – во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 656 с.
7. Разработка инновационной технологии лубрикации в системе «колесо – рельс» на базе наноматериалов / В.В. Шаповалов, П.Н. Щербак, А.Л. Озябкин [и др.] // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2011. – № 10. – С. 39–41.

РЕШЕНИЕ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ ИТЕРАЦИОННЫМ МЕТОДОМ КАК СПОСОБ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Олег Митрофанович Булгаков
Воронежский институт МВД России, г. Воронеж, доктор технических наук, профессор
Марина Юрьевна Пакляченко
Воронежский институт МВД России, г. Воронеж, адъюнкт кафедры информационной безопасности

Основное назначение задач, описывающих транспортные потоки, состоит в определении возможности средней пропускной способность сети обеспечить прохождение потока и исключить непрерывное возникновение транспортных перегрузок. По причине случайных колебаний интенсивности движения одна лишь гарантия того, что пропускная способность сети обеспечит прохождение транспортного потока, не исключает образования перегрузок.

Принято считать, что маршруты автомобилей определяются свободным желанием их водителей, а управление движением на участках транспортной сети осуществляется только с помощью сигналов светофоров. Однако возможно предотвратить появление заторов, рекомендуя водителям или даже заставляя их изменять маршруты движения, поскольку существует эффективный вариант использования пропускной способности сети.

Для теоретического обсуждения вопросов распределения транспортных потоков прибегают к использованию различного аппарата математического моделирования: дискретная математика (метод представления транспортной сети в графах) [4, с.146], теория Марковских процессов (случаи перехода автомобилей по полосам движения) [3, с. 225], теория игр (расчет матриц корреспонденций) [2, с. 232] и др. Численными методами моделирования распределения потоков в сети, в случае, когда важна их интенсивность в определенные отсчеты времени до установления момента равномерной загруженности, являются итерационные.

Постановка задачи

В общем виде процессы распределения потоков в сети могут быть представлены интенсивностями движения между точками отправления и назначения. Их матричное описание имеет вид:

$$M \cdot X = Y$$

где M –матрица инциденций (переходов), X – вектор порождающих интенсивностей, Y – вектор общей интенсивности потока [4, с. 147].

Данное уравнение легко решается относительно X точным методом с применением обратной матрицы M^{-1}, однако, если требуется отобразить процессы изменения интенсивности порождающих потоков, а также найти их значения при равномерной загруженности сети, то вычисления возможно реализовать итерационным методом, решая систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) с дополнительными условиями:

$$M \cdot X^{(k)} = Y^{(k+1)}$$

$$Y_1 = \cdots = Y_N = Y$$

$$\sum_i X_i = N$$

где M – квадратная матрица переходов размера N (N – количество полос движения), $X^{(k)}$ – вектор значений порождающих интенсивностей на k – м шаге ($i = \overline{1,N}$ – номер полосы в транспортной сети), $Y^{(k+1)}$ – вектор значений общей интенсивности на $(k+1)$ – м шаге.

Принципы формирования алгоритма

Итерационный алгоритм нахождения X и Y задачи (2) состоит из следующих процедур, представленных на схеме (рис. 1).

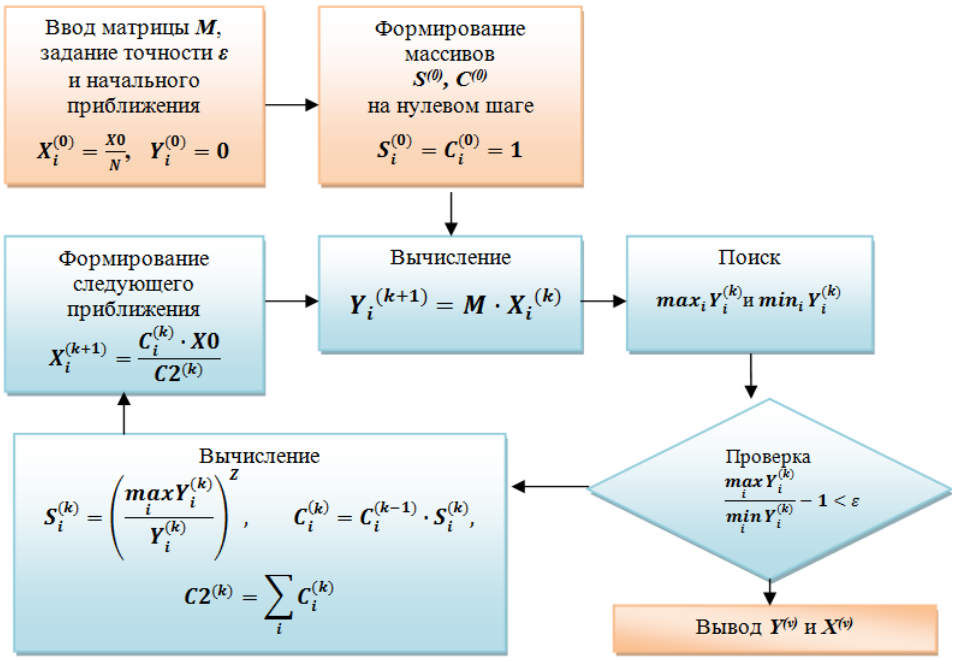


Рисунок 1. Блок-схема нахождения корней СЛАУ итерационным алгоритмом

Начальное приближение $X^{(0)}$задается из условия:

$$X_i^{(0)} = \frac{X0}{N}$$

где $X0$ – сумма компонентов вектора $X^{(0)}$. Для простоты полагаем $X0 = N$.

Компоненты вектора начального приближения $Y^{(0)}$ – нули. Компоненты служебных массивов $S^{(k)}$и $C^{(k)}$и коэффициент $C2^{(k)}$, обеспечивающие сходимость решения и участвующие в формировании следующего приближения, вычисляются по формулам:

$$S_i^{(k)} = \left(\frac{\max\limits_i Y_i^{(k)}}{Y_i^{(k)}} \right)^Z$$

где $\max\limits_i Y_i^{(k)}$ –максимальный по значению компонент из вектора $Y^{(k)}$на $k-$ м шаге,Z– значение «ускорителя», предназначенного для сокращения числа итераций, затрачиваемых на нахождение с заданной точностью значений интенсивности [1],

$$C_i^{(k)} = C_i^{(k-1)} \cdot S_i^{(k)}$$

$$C2^{(k)} = \sum_i C_i^{(k)}$$

на нулевой итерации $S_i^{(0)} = C_i^{(0)} = 1$.

$$X_i^{(k+1)} = \frac{C_i^{(k)} \cdot X0}{C2^{(k)}}$$

Условием остановки с учетом соблюдения строгого равенства в (2) будет:

$$\frac{\max\limits_i Y_i^{(k)}}{\min\limits_i Y_i^{(k)}} - 1 < \varepsilon$$

Исследование сходимости решения

Применимость данного алгоритма для решения задачи о распределении потоков по транспортной сети (при равномерной загрузке полос движения) возможна благодаря построению последовательности приближенных решений СЛАУ. Численной оценкой скорости сходимости решения может быть количество итераций ν, затрачиваемых на нахождение $X^{(\nu)}$и $Y^{(\nu)}$ (ν –номер итераций, на которой достигнута заданная точность ε).

Рассмотрим сходимость решения для случая квадратной трехдиагональной матрицы M вида:

$$M = \begin{matrix} 1 & b_1 & 0 & 0 \\ c_2 & 1 & b_2 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & c_N & 1 \end{matrix}$$

где $diag\{M\} = 1$, b_i, c_i – формируемые по определенному правилу коэффициенты, $b_i, c_i < 1$.

Такое задание трехдиагональной матрицы переходов в рамках транспортной задачи может интерпретироваться как возможность (вероятность) перехода с одной полосы движения лишь на две соседние за какое-то сравнительно небольшое время. Единицы, стоящие на главной диагонали в матрице, отражают факт нахождения автотранспорта на определенной полосе движения (номер полосы определяется индексами $i = j$), элементы в каждом столбце матрицы характеризуют переход на другую полосу движения, а строчные элементы описывают поступательный характер движения по транспортной сети.

I.1. Пусть элементы каждой строки в матрице M будут симметричны относительно главной диагонали ($b_i = c_i$), и их значения будут определяться правилом:

$$b_i = e^{-\mu \cdot i}$$

где μ – коэффициент, определяющий степень неоднородности и отражающий уменьшение взаимодействия между соседними полосами.

Для примера в таблице 1 приведены последовательности значений наддиагональных и поддиагональных элементов и сформированная на их основе матрица M размера $N = 4$:

Таблица 1.

Значения коэффициентов b_i и c_i в зависимости от μ

i / μ	1	2	3	4	5
0,1	1	0,9048	0,8187	0,7408	0,6703
1	1	0,3679	0,1353	0,0498	0,0183

$$M = \begin{matrix} 1 & 0{,}9 & 0 & 0 \\ \mathbf{0{,}82} & 1 & \mathbf{0{,}82} & 0 \\ 0 & 0{,}74 & 1 & 0{,}74 \\ 0 & 0 & 0{,}6 & 1 \end{matrix}$$

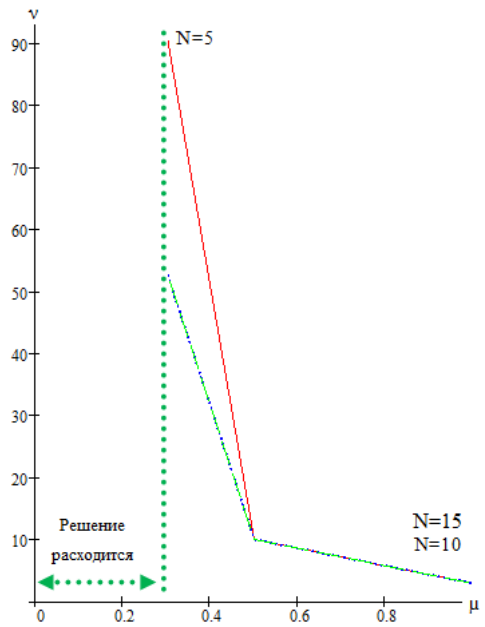


Рисунок 2. Скорость сходимости решения для трехдиагональной матрицы с горизонтально симметричными относительно главной диагонали и убывающими элементами с ростом размера матрицы

Анализ числа итераций, затрачиваемых на нахождение решения в зависимости от значений μ для разных N при заданной $\varepsilon = 0{,}01$ выявил, что для $\mu < 0{,}3$ решение расходилось, с ростом неоднородности наблюдалось значительное сокращение ν (рис. 2).

I.2. Рассмотрим матрицу, в которой элементы каждого столбца будут симметричны относительно главной диагонали $b_i = c_{i+2}$, и их значения будут определяться правилом (10):

$$M = \begin{matrix} 1 & \mathbf{0,82} & 0 & 0 \\ 0{,}9 & 1 & 0{,}74 & 0 \\ 0 & \mathbf{0,82} & 1 & 0{,}67 \\ 0 & 0 & 0{,}74 & 1 \end{matrix}$$

Решение для трехдиагональной матрицы, сформированной по данному принцу, расходилось при $\mu < 0{,}5$, сходилось в противном случае, достаточно быстро (для $\mu = 0{,}5$ и $N\ \epsilon\ [5; 15]\ \nu = 16$, для $\mu = 1$ и $N\ \epsilon\ [5; 15]\ \nu = 5$).

I.3. Определим скорость сходимости для матрицы, содержащей одинаковые значения элементов с индексами $b_i = c_{i+1}$:

$$M = \begin{matrix} 1 & \mathbf{0,9} & 0 & 0 \\ \mathbf{0,9} & 1 & 0{,}82 & 0 \\ 0 & 0{,}82 & 1 & 0{,}74 \\ 0 & 0 & 0{,}74 & 1 \end{matrix}$$

Решение для матрицы, содержащей симметричные элементы на побочных диагоналях, расходилось при $\mu < 0{,}5$, сходилось в противном случае (для $\mu = 0{,}5$ и $N\ \epsilon\ [5; 15]\ \nu = 29$, для $\mu = 1$ и $N\ \epsilon\ [5; 15]\ \nu = 6$).

II.1. Сформируем матрицу, состоящую из коэффициентов, значения которых убывают по правилу (10), однако, для каждой диагонали μ будет различным, т.е $b_i(\mu_r) \neq c_i(\mu_l)$.

Для случая, когда происходит уменьшение значений коэффициентов от левого верхнего угла матрицы к правому нижнему (при $\mu_r = 1, \mu_l = 0{,}1$):

$$M = \begin{matrix} 1 & 0{,}37 & 0 & 0 \\ 0{,}9 & 1 & 0{,}14 & 0 \\ 0 & 0{,}82 & 1 & 0{,}05 \\ 0 & 0 & 0{,}74 & 1 \end{matrix}$$

решения при различных $\mu_r = 0{,}1 \ldots 1, \mu_l = 0{,}1 \ldots 1$ и $N = 5 \ldots 15$, как и в случае ***I.2***. показали, что сходимость наблюдалась лишь при значительной неоднородности, когда элементы хотя бы одной из диагоналей формировались с большими μ. Для примера в таблице 2 приведены численные значения скорости сходимости при вариативном задании μ_r и μ_l.

Таблица 2.

Скорость сходимости решения в зависимости от N и μ

$N = 5$ $\mu_l = 1$	$\mu_r = 0{,}1$	$\nu = 221$
	$\mu_r = 0{,}3$	$\nu = 14$
	$\mu_r = 0{,}5$	$\nu = 10$
	$\mu_r = 1$	$\nu = 6$

Отметим, что увеличение размера квадратной матрицы не влияло на скорость сходимости решения.

II.2. Исследуем сходимость решения для матрицы, в которой значения наддиагональных элементов $b_i(\mu_r)$ убывают по правилу (10), а поддиагональных $c_i(\mu_l)$ - возрастают по этому же правилу:

$$M = \begin{matrix} 1 & 0{,}37 & 0 & 0 \\ 0{,}74 & 1 & 0{,}14 & 0 \\ 0 & 0{,}82 & 1 & 0{,}05 \\ 0 & 0 & 0{,}9 & 1 \end{matrix}$$

Для различного задания $\mu_r = 0{,}1 \dots 1$, $\mu_l = 0{,}1 \dots 1$ и $N = 5 \dots 30$, наблюдалась сходимость решения почти для всех комбинаций, за исключением $\mu_r = 0{,}1$ и $\mu_l = 0{,}1 \dots 0{,}8$.

III.1. Рассмотрим случай матрицы M, содержащей недиагональные элементами $m_{ij} = \mathbb{r}$, где $\mathbb{r}$ −случайное число в интервале от нуля до единицы. Условимся, что в каждой строке не менее одного $\mathbb{r} = 0$, т.е матрица коэффициентов M разряженная:

$$M = \begin{matrix} 1 & \mathbb{r}_{12} & \dots & \mathbb{r}_{1N} \\ \mathbb{r}_{21} & 1 & \dots & \mathbb{r}_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mathbb{r}_{N1} & \dots & \dots & 1 \end{matrix}$$

Для наглядности в таблице 3 приведено 6 различных матриц и число итераций, затрачиваемых на нахождение решения с точностью 0,01.

Таблица 3

Скорость сходимости решения для разряженных матриц размера N = 4

$M_1 = \begin{matrix} 1 & 0 & 0 & 0{,}6 \\ 0 & 1 & 0{,}8 & 0 \\ 0 & 0{,}7 & 1 & 0 \\ 0{,}5 & 0 & 0 & 1 \end{matrix}$	$M_2 = \begin{matrix} 1 & 0{,}2 & 0 & 0{,}6 \\ 0{,}1 & 1 & 0{,}2 & 0 \\ 0 & 0{,}3 & 1 & 0{,}4 \\ 0{,}5 & 0 & 0{,}2 & 1 \end{matrix}$
$\nu_1 = 13$	$\nu_2 = 14$
$M_3 = \begin{matrix} 1 & 0{,}9 & 0{,}5 & 0 \\ 0 & 1 & 0{,}8 & 0 \\ 0 & 0{,}7 & 1 & 0 \\ 0 & 0{,}5 & 0{,}01 & 1 \end{matrix}$	$M_4 = \begin{matrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0{,}01 & 1 & 0{,}2 & 0{,}8 \\ 0{,}5 & 0{,}4 & 1 & 0{,}3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{matrix}$
$\nu_3 = 13$	$\nu_4 = 15$
$M_5 = \begin{matrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0{,}8 & 0 \\ 0 & 0{,}7 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{matrix}$	$M_6 = \begin{matrix} 1 & 0 & 0 & 0{,}2 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0{,}1 & 0 & 0 & 1 \end{matrix}$
$\nu_5 = 13$	$\nu_6 = 3$
	$M_7 = \begin{matrix} 1 & 0{,}3 & 0{,}2 & 0{,}2 \\ 0{,}5 & 1 & 0 & 0{,}1 \\ 0{,}7 & 0 & 1 & 0{,}4 \\ 0{,}1 & 0{,}8 & 0{,}2 & 1 \end{matrix}$
	$\nu_7 = 8$

Выводы

Исследована работа итерационного алгоритма решения СЛАУ в случае трехдиагональной и разряженной матрицы коэффициентов. По численным оценкам скорости сходимости, выражаемой числом итераций, затрачиваемых на нахождение приближенного решения с заданной точностью, можно судить о быстрой сходимости решения в случае разряженной матрицы, и о приемлемой скорости для трехдиагональной матрицы с высокой неоднородностью коэффициентов.

Предложенный алгоритм может применяться при описании интенсивности движения с использованием теории Марковских процессов в случае отождествления итерационного процесса (2) с вероятностным нахождением системы в определенном состоянии:

$$p_j(t+1) = \sum_{i}^{N} p_i(t) \cdot p_{ij},\ i,j = \overline{1,N}$$

где $p_j(t+1)$ −вероятность, что в момент $t+1$ система будет находиться в состоянии a_j, $p_i(t)$ − вероятность, что в момент t система в состоянии a_i, p_{ij} − вероятность перехода системы из состояния a_i в состояние a_j.

Приближенное решение, найденное рассматриваемым итерационным алгоритмом, может интерпретироваться как вариант моделирования линейной теории следования за лидером или, например, как возможность численного нахождения показателей из теории равновесия Нэша Вардропа, подробное описание данных теорий можно найти в [2, с. 233; 3, с. 312].

Такое итерационное решение СЛАУ дает возможность моделирования процессов установления стационарных режимов, т.е. динамических реакций транспортной системы.

Список литературы:

1. Булгаков О.М, Пакляченко М. Ю. Способ ускорения сходимости структурно-ориентированного алгоритма решения системы линейных алгебраических уравнений // Вестник Воронежского института МВД России. - 2014. - №2. - С. 190 -195.
2. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учеб. пособие / Гасников А.В., Кленов С.Л., Нурминский Е.А., Холодов Я.А., Шамрай Н.Б.; Приложения: Бланк М.Л., Гасникова Е.В., Замятин А.А. и Малышев В.А., Колесников А.В., Райгородский А.М; Под ред. А.В. Гасникова. — М.: МФТИ, 2010. — 362 с.
3. Дрю Д. Теория траспортных потоков и управление ими. -М.: Транспорт, 1972. - 434 с.
4. Иносэ Х., Хамада Т. Управление дорожным движением. / Под ред. М.Я. Блинкина: Пер. с англ. - М.: Транспорт, 1983. - 248 с.

СУШКА ДРЕВЕСИНЫ ТРУДНОСОХНУЩИХ ПОРОД

Шамаев Владимир Александрович
Д.т.н, профессор кафедры древесиноведения ВГЛТА, г. Воронеж
Медведев Илья Николаевич
К.т.н., директор ООО «Лигнум», г. Воронеж
Паринов Дмитрий Александрович
Аспирант кафедры древесиноведения ВГЛТА, г. Воронеж

Актуальной проблемой в деревообрвботке является сушка древесины трудносохнущих пород, склонных к растрескиванию. Ранее для сушки древесиныдуба была разработана установка и технология СВЧ-сушки [1,2]. Наиболее сложным процессом является сушка капа секвойи (вавоны), которую в обычных сушильных камерах высушить невозможно, т.к. доски и брус рассыпаются на небольшие куски из-за хаотического расположения волокон в капе. Между тем эта древесина применяется для отделки элитных самолетов, яхт, судов и автомобилей.

Все большее распространение получает древесина морёного дуба, для которой хотя и разработаны методы поверхностной обработки перед сушкой поваренной солью или карбамидом [3], но эти способы не нашли применения из-за их сложности.

Целью данной работы является разработка режимов сушки древесины трудносохнущих пород, таких как кап, эвкалипт и мореный дуб в СВЧ-сушильной камере [2] на осциллирующих режимах.

Методика эксперимента.

Для сушки капа секвойи использовались доски толщиной 55 мм, шириной 300 мм, длиной 800 - 1200 мм с начальной влажностью - 70%. Объем загрузки 8 досок (0,15 м^3).

Сушка происходит в следующем режиме: сушка в СВЧ-камере при суммарной мощности шестнадцати магнетронов 15 кВт. Время нагрева 1,8 мин, пауза 2 мин. Время сушки суммарное 120 часов. Через каждые 40 часов камеры отключаются и доски пропариваются в автоклаве при давлении 1,6 атм в течение 20 мин. После последнего (третьего) пропаривания доски кондиционируются в комнатных условиях в течение 4 суток. Конечная влажность досок капа вавоны 8-10%. Мореный дуб в возрасте 100-130 лет был заготовлен из реки Воронеж в районе с. Хлевное Липецкой области. Размеры заготовок те же, что и для капа секвойи, начальная влажность 95-105%. Пропаривание проводилось через каждые 27 ч.

Обсуждение результатов.

На рис. 1 представлены кривые сушки капа секвойи с СВЧ-сушильных камерах. Как видно из рис. 1 при всех режимах после снижения влажности ниже 30% происходит образование трещин. При мощности магнетронов 30 кВт древесина на 100% растрескалась с образованием свищей. При мощности магнетронов 15 кВт без пропаривания свищей не образовывалось, имели место продольные трещины длиной 100-150 мм глубиной до 1 мм. Процент брака по сушке составил 55%. При дополнительном пропаривании 15% досок отбраковывались из-за волосяных трещин. Следует отметить, что ранее доски капа секвойи толщиной более 20 мм высушить было невозможно без трещин.

Аналогичные кривые имеют место при сушке морёного дуба (рис.2). При среднем режиме сушки, применяемом для натурального дуба, т.е. мощности магнетронов 30 кВт [2] уже при влажности 30% начинается образование трещин (кривая 1) и процент брака составляет 46%. При мягком режиме сушки (кривая 2) процент брака составляет 22%, но трещины начали образовываться уже при влажности 25%. Наилучшие результаты получены после трехкратного пропаривания (кривая 3). Трещины были только волосяные по пласте, процент брака 5%, начало образования трещин при влажности 22%.

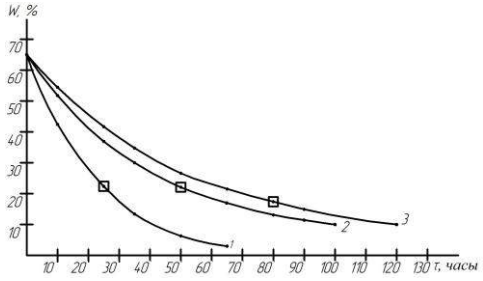


Рис. 1 - Кривые сушки капа секвойи (вавоны) в СВЧ-сушильных камерах: 1 - Мощность магнетронов до 30 кВт; 2 - Мощность магнетронов 15 кВт; 3 - Мощность магнетронов 15 кВт, трехкратное пропаривание; - начало образования трещин

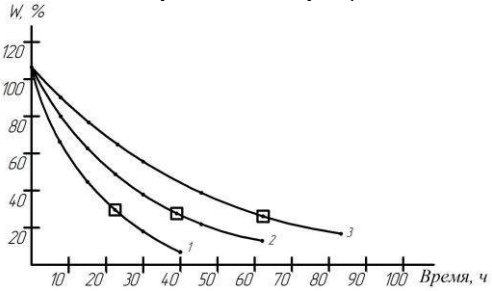


Рис. 2 - Кривые сушки морёного дуба при СВЧ-сушке: 1 - Мощность магнетронов до 30 кВт; 2 - Мощность магнетронов 15 кВт; 3 - Мощность магнетронов 15 кВт, трехкратное пропаривание; - начало образования трещин

Выводы:

1. Разработаны режимы сушки древесины трудносохнущих пород на примере капа секвойи и мореного дуба путем сочетания СВЧ-сушки, трехкратного пропаривания и кондиционирования.
2. Время сушки до влажности 8-10% составляет для капа секвойи 120 ч, для мореного дуба 85 ч.

Библиографический список

1. Кондратюк В.А. Обоснование способа СВЧ-сушки и основных характеристик установки сушки бревен и бруса для целей домостроения [Текст] В.А. Кондратюк, В.А. Шамаев, В.М. Щелоков, И.В. Воскобойников/ Вестник МГУЛ - Лесной вестник - 2012 - №8 - с. 85-89.
3. Бурлов С.А. СВЧ-сушка древесины березы и дуба [Текст] С.А. Бурлов, В.А. Шамаев, И.Н. Медведев/Матер. межд. научн. практ. конф. «Современные энергосберегающие технологии сушки материалов СЭТТ - 2011», М., 2011, т.2, с. 199-203.
4. Шамаев В.А., Никулина Н.С., Медведев И.Н. Модифицирование древесины. М., «Флинта», «Наука», 2013, 452 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТА ТИПА «ШОВ» НА НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСОТОЯНИЕ В ПЛОСКИХ ОБРАЗЦАХ ТРУБ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ КОНЦЕНТРАТОРАМИ

Царьков Андрей Васильевич
Доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии сварки» КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга
Пащенко Василий Васильевич
Аспирант кафедры «Технологии сварки», КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга
Зиновьева Ольга Игоревна
Студент кафедры «Гидромашины и гидропневмоавтоматика» КФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Калуга

АННОТАЦИЯ

Предлагается решение задачи исследования влияния дефектов на напряженно-деформированное состояние (НДС) труб магистральных газопроводов с использованием компактных плоских образцов с дополнительными концентраторами в форме круглых вырезов. Разработан алгоритм проведения численного эксперимента и его реализация на языке APDL в среде ANSYS, рассмотрен один из вариантов дефектов – шов, исследовано его влияние на перераспределение напряжений, размер и форму области двухосного напряжённого состояния.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, плоский образец, объёмный образец, концентрация напряжений, метод конечных элементов, автоматизация построения сетки КЭ, дефекты в трубах, шов.

Введение

В настоящее время действующие нефтепродуктопроводы являются опасными производственными объектами, из которых 39 % эксплуатируются более 30 лет, а 23 % - от 20 до 30 лет. Основные фонды трубопроводного транспорта нефтепродуктов, как и вся транспортная система, стареют. В процессе их эксплуатации постепенно снижается несущая способность собственно трубопроводов. И здесь остро встают вопросы обеспечения надежности и безотказности нефтепроводов.

Одной из главных проблем остается качество изготовления труб. По существующим нормативным документам запас прочности трубопроводов определяется с учетом нагружения трубопровода внутренним давлением при условии однородного распределения напряжений по периметру и длине трубы [1]. В практике эксплуатации трубопроводных систем зафиксированы многократные случаи разрушения трубопроводов при рабочих давлениях ниже допускаемых. Причиной тому, в большинстве случаев, служит наличие в трубопроводе дефектов геометрии трубопроводов: изгибы, стыки, сопряжения труб разных размеров и локальных повреждений металла в проблемных зонах, к которым, прежде всего, следует отнести зоны сварных стыков трубопровода.

Вместе с тем, полый цилиндр является одной из наиболее распространенных геометрических форм элементов конструкций в различных областях техники. Таким образом, решение задач по определению напряженно-деформированного состояния конструкций цилиндрической формы, при наличии зон концентрации напряжений или при сложном характере их нагружения [3, 4] имеет большое научное и практическое значение.

Однако испытания полноразмерных трубных образцов достаточно сложны, требуются специфические условия для экспериментов, лабораторные модели практически невозможно изготовить из всех необходимых марок сталей, в связи с чем возникает необходимость в разработке и испытании образцов с более простой геометрией. На основании экспериментальных исследований [2] установлено, что при осевом растяжении образца с узкой двусторонней выточкой на длине участка этой выточки возникает двухосное напряженное состояние, соответствующее рабочему состоянию стенки цилиндрического сосуда при нагружении внутренним давлением. Это позволяет заменить полномасштабные трубные образцы эквивалентными им с точки зрения напряжённого состояния плоскими образцами.

Использование возможностей современной вычислительной техники и алгоритмов численного анализа, прежде всего метода конечных элементов [5, 6] позволяет исследовать проблему более детально с учетом ее специфических особенностей. Целью подобных численных экспериментов является изучение влияния различных свойств и факторов на распределение напряжений в области дефектов для различных классов сталей, а также влияние различного рода дефектов («шов» в данной работе) на НДС плоских образцов с дополнительными концентраторами, а значит, и на напряжённое состояние в области подобных дефектов в реальных трубопроводах.

Постановка задачи

В работе описан проведенный численный эксперимент исследования напряженно-деформированного состояния в области дефекта плоского образца с двумя боковыми и двумя дополнительными круговыми концен траторами. Исследовано влияние подобного дефекта на

напряжённо-деформированное состояние (НДС) образца. В качестве нагружения применяется одноосное растяжение, величина которого при проведении данного численного эксперимента составляла 10 Тс.

Размеры образца без вырезов:
- длина: 300мм;
- ширина: 120мм;
- толщина: 19мм.

Параметры шва:
- длина: 60мм;
- ширина: 10мм;
- толщина: 5мм;

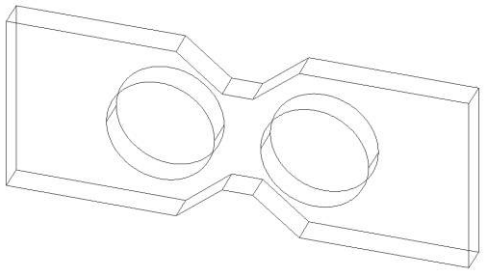


Рисунок 1. Геометрия образца без дефекта

Рассматривается вырез в форме трапеции. Как было показано в работе по исследованию влияния формы выреза на НДС [7], целесообразнее использование дуговых концентраторов, однако более важным является изучение влияния шовного дефекта на плоские образцы в целом.

Параметры дополнительных концентраторов:
- расстояние от оси симметрии образца: 50мм;
- диаметр кругового отверстия: 35мм;

На рис. 1, 2 показана используемая в эксперименте геометрия образца без шва и со швом (грубое приближение).

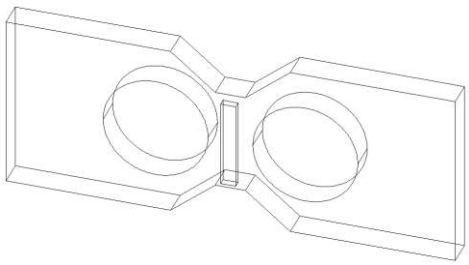


Рисунок 2. Геометрия образца с дефектом (грубое приближение)

Видно, что дефект, шов, помещён в центральной области для изучения его влияния на НДС плоского образца (в центральной области создаётся двухосное напряжённое состояние). Проведенные исследования изменения состояния в центральной области, показали реальное влияние шва на состояние трубных образцов

Наличие подобного рода дефектов оказывает существенное влияние на распределение напряжений в образце [8]. Как было показано в работе [7], в отсутствии шва наблюдается плоское напряжённое состояние (с концентрацией напряжений возле вырезов), в то время как в его присутствии – объёмное напряжённое состояние, наличие серьёзных градиентов и перераспределение напряжений в центральной области, подобное возникающему в полномасштабных трубных образцах, что позволяет рассматривать плоские образцы как полноценную замену объёмным трубным образцам.

Результаты исследования

Разработан и реализован алгоритм создания адаптивной [9] конечно-элементной (КЭ) сетки [10-13]. Основная идея алгоритма – разбиение объёма образца на несколько областей, для каждой из которых выбирается тип и размер элементов, степень сгущения вблизи границ [14]. Сгущение вблизи выреза и дополнительных круговых концентраторов обусловлено наличием концентрации напряжений в этой области, тогда как сгущение в центральной части пластины и возле дефекта – наличием в этой области интересующих нас точек, в которых наблюдается с определенной точностью двухосное напряженное состояние, а также возникающих серьёзных градиентов напряжений. Вдали от концентратора, возле граней, на которых прикладывается усилие, возможно использование гораздо более крупных КЭ, поскольку здесь наблюдается равномерное напряженное состояние.

На рис. 3 показан пример используемой при проведении расчётов сетки для плоского образца с трапецеидальным вырезом и двумя дополнительными концентраторами и вариант сетки для образца с дефектом (для грубого приближения).

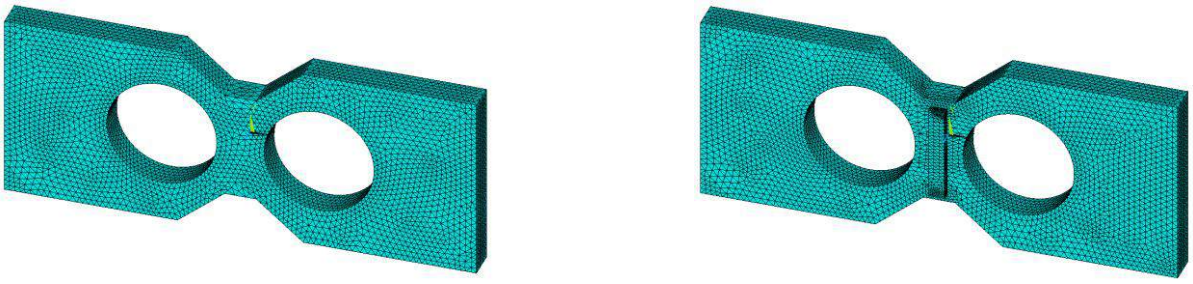


Рисунок 3. Примеры используемых в расчётах сеток

В первом случае возможно улучшение качества сетки с помощью сгущения в области концентрации напряжений (возле вырезов и дополнительных концентраторов). Ввиду наличия круговых вырезов достаточная простота исследуемой области образца нарушается, в связи с чем были задействованы тетраэдральные КЭ (для лучшей аппроксимации геометрии вблизи концентраторов). Стоит также учитывать влияние возможного значительного градиента напряжений в районе концентратора на выбор элемента.

Во втором случае может быть использовано «гибридное» разбиение, в котором присутствуют как шестигранники, так и тетраэдры. Переход от шестигранной сетки к четырехгранной с привлечением пирамидальных элементов был использован для моделирования геометрии на стыке областей с разной сеткой (рис. 4, области 1 и 2). В гибридном «разбиении» используется возможность автоматической стыковки таких областей без необходимости вводить дополнительные ограничения или пропускать срединные узлы элементов и избегать разрывов в искомых

функциях. Такая возможность весьма удобна, поскольку для области шва в модели строится упорядоченная сетка, тогда как область плоского образца (без шва) более сложная в геометрическом отношении (особенно в зоне концентраторов), что требует использования тетраэдральных КЭ.

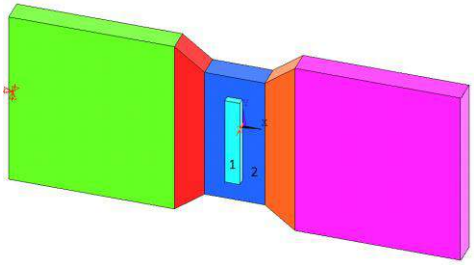


Рисунок 4. Области исследуемого образца

Было исследовано перераспределение напряжений в области дефекта, влияние на размер и форму области двухосного напряжённого состояния. На рис. 5 показано сравнение первого и второго главных напряжений в плоском образце и в присутствии шва (грубое приближение). Распределение третьего главного напряжения, отличного от нуля, как показано на рис. 6, даёт основание говорить об объёмном напряжённом состоянии, в отличие от реализуемого в образце без шва (плоское напряжённое состояние).

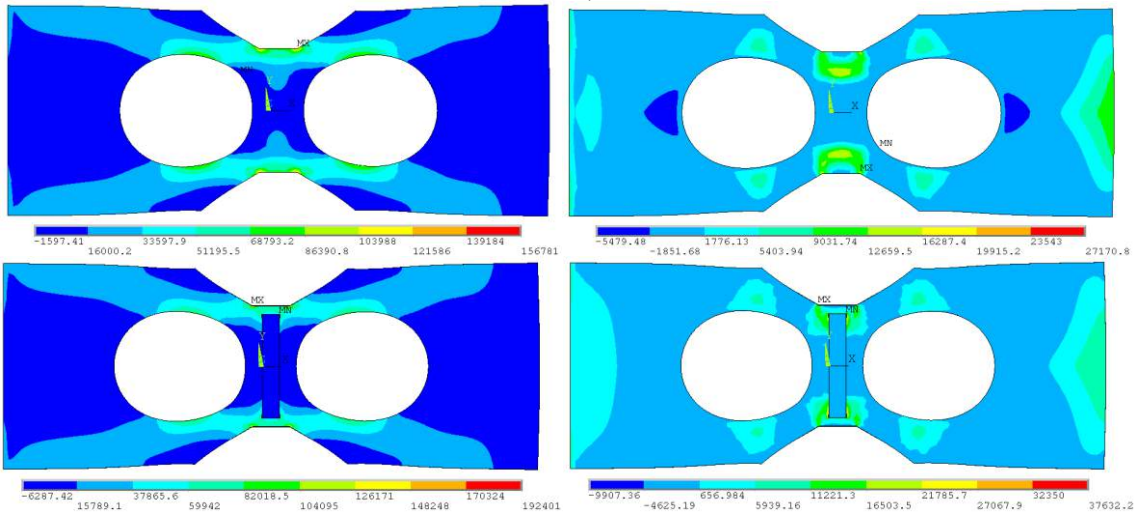


Рисунок 5. Распределение первого и второго главных напряжений в различных образцах

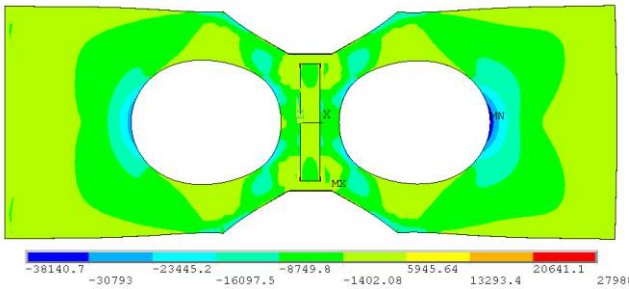


Рисунок 6. Распределение третьего главного напряжения в образце со швом

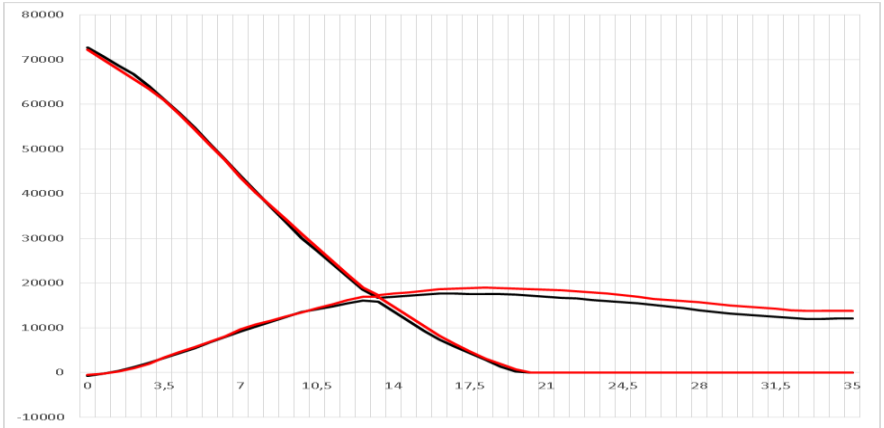


Рисунок 7. Распределение первого и второго главных напряжений на оси симметрии образца

На рис. 7 показано распределение первого и второго главных напряжений на оси симметрии в образце без шва (чёрным цветом) и со швом (красным цветом); на рис. 8 – распределение первого и второго главных напряжений на расстоянии 0-5мм с шагом 1мм от шва (для образцов с дефектом, чёрным цветом) и на этом же расстоянии от оси симметрии для образца без дефекта (красным цветом).

На рис. 9 показано распределение третьего главного напряжения на оси симметрии образца со швом. Видно, что возле центра масс образца и в верхней части его, возле трапецеидального концентратора, третье напряжение отлично от нуля, т.е. наблюдается объёмное напряжённое состояние, перераспределение главных напряжений (поскольку в образце без дефекта реализуется плоское напряжённое состояние с двумя положительными главными напряжениями и третьим, равным нулю).

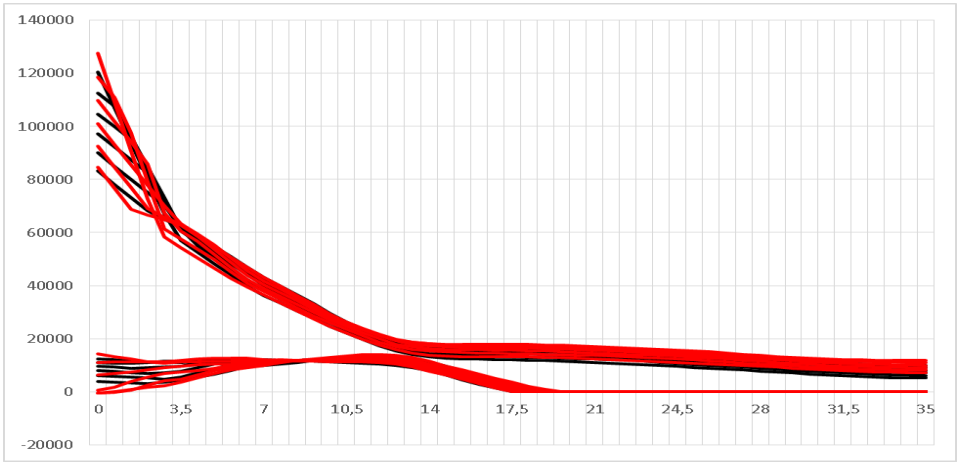


Рисунок 8. Распределение первого и второго главных напряжений возле шва (0-5мм)

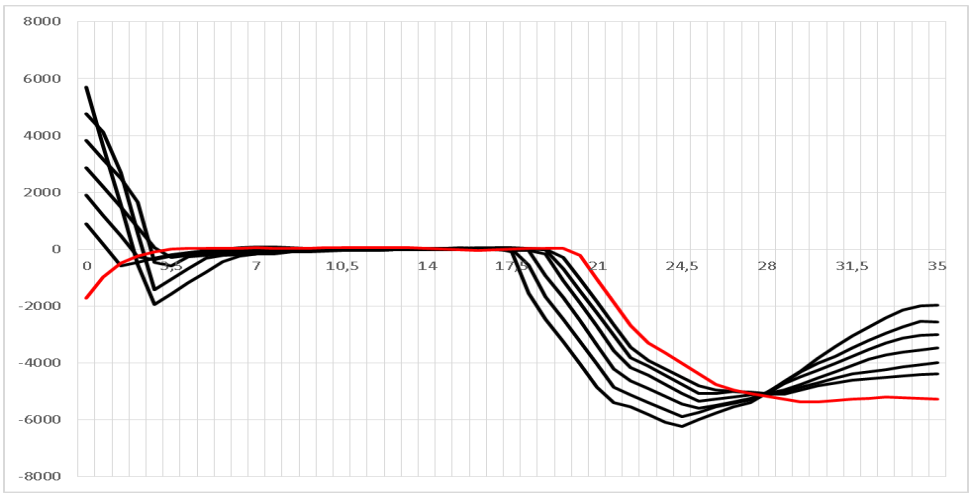


Рисунок 9. Распределение третьего главного напряжения на оси симметрии образца

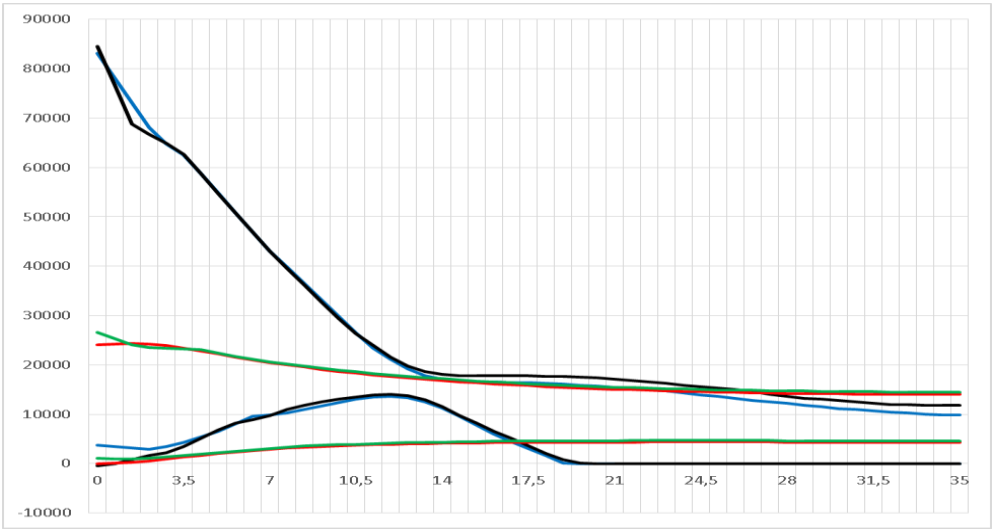


Рисунок 10. Распределение двух первых главных напряжений для различных образцов

Выводы

На рис. 10 показано сравнение распределения первого и второго главных напряжений в следующих образцах:

- нет шва, нет дополнительных концентраторов (красным);
- есть шов, нет дополнительных концентраторов (зелёным);
- нет шва, есть круговые концентраторы (синим);
- есть шов, есть круговые концентраторы (чёрным).

Задача формирования геометрии компактного плоского образца требует многократного проведения численных экспериментов, для каждого из которых требуется строить свою КЭ модель. Для достижения поставленной цели был разработан алгоритм построения КЭ сетки.

Была разработана программная реализация алгоритма (язык APDL), что позволило в автоматизированном режиме перестраивать геометрию пластины в соответствии с изменениями параметров концентраторов и производить расчет, формируя файлы результатов. Приложение дает возможность оперировать с достаточно малыми шагами изменения геометрии концентраторов (для различных форм концентраторов) и автоматизировать процесс расчета и определения напряженного состояния в центральной области образца, то есть выявлять зависимости НДС от геометрии и формы концентраторов, а также влияние дефектов (типа «шов» в данной работе) на напряжённое состояние.

Показано влияние наличия дефекта «шов» на распределение главных напряжений в образце с дополнительными концентраторами. Разработанное приложение позволяет (при задании необходимой модели поведения материала дефекта) в автоматизированном режиме исследовать НДС вблизи подобных дефектов, получить аналогичные зависимости для широкого спектра отличающихся по форме и размерам локальных дефектов.

Литература

1. СНиП 2.05.06–85. Магистральные трубопроводы. Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 52 с.
2. Подхалюзин С.З. Разработка методов повышения работоспособности магистральных трубопроводов: дисс. канд. тех. наук: 05.15.13 / С.З. Подхалюзин. – Москва, 1986. – 160 с.
3. Berto, F., Lazzarin, P., Wang, C.H. Three-dimensional elastic distribution of stress and strain energy density ahead of V-shaped notches in plates of arbitrary thickness. Int. J. Fracture 127, 2004. p. 265–282.
2. Lazzarin, P., Tovo, R., Blacker T.D. A unified approach to the evaluation of linear elastic stress fields in the neighbourhood of cracks and notches. Int. J. Fract. 78, 1996. p. 3–19.
3. Зенкевич О.К. Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 541 с.
4. Морозов Е.М., Никишков Г.П. Метод конечных элементов в механике разрушения. – М.: Наука, 1980. – 256 с.
5. Царьков А.В, Пащенко В. В. Методика проведения численных экспериментов при исследовании НДС труб под давлением // Региональная научно-техническая конференция. Прикладные проблемы механики. 2014.
6. Нейберг Г. Концентрация напряжений. М.: Гостехиздат, 1947, - 105 с.
7. Blacker T.D., Stephenson M.B. Paving: a new approach to automated quadrilateral mesh generation. Int. Jou. Num. Meth. Eng. 32, 1991. p. 811-847.
8. Бруяка В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: учебное пособие. Самара: Самарский Государственный Технический Университет, 2010, - 271 с.
9. Жидков А.В. Применение системы ANSYS к решению задач геометрического и конечно-элементного моделирования. Учебно-методические материалы, Нижний Новгород, 2006, - 115 с.
10. Морозов Е.М., Муйземнек А.Ю., Шадский А.С. ANSYS в руках инженера: Механика разрушения. М.: ЛЕНАНД, 2010. – 456 с.
11. Чигарев А.В., Кравчук А.С., Смалюк А.Ф. ANSYS для инженеров: справочное пособие. М.: Машиностроение-1, 2004. - 512 с.
12. Белкин А.Е., Гаврюшин С.С. Расчет пластин методом конечных элементов: учебное пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. - 232 с.